

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61578

Première édition
First edition
1997-08

**Instrumentation pour la radioprotection –
Etalonnage et contrôle de l'efficacité de
la compensation radon des instruments
de mesure des aérosols radioactifs émetteurs
alpha et/ou bêta – Méthodes d'essais**

**Radiation protection instrumentation –
Calibration and verification of the effectiveness
of radon compensation for alpha and/or beta
aerosol measuring instruments – Test methods**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61578: 1997

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Accès en ligne*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Accès en ligne)*

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from the 1st January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity of this publication

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 the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
On-line access*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line access)*

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61578

Première édition
First edition
1997-08

**Instrumentation pour la radioprotection –
Etalonnage et contrôle de l'efficacité de
la compensation radon des instruments
de mesure des aérosols radioactifs émetteurs
alpha et/ou bêta – Méthodes d'essais**

**Radiation protection instrumentation –
Calibration and verification of the effectiveness
of radon compensation for alpha and/or beta
aerosol measuring instruments – Test methods**

© IEC 1997 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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

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

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

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



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

V

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Généralités	8
1.1 Domaine d'application et objet	8
1.2 Définitions	8
2 Caractéristiques	10
2.1 Caractéristiques des aérosols radioactifs artificiels	10
2.2 Caractéristiques des aérosols radioactifs naturels	12
3 Etalonnage des voies de mesure des aérosols radioactifs artificiels	14
3.1 Principe de mesure	14
3.2 Mesure de la réponse et prescriptions	30
4 Etalonnage de la voie de mesure des aérosols radioactifs naturels	36
4.1 Principe de mesure	36
4.2 Mesure de la réponse et prescriptions	40
5 Contrôle de l'efficacité de la compensation radon	44
5.1 Principe de mesure	44
5.2 Mesure du coefficient d'influence et prescriptions	52
6 Mesure de la réponse du moniteur relative à un mélange d'aérosols radioactifs naturels et artificiels	58
6.1 Principe de mesure	58
6.2 Mesure des réponses et prescriptions	58
Annexe A – Bibliographie	62

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 General	9
1.1 Scope and object	9
1.2 Definitions	9
2 Characteristics	11
2.1 Radioactive artificial aerosols.....	11
2.2 Natural radon aerosols.....	13
3 Calibration of the measuring channels of radioactive artificial aerosols	15
3.1 Measurement principle	15
3.2 Measurement of the response and requirements	31
4 Calibration of the measuring channel of radioactive natural aerosols	37
4.1 Measurement principle	37
4.2 Measurement of the response and requirements	40
5 Verification of the effectiveness of radon compensation	45
5.1 Measurement principle	45
5.2 Measurement of the influence coefficient and requirements	53
6 Measurement of the response of the monitor relative to a mixture of natural and artificial radioactive aerosols	59
6.1 Measurement principle	59
6.2 Measurement of the response and requirements	59
Annex A – Bibliography.....	63

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉTALONNAGE ET CONTRÔLE DE L'EFFICACITÉ DE LA COMPENSATION RADON DES INSTRUMENTS DE MESURE DES AÉROSOLS RADIOACTIFS ÉMETTEURS ALPHA ET/OU BÊTA – MÉTHODES D'ESSAIS

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61578 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du Comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/191/FDIS	45B/214/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.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
CALIBRATION AND VERIFICATION OF THE EFFECTIVENESS
OF RADON COMPENSATION FOR ALPHA AND/OR BETA
AEROSOL MEASURING INSTRUMENTS –
TEST METHODS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61578 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/191/FDIS	45B/214/RVD

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

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

Généralement, les instruments de mesure des aérosols radioactifs sont conçus pour aspirer de l'air dans l'atmosphère et collecter les aérosols qu'il contient sur un média filtrant. Le détecteur placé en face du filtre compte les particules alpha et/ou bêta émises par les aérosols collectés. Parmi ces aérosols on peut distinguer:

- ceux qui sont produits par les installations nucléaires et qui sont l'objet de la mesure; ils sont appelés aérosols radioactifs artificiels;
- ceux qui sont dus aux produits de filiation du radon et qui sont produits naturellement.

Les instruments qui mesurent les aérosols radioactifs artificiels minimisent l'influence des aérosols radioactifs naturels, soit par un procédé physique, soit par un système de traitement du signal.

Ils donnent une lecture de la concentration en activité des radionucléides artificiels et rejettent autant qu'ils est possible l'influence des radionucléides naturels.

Dans beaucoup de cas, ils réalisent aussi une mesure de la concentration en activité des aérosols radioactifs naturels.

INTRODUCTION

Generally, instruments which measure radioactive aerosols are designed to pump air into the atmosphere and to trap the aerosols on a retaining medium. The detector facing the retaining medium counts alpha and/or beta particles emitted by the collected aerosols. Among collected aerosols, one needs to distinguish:

- those which are produced in nuclear facilities and which are the subject of the measurement; they are referred to as radioactive artificial aerosols;
- those which are due to radon daughters and which are produced naturally.

Instruments which measure radioactive artificial aerosols minimize the influence of natural radioactive aerosols, either physically or by using a signal treatment system.

They provide a reading of the activity concentration of the artificial aerosol and reject as much as possible the influence of natural aerosols.

In many instances, they also carry out a reading of the activity concentration of natural aerosols.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉTALONNAGE ET CONTRÔLE DE L'EFFICACITÉ DE LA COMPENSATION RADON DES INSTRUMENTS DE MESURE DES AÉROSOLS RADIOACTIFS ÉMETTEURS ALPHA ET/OU BÊTA – MÉTHODES D'ESSAIS

1 Généralités

1.1 *Domaine d'application et objet*

La présente Norme internationale est applicable aux méthodes d'essais de type qui permettent d'effectuer l'étalonnage ainsi que la mesure de l'efficacité de la compensation des descendants du radon des moniteurs d'aérosols radioactifs. Cette norme définit les caractéristiques des aérosols utilisés pour les essais ainsi que les procédures suivantes:

- méthode d'essai permettant la mesure de la réponse du moniteur relative à des aérosols calibrés émetteurs alpha et/ou bêta;
- méthode d'essai permettant la mesure de la réponse du moniteur relative à des aérosols calibrés de descendants du radon;
- méthode d'essai permettant la mesure de l'efficacité de la compensation radon;
- méthode d'essai permettant la mesure de la réponse du moniteur relative à un mélange d'aérosols constitués par des descendants du radon et par des émetteurs radioactifs alpha et/ou bêta.

De plus, elle spécifie les prescriptions pour l'homologation des instruments.

1.2 *Définitions*

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent:

1.2.1 *Ecart-type géométrique*

Si l'on suppose une loi de densité de probabilité «NORMALE» en fonction du logarithme du diamètre des particules, l'écart-type géométrique est égal au rapport, soit du diamètre médian sur le diamètre correspondant à 16 % de la distribution granulométrique cumulative, soit du diamètre correspondant à 84 % de la même distribution sur le diamètre médian. Cela signifie que 68 % des particules d'aérosols ont leurs diamètres compris dans l'intervalle égal à ± 1 écart-type géométrique.

1.2.2 *Facteur d'équilibre de l'aérosol de descendants du radon*

Le facteur d'équilibre est égal au quotient de l'énergie alpha potentielle réelle des descendants à vie courte du radon sur celle qui existerait si les descendants étaient en équilibre radioactif avec le radon. Dans le cas où les descendants sont en équilibre, le facteur d'équilibre est égal à 1, sinon il est inférieur à 1.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – CALIBRATION AND VERIFICATION OF THE EFFECTIVENESS OF RADON COMPENSATION FOR ALPHA AND/OR BETA AEROSOL MEASURING INSTRUMENTS – TEST METHODS

1 General

1.1 *Scope and object*

This International Standard is applicable to type test methods which permit calibration and measurement of the effectiveness of radon daughters' compensation of radioactive aerosol monitors. This standard defines aerosol characteristics used in these tests and applies the following procedures:

- test method permitting the measurement of the response of the monitor relative to alpha and/or beta defined radioactive aerosols;
- test method permitting the measurement of the response of the monitor relative to radon daughter-defined aerosols;
- test method permitting the measurement of the effectiveness of radon compensation;
- test method permitting the measurement of the response of the monitor relative to a mixture of aerosols constituted by radon daughters and by alpha and/or beta radioactive emitters.

In addition, it specifies the requirements for acceptance.

1.2 *Definitions*

For the purpose of this International Standard, the following definitions apply.

1.2.1 *Geometric standard deviation*

Assuming a "NORMAL" probability density function for the logarithm of the particulate diameters, the geometric standard deviation is equal to the quotient of either the median diameter to the diameter corresponding to 16 % of the cumulative size distribution, or the diameter corresponding to 84 % of the same size distribution to the median diameter. This means that 68 % of the aerosol particulates have diameters within an interval equal to ± 1 geometric standard deviation.

1.2.2 *Equilibrium factor of a radon daughters aerosol*

The equilibrium factor is equal to the quotient of the actual potential alpha energy of short-lived radon daughters to that which would exist if radon daughters were in equilibrium with radon. Where radon daughters are in equilibrium, the equilibrium factor is equal to 1, otherwise it is lower than 1.

2 Caractéristiques

2.1 Caractéristiques des aérosols radioactifs artificiels

Dans le cycle du combustible nucléaire, les travailleurs sont exposés aux aérosols radioactifs. Les aérosols sont constitués de particules de dimension variable, généralement comprise entre 0,1 μm et 10 μm [1]*. En cas d'accident, on observe également dans l'environnement des particules de taille correspondant à cette plage granulométrique [2]. La pénétration de ces particules dans le système respiratoire dépend de leur diamètre aérodynamique qui correspond à un diamètre équivalent de particules ayant une densité unité ($1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$), et considérées comme sphériques. Les diamètres aérodynamiques des particules produites par un générateur d'aérosols destiné à l'étalonnage des moniteurs d'aérosols radioactifs artificiels doivent donc être choisis en fonction de leur pouvoir de pénétration différent dans le système respiratoire. Selon le média filtrant, la tête de prélèvement et le circuit aéraulique de ces moniteurs, leur réponse peut dépendre de la granulométrie des particules. La conception de l'appareil doit éviter autant que possible cette dépendance.

Les aérosols radioactifs produits par les générateurs peuvent être caractérisés par les paramètres suivants:

- a) la granulométrie, c'est-à-dire la distribution du diamètre aérodynamique des particules. Pour définir ce paramètre on utilise le Diamètre Aérodynamique Médian en Activité (DAMA) et l'écart-type géométrique;
- b) le type de radioactivité, c'est-à-dire le rayonnement émis par les particules. Le générateur peut produire des aérosols de référence porteurs de radionucléides émetteurs alpha (^{239}Pu) et bêta-gamma (^{137}Cs);
- c) l'activité volumique, c'est-à-dire l'activité de l'aérosol par unité de volume d'air;
- d) la concentration, c'est-à-dire le nombre de particules par unité de volume d'air (m^{-3}), ou la masse des particules par unité de volume d'air ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). Dans les installations nucléaires ventilées et filtrées, la concentration est de l'ordre de 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$, tandis qu'elle peut atteindre quelques centaines de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ dans un environnement urbain empoussiéré. La réponse des moniteurs pour une granulométrie donnée (particulièrement ceux mesurant les alpha) pouvant être affectée par la masse collectée sur le filtre, la concentration doit être contrôlée et connue avec précision.

La méthode d'essais pour l'étalonnage des instruments, décrite dans cette norme, recommande des valeurs pour les paramètres mentionnés ci-dessus qui peuvent être obtenues par des générateurs du type de ceux utilisés sur le ban d'essais ICARE** installé à Saclay [3].

Pour cette méthode d'essais les aérosols, produits par des générateurs adaptés, présentent les caractéristiques suivantes:

- la granulométrie correspond à des diamètres de 0,4 μm et 4 μm , exprimés en DAMA, avec un écart-type géométrique de 1,3 à 1,5. Cependant, la granulométrie peut être choisie dans les gammes de 0,15 μm à 0,4 μm et de 1,5 μm à 4 μm . Puisque le rapport des diamètres a été choisi égal à 10, la masse des particules et le paramètre d'inertie varient respectivement de 10^3 à 10^2 . En effet, le nombre de Stokes définissant l'inertie d'une particule est proportionnel au carré de son diamètre. Ceci entraîne une grande variation des propriétés de rétention des particules, et rend ces valeurs de diamètre recommandées propres à montrer une variation de la réponse de l'instrument;

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie donnée dans l'annexe A.

** ICARE: Installation de Calibration à l'aide d'Aérosols Radioactifs Etalons.

2 Characteristics

2.1 Radioactive artificial aerosols

In the nuclear fuel cycle, workers are exposed to radioactive aerosols. These aerosols are constituted of particulates of various sizes, generally between 0,1 μm and 10 μm [1]*. In the case of an accident, this size range can also be observed in the environment [2]. The penetration of radioactive particulates into the respiratory system depends on their aerodynamic diameter, which corresponds to an equivalent diameter of particulates considered as spherical and of unit density ($1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). The particulate aerodynamic diameters produced by an aerosol generator for calibration of radioactive artificial aerosol monitors shall then be chosen as a function of their different levels of penetration in the lung system. Depending on the retaining medium, sampling head and tubing used in those monitors, their response is also affected by the particulate sizes, the design of the equipment shall be such as to avoid, as much as possible, this effect.

Radioactive aerosols produced by generators may be characterized by the following parameters:

- a) granulometry, i.e. the distribution of the particulate aerodynamic diameters. The activity median aerodynamic diameter (AMAD) and the geometric standard deviation may be used more conveniently to define this parameter;
- b) type of radioactivity, i.e. the radiation emitted by the particulates. The generator may produce aerosols emitting alpha (^{239}Pu) and beta-gamma (^{137}Cs) as reference radiations;
- c) volume activity, i.e. the activity of the aerosol per unit air volume;
- d) concentration, i.e. either the number of airborne particulates per unit air volume (m^{-3}), or the mass of airborne particulates per unit air volume ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$). In ventilated and filtrated nuclear facilities, the concentration is of the order of 30 whereas it can reach some hundreds of $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ in a dusty urban environment. As the response of these monitors (especially alpha monitors) for the same particulate size is affected by the mass collected on the retaining medium, the concentration shall be controlled and known with accuracy.

The test method for calibrating instruments described in this standard recommends values for the above-mentioned parameters using an aerosol generator, for example ICARE** [3] implemented in Saclay.

For this test method, aerosols are produced by suitable generators and are characterized by the following parameters:

- the granulometry is given in terms of AMAD and is equal to 0,4 μm and 4 μm with a geometrical standard deviation of 1,3 to 1,5. Nevertheless, the granulometry could be chosen in the ranges from 0,15 μm to 0,4 μm and from 1,5 μm to 4 μm . Since the diameters are chosen so that their ratio is equal to 10, then the particulate mass and inertia parameter vary by a factor of 10^3 and 10^2 , respectively. Effectively, the Stokes number defining a particulate inertia is proportional to the square of its diameter. This fact leads to a large variation in particulate retention properties and makes the recommended diameter values appropriate for showing variation in the instrument response;

* Figures in square brackets refer to the bibliography given in annex A.

** ICARE: Installation de Calibration à l'aide d'Aérosols Radioactifs Etalons.

- la concentration massique étant liée à la granulométrie, elle est de l'ordre de $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ à quelques centaines de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ pour des particules de $0,4 \mu\text{m}$ et de l'ordre de $1 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ pour des particules de $4 \mu\text{m}$;
- les émetteurs utilisés pour produire des aérosols radioactifs sont du ^{239}Pu et du ^{137}Cs , ou autres radionucléides;
- l'activité volumique varie de $8\cdot 10^{-2}$ à $12 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le ^{239}Pu et de $1 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10^5 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ pour le ^{137}Cs . On détermine cette quantité en échantillonnant les aérosols sur un filtre de référence et en mesurant le volume d'air l'ayant traversé, ainsi que l'activité déposée durant l'essai. Pour des aérosols de ^{239}Pu la mesure d'activité est faite par spectrométrie alpha, et pour les aérosols de ^{137}Cs par spectrométrie gamma; pour des radionucléides n'émettant que des particules bêta, un comptage bêta total est recommandé.

2.2 Caractéristiques des aérosols radioactifs naturels

Le gaz radon et ses produits de filiation solides existent en tout lieu et à une concentration variable, que ce soit dans l'environnement, ou les habitations, ou les installations nucléaires. Pour un lieu donné, cette concentration varie aussi avec les conditions atmosphériques. Parmi les descendants du ^{222}Rn (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Tl , ^{210}Pb , ^{210}Bi et ^{210}Po) seuls ceux à vie courte ont le temps d'être produits: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi et ^{214}Po .

Dans les lieux de travail, tels que les mines, où le risque (radiologique) principal est dû au radon et à ses descendants, leurs concentrations sont mesurées par des instruments différents qui ne sont pas l'objet de cette norme.

Une fraction des atomes des descendants solides s'attache aux poussières inactives présentes en concentration variable, et l'autre fraction reste libre. Ces aérosols radioactifs naturels sont caractérisés par les paramètres suivants:

- a) la granulométrie, c'est-à-dire la distribution en taille de la fraction attachée; pour définir plus facilement ce paramètre on utilise le DAMA et l'écart-type géométrique;
- b) les activités volumiques du radon et de chacun de ses descendants, ainsi que leur facteur d'équilibre;
- c) la concentration des aérosols porteurs, c'est-à-dire le nombre de particules ou leur masse par unité de volume d'air;
- d) la fraction libre, c'est-à-dire la fraction des atomes des descendants du radon par unité de volume d'air qui ne se sont pas attachés aux poussières inactives;
- e) la fraction attachée, c'est-à-dire la fraction d'atomes des descendants du radon par unité de volume d'air qui sont attachés aux poussières initialement inactives.

L'aérosol ainsi caractérisé peut présenter différents aspects. Deux situations extrêmes peuvent être exposées:

- 1) Atmosphère calme, conditions météorologiques stables pendant plusieurs heures
 - dans ce cas, le radon et ses descendants gardent un facteur d'équilibre constant et relativement élevé. L'activité volumique de chacun des descendants approche celle du radon. Elle varie généralement de quelques $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10^3 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$;
 - le DAMA est compris entre $0,1 \mu\text{m}$ et $0,5 \mu\text{m}$ [4], [5];
 - la concentration massique des aérosols porteurs peut atteindre quelques centaines de $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$;
 - les fractions libre et attachée sont variables et dépendent de la concentration numérique ou massique de l'aérosol porteur et de sa granulométrie.

- as the mass concentration is related to granulometry, it is of the order of $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ to some hundreds of $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ for $0,4 \mu\text{m}$ particulates and for $4 \mu\text{m}$ particulates it is of the order of $1 \text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$;
- the type of emitters used for producing radioactive aerosols are ^{239}Pu , and ^{137}Cs or other radionuclides;
- the volume activity varies from $8\cdot 10^{-2} \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $12 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ for ^{239}Pu and from $1 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10^5 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ for ^{137}Cs . This quantity is determined by sampling the aerosols through a reference filter and by measuring the air volume traversing it and the activity deposited on it during the test. For ^{239}Pu aerosols the activity measurement is done by alpha spectrometry, for ^{137}Cs aerosols it is done by gamma spectrometry and for radionuclides emitting only beta particles, gross beta counting is recommended.

2.2 Natural radon aerosols

Radon gas and radon solid daughters naturally exist everywhere, in variable concentrations, in the environment, in homes and in nuclear installations. For a given place, concentration varies also with atmospheric conditions. Among radioactive daughters of ^{222}Rn (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , ^{210}Tl , ^{210}Pb , ^{210}Bi and ^{210}Po) only the short-lived ones have time to be produced: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi and ^{214}Po .

In work places, such as mines, where the main risk is due to radon and its daughters, concentrations are measured using various instruments which are not the subject of this standard.

A fraction of the atoms of radon solid daughters are attached to inactive particulates present in various concentrations, and the other fraction of atoms stays free. These natural radioactive aerosols are then characterized by the following parameters:

- a) the granulometry, i.e. the particulate diameter distribution of the attached fraction. The AMAD and the geometric standard deviation may be used more conveniently to define this parameter;
- b) the volume activities of radon and of each of its daughters as well as their equilibrium factor;
- c) the concentration of the carrier aerosols, i.e. either the number of particulates per unit air volume or the mass of particulates per unit air volume;
- d) the free fraction, i.e. the fraction of atoms of radon daughters per unit air volume which are not attached to inactive particulates;
- e) the attached fraction, i.e. the fraction of atoms of radon daughters per unit air volume which are attached to particulates initially inactive.

An aerosol characterized in this manner may have different aspects. Two extreme cases may be described:

- 1) Calm atmosphere, stable meteorological conditions during several hours
 - in this case, the radon keeps a constant, relatively high equilibrium factor with its daughters. The volume activity of each of its daughters comes close to that of radon. Generally it varies from a few $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10^3 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$;
 - the AMAD is between $0,1 \mu\text{m}$ and $0,5 \mu\text{m}$ [4], [5];
 - the mass concentration of the carrier aerosol can reach values of some hundreds of $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$;
 - the free fraction and the attached fraction are variable and depend on number or mass concentration of the carrier aerosol and on its granulometry.

2) Atmosphère ventilée et filtrée d'une installation

Dans ce cas, il est aussi possible de donner des valeurs aux paramètres caractérisant l'aérosol naturel:

- le DAMA est généralement plus faible que pour l'environnement, et dépend du type de travail réalisé dans l'installation. Il est de l'ordre de $0,1 \mu\text{m}$;
- généralement, la concentration de l'aérosol porteur est de l'ordre de $30 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$;
- l'activité volumique du radon varie de quelques $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10^3 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ comme dans l'atmosphère entourant l'installation;
- compte tenu du taux de renouvellement des installations nucléaires, qui est généralement voisin de 4h^{-1} à 6h^{-1} , et de la filtration, les descendants n'ont pas le temps de se mettre en équilibre. Leurs activités volumiques n'atteignent donc pas celle du radon. L'activité volumique des quatre descendants à vie courte varie de quelque $10^{-1} \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10^2 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Cette variation dépend des conditions météorologiques à l'extérieur de l'installation et du taux de renouvellement de cette installation;
- les fractions libre et attachée sont gouvernées par la concentration numérique ou massique, et par la distribution granulométrique de l'aérosol porteur.

En conséquence, comme il serait très coûteux de spécifier différentes conditions, la procédure d'essai définie dans cette norme recommande des valeurs pour les paramètres mentionnés ci-dessus. Ces valeurs qui peuvent être obtenues avec des générateurs d'aérosols adaptés représentent un compromis raisonnable entre les situations présentées ci-dessus.

- le DAMA est égal à $0,2 \mu\text{m}$, qui est compris entre $0,1 \mu\text{m}$ et $0,5 \mu\text{m}$. L'écart-type géométrique est de l'ordre de 2;
- la concentration numérique de l'aérosol porteur est variable de 10^8 à 10^{10} particules par m^3 ;
- le pourcentage de la fraction attachée, fixé par les conditions de concentration numérique et de granulométrie, varie de quelques unités à environ 100. Les valeurs choisies sont environ 80 % pour l'étalonnage des moniteurs mesurant habituellement une atmosphère empoussiérée et 50 % pour l'étalonnage des moniteurs mesurant une atmosphère ventilée et filtrée (cellules chaudes par exemple);
- le facteur d'équilibre est conventionnellement fixé à environ 0,4 afin d'être représentatif d'une condition moyenne de l'environnement, et à environ 0,15 pour reproduire une condition moyenne de l'atmosphère filtrée et ventilée;
- l'activité volumique totale des descendants à vie courte du radon est choisie proche de $40 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ pour les deux types de moniteurs.

Les méthodes d'essais décrites dans cette norme pour déterminer l'efficacité de la compensation du radon et de ses descendants et étalonner la voie de mesure de la radioactivité naturelle utiliseront comme source de référence cet aérosol radioactif naturel ainsi défini.

3 Etalonnage des voies de mesure des aérosols radioactifs artificiels

L'objet de cette méthode d'essais est de déterminer la réponse (facteur de calibration) et le rendement des voies de mesure de l'activité artificielle de l'instrument pour des aérosols radioactifs artificiels.

3.1 Principe de mesure

Les instruments qui mesurent les aérosols radioactifs artificiels dans l'atmosphère indiquent:

- soit l'activité totale sur le filtre (média filtrant) des aérosols radioactifs artificiels;
- soit l'activité volumique ou la concentration des aérosols radioactifs artificiels.

2) Ventilated and filtered atmosphere in an installation

In this case, it is also possible to give values for the parameters characterizing the natural aerosol:

- the AMAD is generally lower than for the unfiltered and will depend on the kind of work undertaken in the installation. It is of the order of 0,1 μm ;
- generally the mass concentration of the carrier aerosol is of the order of 30 $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$;
- the radon volume activity varies from a few $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10^3 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, as in the atmosphere surrounding the installation;
- taking into account the air renewal rate in nuclear facilities which is generally in the order of 4 h^{-1} to 6 h^{-1} and the filtration, the daughters do not have time to be in equilibrium. Their volume activities are not therefore close to that of the radon. The volume activity of the radon first four daughters is variable from a few $10^{-1} \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10^2 \text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. This variation depends on meteorological conditions outside the facility and on the air renewal rate in the facility;
- the free fraction and the attached fraction are governed by the mass or numerical concentration and particulate size distribution of the carrier aerosol.

Therefore, as there is a major diseconomy in specifying different conditions, the test procedure defined in this standard recommends values for the above-mentioned parameters. These values can be obtained using suitable aerosol generators and represent a reasonable compromise when examining the above-mentioned cases:

- the AMAD is equal to 0,2 μm which is between 0,1 μm and 0,5 μm . The geometric standard deviation is of the order of 2;
- the number concentration for the carrier aerosol is variable from 10^8 to 10^{10} particulates per m^3 ;
- the percentage of the attached fraction, fixed by the conditions of number concentration and granulometry, is variable from a few units to around 100 units. The chosen values are about 80 % for calibration of monitors measuring normally dusty atmosphere and 50 % for calibration of monitors measuring ventilated and filtered atmosphere (hot cells for example);
- the equilibrium factor is conventionally fixed near 0,4 to be representative of a mean condition of environmental atmosphere, and conventionally near 0,15 to reproduce filtered and ventilated mean conditions;
- the total volume activity of the short-lived radon daughters is chosen close to 40 $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ for both types of monitors mentioned above.

The test methods described in this standard for determining the effectiveness of radon and radon daughters' compensation and for calibrating the natural measuring channel will use as a reference source this defined natural aerosol.

3 Calibration of the measuring channels of radioactive artificial aerosols

The object of this test method is to determine the response (calibration factor) and the efficiency of the instrument's artificial activity measuring channels of artificial radioactive aerosols.

3.1 Measurement principle

Instruments measuring artificial radioactive aerosols in the atmosphere carry out the reading:

- either in terms of the total activity on the filter (retaining medium) of artificial radioactive aerosols;
- or in terms of the volume activity or concentration of the artificial radioactive aerosols.

3.1.1 Instruments mesurant l'activité artificielle collectée sur un média filtrant

Ces instruments donnent une indication de l'activité artificielle collectée par un média filtrant durant l'aspiration des aérosols dans l'atmosphère. L'indication est donnée en coups par seconde (s^{-1}), en Becquerel (Bq) ou en limite dérivée de la concentration dans l'air multipliée par le temps ($Bq \cdot m^{-3} \cdot h$ ou $LDC \cdot h$).

Détermination du rendement de ce type d'instrument

Supposons que la lecture de cet instrument soit exprimée en coups par seconde (s^{-1}).

Le rendement de l'instrument $(R_A)_Z$ pour un radionucléide, Z, sous la forme d'aérosol retenu sur un média filtrant peut être donné par la relation suivante:

$$(R_A)_Z = \frac{n_Z(t)}{A_V \cdot q \cdot t} \quad (1)$$

où

$n_Z(t)$ est le nombre net de coups par unité de temps, c'est-à-dire le taux de comptage net (s^{-1}) dû à un radionucléide, Z, injecté sous la forme d'un aérosol et retenu sur le média filtrant;

A_V est l'activité volumique injectée et maintenue constante durant l'essai ($Bq \cdot m^{-3}$);

q est le débit de l'instrument ($m^3 \cdot s^{-1}$);

t est le temps de prélèvement (s).

Afin de réduire l'incertitude dans les mesures de rendement, il est nécessaire de mesurer le nombre net de coups dans un intervalle de temps défini par le temps initial ($t = 0$) du début de l'injection et par le temps final (t_f). Le nombre de coups $N(t_f)$ est donné par l'expression:

$$N(t_f) = \int_0^{t_f} n_Z(t) dt = \int_0^{t_f} A_V \cdot q \cdot t \cdot (R_A)_Z \cdot dt \quad (2)$$

Dû à:

- la pénétration de l'aérosol dans le média filtrant, le rendement $(R_A)_Z$, ne peut pas être considéré constant au début de l'injection. Pour un média filtrant donné, le rendement devient constant après une période de temps t_i dépendant de la granulométrie, de la concentration et du type de rayonnement émis par l'aérosol retenu;
- au fait que l'activité volumique, A_V , et le débit de prélèvement peuvent être maintenus constants en fonction du temps.

Il est possible de réécrire l'équation (2) avec $(R_A)_Z$, q et A_V constants après un temps initial t_i :

$$N(t_f) - N(t_i) = A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \int_{t_i}^{t_f} t \cdot dt$$

$$N = N(t_f) - N(t_i) = \frac{A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \cdot (t_f^2 - t_i^2)}{2}$$

où $N = N(t_f) - N(t_i)$ est le comptage net enregistré dans l'intervalle de temps $(t_f - t_i)$.

3.1.1 Instruments measuring artificial activity collected on a retaining medium

These instruments carry out a reading of the artificial activity collected by a retaining medium when pumping aerosols into the atmosphere. The reading is given in counts per seconds (s^{-1}), in Becquerel (Bq) or in derived air concentration multiplied by hours ($Bq \cdot m^{-3} \cdot h$ or $DAC \cdot h$).

Determination of such instrument efficiency

Suppose that the reading of such an instrument is expressed in counts per second (s^{-1}).

The instrument efficiency $(R_A)_Z$ for a radionuclide, Z, in the form of an aerosol trapped on the retaining medium can be given by the following relationship:

$$(R_A)_Z = \frac{n_Z(t)}{A_V \cdot q \cdot t} \quad (1)$$

where

$n_Z(t)$ is the net number of counts per unit time i.e. net count rate (s^{-1}) due to a radionuclide, Z, injected in the form of an aerosol and trapped on the retaining medium;

A_V is the volume activity injected and maintained constant during the test ($Bq \cdot m^{-3}$);

q is the flow rate of the instrument ($m^3 \cdot s^{-1}$);

t is the sampling time (s).

In order to decrease the uncertainty in the efficiency measurements, it is necessary to measure the number of net counts in a time interval defined by the initial time ($t = 0$) at the beginning of injection and by the final time (t_f). The number of counts $N(t_f)$ is given by the expression:

$$N(t_f) = \int_0^{t_f} n_Z(t) dt = \int_0^{t_f} A_V \cdot q \cdot t \cdot (R_A)_Z \cdot dt \quad (2)$$

Due to:

- aerosol penetration into the retaining medium, the efficiency $(R_A)_Z$, cannot be considered as constant at the beginning of injection. For a given retaining medium, the efficiency becomes constant after a period of time t_i depending on the granulometry, on the concentration and on the type of radiation emitted by the trapped aerosol;
- the fact that the volume activity, A_V , and the sampling flow rate can be maintained constant as a function of time.

It is possible to rewrite equation (2) with $(R_A)_Z$, q and A_V constants after an initial time t_i :

$$N(t_f) - N(t_i) = A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \int_{t_i}^{t_f} t \cdot dt$$

$$N = N(t_f) - N(t_i) = \frac{A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \cdot (t_f^2 - t_i^2)}{2}$$

where $N = N(t_f) - N(t_i)$ is the net count registered in the time interval $(t_f - t_i)$.

Le rendement de l'instrument est alors égal à:

$$(R_A)_Z = \frac{2 \cdot N}{q \cdot A_V \cdot (t_f^2 - t_i^2)} \quad (3)$$

Calcul de l'incertitude sur le rendement de l'instrument

Si l'on suppose indépendantes les variables donnant le rendement de l'instrument, alors la variance de la mesure de $(R_A)_Z$ peut être calculée, par exemple, à partir de la relation suivante [6].

$$\begin{aligned} \left(\sigma_{(R_A)_Z} \right)^2 &= \left(\frac{\delta R_A}{\delta N} \right)^2 \sigma_N^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta q} \right)^2 \sigma_q^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta A_V} \right)^2 \sigma_{A_V}^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta t_f} \right)^2 \sigma_{t_f}^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta t_i} \right)^2 \sigma_{t_i}^2 \\ \text{d'où} \quad \left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z} \right)^2 &= \left(\frac{\sigma_N}{N} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 + \frac{4 t_f^2}{(t_f^2 - t_i^2)^2} \sigma_{t_f}^2 + \frac{4 t_i^2}{(t_f^2 - t_i^2)^2} \sigma_{t_i}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Le comptage net, N , est obtenu en faisant la différence entre le comptage brut, N_b , et le bruit de fond, B , pendant le même intervalle de temps ($\Delta t = t_f - t_i$), soit:

$$N = N_b - B' \frac{\Delta t}{\Delta t'} \quad \text{ou} \quad N = (N + B) - B' \frac{\Delta t}{\Delta t'}$$

où B' est le bruit de fond de l'instrument enregistré durant l'intervalle de temps $\Delta t' > \Delta t$, afin de réduire sa variance relative.

La variance de N est alors:

$$\sigma_N^2 = N + B + B' \left(\frac{\Delta t}{\Delta t'} \right)^2$$

Les variances globales de q , A_V , t_f et t_i peuvent être déterminées en additionnant les variances de ces incertitudes qui sont obtenues par des méthodes statistiques (type A) à celles obtenues par d'autres méthodes (type B) [7], [8].

Si seules les limites des incertitudes de type B peuvent être estimées et en supposant une distribution de probabilité constante de ces incertitudes entre les limites (symétriques), alors les variances correspondant aux incertitudes de type B sont obtenues en divisant le carré des limites respectives par 3 [7].

Si l'on ne peut pas supposer une distribution constante de probabilité des incertitudes de type B, les variances correspondant aux incertitudes de type B sont obtenues en divisant le carré des limites respectives par 9 [7].

Les limites de confiance de $(R_A)_Z$ pour un niveau de confiance de 95 % sont alors obtenues en multipliant l'écart-type relatif

$$\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z}$$

de l'équation (4) par un facteur égal à 2.

The instrument efficiency would then be:

$$(R_A)_Z = \frac{2 \cdot N}{q \cdot A_V \cdot (t_f^2 - t_i^2)} \quad (3)$$

Calculation of the uncertainty of the instrument efficiency

If the variables giving the instrument efficiency are assumed to be independent, then the variance of the measurement $(R_A)_Z$ would be, for example, calculated using the following relationship [6].

$$\begin{aligned} \left(\sigma_{(R_A)_Z} \right)^2 &= \left(\frac{\delta R_A}{\delta N} \right)^2 \sigma_N^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta q} \right)^2 \sigma_q^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta A_V} \right)^2 \sigma_{A_V}^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta t_f} \right)^2 \sigma_{t_f}^2 + \left(\frac{\delta R_A}{\delta t_i} \right)^2 \sigma_{t_i}^2 \\ \text{i.e.} \quad \left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z} \right)^2 &= \left(\frac{\sigma_N}{N} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 + \frac{4 t_f^2}{(t_f^2 - t_i^2)^2} \sigma_{t_f}^2 + \frac{4 t_i^2}{(t_f^2 - t_i^2)^2} \sigma_{t_i}^2 \end{aligned} \quad (4)$$

The net count, N , is obtained by making the difference between the gross count, N_b , and the background count, B , during the same time intervals ($\Delta t = t_f - t_i$), i.e.:

$$N = N_b - B' \frac{\Delta t}{\Delta t'} \quad \text{or} \quad N = (N + B) - B' \frac{\Delta t}{\Delta t'}$$

where B' is the instrument background registered during the time interval $\Delta t' > \Delta t$, in order to decrease its relative variance.

The variance of N is then:

$$\sigma_N^2 = N + B + B' \left(\frac{\Delta t}{\Delta t'} \right)^2$$

The overall variances of q , A_V , t_f and t_i may be determined by adding the variances of those uncertainties which are obtained by statistical methods (type A) to those obtained by other methods (type B) [7], [8].

If only the limits of the type B uncertainties can be estimated and assuming a constant probability distribution of these uncertainties between the (symmetric) limits, the corresponding variances of type B uncertainties are obtained by dividing the square of the respective limits by 3 [7].

If a constant probability distribution of type B uncertainties cannot be assumed, the corresponding variances of type B uncertainties are obtained by dividing the square of the respective limits by 9 [7].

The confidence limits of $(R_A)_Z$ for a confidence level of 95 % are then obtained by multiplying the relative standard deviation

$$\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z}$$

of equation (4) by a factor of 2.

L'équation (4) démontre clairement que l'incertitude sur $(R_A)_Z$ sera aussi petite que possible si:

- l'activité volumique injectée, A_V , est aussi élevée que possible ainsi que le comptage enregistré, N , durant le même intervalle de temps $(t_f - t_i)$;
- l'activité volumique, A_V , et le débit de l'instrument sont maintenus constante durant un intervalle de temps, $(t_f - t_i)$, aussi long que possible;
- le volume d'air qui traverse le filtre de référence (voir 2.1) est aussi élevé que possible puisque l'activité volumique, A_V , est définie par la relation:

$$A_V = \frac{A_r}{V}$$

et

$$\left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (5)$$

où

A_r est l'activité mesurée du filtre de référence;

V est le volume d'air ayant traversé ce filtre pendant le temps de prélèvement;

σ_{A_r} est l'écart-type de A_r ;

σ_V est l'écart-type de V .

3.1.2 Instruments mesurant l'activité volumique des aérosols radioactifs artificiels

Ces instruments sont conçus pour donner une indication de la concentration des aérosols radioactifs artificiels. L'indication est généralement élaborée par un algorithme qui a les fonctions suivantes:

- acquisition et traitement du taux de comptage délivré par le détecteur faisant face au média filtrant;
- dérivation en fonction du temps du taux de comptage détecté $n_Z(t)$ de l'équation (1), en supposant que l'activité volumique, A_V , est constante pendant l'intervalle de temps, dt , de l'acquisition et du traitement du taux de comptage des impulsions:

$$\dot{n}_Z = \frac{dn_Z(t)}{dt} = A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \quad (6)$$

où \dot{n}_Z est le taux de variation du taux de comptage.

En fait, $(R_A)_Z$ doit être également constant en fonction du temps et cette condition est atteinte après un temps t_i qui dépend des paramètres mentionnés ci-dessus (voir 3.1.1).

L'expression (6) montre que \dot{n}_Z est proportionnel à l'activité volumique de l'air à proximité de l'entrée de l'instrument.

L'activité volumique indiquée, $(L_V)_Z$ est déterminée par l'expression:

$$(L_V)_Z = \frac{\dot{n}_Z}{K_Z} \quad (7)$$

avec

$$K_Z = q \cdot (R_L)_Z \quad (8)$$

Equation (4) clearly demonstrates that the uncertainty on $(R_A)_Z$ would be as small as possible, if:

- the injected volume activity, A_V , is as high as possible and so is the count registered, N , during the same time interval $(t_f - t_i)$;
- the volume activity, A_V , and the instrument flow rate are maintained constant during a time interval, $(t_f - t_i)$, for as long as possible;
- the air volume which goes through the reference filter (see 2.1) is as high as possible since the volume activity, A_V , is measured by the relationship:

$$A_V = \frac{A_r}{V}$$

and

$$\left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right)^2 \quad (5)$$

where

- A_r is the measured activity deposited on the reference filter;
- V is the air volume passing through this filter during the sampling time;
- σ_{A_r} is the standard deviation of A_r ;
- σ_V is the standard deviation of V .

3.1.2 Instruments measuring volume activity of radioactive artificial aerosols

These instruments are designed to give a reading of the concentration of radioactive artificial aerosols. The reading is generally carried out by an algorithm which has the following functions:

- acquisition and treatment of the count rate delivered by the detector facing the retaining medium;
- derivation with respect of time of the detected count rate $n_Z(t)$ in expression (1), assuming that the air volume activity, A_V , is constant during the time interval, dt , of the acquisition and treatment of the pulse count rate:

$$\dot{n}_Z = \frac{dn_Z(t)}{dt} = A_V \cdot q \cdot (R_A)_Z \quad (6)$$

where \dot{n}_Z is the rate of change of the count rate.

In fact, $(R_A)_Z$ also has to be constant with respect to time and this condition is reached after a time t_i depending on parameters mentioned above (see 3.1.1).

Expression (6) shows that \dot{n}_Z is proportional to air volume activity around the instrument nozzle.

The indicated volume activity, $(L_V)_Z$ is determined by the expression:

$$(L_V)_Z = \frac{\dot{n}_Z}{K_Z} \quad (7)$$

with

$$K_Z = q \cdot (R_L)_Z \quad (8)$$

K_Z est le coefficient qui convertit la dérivée première en fonction du temps du taux de comptage \dot{n}_Z , exprimé en coups par seconde au carré (s^{-2}), dans l'activité volumique de l'air indiquée, $(L_V)_Z$, exprimée en $Bq \cdot m^{-3}$. Ce coefficient de conversion est égal au produit du débit de prélèvement, q ($m^3 \cdot s^{-1}$), par le rendement de détection, $(R_L)_Z$, relatif à l'activité du radionucléide, Z , déposé sur le média filtrant; il est exprimé en s^{-1}/Bq et installé dans l'algorithme de l'instrument.

Détermination de la réponse et du rendement de l'instrument relatifs aux aérosols radioactifs artificiels

Supposons que:

- A_V soit l'activité volumique dans l'air d'un radionucléide, Z injecté dans l'instrument et mesuré par prélèvement sur un filtre de référence;
- $(L_V)_Z$ soit l'activité volumique dans l'air du radionucléide Z indiquée par l'instrument en essai soumis à la quantité A_V ;
- A_V et $(L_V)_Z$ soient exprimés dans la même unité, c'est-à-dire $Bq \cdot m^{-3}$;

alors la réponse de l'instrument pour le radionucléide, Z , est définie par la relation:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(L_V)_Z}{A_V} \quad (9)$$

Si l'on substitue à $(L_V)_Z$ et A_V leurs expressions (6), (7), (8), la réponse de l'instrument \mathcal{R}_Z peut être assimilée à:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (10)$$

ou

$$(R_A)_Z = \mathcal{R}_Z \cdot (R_L)_Z \quad (11)$$

Connaissant $(R_L)_Z$ installé dans l'algorithme de l'instrument et \mathcal{R}_Z mesuré par l'équation (9), il est possible d'en déduire $(R_A)_Z$, relatif au radionucléide, Z , prélevé sous forme d'aérosol et déposé sur le média filtrant, par l'équation (11).

Calcul des incertitudes sur la réponse et le rendement de l'instrument

Si l'on considère indépendantes les variables de l'équation (9), la variance relative de \mathcal{R}_Z mesuré peut s'écrire:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 \quad (12)$$

Comme déjà mentionné dans l'équation (5):

$$\left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right)^2$$

K_Z is the coefficient which converts the first derivative with respect to time of the count rate \dot{n}_Z , expressed in counts per square second (s^{-2}), in indicated air volume activity, $(L_V)_Z$, expressed in $Bq \cdot m^{-3}$. This conversion coefficient is equal to the product of the pumping flow rate, q ($m^3 \cdot s^{-1}$), by the detection efficiency, $(R_L)_Z$, relative to the activity of the radionuclide, Z , deposited on the retaining medium expressed in s^{-1}/Bq and implemented in the instrument algorithm.

Determination of the instrument response and of the instrument efficiency relative to artificial radioactive aerosols

Suppose that:

- A_V is the air volume activity of a radionuclide, Z , injected into the instrument and measured by sampling through a reference filter;
- $(L_V)_Z$ is the indicated air volume activity of the radionuclide, Z , by the instrument under test subjected to the quantity A_V ;
- A_V and $(L_V)_Z$ are expressed in the same unit, i.e. $Bq \cdot m^{-3}$;

then, the response of the instrument for radionuclide, Z , is defined by the relationship:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(L_V)_Z}{A_V} \quad (9)$$

If $(L_V)_Z$ and A_V are substituted by their expressions (6), (7), (8), the response of the instrument \mathcal{R}_Z can be equated:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (10)$$

or

$$(R_A)_Z = \mathcal{R}_Z \cdot (R_L)_Z \quad (11)$$

Knowing $(R_L)_Z$ implemented in the instrument algorithm and \mathcal{R}_Z measured by equation (9), it is possible to deduce $(R_A)_Z$, relative to the radionuclide, Z , sampled in a form of aerosol and deposited on the retaining medium by equation (11).

Calculation of the uncertainties on the instrument response and efficiency

If the variables in equation (9) are considered as independent, the relative variance of the measured \mathcal{R}_Z can be written:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 \quad (12)$$

As already mentioned in equation (5):

$$\left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right)^2$$

En utilisant les équations (7) et (8), la variance relative de l'indication de l'instrument $(L_V)_Z$ peut s'écrire:

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(R_L)_Z}}{(R_L)_Z} \right)^2 \quad (13)$$

Comme $(R_L)_Z$ est fixé dans l'algorithme de l'instrument, son écart-type de type A (statistique) est égal à zéro. Son écart-type de type B (systématique) peut être calculé par l'expression:

$$\sigma_{s,(R_L)_Z} = \frac{(R_A)_Z - (R_L)_Z}{3} \quad (14)$$

L'incertitude de type B sur $(R_L)_Z$, que l'on doit prendre égale à $3\sigma_s$, $(R_L)_Z$ peut être considérée comme une erreur systématique dont la direction et l'amplitude doivent être déterminées en fonction de $(R_A)_Z$. Si $(R_A)_Z$ est mesuré, $(R_L)_Z$ peut être remplacé par $(R_A)_Z$ dans l'algorithme.

De plus, si dans l'équation (13) seules sont considérées les variances de type A pour \dot{n}_Z et $(R_L)_Z$, (13) devient alors:

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 \quad (15)$$

Pour calculer $\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z}$, il est nécessaire de connaître le principe de fonctionnement de l'algorithme.

Les différents principes utilisés peuvent être réduits aux deux cas suivants:

1) **L'algorithme calcule la dérivée première, \dot{n}_Z , en intégrant le taux de comptage net détecté, $n_Z(t)$, dans un registre par cycles d'intervalle de temps θ .** Généralement, à la fin de chaque cycle l'algorithme utilise des tests pour vérifier que la pente, \dot{n}_Z , est constante. Ceci peut être réalisé en comparant la pente du cycle i à celle du cycle $(i - 1)$. En supposant que l'activité volumique injectée, A_V , est constante durant un intervalle de temps suffisant $T = i\theta$, une combinaison des équations (2) et (6) donne:

$$N(T) = \dot{n}_Z \int_0^T t \, dt = \dot{n}_Z \frac{T^2}{2}$$

D'où
$$\dot{n}_Z = \frac{2 N(T)}{T^2} \quad (16)$$

La variance de \dot{n}_Z peut alors s'écrire:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{4}{T^4} \left(\sigma_{N(T)} \right)^2 \quad (17)$$

Using equations (7) and (8), the relative variance of the instrument reading $(L_V)_Z$ can be written

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(R_L)_Z}}{(R_L)_Z} \right)^2 \quad (13)$$

As $(R_L)_Z$ is fixed in the algorithm of the instrument, its standard deviation of type A (random) is equal to zero. Its standard deviation of type B (systematic) can be calculated by the expression:

$$\sigma_{s,(R_L)_Z} = \frac{(R_A)_Z - (R_L)_Z}{3} \quad (14)$$

The type B uncertainty on $(R_L)_Z$, which is taken equal to $3\sigma_{s,(R_L)_Z}$, $(R_L)_Z$ can be considered as a systematic error whose direction and amplitude are to be determined with respect to $(R_A)_Z$. If $(R_A)_Z$ is measured, $(R_L)_Z$ can be replaced by $(R_A)_Z$ in the algorithm.

Furthermore, if in equation (13) only type A variances are considered for \dot{n}_Z and $(R_L)_Z$, then (13) becomes:

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 \quad (15)$$

In order to calculate $\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z}$, it is necessary to know the operating principle of the algorithm.

Different operating principles used may be reduced to the following two cases:

1) **The algorithm calculates the first derivative, \dot{n}_Z , by integrating the detected net count rate, $n_Z(t)$, in a register by cycles of time interval θ .** Generally, at the end of each cycle the algorithm will use tests in order to verify that the slope, \dot{n}_Z , is constant. This can be done by comparing the slope of the i^{th} cycle to that of the $(i-1)^{\text{th}}$ cycle. Suppose that the injected volume activity, A_V , is constant during a sufficient time interval $T = i\theta$, then combining equations (2) and (6) gives:

$$N(T) = \dot{n}_Z \int_0^T t \, dt = \dot{n}_Z \frac{T^2}{2}$$

Then

$$\dot{n}_Z = \frac{2N(T)}{T^2} \quad (16)$$

The variance of \dot{n}_Z can then be written:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{4}{T^4} \left(\sigma_{N(T)} \right)^2 \quad (17)$$

Puisque $N(T)$ est un comptage net, et comme nous l'avons déjà mentionné, sa variance est égale à:

$$\left(\sigma_{N(T)}\right)^2 = N(T) + 2B = N(T) + 2bT \quad (18)$$

où

B est le comptage du bruit de fond enregistré pendant la période T

b est le taux de comptage du bruit de fond.

En combinant les équations (16), (17) et (18), on obtient:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2(4b + T \dot{n}_Z)}{T^3} \quad (19)$$

Si l'activité volumique, A_V , est suffisamment élevée pour que $4b$ soit négligeable en comparaison de $T\dot{n}_Z$, alors:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2\dot{n}_Z}{T^2} \quad (20)$$

En remplaçant \dot{n}_Z par son expression (7), $\sigma_{\dot{n}_Z}^2$ devient:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z}{T^2} \quad (21)$$

et

$$\left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} \quad (22)$$

L'équation (15) devient:

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 \quad (23)$$

La combinaison des équations (5), (12) et (23) permet de réécrire la variance relative de la réponse de l'instrument \mathcal{R}_Z :

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (24a)$$

Si $4b$ n'est pas négligeable comparé à $T\dot{n}_Z$, l'équation (24a) devient (24b):

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 = \frac{2[4b + T \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot (L_V)_Z]}{T^3 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2 \cdot (L_V)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (24b)$$

As $N(T)$ is a net count, its variance as already mentioned is equal to:

$$\left(\sigma_{N(T)}\right)^2 = N(T) + 2B = N(T) + 2bT \quad (18)$$

where

B is the background count registered during the period T

b is the background count rate.

Combining equations (16), (17) and (18), gives:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2(4b + T \dot{n}_Z)}{T^3} \quad (19)$$

If the volume activity, A_V , is sufficiently high so as that $4b$ is negligible compared to $T\dot{n}_Z$, then:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2\dot{n}_Z}{T^2} \quad (20)$$

Replacing \dot{n}_Z by its expression (7), $\sigma_{\dot{n}_Z}^2$ becomes:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{2(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z}{T^2} \quad (21)$$

and

$$\left(\frac{\sigma_{\dot{n}_Z}}{\dot{n}_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} \quad (22)$$

Equation (15) becomes:

$$\left(\frac{\sigma_{(L_V)_Z}}{(L_V)_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 \quad (23)$$

Combining equations (5), (12) and (23) allows the relative variance of the instrument response \mathcal{R}_Z to be rewritten:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 = \frac{2}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (24a)$$

If $4b$ is not negligible compared to $T\dot{n}_Z$, equation (24a) becomes (24b):

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 = \frac{2[4b + T \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot (L_V)_Z]}{T^3 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2 \cdot (L_V)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (24b)$$

L'incertitude relative sur \mathcal{R}_Z est calculée en multipliant par 2 l'écart-type relatif $\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}$.

L'incertitude relative sur le rendement de l'instrument, $(R_A)_Z$, est:

$$\frac{\varepsilon_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z} = 2 \frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \quad (25)$$

L'erreur systématique relative (type B) sur le rendement de l'instrument installé dans l'algorithme peut être exprimée par:

$$\frac{\varepsilon_{s,(R_L)_Z}}{(R_L)_Z} = \frac{(R_A)_Z - (R_L)_Z}{(R_L)_Z} \quad (26)$$

Comme indiqué ci-dessus $(R_L)_Z$ peut être remplacé par $(R_A)_Z$ dans l'algorithme puisque la direction et l'amplitude de l'erreur systématique sur $(R_L)_Z$ sont connues lorsque $(R_A)_Z$ est déterminé.

L'équation (24) démontre que pour ce type d'essai, de manière que les incertitudes sur \mathcal{R}_Z et sur $(R_A)_Z$ puissent être maintenues aussi faibles que possible, il est nécessaire que:

- l'activité volumique injectée, A_V , et donc l'indication de l'instrument, $(L_V)_Z$, soient aussi élevées que possible;
- l'activité volumique injectée, A_V , et donc l'indication de l'instrument, $(L_V)_Z$, soient maintenues constantes durant l'intervalle de temps T ;
- le volume d'air traversant le filtre de référence soit aussi élevé que possible.

2) **L'algorithme détermine \dot{n}_Z , en réalisant une régression linéaire du taux de comptage détecté, $n_Z(t)$, et en calculant sa dérivée première.** Dans ce cas, la variance de \dot{n}_Z peut être exprimée par les équations suivantes*

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{6(2b + \dot{n}_Z T)}{T^3} \quad (27a)$$

ou

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{6(4b + \dot{n}_Z T)}{T^3} \quad (27b)$$

L'équation (27a) est applicable aux instruments qui ne soustraient pas le taux de comptage du bruit de fond, b , du taux de comptage mesuré, et l'équation (27b) est applicable à ceux qui font la soustraction.

Dans ces expressions, T est l'intervalle de temps compris entre un temps initial, t_i , qui doit être pris au moment où l'indication de l'instrument $(L_V)_Z$ est stable et un temps final, t_f , qui doit être pris aussi tard que possible avec $(L_V)_Z$ restant stable. De cette façon, $\sigma_{\dot{n}_Z}^2$ décroît et, de plus, $4b$ devient négligeable par rapport au produit $\dot{n}_Z T$.

* Communication privée: Détermination de la pente d'une régression linéaire et de la variance.

The relative uncertainty on \mathcal{R}_Z is calculated by multiplying by 2 the relative standard deviation $\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}$.

The relative uncertainty on the instrument efficiency, $(R_A)_Z$, is:

$$\frac{\varepsilon_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z} = 2 \frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \quad (25)$$

The relative systematic error (type B error) on instrument efficiency implemented in the algorithm can be written by the expression:

$$\frac{\varepsilon_{s,(R_L)_Z}}{(R_L)_Z} = \frac{(R_A)_Z - (R_L)_Z}{(R_L)_Z} \quad (26)$$

As mentioned above $(R_L)_Z$ can be replaced by $(R_A)_Z$ in the algorithm, since the direction and the amplitude of the systematic error on $(R_L)_Z$ are known when $(R_A)_Z$ is determined.

Equation (24) demonstrates that for this kind of test, in order that the uncertainties on \mathcal{R}_Z and on $(R_A)_Z$ can be maintained at a minimum, it is necessary that:

- the injected volume activity, A_V , and hence the instrument reading, $(L_V)_Z$, are as high as possible;
- the injected volume activity, A_V , and hence the instrument reading, $(L_V)_Z$, are maintained constant during the time interval T ;
- the air volume traversing the reference filter is as high as possible.

2) **The algorithm determines \dot{n}_Z by making a linear regression of the detected count rate, $n_Z(t)$, and calculating its first derivative.** In this case, the variance of \dot{n}_Z can be expressed by the following equations*

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{6(2b + \dot{n}_Z T)}{T^3} \quad (27a)$$

or

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{6(4b + \dot{n}_Z T)}{T^3} \quad (27b)$$

Equation (27a) is applicable to instruments which do not subtract the background count rate, b , from the measured count rate, and equation (27b) is applicable to those which perform this subtraction.

In these expressions, T is the time interval between an initial time, t_i , which shall be taken from the moment where the instrument reading $(L_V)_Z$ is stable and a final time, t_f , which shall be taken as late as possible with $(L_V)_Z$ remaining stable. In this way $\sigma_{\dot{n}_Z}^2$ decreases and, in addition, $4b$ becomes negligible compared to the product $\dot{n}_Z T$.

* Private communication: Determination of the slope of a linear regression and of its variance.

Les expressions (27a) et (27b) peuvent alors être écrites ainsi:

$$\sigma_{\dot{n}_Z}^2 = \frac{6\dot{n}_Z}{T^2} \quad (28)$$

En utilisant les mêmes arguments que ci-dessus, la variance relative de la réponse de ce type d'instrument est:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \right)^2 = \frac{6}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V} \right)^2 \quad (29)$$

et la variance relative du rendement de ce type d'instrument est:

$$\left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z} \right)^2 \quad (30)$$

Les incertitudes relatives sur \mathcal{R}_Z et $(R_A)_Z$ sont égales à 2 fois leurs écarts types relatifs.

Comme dans le cas des instruments intégrateurs, l'équation (26) donnera l'erreur systématique (type B) sur $(R_L)_Z$ pour ceux qui font une régression. Comme mentionné ci-dessus $(R_L)_Z$ peut être remplacé par $(R_A)_Z$ dans l'algorithme.

Puisque les équations (24) et (29) diffèrent seulement par le coefficient de leur premier terme, les mêmes conclusions peuvent être faites pour l'activité volumique injectée. A_V , l'indication $(L_V)_Z$, l'intervalle de temps T et le volume V traversant le filtre de référence lors de l'étalonnage de ces instruments.

3.2 Mesure de la réponse et prescriptions

3.2.1 Prescriptions

Au moins un point de l'activité volumique indiquée, ou de l'activité, compris dans la gamme de mesure réelle, doit être testé avec un aérosol radioactif spécifié. Ce point doit être choisi de manière à réduire autant qu'il est possible les incertitudes sur la réponse et le rendement mesurés.

La réponse et le rendement de l'instrument, pour l'aérosol radioactif défini, doivent être spécifiés par le fabricant, avec leurs incertitudes et leurs coefficients de variation associés.

3.2.2 Equipement d'essai

L'équipement d'essai suivant doit être mis en oeuvre:

- installation de génération d'aérosols radioactifs artificiels comme défini en 2.1;
- instrument de mesure du débit et du volume d'air;
- instrument en essai raccordé à un tube d'aspiration qui permet d'effectuer un prélèvement aussi isocinétique que possible, de manière à réduire les incertitudes sur l'activité volumique de l'aérosol;
- moniteur d'aérosols radioactif utilisé pour contrôler l'injection de l'activité volumique, et raccordé à un tube de prélèvement correspondant à son débit;

Expressions (27a) and (27b) can then be written:

$$\sigma_{\dot{h}_Z}^2 = \frac{6\dot{h}_Z}{T^2} \quad (28)$$

Using the same arguments as above, the relative variance of such an instrument response is:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 = \frac{6}{(L_V)_Z \cdot q \cdot (R_L)_Z \cdot T^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_r}}{A_r}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_V}{V}\right)^2 \quad (29)$$

and the relative variance of such an instrument efficiency is:

$$\left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}_Z}}{\mathcal{R}_Z}\right)^2 \quad (30)$$

The relative uncertainties on \mathcal{R}_Z and $(R_A)_Z$ are equal to their relative standard deviations multiplied by 2.

As in the case of integrating instruments, equation (26) will give the systematic error (type B error) on $(R_L)_Z$ for those in regression. As mentioned above $(R_L)_Z$ can be replaced by $(R_A)_Z$ in the algorithm.

Since equations (24) and (29) only differ by the coefficient in their first term, the same conclusions can be made for the injected volume activity, A_V , reading $(L_V)_Z$, time interval T and volume V traversing the reference filter when calibrating these instruments.

3.2 Measurement of the response and requirements

3.2.1 Requirements

At least one point of the indicated volume activity or activity in the effective range of measurement shall be tested with a specified radioactive aerosol. This point shall be chosen so as to reduce as much as possible the uncertainties of the measured response and efficiency.

The instrument response and efficiency, for the specified radioactive aerosol, together with their associated uncertainties and their coefficients of variation shall be stated by the manufacturer.

3.2.2 Test equipment

The following test equipment shall apply:

- facility generating artificial radioactive aerosols as defined in 2.1;
- an instrument measuring the total volume or flow rate;
- an instrument under test installed on a tube that allows a sampling as isokinetic as possible in order to reduce uncertainties on aerosol volume activity;
- a radioactive aerosol monitor used for monitoring the injection of the volume activity and installed on a sampling tube corresponding to its flow rate;

- filtre de référence qui donne la valeur de l'activité volumique injectée dans la tête de prélèvement de l'instrument en essai. Ce filtre doit être choisi de telle manière que son rendement de collection pour des particules de 0,4 μm et 4 μm soit voisin de 100 %. Il est raccordé à un tube d'aspiration qui permet d'obtenir un prélèvement isocinétique pour le débit du système de pompage;
- enregistreur connecté à la sortie du signal du moniteur;
- enregistreur connecté à la sortie signal de l'instrument en essai;
- échelle de comptage connectée à la sortie de comptage des impulsions délivrées par l'instrument en essai.

3.2.3 *Méthode d'essai pour les instruments mesurant l'activité volumique des aérosols radioactifs artificiels*

La procédure suivante, illustrée par la figure 1, doit être appliquée:

- a) Générer les aérosols calibrés (voir 2.1) appropriés au type de rayonnement détecté par l'instrument en essai. La génération doit être réalisée pour des tailles de particules de 0,4 μm et 4 μm .
- b) Injecter les aérosols dans le moniteur. L'activité volumique observée sur l'enregistreur pendant toute la durée de l'essai doit atteindre un état stable.
- c) Ouvrir la vanne du tube de prélèvement de référence et injecter les aérosols qui sont alors collectés par le filtre de référence. Le volume d'air passant à travers ce filtre est mesuré par un appareil volumétrique. Ceci permet la détermination de l'activité volumique après la mesure spectrométrique du filtre de référence.
- d) Ouvrir la vanne du tube communiquant avec la tête de prélèvement de l'instrument en essai, ce qui définit le temps initial de l'injection des aérosols dans l'instrument;
- e) Enregistrer l'indication de l'instrument pendant une durée aussi longue que possible. Pour les instruments intégrateurs, cette durée devra être au moins égale à 20 fois la durée du cycle de l'instrument après la stabilisation de la lecture. Pour les instruments effectuant une régression, cette durée doit être de l'ordre de 1 h après la stabilisation de la lecture. Pendant cette durée, on pourra effectuer plusieurs déterminations de la réponse de l'instrument (équation 9) et de son rendement (équation 1 ou 3) avec leurs incertitudes relatives associées (équations 4 et 13) en utilisant les équations appropriées (voir 3.1.2).
- f) Les valeurs moyennes de la réponse et du rendement de l'instrument doivent être calculées avec leurs coefficients de variation associés.

3.2.4 *Méthode d'essai pour les instruments mesurant l'activité collectée sur un média filtrant*

La procédure suivante, illustrée par la figure 1, doit être appliquée:

Opérer comme précédemment du point a) au point d). Pendant l'étape suivante, enregistrer les impulsions sur l'échelle de comptage durant des périodes de temps convenables afin de réduire les incertitudes statistiques. Plusieurs déterminations du rendement de l'instrument doivent être faites, avec l'incertitude relative associée, en utilisant les équations appropriées (voir 3.1.1).

La valeur moyenne du rendement de l'instrument doit être calculée avec son coefficient de variation.

- a reference filter which gives the value of volume activity injected into the instrument sampling head. This filter shall be chosen so that its collection efficiency for 0,4 μm and 4 μm particulates is close to 100 %. It is installed on a sampling tube corresponding to the flow rate of the pumping system, in order to obtain isokinetic sampling;
- a recorder connected to the signal output of the monitor;
- a recorder connected to the signal output of the instrument under test;
- a scaler connected to the pulse-counting output of the instrument under test.

3.2.3 Test method for instruments measuring volume activity of radioactive artificial aerosols

The following procedure, illustrated by figure 1, shall apply.

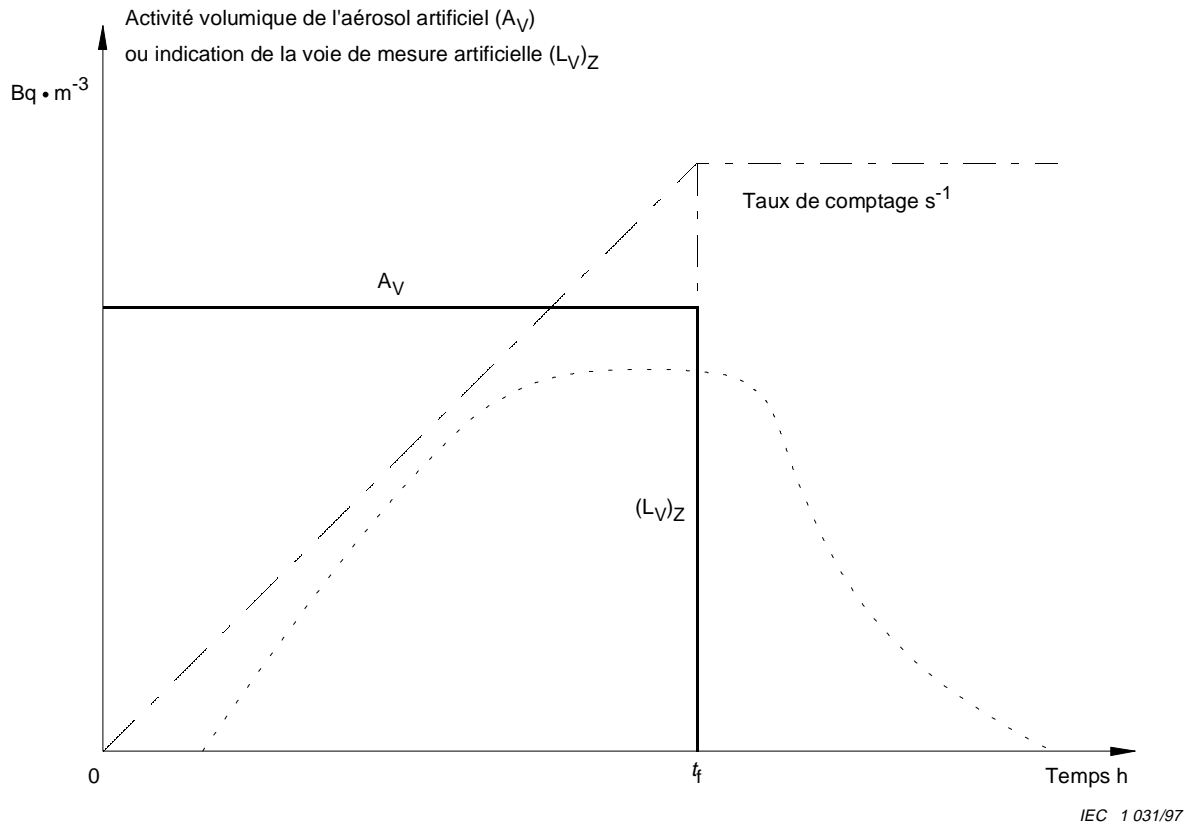
- a) Generate the defined aerosols (see 2.1) appropriate for the type of radiation detected by the instrument under test. The generation shall be carried out with particulate sizes of 0,4 μm and 4 μm .
- b) Inject the aerosols into the monitor. The volume activity observed on the recorder shall reach a steady state for the duration of the test.
- c) Open the valve of the reference sampling tube and inject the aerosols which have been collected by the reference filter. The air volume passing through this filter is measured by a volume meter. This allows the determination of the volume activity after spectrometric measurements of the reference filter.
- d) Open the valve of the tube communicating with the sampling head of the instrument under test; this is the initial time of aerosol injection into the instrument.
- e) Record the instrument reading for as long as possible, for example for integrating instruments, this time period should be at least to 20 times the instrument cycling time after stabilization of the reading; for instruments in regression, this time period should be of the order of 1 h after stabilization of the reading.
During this time period several determinations of the instrument response (equation 9) and efficiency (equations 1 or 3) together with their associated relative uncertainties (equations 4 and 13) shall be made using appropriate equations (see 3.1.2).
- f) The mean value of the instrument response and efficiency shall be calculated together with their associated coefficients of variation.

3.2.4 Test method for instruments measuring activity collected on a retaining medium

The following procedure, illustrated by figure 1, shall apply.

Operate as before from points a) to d). For the next step, register the pulses on the scaler during suitable time periods in order to reduce statistical uncertainties. Several determinations of the instrument efficiency shall be carried out together with the associated relative uncertainty using appropriate equations (see 3.1.1).

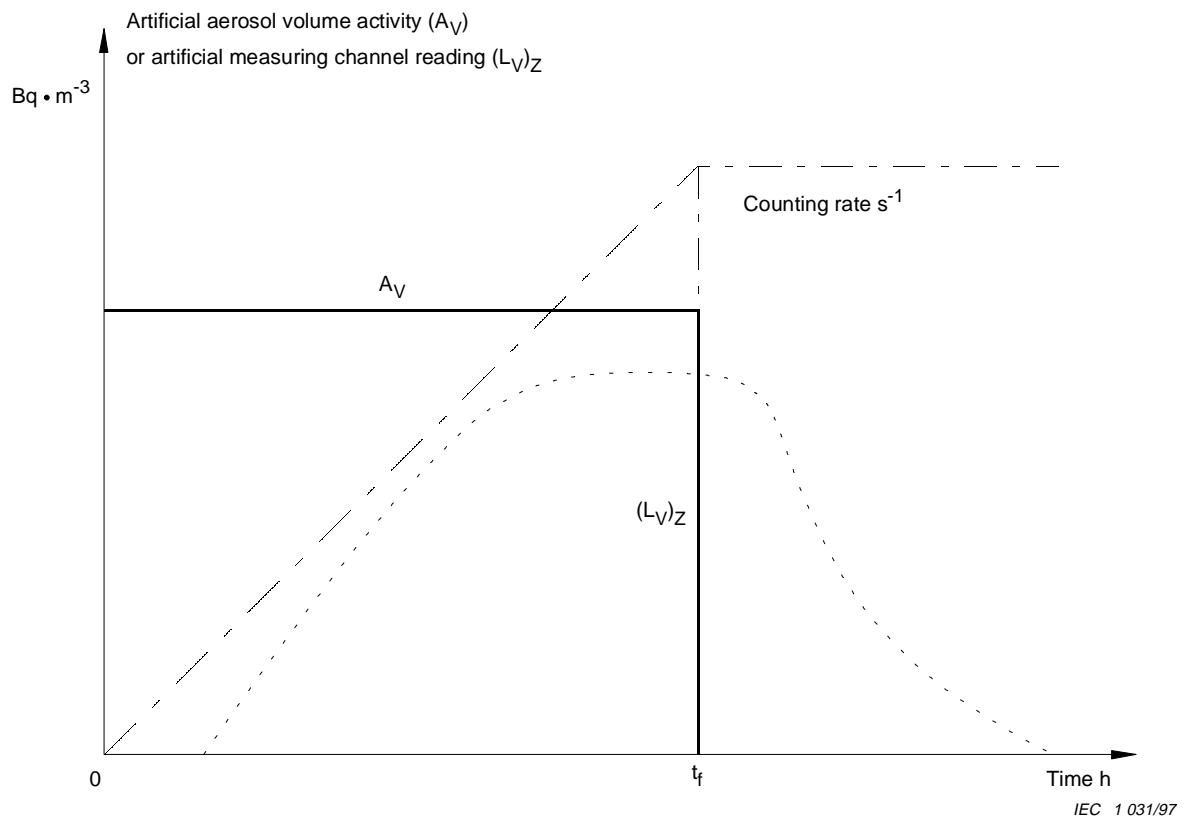
The mean value of the instrument efficiency shall be calculated together with its coefficient of variation.



$t_i = 0$: début de l'injection et du prélèvement sur le filtre de référence et instant initial pour le prélèvement par l'instrument soumis à l'essai:

t_i : fin de l'injection et instant final du prélèvement sur le filtre de référence.

Figure 1 – Diagramme de l'injection de l'aérosol artificiel et de l'indication de la voie de mesure artificielle



$t_i = 0$: start of the injection and of the reference filter sampling and initial time for sampling of the instrument under test;

t_f : end of the injection and final time of reference filter sampling.

Figure 1 – Diagram of the artificial aerosol injection and artificial measuring channel reading

4 Etalonnage de la voie de mesure des aérosols radioactifs naturels

L'objet de cette méthode d'essais est de déterminer la réponse de la voie de mesure de l'activité naturelle de l'instrument à des aérosols radioactifs naturels.

4.1 Principe de mesure

Les moniteurs qui mesurent les aérosols radioactifs sont souvent pourvus d'une voie de mesure de l'activité volumique naturelle. Comme le gaz radon n'est pas retenu par le média filtrant, cette activité volumique naturelle mesurée est due aux descendants du radon. Afin d'indiquer l'activité volumique naturelle sur la voie de mesure naturelle, l'instrument convertit le taux d'impulsions des descendants du radon dans cette grandeur et rejette le taux d'impulsions dû à des aérosols radioactifs artificiels. Ceci est réalisé par différentes techniques de compensation.

Détermination de la réponse de la voie de mesure naturelle

La réponse de la voie de mesure naturelle doit être fondée sur les considérations suivantes:

- soit $(A_V)_{R_n}$ l'activité volumique des quatre premiers descendants injectés dans l'instrument;
- soit n_R le taux de comptage net (s^{-1}) atteint par la voie de mesure naturelle après un temps suffisant, $t = t_e$, pour que l'apport des descendants du radon sur le média filtrant soit compensé par leur décroissance radioactive;
- dans cette condition de stabilité, l'indication de la voie naturelle de l'instrument doit être représentée par la relation suivante:

$$(L_V)_R = \frac{n_R}{(C_L)_R} \quad (31)$$

où $(C_L)_R$ est le facteur de calibration fixé dans l'algorithme de l'instrument qui convertit le taux de comptage détecté dans cette voie en activité volumique naturelle.

En fonction du type d'instrument, ce facteur de calibration est exprimé en coups par seconde/Becquerel par mètre cube ($s^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$) ou sans dimension et égal à 1. Dans ce cas, la lecture correspond au taux de comptage $(L_V)_R = n_R$;

- enfin, la réponse de la voie de mesure naturelle de l'instrument pour les aérosols radioactifs naturels est définie par la relation:

$$\mathcal{R}_R = \frac{(L_V)_R}{(A_V)_{R_n}} \text{ ou } \mathcal{R}'_R = \frac{n_R}{(A_V)_{R_n}} \quad (32)$$

Calcul de l'incertitude sur la réponse de la voie de mesure naturelle

En supposant que l'indication de la voie de mesure naturelle soit exprimée en coups par seconde (s^{-1}) et que les variables donnant la réponse \mathcal{R}'_R soient indépendantes, puis en utilisant les mêmes arguments qu'en 3.1.1, la variance relative de la mesure de \mathcal{R}'_R devrait être donnée par:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}'_R}}{\mathcal{R}'_R} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{n_R}}{n_R} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}} \right)^2 \quad (33)$$

4 Calibration of the measuring channel of radioactive natural aerosols

The object of this test method is to determine the response of the instrument's natural measuring channel to natural radioactive aerosols.

4.1 Measurement principle

In many cases, monitors measuring radioactive aerosols are provided with a channel which carries out a reading of the natural volume activity. As radon gas is not trapped by the retaining medium, the measured natural volume activity is due to radon daughters. In order to indicate the natural volume activity in a natural measuring channel, the instrument converts the pulse rate of the radon daughters into this quantity and rejects the pulse rate due to artificial radioactive aerosols. This is achieved by using different compensation techniques.

Determination of the response of the natural measuring channel

The response of the natural measuring channel shall be based on the following considerations:

- let $(A_V)_{R_n}$ be the volume activity of the first four daughters injected into the instrument;
- let η_R be the net count rate (s^{-1}) reached by the natural measuring channel after a sufficient time, $t = t_e$, so that the radon daughters' deposit rate on the retaining medium is compensated by their radioactive decay;
- the instrument's natural channel reading under this equilibrium condition shall be written by the following relationship:

$$(L_V)_R = \frac{\eta_R}{(C_L)_R} \quad (31)$$

where $(C_L)_R$ is a calibration factor fixed in the instrument algorithm which converts the count rate detected in this channel into natural volume activity.

Depending on the instrument type, this calibration factor is expressed in counts per second/Becquerel per cubic meter ($s^{-1}/Bq \cdot m^{-3}$) or dimensionless and equal to 1. In this case, the reading is equal to the count rate $(L_V)_R = \eta_R$;

- then, the response of the instrument's natural measuring channel for natural radioactive aerosols is defined by the relationship:

$$\mathcal{R}_R = \frac{(L_V)_R}{(A_V)_{R_n}} \text{ or } \mathcal{R}'_R = \frac{\eta_R}{(A_V)_{R_n}} \quad (32)$$

Calculation of the uncertainty of the response of the natural measuring channel

Given that the reading of the natural measuring channel is expressed in counts per second (s^{-1}) and that the variables giving the response \mathcal{R}'_R are independent, then using the same arguments as in 3.1.1, the relative variance of the measurement of \mathcal{R}'_R would be given by:

$$\left(\frac{\sigma_{\mathcal{R}'_R}}{\mathcal{R}'_R} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{\eta_R}}{\eta_R} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}} \right)^2 \quad (33)$$

Pour réduire la variance relative de n_R , il est nécessaire de mesurer le comptage net dans un intervalle de temps défini par le temps initial ($t_i = t_e$) du début de la stabilité et par le temps final (t_f). Ainsi, le nombre de coups $N_R(t_f) - N_R(t_e)$ est donné par l'expression:

$$N_R = N_R(t_f) - N_R(t_e) = \int_{t_e}^{t_f} n_R dt \quad (34)$$

Comme n_R est constant durant la condition de stabilité, alors:

$$N_R = n_R(t_f - t_e) \quad \text{et} \quad n_R = \frac{N_R}{t_f - t_e} \quad (35)$$

Si la variance relative de la mesure du temps est considérée comme négligeable, alors la variance relative de n_R peut être exprimée par:

$$\left(\frac{\sigma_{n_R}}{n_R} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{N_R}}{N_R} \right)^2 \quad (36)$$

Puisque N_R est obtenu par la différence du comptage brut $N_{R,b}$ et du comptage du bruit de fond, la variance du comptage net est:

$$\sigma_{N_R}^2 = N_R + 2B \quad (37)$$

le comptage du bruit de fond B étant enregistré pendant le même intervalle de temps ($t_f - t_e$).

En combinant les équations (36) et (37) on obtient:

$$\left(\frac{\sigma_{n_R}}{n_R} \right)^2 = \frac{N_R + 2B}{(N_R)^2} \quad (38)$$

Le calcul de la variance relative

$$\left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_N}}}{(A_V)_{R_N}} \right)^2$$

de la mesure d'activité volumique $(A_V)_{R_N}$ doit être relatif à la méthode utilisée pour déterminer cette quantité. L'activité volumique des quatre premiers descendants est déterminée par comptage d'un filtre de référence installé sur le tube principal. Si l'indication de la voie de mesure naturelle est donnée en termes d'activité volumique, l'écart-type de type B (systématique) du coefficient de conversion fixé dans l'algorithme est:

$$\sigma_{s,(C_L)_R} = \frac{\mathcal{R}'_R - (C_L)_R}{3} \quad (39)$$

L'incertitude de type B sur $(C_L)_R$ qui est prise égale à $3\sigma_s, (C_L)_R$, peut être considérée comme une erreur systématique dont la direction et l'amplitude doivent être déterminées en fonction de \mathcal{R}'_R . Si \mathcal{R}'_R est mesuré, $(C_L)_R$ peut être remplacé par \mathcal{R}'_R dans l'algorithme.

In order to decrease the relative variance of n_R , it is necessary to measure the net counts in a time interval defined by the initial time ($t_i = t_e$) at the beginning of the equilibrium and by the final time (t_f). Thus, the number of counts $N_R(t_f) - N_R(t_e)$ is given by the expression:

$$N_R = N_R(t_f) - N_R(t_e) = \int_{t_e}^{t_f} n_R dt \quad (34)$$

As n_R is constant during the equilibrium condition, then:

$$N_R = n_R(t_f - t_e) \quad \text{and} \quad n_R = \frac{N_R}{t_f - t_e} \quad (35)$$

If the relative variance of the time measurement is considered as negligible, then the relative variance of n_R shall be equated by:

$$\left(\frac{\sigma_{n_R}}{n_R} \right)^2 = \left(\frac{\sigma_{N_R}}{N_R} \right)^2 \quad (36)$$

As N_R is obtained by a difference between the gross count $N_{R,b}$ and the background count, then the variance of the net count shall be:

$$\sigma_{N_R}^2 = N_R + 2B \quad (37)$$

with B being the background count registered in the same time interval ($t_f - t_e$).

Combining equations (36) and (37) gives:

$$\left(\frac{\sigma_{n_R}}{n_R} \right)^2 = \frac{N_R + 2B}{(N_R)^2} \quad (38)$$

The calculation of the relative variance

$$\left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_N}}}{(A_V)_{R_N}} \right)^2$$

of the volume activity measurement $(A_V)_{R_N}$ shall be related to the method used for determining this quantity. The volume activity of the first four daughters is determined by counting a sampling reference filter installed on the main tube. If the reading of the natural measuring channel is expressed in terms of natural volume activity, the type B standard deviation (systematic) of the conversion coefficient fixed in the algorithm is:

$$\sigma_{s,(C_L)_R} = \frac{\mathcal{R}'_R - (C_L)_R}{3} \quad (39)$$

The type B uncertainty on $(C_L)_R$ which is to be taken equal to $3\sigma_s, (C_L)_R$, can be considered as a systematic error whose direction and amplitude are to be determined with respect to \mathcal{R}'_R . If \mathcal{R}'_R is measured, $(C_L)_R$ can be replaced by \mathcal{R}'_R in the algorithm.

4.2 *Mesure de la réponse et prescriptions*

4.2.1 *Prescriptions*

Au moins un point de l'activité volumique naturelle indiquée, compris dans la gamme de mesure réelle, doit être testé avec un aérosol radioactif spécifié. Ce point doit être choisi de manière à réduire autant que possible les incertitudes sur la réponse mesurée.

La réponse de l'instrument, pour l'aérosol radioactif défini, doit être spécifiée par le fabricant, avec ses incertitudes et son coefficient de variation associés.

4.2.2 *Équipement d'essai*

L'équipement d'essai suivant doit être mis en oeuvre:

- installation de génération d'aérosols radioactifs naturels comme défini en 2.2;
- instrument de mesure du débit ou du volume d'air;
- instrument en essai raccordé à un tube d'aspiration qui permet d'effectuer un prélèvement aussi isocinétique que possible, de manière à réduire les incertitudes sur l'activité volumique de l'aérosol;
- moniteur de gaz radon pour contrôler l'activité volumique du radon avant l'injection;
- deux dispositifs d'échantillonnage connectés au tube principal pour mesurer l'activité volumique de chacun des quatre premiers descendants, les fractions libre et attachée et le facteur d'équilibre;
- équipement pour générer un aérosol inactif dont on connaît la concentration numérique ou massique, ainsi que sa granulométrie;
- enregistreur connecté à la sortie signal du moniteur de gaz radon;
- enregistreur connecté à la sortie signal de la voie de mesure naturelle de l'instrument en essai;
- échelle de comptage connectée à la sortie du comptage des impulsions de la voie de mesure naturelle de l'instrument en essai.

4.2.3 *Méthode d'essai*

La procédure suivante, illustrée par la figure 2, doit être appliquée.

- a) Avant l'injection, l'activité volumique du gaz radon est ajustée à l'aide du moniteur de radon, de manière à obtenir l'activité volumique des descendants du radon définie en 2.2.
- b) Injecter l'activité volumique du radon choisie et l'aérosol inactif à travers le volume de vieillissement, durant un temps suffisant correspondant à trois renouvellements du volume de vieillissement, de telle manière que les activités volumiques des quatre premiers descendants atteignent un état stable.
- c) Cet aérosol radioactif naturel est alors injecté dans les deux dispositifs de prélèvement afin de mesurer les activités volumiques des quatre premiers descendants, les fractions libre et attachée et le facteur d'équilibre.
- d) Injecter ensuite l'aérosol radioactif naturel dans la tête de prélèvement de l'instrument.
- e) Enregistrer l'indication de la voie de mesure naturelle pendant un temps aussi long que possible. Après avoir observé une stabilisation de la lecture, enregistrer les impulsions sur l'échelle de comptage durant des périodes de temps convenables pour réduire les incertitudes statistiques sur le taux de comptage net calculé (voir 4.1). Plusieurs déterminations de la réponse de la voie de mesure naturelle (équation 32) et des incertitudes relatives associées (équation 33) seront faites en utilisant les équations appropriées (voir 4.1).
- f) Les valeurs moyennes de la réponse de la voie de mesure naturelle et de son coefficient de variation associé seront calculées.

4.2 *Measurement of the response and requirements*

4.2.1 *Requirements*

At least one point of the indicated natural volume activity in the effective range of measurement shall be tested with a specified radioactive aerosol. This point shall be chosen so as to reduce as much as possible the uncertainties of the measured response.

The instrument response for the specified radioactive aerosol, together with its associated uncertainties and its coefficient of variation, shall be stated by the manufacturer.

4.2.2 *Test equipment*

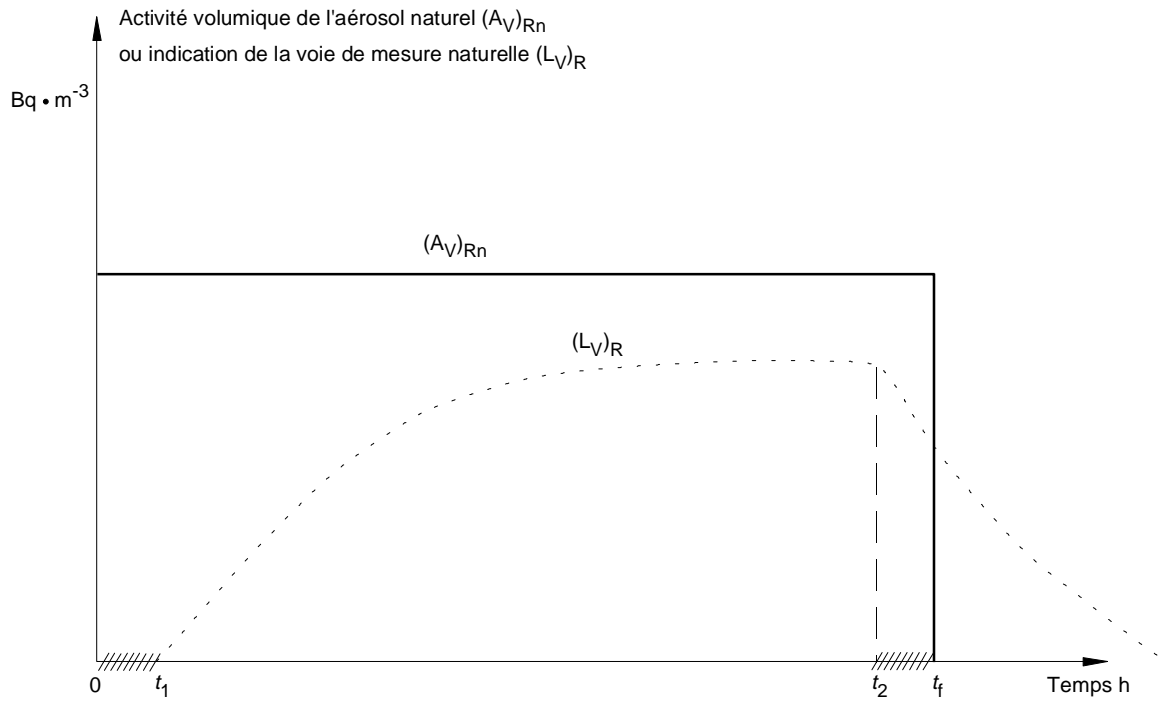
The following test equipment shall apply:

- facility generating natural radioactive aerosols as defined in 2.2;
- an instrument measuring the total volume or flow rate;
- an instrument under test installed on a tube that allows a sampling as isokinetic as possible in order to reduce uncertainties on aerosol volume activity;
- a radon gas monitor for monitoring radon volume activity before injection;
- two sampling devices connected to the main tube to measure the volume activity of each of the first four daughters, the free and attached fractions and the equilibrium factor;
- equipment for generating inactive aerosol with known mass or numerical concentration and granulometry;
- a recorder connected to the signal output of the radon gas monitor;
- a recorder connected to the signal output of the natural measuring channel of the instrument under test;
- a scaler connected to the pulse-counting output of the natural measuring channel of the instrument under test.

4.2.3 *Test method*

The following procedure, illustrated by figure 2, shall apply.

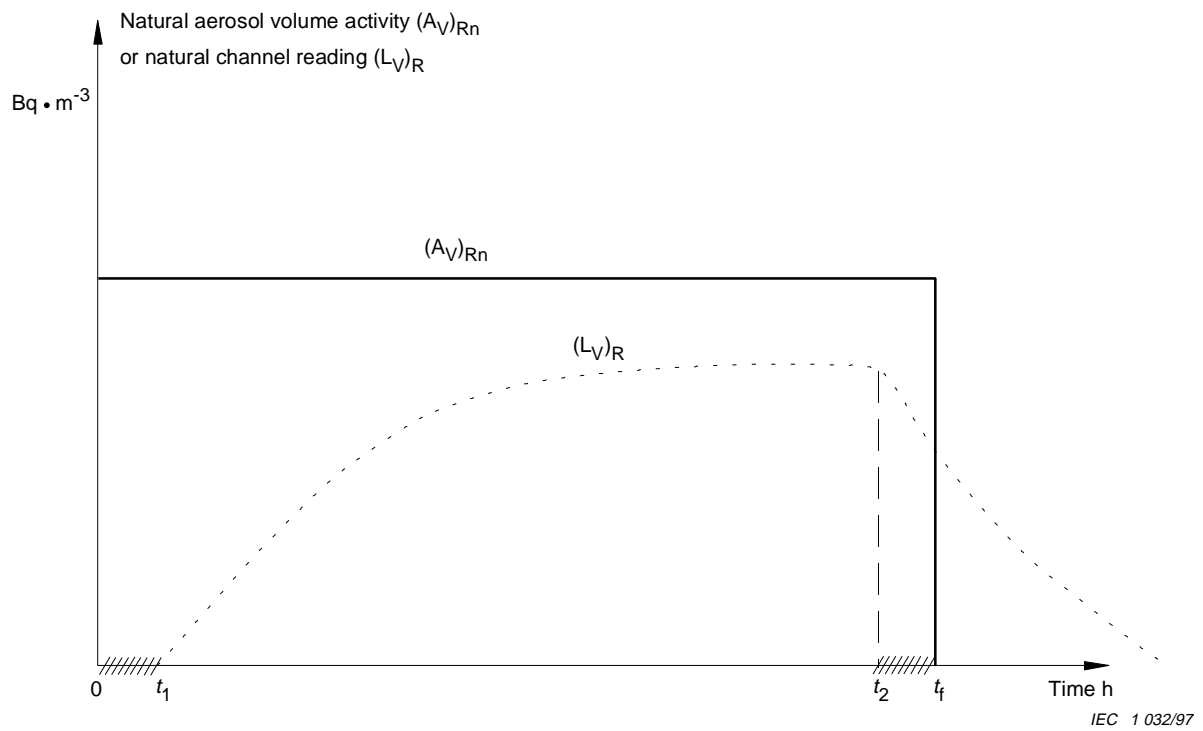
- a) Before injection, the radon gas volume activity is adjusted using the radon monitor, in order to obtain radon daughters' volume activity as defined in 2.2.
- b) Inject the chosen radon volume activity and the inactive aerosol through the ageing volume for sufficient time to correspond to three renewals of the ageing volume, so that the volume activities of the first four daughters reach a steady state.
- c) This natural radioactive aerosol is then injected into the two sampling devices in order to measure the volume activities of the first four daughters, the free and attached fractions and the equilibrium factor.
- d) Inject this natural radioactive aerosol into the instrument sampling head.
- e) Record the instrument's natural channel reading for as long as possible. After stabilization of the reading is observed on the recorder, register the pulses on the scaler during suitable time periods in order to reduce statistical uncertainties on the calculated net count rate (see 4.1). Several determinations of the natural measuring channel response (equation 32) and its associated relative uncertainties (equation 33) shall be made using appropriate equations (see 4.1).
- f) The mean value of the natural measuring channel response and its associated coefficient variation shall be calculated.



IEC 1032/97

- $t_i = 0$: début de l'injection de l'aérosol naturel;
- entre $t_i = 0$ et t_1 : première détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_1 : instant initial pour le prélèvement de l'instrument soumis à l'essai;
- entre t_2 et t_f : deuxième détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_f : instant final de l'injection.

Figure 2 – Diagramme de l'injection de l'aérosol naturel et de l'indication de la voie de mesure naturelle



$t_i = 0$: start time of the natural aerosol injection;

between $t_i = 0$ and t_1 : first determination of the characteristics of radon daughters' aerosol;

t_1 : initial time for sampling of the instrument under test;

between t_2 and t_f : second determination of the characteristics of radon daughters aerosol;

t_f : final time of injection.

Figure 2 – Diagram of the natural aerosol injection and natural aerosol measuring channel reading

5 Contrôle de l'efficacité de la compensation radon

L'objet de cette méthode d'essai est de déterminer l'influence d'un aérosol des descendants du radon défini sur l'indication de la voie de mesure artificielle de l'instrument.

5.1 Principe de mesure

Comme il a déjà été mentionné en 3.1, ces instruments expriment le résultat de mesure, soit en termes d'activité globale artificielle collectée sur le média filtrant, soit en termes d'activité globale volumique ou de concentration des aérosols radioactifs artificiels.

5.1.1 Instruments mesurant l'activité artificielle collectée sur un média filtrant

La discrimination entre les activités d'origine naturelle ou artificielle des aérosols collectés sur le média filtrant est effectuée soit par le traitement du taux de comptage à l'aide d'un algorithme, soit par d'autres techniques. La fonction principale du système de discrimination est de conserver les impulsions dues à l'aérosol radioactif artificiel et d'éliminer au maximum celles dues aux descendants du radon.

Détermination du coefficient d'influence

Le coefficient d'influence est basé sur les considérations suivantes:

- soit $(A_V)_{R_n}$ l'activité volumique des quatre premiers descendants du radon injectés dans l'instrument;
- soit n le taux de comptage net de la voie de mesure artificielle de l'instrument atteint après un temps suffisant $t = t_e$ pour que l'apport des descendants du radon soit compensé par leur décroissance radioactive;

Dans cette condition de stabilité, l'indication de la voie de mesure artificielle de l'instrument peut être donnée par la relation suivante:

$$L = \frac{n}{(R_L)_Z} \quad (40)$$

où $(R_L)_Z$ est le rendement introduit dans l'algorithme de traitement relatif à l'activité d'un radionucléide Z déposé sur le média filtrant, pour lequel l'instrument est étudié.

Selon le type d'instrument, ce paramètre est exprimé en coups par seconde/Becquerel (s^{-1}/Bq) ou sans dimension et égal à 1. Dans ce cas, l'indication est égale au taux de comptage ($L = n$).

- supposons maintenant que seul un aérosol d'un radionucléide, Z , pour lequel l'instrument est conçu, est injecté dans la tête de prélèvement avec la même activité volumique, $A_V = (A_V)_{R_n}$.

Comme il est indiqué en 3.1.1, le taux de comptage net détecté au temps t après le début de l'injection est donné par l'expression:

$$n_Z(t) = A_V \cdot q \cdot t \cdot (R_A)_Z \quad (41)$$

où

$(R_A)_Z$ est le rendement de détection relatif au radionucléide, Z , déposé sur le média filtrant;

q est le débit du système de pompage.

5 Verification of the effectiveness of radon compensation

The object of this test method is to determine the influence of radon daughters-defined aerosol on the reading of the instrument's artificial measuring channel.

5.1 Measurement principle

As already mentioned in 3.1, these instruments carry out the reading, either in terms of total artificial activity collected on the retaining medium, or in terms of total volume activity or concentration of the artificial radioactive aerosols.

5.1.1 Instruments measuring artificial activity collected on a retaining medium

The discrimination between natural and artificial radioactive aerosols collected on the retaining medium is carried out either by treatment of the count rate signal with an algorithm or by another technique. The main function of the discriminating system is to keep the pulses due to artificial aerosols and to eliminate as much as possible those due to radon daughters.

Determination of the influence coefficient

The influence coefficient is based on the following considerations:

- let $(A_V)_{R_n}$ be the volume activity of the first four radon daughters into the instrument;
- let n be the net count rate reached by the instrument artificial measuring channel, after a sufficient time $t = t_e$, so that the radon daughters' deposition rate is compensated by their radioactive decay.

The instrument artificial channel reading under this equilibrium condition can be written by the following relationship:

$$L = \frac{n}{(R_L)_Z} \quad (40)$$

where $(R_L)_Z$ is a fixed efficiency in the instrument algorithm relative to deposited artificial activity on the retaining medium of radionuclide, Z , for which the instrument is designed.

Depending on the instrument type, this parameter is expressed in counts per second/Becquerel (s^{-1}/Bq) or dimensionless and equal to 1. In this case, the reading is equal to the count rate ($L = n$).

- suppose now that only an aerosol of a radionuclide, Z , for which the instrument is designed, is injected into its sampling head with the same volume activity, $A_V = (A_V)_{R_n}$.

As mentioned in 3.1.1, the net count rate detected at the time t after the beginning of the injection is given by the expression:

$$n_Z(t) = A_V \cdot q \cdot t \cdot (R_A)_Z \quad (41)$$

where

$(R_A)_Z$ is the detection efficiency relative to the radionuclide, Z , deposited on the retaining medium;

q is the flow rate of the pumping system.

L'indication de l'instrument en termes d'activité collectée du radionucléide, Z, est donnée par l'expression:

$$L_Z(t) = \frac{A_V \cdot q \cdot t (R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (42)$$

– Le coefficient d'influence, $k(t)$, est alors calculé par le rapport suivant:

$$k(t) = \frac{L}{L_Z(t)}$$

d'où
$$k(t) = \frac{n}{A_V \cdot q \cdot t (R_A)_Z} \quad (43)$$

– si dans cette expression, t est égal à t_e , on obtient:

$$k_e = \frac{n}{A_V \cdot q \cdot t_e (R_A)_Z} \quad (44)$$

Le temps théorique nécessaire pour établir la stabilité est indépendant du débit traversant le média filtrant. Il ne dépend que des périodes des descendants du radon [9].

On prendra pour t_e une valeur supérieure au moins égale à 1,5 h de manière à être sûr d'atteindre la condition de stabilité. Par conséquent, le coefficient d'influence au temps $t = 5\,400$ s est donné par l'expression:

$$(k)_{t=1,5\text{ h}} = \frac{n}{5\,400 \times A_V \times q \times (R_A)_Z} \quad (45)$$

Ce coefficient, $(k)_{t=1,5\text{ h}}$, doit être utilisé pour déterminer l'influence des descendants du radon sur l'indication des instruments qui mesurent l'activité artificielle déposée sur un média filtrant.

L'inverse de ce coefficient est une mesure de l'efficacité de la compensation du radon et ses descendants.

Détermination de l'incertitude sur le coefficient d'influence

La variance relative de $(k)_{t=1,5\text{ h}}$ peut être exprimée en utilisant la même base de discussion que dans la méthode d'essai de 3.1, de la manière suivante:

$$\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)_{t=1,5\text{ h}}^2 = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z}\right)^2 \quad (46)$$

La variance relative du temps de mesure est considérée comme négligeable.

Les variances relatives de n et q peuvent être calculées comme en 3.1.1. La variance relative de type A de $(R_A)_Z$ doit être évaluée à partir de la méthode décrite en 3.1.1. Compte tenu du fait que l'indication $L_Z(t)$ (équation 42) est obtenue par calcul, avec (A_V) pris égal à $(A_V)_{R_n}$, la variance relative de A_V est égale à celle de $(A_V)_{R_n}$.

The instrument reading in terms of collected activity of the radionuclide, Z , is given by the expression:

$$L_Z(t) = \frac{A_V \cdot q \cdot t (R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (42)$$

– The influence coefficient, $k(t)$, is then calculated by the following quotient:

$$k(t) = \frac{L}{L_Z(t)}$$

that is

$$k(t) = \frac{n}{A_V \cdot q \cdot t (R_A)_Z} \quad (43)$$

– if in this expression, t is taken equal to t_e , it becomes:

$$k_e = \frac{n}{A_V \cdot q \cdot t_e (R_A)_Z} \quad (44)$$

The theoretical time for establishing equilibrium condition is independent of the flow rate traversing the retaining medium. It depends only on radon daughters' half-lives [9].

A value in excess of t_e shall be taken equal to 1,5 h in order to be sure that the equilibrium condition is reached. Therefore the influence coefficient at the time $t = 5\,400$ s shall be expressed by:

$$(k)_{t=1,5\text{ h}} = \frac{n}{5\,400 \times A_V \times q \times (R_A)_Z} \quad (45)$$

This coefficient, $(k)_{t=1,5\text{ h}}$; shall be used to determine the influence of radon daughters on the reading of instruments measuring artificial activity deposited on a retaining medium.

The inverse of this coefficient is a measure of the effectiveness of radon and radon daughters' compensation.

Determination of the uncertainty on the influence coefficient

The relative variance of $(k)_{t=1,5\text{ h}}$, can be equated, using the same basis discussed in the test method of 3.1, as follows:

$$\left(\frac{\sigma_k}{k}\right)_{t=1,5\text{ h}}^2 = \left(\frac{\sigma_n}{n}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{A_V}}{A_V}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(R_A)_Z}}{(R_A)_Z}\right)^2 \quad (46)$$

The relative variance of the time measurement is considered as negligible.

The relative variances of n and q can be calculated as in 3.1.1. The type A relative variance of $(R_A)_Z$ shall be computed from the method described in 3.1.1. Due to the fact that the reading $L_Z(t)$ (equation 42) is obtained by calculation, with (A_V) taken equal to $(A_V)_{R_n}$, then the relative variance of A_V is equal to that of $(A_V)_{R_n}$.

Comme indiqué en 4.1,

$$\left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}} \right)^2$$

peut être estimé en connaissant la méthode utilisée pour déterminer $(A_V)_{R_n}$.

L'incertitude relative sur $(k)_{t=1,5 h}$ est égale à son écart-type relatif multiplié par 2.

5.1.2 Instruments mesurant l'activité volumique des aérosols radioactifs artificiels

Ainsi qu'il est mentionné en 3.1.2, l'indication de ce type d'instrument résulte du calcul de la dérivée première en fonction du temps du taux de comptage délivré par le détecteur faisant face au média filtrant. Les techniques mathématiques décrites en 3.1.2 dans la méthode d'essai sont utilisées dans les algorithmes de traitement pour calculer cette dérivée première, \dot{n}_Z .

Comme indiqué précédemment, la fonction principale du système de discrimination est également dans ce cas d'éliminer autant que possible l'influence des aérosols radioactifs naturels, afin que l'indication de l'instrument n'en soit que faiblement affectée.

Détermination du coefficient d'influence

Le coefficient d'influence peut être défini comme suit:

- soit $(L_V)_{R_n}$ l'indication de la voie de mesure artificielle de l'instrument, en condition de stabilité, soumis à une activité volumique constante, $(A_V)_{R_n}$, due à un aérosol de descendants du radon défini. La sensibilité de la voie de mesure artificielle de l'instrument à cet aérosol est alors donnée par l'expression:

$$S_{R_n} = \frac{(L_V)_{R_n}}{(A_V)_{R_n}} \quad (47)$$

- soit $(L_V)_Z$ l'indication de la voie de mesure artificielle de l'instrument lorsqu'il est ensuite soumis à une activité volumique constante, A_V , due à un aérosol défini de radionucléide, Z, pour lequel l'instrument est conçu. La réponse à cet aérosol est obtenue comme dans la méthode d'essai décrite en 3.1.2, par l'expression suivante:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(L_V)_Z}{A_V} = \frac{(R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (48)$$

où

$(R_A)_Z$ est le rendement mesuré (voir 3.1);

$(R_L)_Z$ est le rendement implanté dans le logiciel relatif au radionucléide Z.

Ainsi le coefficient d'influence d'un aérosol des descendants du radon en condition de stabilité peut être donné par la relation:

$$k_V = \frac{S_{R_n}}{\mathcal{R}_Z} \quad (49)$$

As mentioned in 4.1,

$$\left(\frac{\sigma(A_V)_{R_n}}{(A_V)_{R_n}} \right)^2$$

can be computed knowing the method used for determining $(A_V)_{R_n}$.

The relative uncertainty on $(k)_{t=1,5 h}$ is equal to its relative standard deviation multiplied by 2.

5.1.2 Instruments measuring volume activity of radioactive artificial aerosols

As mentioned in 3.1.2, the reading of such instruments is carried out by calculation of the first derivative with respect to time of the count rate delivered by the detector facing the retaining medium. Mathematical techniques described in test method in 3.1.2 are used in instrument algorithm in order to compute this first derivative, \dot{n}_Z .

As mentioned above, the main function of the discriminating system is also in this case to reject as much as possible the influence of natural aerosols, so that the instrument reading is hardly affected by them.

Determination of the influence coefficient

The influence coefficient can be defined as follows:

- let $(L_V)_{R_n}$ be the instrument's artificial measuring channel reading, in equilibrium conditions, when it is submitted to a constant volume activity, $(A_V)_{R_n}$, due to radon daughters-defined aerosol. The sensitivity of the instrument's artificial measuring channel to this aerosol is then given by the expression:

$$S_{R_n} = \frac{(L_V)_{R_n}}{(A_V)_{R_n}} \quad (47)$$

- let $(L_V)_Z$ be the instrument's artificial measuring channel reading, when it is submitted to a constant volume activity, A_V , due to a defined aerosol of the radionuclide, Z, for which the instrument is designed. The instrument response for this aerosol is equated, as in the test method described in 3.1.2, by the following expression:

$$\mathcal{R}_Z = \frac{(L_V)_Z}{A_V} = \frac{(R_A)_Z}{(R_L)_Z} \quad (48)$$

where

$(R_A)_Z$ is the measured efficiency (see 3.1);

$(R_L)_Z$ is the implemented efficiency relative to radionuclide Z.

Thus, the influence coefficient in the equilibrium condition for radon daughters' aerosol can be given by the relationship:

$$k_V = \frac{S_{R_n}}{\mathcal{R}_Z} \quad (49)$$

L'inverse de ce coefficient est une mesure de l'efficacité de la compensation du radon et ses descendants.

Détermination de l'incertitude sur le coefficient d'influence

La variance relative de k_V peut être calculée en utilisant les mêmes arguments de discussion qu'en 3.1. A cet effet, il est nécessaire de se rappeler les deux cas examinés dans la méthode d'essai, en 3.1.2, concernant le principe de fonctionnement de l'algorithme:

a) si l'algorithme calcule la pente \dot{n}_Z par intégration, alors:

$$\left(\frac{\sigma_{k_V}}{k_V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_Z}}{R_Z}\right)^2 \quad (50)$$

L'équation (24b) en 3.1.2 précise que $\left(\frac{\sigma_{R_Z}}{R_Z}\right)^2$ et $\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2$ sont de la même forme, d'où:

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{(L_V)_{R_n}}}{(L_V)_{R_n}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 = \frac{2\left[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 4b\right]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (51)$$

Les variances relatives de q et $(A_V)_{R_n}$ doivent être calculées comme en 3.1.2 et 4.1.

$(L_V)_{R_n}$ et $(L_V)_b$ sont respectivement les indications de l'instrument lorsqu'il est soumis à l'aérosol des descendants du radon avec une activité volumique injectée $(A_V)_{R_n}$, et lorsque cet aérosol est absent.

$(L_V)_b$ représente l'indication due au bruit de fond qui ne peut pas être négligé dans ce cas, surtout si l'instrument élimine efficacement l'influence des descendants du radon.

b) si l'algorithme calcule \dot{n}_Z par régression linéaire, la même équation (50) sert à calculer

$\left(\frac{\sigma_{k_V}}{k_V}\right)^2$, mais comme mentionné en 3.1.2, $\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2$ doit être écrit par une expression qui ne diffère de l'équation (51) que par son premier terme.

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \frac{6\left[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 4b\right]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (52a)$$

ou

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \frac{6\left[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 2b\right]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (52b)$$

Comme indiqué en 3.1.2, l'équation (52a) doit être appliquée aux instruments qui soustraient le bruit de fond du taux de comptage mesuré, et l'équation (52b) à ceux qui ne font pas cette soustraction.

L'incertitude relative sur k_V est égale à son écart-type relatif multiplié par 2.

The inverse of this coefficient is a measure of the effectiveness of radon and radon daughters' compensation.

Determination of the uncertainty on the influence coefficient

The relative variance of k_V can be calculated using the same arguments as those discussed in 3.1. For this purpose it is necessary to recall the two cases examined in the test method in 3.1.2 concerning the operating principle of the algorithm:

a) if the algorithm is calculating the slope \dot{n}_Z by integration then:

$$\left(\frac{\sigma_{k_V}}{k_V}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{R_Z}}{R_Z}\right)^2 \quad (50)$$

Equation (24b) in 3.1.2 defines $\left(\frac{\sigma_{R_Z}}{R_Z}\right)^2$ and $\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2$ as being of the same form, i.e.:

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \left(\frac{\sigma_{(L_V)_{R_n}}}{(L_V)_{R_n}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 = \frac{2[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 4b]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (51)$$

The relative variances of q and $(A_V)_{R_n}$ shall be calculated as in 3.1.2 and 4.1.

$(L_V)_{R_n}$ and $(L_V)_b$ are, respectively, the instrument readings when submitted to radon daughters' aerosol with an injected volume activity $(A_V)_{R_n}$, and when this aerosol is not present.

$(L_V)_b$ represents the reading due to background noise which cannot be neglected in this instance, especially if the instrument efficiency rejects the influence of radon daughters.

b) if the algorithm calculates \dot{n}_Z by linear regression, the same equation (50) holds for

computing $\left(\frac{\sigma_{k_V}}{k_V}\right)^2$, but as mentioned in 3.1.2, $\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2$ shall be written by an expression

differing from equation (51) only by its first term.

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \frac{6[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 4b]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (52a)$$

or

$$\left(\frac{\sigma_{S_{R_n}}}{S_{R_n}}\right)^2 = \frac{6[T(L_V)_{R_n} \cdot q \cdot (R_L)_Z + 2b]}{T^3 \cdot (L_V)_{R_n}^2 \cdot q^2 \cdot (R_L)_Z^2} + \left(\frac{\sigma_q}{q}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{(A_V)_{R_n}}}{(A_V)_{R_n}}\right)^2 \quad (52b)$$

As mentioned in 3.1.2, equation (52a) shall be applicable to instruments in which the background noise is subtracted from the measured count rate. Equation (52b) applies to those instruments which do not make this subtraction.

The relative uncertainty on k_V is equal to its relative standard deviation multiplied by 2.

5.2 *Mesure du coefficient d'influence et prescriptions*

5.2.1 *Prescriptions*

Le coefficient d'influence d'un instrument pour l'aérosol radioactif naturel défini et son coefficient de variation doivent être spécifiés par le fabricant. La valeur du coefficient d'influence ne doit pas dépasser une valeur recommandée de 0,1.

Pendant l'injection en marche d'escalier le dépassement de l'indication de la voie artificielle ne doit pas excéder deux fois la valeur correspondant à sa stabilisation.

5.2.2 *Équipement d'essai*

L'équipement d'essai suivant doit être mis en oeuvre:

- installation générant des aérosols radioactifs naturels comme défini en 2.2;
- instrument de mesure du débit ou du volume d'air;
- instrument en essai raccordé à un tube d'aspiration qui permet d'effectuer un prélèvement aussi isocinétique que possible, de manière à réduire les incertitudes sur l'activité volumique de l'aérosol;
- moniteur de gaz radon pour contrôler l'activité volumique du radon avant l'injection;
- deux dispositifs d'échantillonnage connectés au tube principal pour mesurer l'activité volumique de chacun des quatre premiers descendants du radon, les fractions libre et attachée et le facteur d'équilibre;
- équipement pour générer un aérosol inactif, dont on connaît la concentration numérique ou massique, ainsi que la granulométrie;
- enregistreur connecté à la sortie signal du moniteur de gaz radon;
- enregistreur connecté à la sortie signal de l'instrument en essai;
- échelle de comptage connectée à la sortie du comptage des impulsions de l'instrument en essai.

5.2.3 *Méthode d'essai pour les instruments mesurant l'activité volumique artificielle*

La procédure suivante, illustrée par la figure 3, doit être appliquée:

- a) Avant l'injection, l'activité volumique du gaz radon est ajustée à l'aide du moniteur de radon, de manière à obtenir une activité volumique des descendants du radon définie en 2.2.
- b) Injecter l'activité volumique du radon choisie et l'aérosol inactif à travers le volume de vieillissement, durant un temps suffisant correspondant à trois renouvellements du volume de vieillissement, de telle manière que les activités volumiques des quatre premiers descendants atteignent un état stable.
- c) Cet aérosol radioactif naturel est alors injecté dans les deux dispositifs de prélèvement afin de mesurer les activités volumiques des quatre premiers descendants, les fractions libre et attachée et le facteur d'équilibre.
- d) L'injection de cet aérosol radioactif naturel dans la tête de prélèvement de l'instrument en essai peut être effectuée de deux façons:
 - l'injection est faite lorsque les activités volumiques des quatre premiers descendants sont stables. Cette condition est atteinte après trois renouvellements du volume de vieillissement; elle est appelée injection en plateau;
 - l'injection est faite simultanément dans le volume de vieillissement et dans la tête de prélèvement de l'instrument en essai. Dans ce cas, l'activité volumique totale des quatre premiers descendants présente une forme de marche dont le temps de montée varie avec le temps de renouvellement du volume de vieillissement. Lorsque l'indication de

5.2 *Measurement of the influence coefficient and requirements*

5.2.1 *Requirements*

The instrument's influence coefficient for the specified natural aerosol and its coefficient of variation shall be stated by the manufacturer. The value of the influence coefficient shall not exceed a recommended value of 0,1.

During the step injection the reading overshoot of the artificial channel shall not exceed two times the value corresponding to stabilization.

5.2.2 *Test equipment*

The following test equipment shall apply:

- facility generating natural radioactive aerosols as defined in 2.2;
- an instrument measuring total volume or flow rate;
- an instrument under test installed on a tube that allows a sampling as isokinetic as possible in order to reduce uncertainties on aerosol volume activity;
- a radon gas monitor for monitoring radon volume activity before injection;
- two sampling devices connected to the main tube to measure the volume activity of each of the first four radon daughters, the free and the attached fractions and the equilibrium factor;
- equipment for generating inactive aerosol with known mass or numerical concentration and granulometry;
- a recorder connected to the signal output of the radon gas monitor;
- a recorder connected to the signal output of the instrument under test;
- a scaler connected to the pulse counting output of the instrument under test.

5.2.3 *Test method for instruments measuring artificial volume activity*

The following procedure, illustrated by figure 3, shall apply:

- a) Before injection, the radon volume activity is adjusted, using the radon monitor, in order to obtain radon daughters' volume activity as defined in 2.2.
- b) Inject the chosen radon volume activity and the inactive aerosol through the ageing volume for sufficient time to correspond to three renewals of the ageing volume, so that the volume activities of the first four daughters reach a steady state.
- c) This natural radioactive aerosol is then injected into the two sampling devices in order to measure the volume activities of the first four daughters, the free and attached fractions and the equilibrium factor.
- d) Two conditions of injection of this natural radioactive aerosol in the sampling head of the instrument under test may be selected:
 - the injection is made when the volume activities of the first four daughters are stable. This condition is reached after three renewals of the ageing volume and is the so-called plateau injection;
 - the injection is made simultaneously in the ageing volume and in the sampling head of the instrument under test. In this case the total volume activity of the first four daughters has a step shape with a rise time variable with the renewal of the ageing volume. After reaching a constant reading on the instrument under test, the generation of

l'instrument a atteint une valeur constante, la génération du radon et des aérosols porteurs est arrêtée, tout en maintenant le même débit d'air traversant le volume de vieillissement; cette condition est appelée injection en marche d'escalier.

e) Enregistrer l'indication de l'instrument pendant un temps aussi long que possible. Pour les instruments intégrateurs, cette durée doit être au moins égale à 20 fois la durée du cycle de l'instrument après stabilisation de la lecture. Pour les instruments effectuant une régression linéaire, il convient que cette durée soit de l'ordre de 1 h après la stabilisation de la lecture.

Durant cette période, plusieurs déterminations du coefficient d'influence et de son incertitude relative associée seront faites en utilisant les équations appropriées (voir 5.1.2).

f) La valeur moyenne du coefficient d'influence et celle du coefficient de variation associé doivent être calculées.

5.2.4 *Méthode d'essai pour les instruments mesurant l'activité artificielle collectée sur un média filtrant*

La procédure suivante doit être appliquée.

Procéder comme précédemment du point a) au point d), l'injection plateau étant la seule à utiliser dans ce cas. Puis, après la stabilisation de l'indication de l'instrument observée sur l'enregistreur, enregistrer les impulsions sur une échelle de comptage pendant des périodes de temps suffisantes afin de réduire les incertitudes statistiques sur le taux de comptage net calculé (voir 4.1). Plusieurs déterminations du coefficient d'influence et de son incertitude relative associée seront faites en utilisant les équations appropriées (voir 5.1.1).

La valeur moyenne du coefficient d'influence et celle de son coefficient de variation seront calculées.

radon and aerosol carriers shall be stopped, the same air-flow being maintained through the ageing volume. This condition is the so-called step injection.

e) Record the instrument reading for as long as possible, for example for integrating instruments, this time period should be at least equal to 20 times the instrument cycling time after stabilization of the reading; for instruments in linear regression, this time period should be of the order of 1 h after stabilization of the reading.

During this time period several determinations of the influence coefficient and its associated relative uncertainty shall be made using appropriate equations (see 5.1.2).

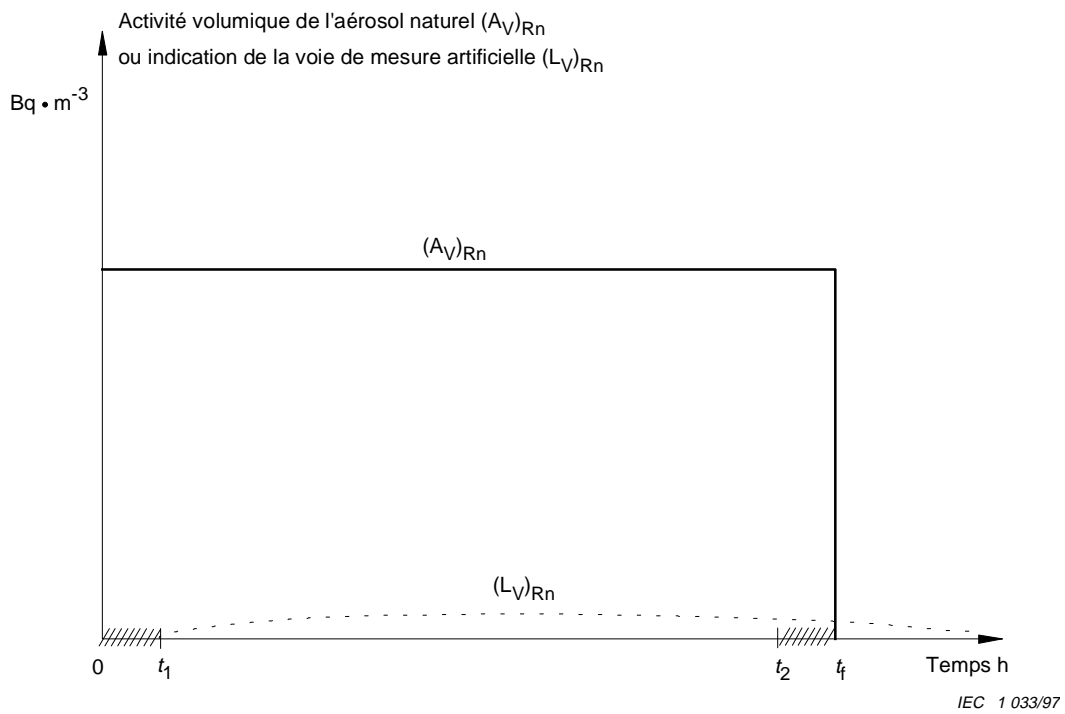
f) The mean value of the influence coefficient and its associated coefficient of variation shall be calculated.

5.2.4 *Test method for instruments measuring artificial activity collected on the retaining medium*

The following procedure shall apply.

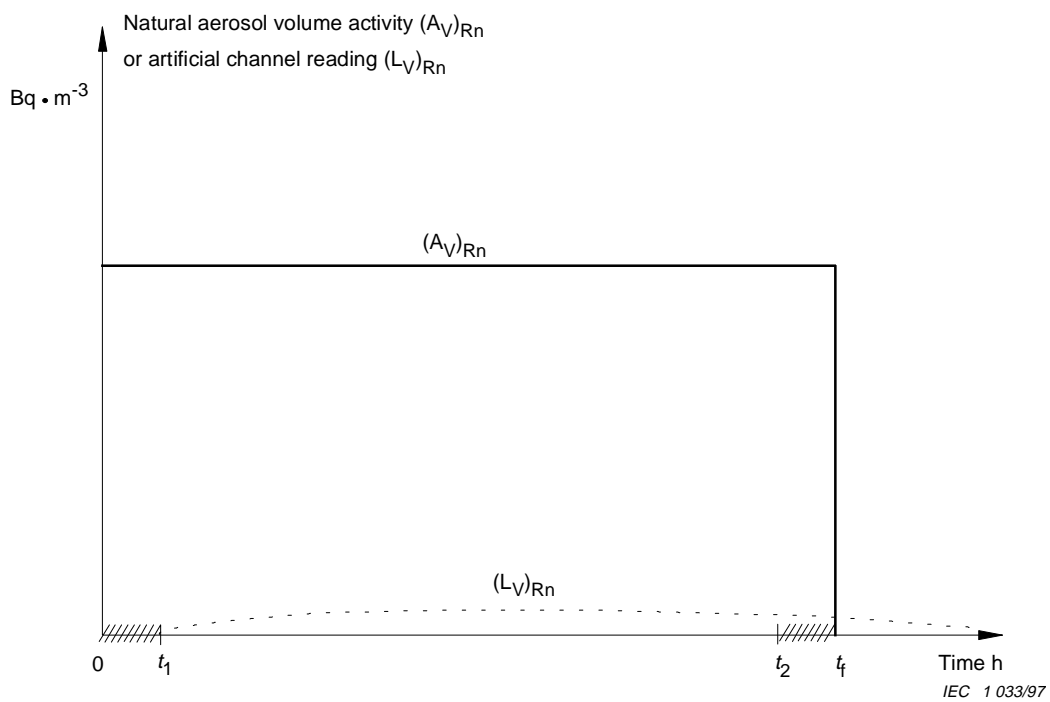
Operate as before from items a) to d), only in this case use a plateau injection condition. For the next step, after stabilization of the instrument reading observed on the recorder, register the pulses on the scaler during suitable time periods in order to reduce statistical uncertainties on the calculated net count rate (see 4.1). Several determinations of the influence coefficient, together with the associated relative uncertainty, shall be carried out using appropriate equations (see 5.1.1).

The mean value of the influence coefficient and its coefficient of variation shall be calculated.



- $t_i = 0$: début de l'injection de l'aérosol naturel;
- entre $t_i = 0$ et t_1 : première détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_1 : instant initial pour le prélèvement de l'instrument soumis à l'essai;
- entre t_2 et t_f : deuxième détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_f : instant final de l'injection.

Figure 3 – Diagramme de l'injection de l'aérosol naturel et de l'indication de la voie de mesure artificielle



$t_1 = 0$: start time of the natural aerosol injection;

between $t_1 = 0$ and t_1 : first determination of characteristics of radon daughters aerosol;

t_1 : initial time for sampling of instrument under test;

between t_2 and t_f : second determination of the characteristics of radon daughters aerosol;

t_f : final time of injection.

Figure 3 – Diagram of the natural aerosol injection and artificial measuring channel reading

6 Mesure de la réponse du moniteur relative à un mélange d'aérosols radioactifs naturels et artificiels

L'objet de cette méthode d'essai est de vérifier que les réponses des voies naturelle et artificielle présentent une interférence minimale pour un mélange d'aérosols radioactifs naturels et artificiels.

6.1 Principe de mesure

Les aérosols radioactifs naturels et artificiels, définis dans l'article 2, doivent être produits selon un minutage différent depuis t_0 qui correspond au début du prélèvement du moniteur en essai.

Les procédures suivantes doivent être appliquées:

- de t_0 à $t_0 + 7$ h, l'aérosol radioactif naturel est injecté de manière constante dans le moniteur. Pendant l'intervalle de temps entre t_0 à $t_0 + 2$ h, le moniteur réalise la stabilité de l'activité des descendants du radon sur le média filtrant;
- de $t_0 + 2$ h à $t_0 + 5$ h, l'aérosol radioactif artificiel est injecté simultanément avec l'aérosol radioactif naturel.

Les activités volumiques des aérosols naturels et artificiels doivent être égales à $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3} \pm 5\%$. En cas de limitation réglementaire pour l'aérosol de ^{239}Pu de $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, l'essai sera réalisé pour le niveau admissible de l'activité volumique.

6.2 Mesure des réponses et prescriptions

6.2.1 Prescriptions

- a) La voie artificielle de l'ensemble des moniteurs ne doit pas être affectée de manière significative par la présence de la radioactivité naturelle. La réponse de cette voie à ce mélange devra être aussi proche que possible de celle trouvée par la méthode d'essai de 3.2.3. Une variation relative inférieure à 10 % peut être recommandée.
- b) La variation relative de la réponse de la voie naturelle, par rapport à celle mesurée par la méthode d'essai de l'article 4 ne doit pas dépasser 10 % lors de l'injection d'un émetteur radioactif artificiel ou après.
- c) L'influence de l'aérosol radioactif naturel seul sur les voies artificielles doit être aussi faible que possible. Il est recommandé pour ce paramètre une valeur inférieure à 10 %.

6.2.2 Equipement d'essai

Les équipements mentionnés aux articles 3, 4 et 5 doivent être mis en oeuvre.

6.2.3 Méthode d'essai

Les procédures suivantes, illustrées par la figure 4, doivent être appliquées:

- a) Comme décrit dans la méthode d'essai de 3.2.3, la réponse de la voie de mesure artificielle du moniteur, de même que son incertitude relative et son coefficient de variation, doivent être déterminés de $t_0 + 2$ h à $t_0 + 5$ h.
- b) La réponse de la voie de mesure naturelle doit aussi être déterminée, comme indiqué en 3.2.3, pendant 7 h.
- c) Ainsi qu'il est défini à l'article 4, l'interférence d'un aérosol radioactif naturel dans la voie de mesure artificielle doit être vérifiée durant les deux premières heures et entre $t_0 + 5$ h à $t_0 + 7$ h.

6 Measurement of the response of the monitor relative to a mixture of natural and artificial radioactive aerosols

The object of this test method is to verify that the responses of the artificial and natural channels show minimum interference for a mixture of artificial and natural radioactive aerosols.

6.1 Measurement principle

Both natural and artificial radioactive aerosols, defined in clause 2, shall be produced with different timing from t_0 which is the start time of the sampling in the monitor under test.

The following procedures shall apply:

- from t_0 to $t_0 + 7$ h, the natural radioactive aerosol is injected constantly into the monitor. The time interval between t_0 and $t_0 + 2$ h is used by the monitor to realize the radon daughters' equilibrium on the collecting medium;
- from $t_0 + 2$ h to $t_0 + 5$ h, the artificial radioactive aerosol is injected simultaneously with the natural radioactive aerosol.

The volume activities of artificial and natural aerosols shall be equal to $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3} \pm 5 \%$. Where there is a limitation for generating artificial ^{239}Pu aerosol of $40 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, the test shall be made with volume activities equal to the tolerated level.

6.2 Measurement of the response and requirements

6.2.1 Requirements

- a) The artificial channel shall not be significantly affected by the presence of natural radioactivity recommended for both monitors. The response of this channel to the mixture will be as near as possible to that found in 3.2.3. A relative variation of less than 10 % can be recommended.
- b) The relative variation of the response of the natural channel shall not exceed 10 % of that measured in clause 4 when injecting an artificial radioactive emitter or after.
- c) The influence on the artificial channels of natural radioactive aerosol alone shall be as small as possible. A value of less than 10 % for this parameter is recommended.

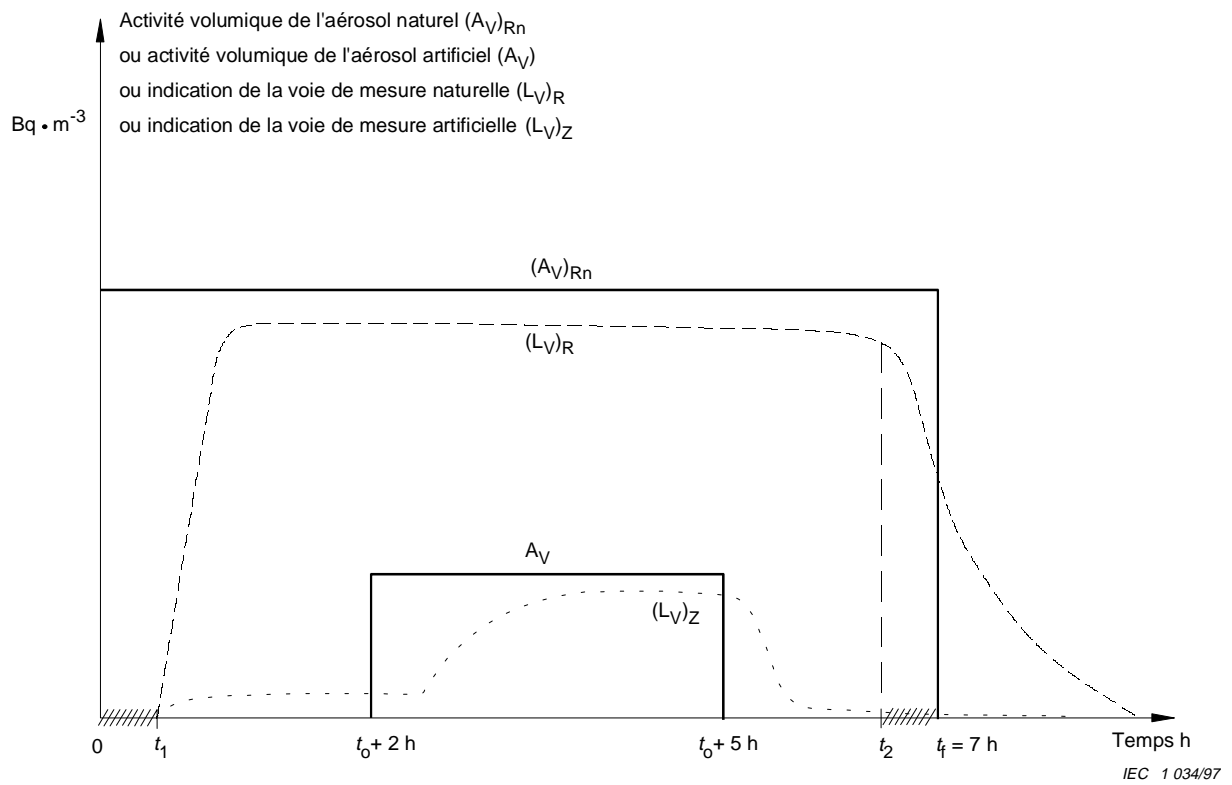
6.2.2 Test equipment

The equipment mentioned in clauses 3, 4 or 5 shall be used.

6.2.3 Test method

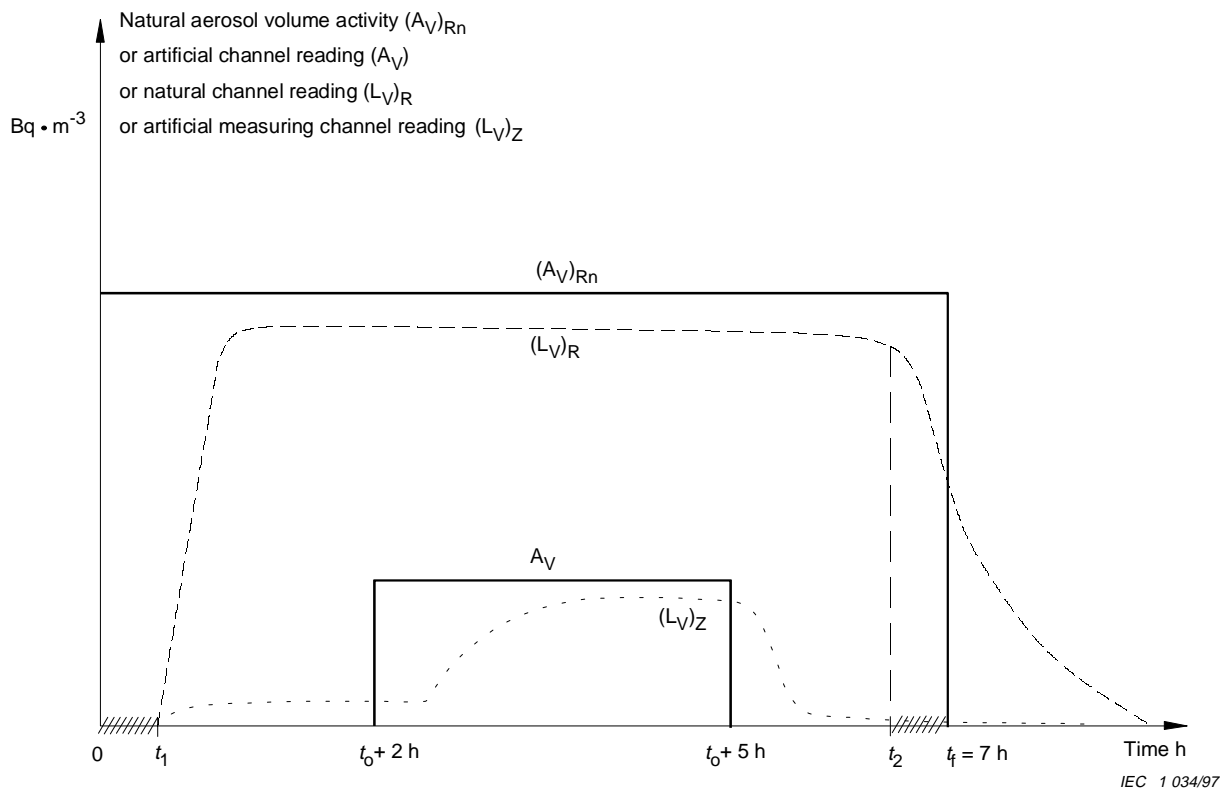
The following procedures, illustrated by figure 4, shall apply:

- a) As described in 3.2.3, the response of the monitor's artificial measuring channel together with its relative uncertainty and coefficient of variation shall be determined during $t_0 + 2$ h to $t_0 + 5$ h.
- b) The response of the natural measuring channel shall also be determined as mentioned in 3.2.3 during 7 h.
- c) As defined in clause 4, interference in the artificial measuring channel from natural radioactive aerosol shall be verified during the first 2 h and between $t_0 + 5$ h and $t_0 + 7$ h.



- $t_i = 0$: début de l'injection et du prélèvement sur le filtre de référence et instant initial pour le prélèvement par l'instrument soumis à l'essai;
- t_f : fin de l'injection et instant final du prélèvement sur le filtre de référence;
- $t_i = 0$: début de l'injection de l'aérosol naturel;
- entre $t_i = 0$ et t_1 : première détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_1 : instant initial pour le prélèvement de l'instrument soumis à l'essai;
- entre t_2 et t_f : deuxième détermination des caractéristiques de l'aérosol des descendants du radon;
- t_f : instant final de l'injection.

Figure 4 – Diagramme des injections des aérosols naturel et artificiel et indications des voies de mesure naturelle et artificielle



- $t_i = 0$: start of the injection and of the reference filter sampling and initial time for sampling of the instrument under test;
- t_f : end of the injection and final time of reference filter sampling;
- $t_i = 0$ start time of the natural aerosol injection;
- between $t_i = 0$ and t_1 : first determination of characteristics of radon daughters' aerosol;
- t_1 : initial time for sampling of instrument under test;
- between t_2 and t_f : second determination of the characteristics of radon daughters' aerosol;
- t_f : final time of injection.

Figure 4 – Diagram of the natural and artificial aerosol injections and readings of the instrument's natural and artificial measuring channels

Annexe A (informative)

Bibliographie

- [1] PERRIN M.L., Plutonium Aerosols Size Distributions in a Reprocessing Plant and During Decommissioning Operations, 1st DOE Workplace Aerosol Monitoring Workshop, NAPA, California, 28-30 October 1985
 - [2] GEORGI B. and TSCHIERSCH J., Particle Size Distribution Measurements of Radionuclides from Chernobyl, Aerosol Measurements and Nuclear Accidents: A Reconsideration, Proceedings of the Experts Meeting at Ispra 3-4 December 1987, Commission of the European Communities, EUR 1 1755 EN 1988.
 - [3] CHARUAU J., GRIVAUD L. and LE BRETON M. Standard Test Bench for Calibrating Instruments Used to Measure Natural or Artificial Radioactive Airborne Particulates, Proceedings of the IRPA Congress, Montreal, Canada, vol. 1, pp 136-139, 17-22 May 1992.
 - [4] REINEKING A. and PORSTENDORFER J., Activity Size Distribution of the Short Lived Radon Decay Products and Their Influence on the Deposition Probability in the Human Lung, J. Aerosol Sci. vol. 19, n° 7, pp 1331-1337, 1988.
 - [5] STRONG, J.C., The Size of Attached and Unattached Radon Daughters in Room Air, J. Aerosol Sci. vol. 19, n° 7, pp. 1327-1330, 1988.
 - [6] NORME FRANCAISE AFNOR, Traitement des Résultats de Mesure, Détermination de l'Incertitude Associée au Résultat Final, NFX 06044, Mai 1984.
 - [7] WAGNER S.R., On the quantitative characterisation of the uncertainty of experimental results, Metrology, PTB-Mitteilungen 89, pp. 83-89, 1979.
 - [8] GIACOMO P., Draft recommendation on the statement of uncertainties, Metrologia, 17, pp. 73-74, 1981.
 - [9] LASSEUR C., Mesure de la concentration et du déséquilibre du radon dans l'atmosphère, Thèse n° 253, Faculté des Sciences de Toulouse, 1970.
-

Annex A (informative)

Bibliography

- [1] PERRIN M.L., Plutonium Aerosols Size Distributions in a Reprocessing Plant and During Decommissioning Operations, 1st DOE Workplace Aerosol Monitoring Workshop, NAPA, California, 28-30 October 1985
 - [2] GEORGI B. and TSCHIERSCH J., Particle Size Distribution Measurements of Radionuclides from Chernobyl, Aerosol Measurements and Nuclear Accidents: A Reconsideration, Proceedings of the Experts Meeting at Ispra 3-4 December 1987, Commission of the European Communities, EUR 1 1755 EN 1988.
 - [3] CHARUAU J., GRIVAUD L. and LE BRETON M. Standard Test Bench for Calibrating Instruments Used to Measure Natural or Artificial Radioactive Airborne Particulates, Proceedings of the IRPA Congress, Montreal, Canada, vol. 1, pp 136-139, 17-22 May 1992.
 - [4] REINEKING A. and PORSTENDORFER J., Activity Size Distribution of the Short Lived Radon Decay Products and Their Influence on the Deposition Probability in the Human Lung, J. Aerosol Sci. vol. 19, n° 7, pp 1331-1337, 1988.
 - [5] STRONG, J.C., The Size of Attached and Unattached Radon Daughters in Room Air, J. Aerosol Sci. vol. 19, n° 7, pp. 1327-1330, 1988.
 - [6] NORME FRANCAISE AFNOR, Traitement des Résultats de Mesure, Détermination de l'Incertitude Associée au Résultat Final, NFX 06044, Mai 1984.
 - [7] WAGNER S.R., On the quantitative characterisation of the uncertainty of experimental results, Metrology, PTB-Mitteilungen 89, pp. 83-89, 1979.
 - [8] GIACOMO P., Draft recommendation on the statement of uncertainties, Metrologia, 17, pp. 73-74, 1981.
 - [9] LASSEUR C., Mesure de la concentration et du déséquilibre du radon dans l'atmosphère, Thèse n° 253, Faculté des Sciences de Toulouse, 1970.
-

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.



Standards Survey

We at the IEC want to know how our standards are used once they are published.

The answers to this survey will help us to improve IEC standards and standard related information to meet your future needs

Would you please take a minute to answer the survey on the other side and mail or fax to:

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

Case postale 131

1211 Geneva 20

Switzerland

or

Fax to: CSC at +41 22 919 03 00

Thank you for your contribution to the standards making process.

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Customer Service Centre (CSC)

International Electrotechnical Commission

3, rue de Varembé

Case postale 131

1211 GENEVA 20

Switzerland

1. No. of IEC standard:
.....

2. Tell us why you have the standard. (check as many as apply). I am:
 the buyer
 the user
 a librarian
 a researcher
 an engineer
 a safety expert
 involved in testing
 with a government agency
 in industry
 other.....

3. This standard was purchased from?
.....

4. This standard will be used (check as many as apply):
 for reference
 in a standards library
 to develop a new product
 to write specifications
 to use in a tender
 for educational purposes
 for a lawsuit
 for quality assessment
 for certification
 for general information
 for design purposes
 for testing
 other.....

5. This standard will be used in conjunction with (check as many as apply):
 IEC
 ISO
 corporate
 other (published by.....)
 other (published by.....)
 other (published by.....)

6. This standard meets my needs (check one)
 not at all
 almost
 fairly well
 exactly

7. Please rate the standard in the following areas as (1) bad, (2) below average, (3) average, (4) above average, (5) exceptional, (0) not applicable:

- clearly written
- logically arranged
- information given by tables
- illustrations
- technical information

8. I would like to know how I can legally reproduce this standard for:
 internal use
 sales information
 product demonstration
 other.....

9. In what medium of standard does your organization maintain most of its standards (check one):
 paper
 microfilm/microfiche
 mag tapes
 CD-ROM
 floppy disk
 on line

9A. If your organization currently maintains part or all of its standards collection in electronic media, please indicate the format(s):
 raster image
 full text

10. In what medium does your organization intend to maintain its standards collection in the future (check all that apply):
 paper
 microfilm/microfiche
 mag tape
 CD-ROM
 floppy disk
 on line

10A. For electronic media which format will be chosen (check one)
 raster image
 full text

11. My organization is in the following sector (e.g. engineering, manufacturing)
.....

12. Does your organization have a standards library:
 yes
 no

13. If you said yes to 12 then how many volumes:
.....

14. Which standards organizations published the standards in your library (e.g. ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):
.....

15. My organization supports the standards-making process (check as many as apply):
 buying standards
 using standards
 membership in standards organization
 serving on standards development committee
 other.....

16. My organization uses (check one)
 French text only
 English text only
 Both English/French text

17. Other comments:
.....
.....
.....
.....
.....
.....

18. Please give us information about you and your company
name:
job title:.....
company:
address:.....
.....
.....
No. employees at your location:.....
turnover/sales:.....



Enquête sur les normes

La CEI se préoccupe de savoir comment ses normes sont accueillies et utilisées.

Les réponses que nous procurera cette enquête nous aideront tout à la fois à améliorer nos normes et les informations qui les concernent afin de toujours mieux répondre à votre attente.

Nous aimerions que vous nous consacriez une petite minute pour remplir le questionnaire joint que nous vous invitons à retourner au:

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Case postale 131

1211 Genève 20

Suisse

Télécopie: IEC/CSC +41 22 919 03 00

Nous vous remercions de la contribution que vous voudrez bien apporter ainsi à la Normalisation Internationale

A Prioritaire

Nicht frankieren
Ne pas affranchir



Non affrancare
No stamp required

RÉPONSE PAYÉE

SUISSE

Centre du Service Clientèle (CSC)

Commission Electrotechnique Internationale

3, rue de Varembe

Case postale 131

1211 GENÈVE 20

Suisse

1. Numéro de la Norme CEI:
.....

2. Pourquoi possédez-vous cette norme? (plusieurs réponses possibles). Je suis:
 l'acheteur
 l'utilisateur
 bibliothécaire
 chercheur
 ingénieur
 expert en sécurité
 chargé d'effectuer des essais
 fonctionnaire d'Etat
 dans l'industrie
 autres

3. Où avez-vous acheté cette norme?
.....

4. Comment cette norme sera-t-elle utilisée? (plusieurs réponses possibles)
 comme référence
 dans une bibliothèque de normes
 pour développer un produit nouveau
 pour rédiger des spécifications
 pour utilisation dans une soumission
 à des fins éducatives
 pour un procès
 pour une évaluation de la qualité
 pour la certification
 à titre d'information générale
 pour une étude de conception
 pour effectuer des essais
 autres

5. Cette norme est-elle appelée à être utilisée conjointement avec d'autres normes? Lesquelles? (plusieurs réponses possibles):
 CEI
 ISO
 internes à votre société
 autre (publiée par))
 autre (publiée par))
 autre (publiée par))

6. Cette norme répond-elle à vos besoins?
 pas du tout
 à peu près
 assez bien
 parfaitement

7. Nous vous demandons maintenant de donner une note à chacun des critères ci-dessous (1, mauvais; 2, en-dessous de la moyenne; 3, moyen; 4, au-dessus de la moyenne; 5, exceptionnel; 0, sans objet)

- clarté de la rédaction
- logique de la disposition
- tableaux informatifs
- illustrations
- informations techniques

8. J'aimerais savoir comment je peux reproduire légalement cette norme pour:
 usage interne
 des renseignements commerciaux
 des démonstrations de produit
 autres

9. Quel support votre société utilise-t-elle pour garder la plupart de ses normes?
 papier
 microfilm/microfiche
 bandes magnétiques
 CD-ROM
 disquettes
 abonnement à un serveur électronique

9A. Si votre société conserve en totalité ou en partie sa collection de normes sous forme électronique, indiquer le ou les formats:
 format tramé (ou image balayée ligne par ligne)
 texte intégral

10. Sur quels supports votre société prévoit-elle de conserver sa collection de normes à l'avenir (plusieurs réponses possibles):
 papier
 microfilm/microfiche
 bandes magnétiques
 CD-ROM
 disquettes
 abonnement à un serveur électronique

10A. Quel format serait retenu pour un moyen électronique? (une seule réponse)
 format tramé
 texte intégral

11. A quel secteur d'activité appartient votre société? (par ex. ingénierie, fabrication)
.....

12. Votre société possède-t-elle une bibliothèque de normes?
 Oui
 Non

13. En combien de volumes dans le cas affirmatif?
.....

14. Quelles organisations de normalisation ont publié les normes de cette bibliothèque (ISO, DIN, ANSI, BSI, etc.):
.....

15. Ma société apporte sa contribution à l'élaboration des normes par les moyens suivants (plusieurs réponses possibles):
 en achetant des normes
 en utilisant des normes
 en qualité de membre d'organisations de normalisation
 en qualité de membre de comités de normalisation
 autres

16. Ma société utilise (une seule réponse)
 des normes en français seulement
 des normes en anglais seulement
 des normes bilingues anglais/français

17. Autres observations
.....
.....
.....
.....
.....

18. Pourriez-vous nous donner quelques informations sur vous-mêmes et votre société?

nom
fonction.....
nom de la société
adresse.....
.....
.....
nombre d'employés.....
chiffre d'affaires:.....

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45**

60181 (1964)	Inventaire d'appareils électriques de mesure utilisés en relation avec les rayonnements ionisants. Modification n° 1 (1967).
60181A (1965)	Premier complément.
60181B (1966)	Deuxième complément.
60201 (1965)	Sources d'alimentation des appareils portatifs de prospection de matières radioactives.
60231 (1967)	Principes généraux de l'instrumentation des réacteurs nucléaires.
60231A (1969)	Premier complément.
60231B (1972)	Deuxième complément: Principes de l'instrumentation des réacteurs de puissance à eau ordinaire bouillante et à cycle direct.
60231C (1974)	Troisième complément: Instrumentation des réacteurs refroidis au gaz et modérés au graphite.
60231D (1975)	Quatrième complément: Principes de l'instrumentation des réacteurs à eau sous pression.
60231E (1977)	Cinquième complément: Principes de l'instrumentation des réacteurs de puissance à haute température refroidis par gaz et à cycle indirect (HTGR).
60231F (1977)	Sixième complément: Réacteurs générateurs de vapeur, à cycle direct, modérés à l'eau lourde.
60231G (1977)	Septième complément: Réacteurs rapides refroidis par métal liquide.
60232 (1966)	Caractéristiques générales de l'instrumentation des réacteurs nucléaires.
60248 (1984)	Dimensions des coupelles utilisées dans les appareils d'électronique nucléaire.
60253 (1967)	Alimentation des appareils de prospection radiométrique portés par véhicules aéronautiques ou terrestres.
60256 (1967)	Diamètres extérieurs des sondes cylindriques pour détection de rayonnement, contenant des tubes compteurs de Geiger-Müller ou proportionnels ou des détecteurs à scintillation.
60293 (1968)	Tensions d'alimentation pour appareils nucléaires à transistors.
60293A (1970)	Premier complément: Alimentations stabilisées à courant continu – Tolérances sur les tensions.
60295 (1969)	Caractéristiques et méthodes d'essais des période-mètres à courant continu.
60313 (1983)	Connecteurs de câbles coaxiaux utilisés en instrumentation nucléaire.
60323 (1970)	Domaines de tension analogique et niveaux logiques pour appareils nucléaires alimentés par le réseau. Modification n° 1 (1974).
60325 (1981)	Contaminamètres et moniteurs de contamination alpha, bêta, alpha-bêta.
60333 (1993)	Instrumentation nucléaire – Détecteurs semi-conducteurs pour particules chargées – Méthodes d'essai.
60395 (1972)	Débitmètres et moniteurs de débit d'exposition portatifs de rayonnement X ou gamma utilisés en radio-protection.
60405 (1972)	Appareils nucléaires: Prescriptions de construction pour la protection individuelle contre les rayonnements ionisants.
60412 (1973)	Dimensions normales des scintillateurs.
60421 (1973)	Radiamètres portatifs de prospection à tube compteur de Geiger-Müller (appareils à lecture linéaire).

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45**

60181 (1964)	Index of electrical measuring apparatus used in connection with ionizing radiation. Amendment No. 1 (1967).
60181A (1965)	First supplement.
60181B (1966)	Second supplement.
60201 (1965)	Power sources for portable prospecting equipment for radioactive materials.
60231 (1967)	General principles of nuclear reactor instrumentation.
60231A (1969)	First supplement.
60231B (1972)	Second supplement: Principles of instrumentation of direct cycle boiling water power reactors.
60231C (1974)	Third supplement: Instrumentation of gas-cooled graphite-moderated reactors.
60231D (1975)	Fourth supplement: Principles of instrumentation for pressurized water reactors.
60231E (1977)	Fifth supplement: Principles of instrumentation of high temperature indirect cycle gas-cooled power reactors (HTGR).
60231F (1977)	Sixth supplement: Steam generating, direct cycle, heavy-water moderated reactors.
60231G (1977)	Seventh supplement: Liquid-metal cooled fast reactors.
60232 (1966)	General characteristics of nuclear reactor instrumentation.
60248 (1984)	Dimensions of planchets used in nuclear electronic instruments.
60253 (1967)	Power supply for air and land vehicle-mounted prospecting equipment for radioactive materials.
60256 (1967)	External diameters of cylindrical radiation probes containing Geiger-Müller or proportional counter tubes or scintillation detectors.
60293 (1968)	Supply voltages for transistorized nuclear instruments.
60293A (1970)	First supplement: Stabilized d.c. power supplies – Tolerances of voltages.
60295 (1969)	D.C. periodmeters: characteristics and test methods.
60313 (1983)	Coaxial cable connectors used in nuclear instrumentation.
60323 (1970)	Analogue voltage ranges and logic levels for mains operated nuclear instruments. Amendment No. 1 (1974).
60325 (1981)	Alpha, beta and alpha-beta contamination meters and monitors.
60333 (1993)	Nuclear instrumentation – Semiconductor charged-particle detectors – Test procedures.
60395 (1972)	Portable X or gamma radiation exposure rate meters and monitors for use in radiological protection.
60405 (1972)	Nuclear instruments: Constructional requirements to afford personal protection against ionizing radiation.
60412 (1973)	Standard dimensions of scintillators.
60421 (1973)	Portable prospecting radiation meters with Geiger-Müller counter tube (linear scale instruments).

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

60462 (1974)	Méthodes d'essais normalisées des tubes photomultiplicateurs utilisés dans les ensembles de comptage à scintillation.
60463 (1974)	Débitmètres et moniteurs de débit d'exposition portatifs de rayonnement X ou gamma de faible énergie utilisés en radioprotection.
60476 (1993)	Instrumentation nucléaire – Appareils et systèmes électriques de mesure utilisant des rayonnements ionisants – Aspects généraux.
60482 (1975)	Dimensions des tiroirs d'appareils électroniques (pour appareils d'électronique nucléaire).
60498 (1975)	Connecteurs coaxiaux de haute tension utilisés en instrumentation nucléaire.
60504 (1975)	Moniteurs et signaleurs de contamination des mains ou des pieds ou des deux.
60515 (1975)	Détecteurs de rayonnement pour l'instrumentation et la protection des réacteurs nucléaires; caractéristiques et méthodes d'essai.
60516 (1975)	Système modulaire d'instrumentation pour le traitement de l'information; système CAMAC. Modification n° 1 (1984).
60527 (1975)	Amplificateurs pour courant continu; caractéristiques et méthodes d'essais.
60532 (1992)	Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres à poste fixe, ensembles d'alarmes et moniteurs – Rayonnements X et gamma d'énergie comprise entre 50 keV et 7 MeV.
60547 (1976)	Tiroirs et châssis de 19 pouces basés sur le système NIM (pour appareils d'électronique nucléaire). Modification n° 1 (1985).
60552 (1977)	Système CAMAC – Organisation de systèmes multichâssis. Spécification de l'interconnexion de branche et du contrôleur de châssis type Al. Modification n° 1 (1984).
60557 (1982)	Terminologie CEI sur les réacteurs nucléaires.
60568 (1977)	Appareillage de mesure du débit de fluence neutronique dans le coeur des réacteurs de puissance.
60576 (1977)	Équipement portatif de radiocarottage (jusqu'à 300 m) – Caractéristiques générales.
60578 (1977)	Analyseurs d'amplitude multicanaux. Types, principales caractéristiques et prescriptions techniques.
60579 (1977)	Contaminamètres et moniteurs de contamination d'aérosols radioactifs.
60582 (1977)	Dimensions des flacons utilisés dans les ensembles de comptage à scintillateur liquide.
60583 (1977)	Dimensions des tubes à essai en verre ou en plastique pour mesures de la radioactivité.
60583A (1981)	Premier complément.
60596 (1978)	Définitions relatives aux méthodes d'essais de semicteurs et d'ensembles de comptage à scintillation.
60600 (1979)	Équipement d'estimation et de triage de minerais radioactifs en sortie de mine par unité d'extraction.
60639 (1979)	Réacteurs nucléaires. Utilisation du système de protection à d'autres fins que la sécurité.
60640 (1979)	Système CAMAC – Interface pour Interconnexion de Branche Série. Modification n° 1 (1984).
60643 (1979)	Application des calculateurs numériques à l'instrumentation et à la conduite des réacteurs nucléaires.
60650 (1979)	Ictomètres analogiques. Caractéristiques et méthodes d'essai.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

60462 (1974)	Standard test procedures for photomultiplier tubes for scintillation counting.
60463 (1974)	Low energy X or gamma radiation portable exposure rate meters and monitors for use in radiological protection.
60476 (1993)	Nuclear instrumentation – Electrical measuring systems and instruments utilizing ionizing radiation sources – General aspects.
60482 (1975)	Dimensions of electronic instrument modules (for nuclear electronic instruments).
60498 (1975)	High-voltage coaxial connectors used in nuclear instrumentation.
60504 (1975)	Hand and/or foot contamination monitors and warning assemblies.
60515 (1975)	Radiation detectors for the instrumentation and protection of nuclear reactors; characteristics and test methods.
60516 (1975)	A modular instrumentation system for data handling; CAMAC system. Amendment No. 1 (1984).
60527 (1975)	Direct current amplifiers; characteristics and test methods.
60532 (1992)	Radiation protection instrumentation – Installed dose ratemeters, warning assemblies and monitors – X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV.
60547 (1976)	Modular plug-in unit and standard 19-inch rack mounting unit based on NIM standard (for electronic nuclear instruments). Amendment No. 1 (1985).
60552 (1977)	CAMAC – Organization of multi-crate systems. Specification of the Branch-highway and CAMAC crate controller Type Al. Amendment No. 1 (1984).
60557 (1982)	IEC terminology in the nuclear reactor field.
60568 (1977)	In-core instrumentation for neutron fluence rate (flux) measurements in power reactors.
60576 (1977)	Portable bore-hole logging equipment (down to 300 m) – General characteristics.
60578 (1977)	Multichannel amplitude analyzers. Types, main characteristics and technical requirements.
60579 (1977)	Radioactive aerosol contamination meters and monitors.
60582 (1977)	Dimensions of vials for liquid scintillation counting.
60583 (1977)	Dimensions of test tubes made of glass or plastics for radioactivity measurements.
60583A (1981)	First supplement.
60596 (1978)	Definitions of test method terms for semiconductor radiation detectors and scintillation counting.
60600 (1979)	Equipment for minehead assay and sorting radioactive ores in containers.
60639 (1979)	Nuclear reactors. Use of the protection system for non-safety purposes.
60640 (1979)	CAMAC – Serial Highway Interface System. Amendment No. 1 (1984).
60643 (1979)	Application of digital computers to nuclear reactor instrumentation and control.
60650 (1979)	Analogue counting ratemeters. Characteristics and test methods.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

60659 (1979)	Méthodes d'essais pour les analyseurs d'amplitude multicanaux.
60671 (1980)	Essais périodiques et surveillance du système de protection des réacteurs nucléaires.
60677 (1980)	Transferts de bloc dans les systèmes CAMAC.
60678 (1980)	Définitions de termes CAMAC utilisés dans les publications de la CEI.
60692 (1980)	Densimètres à rayonnements ionisants. Définitions et méthodes d'essais.
60697 (1981)	Détermination du rendement d'un semicteur gamma au germanium à l'aide d'un récipient de forme enveloppante normalisé.
60709 (1981)	Séparation dans le système de protection des réacteurs.
60710 (1981)	Équipements mesureurs et moniteurs de tritium atmosphériques utilisés pour la radioprotection.
60713 (1981)	Sous-programmes CAMAC.
60729 (1982)	Contrôleurs multiples dans un châssis CAMAC.
60737 (1982)	Mesures de température en coeur ou dans l'enveloppe primaire des réacteurs nucléaires de puissance. Caractéristiques et méthodes d'essai.
60739 (1983)	Ictomètres numériques – Caractéristiques et méthodes d'essai
60741 (1982)	Analyseurs d'amplitude multicanaux: Normes pour les convertisseurs temps-amplitude.
60744 (1983)	Ensembles logiques de sûreté des centrales nucléaires – Caractéristiques et méthodes d'essai.
60759 (1983)	Méthodes d'essais normalisées des spectromètres d'énergie X à semicteurs. Amendement n° 1 (1991).
60761: —	Équipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux.
60761-1 (1983)	Première partie: Prescriptions générales.
60761-2 (1983)	Deuxième partie: Prescriptions particulières pour les moniteurs d'aérosols.
60761-3 (1983)	Troisième partie: Prescriptions particulières pour les moniteurs de gaz nobles.
60761-4 (1983)	Quatrième partie: Prescriptions particulières pour les moniteurs d'iode.
60761-5 (1983)	Cinquième partie: Prescriptions particulières pour les moniteurs de tritium.
60761-6 (1991)	Sixième partie: Prescriptions particulières pour les moniteurs d'aérosols transuraniens dans les effluents gazeux.
60768 (1983)	Équipement pour la surveillance des rayonnements des fluides de processus pour les conditions normales de fonctionnement et d'incidents des réacteurs nucléaires à l'eau légère.
60772 (1983)	Ensembles de traversée électriques dans les structures de confinement des centrales nucléaires.
60775 (1983)	BASIC temps réel pour CAMAC.
60777 (1983)	Terminologie, grandeurs et unités concernant la radio-protection.
60780 (1984)	Qualification des constituants électriques du système de sûreté des centrales électronucléaires. Amendement n° 1 (1991).
60808 (1985)	Sous-ensembles complémentaires des ictomètres – Caractéristiques et méthodes d'essais.
60830 (1987)	Méthodes d'essais pour les analyseurs multicanaux utilisés comme analyseurs multiéchelles.
60846 (1989)	Mesureurs d'équivalent de dose et de débit d'équivalent de dose, bêta, X et gamma, utilisables en radio-protection.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

60659 (1979)	Test methods for multichannel amplitude analyzers.
60671 (1980)	Periodic tests and monitoring of the protection system of nuclear reactors.
60677 (1980)	Block transfers in CAMAC systems.
60678 (1980)	Definitions of CAMAC terms used in IEC publications.
60692 (1980)	Density meters utilizing ionizing radiation. Definitions and test methods.
60697 (1981)	Germanium semiconductor detector gamma-ray efficiency determination using a standard re-entrant beaker geometry.
60709 (1981)	Separation within the reactor protection system.
60710 (1981)	Radiation protection equipment for the measuring and monitoring of airborne tritium.
60713 (1981)	Subroutines for CAMAC.
60729 (1982)	Multiple controllers in a CAMAC crate.
60737 (1982)	In-core temperature of primary envelope temperature measurements in nuclear power reactors. Characteristics and test methods.
60739 (1983)	Digital counting ratemeters – Characteristics and test methods.
60741 (1982)	Multichannel amplitude analyzers: Standards for time-to-amplitude converters.
60744 (1983)	Safety logic assemblies of nuclear power plants – Characteristics and test methods.
60759 (1983)	Standard test procedures for semiconductor X-ray energy spectrometers. Amendment No. 1 (1991).
60761: —	Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents.
60761-1 (1983)	Part 1: General requirements.
60761-2 (1983)	Specific requirements for aerosol effluent monitors.
60761-3 (1983)	Part 3: Specific requirements for noble gas effluent monitors.
60761-4 (1983)	Specific requirements for iodine monitors.
60761-5 (1983)	Specific requirements for tritium effluent monitors.
60761-6 (1991)	Part 6: Specific requirements for transuranic aerosol effluent monitors.
60768 (1983)	Process stream radiation monitoring equipment in light water nuclear reactors for normal operating and incident conditions.
60772 (1983)	Electrical penetration assemblies in containment structures for nuclear power generating stations.
60775 (1983)	Real-time BASIC for CAMAC.
60777 (1983)	Terminology, quantities and units concerning radiation protection.
60780 (1984)	Qualification of electrical items of the safety system for nuclear power generating stations. Amendment No. 1 (1991).
60808 (1985)	Complementary instrumentation for counting rate-meters – Characteristics and test methods.
60830 (1987)	Test methods for multichannel analyzers as multi-channel scalers.
60846 (1989)	Beta, X and gamma radiation dose equivalent and dose equivalent rate meters for use in radiation protection.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

60860 (1987)	Équipement de signalisation des accidents de criticité.
60861 (1987)	Équipement de surveillance en continu des radio-nucléides bêta et gamma dans les effluents liquides.
60880 (1986)	Logiciel pour les calculateurs utilisés dans les systèmes de sûreté des centrales nucléaires.
60910 (1988)	Instrumentation de surveillance du confinement pour la détection rapide d'écarts évolutifs par rapport au fonctionnement normal dans les réacteurs à eau ordinaire.
60911 (1987)	Mesures pour surveiller la bonne réfrigération du coeur des réacteurs à eau légère pressurisée.
60912 (1996)	Instrumentation nucléaire – Interconnexions ECL (logique par émetteur couplé) sur panneau avant dans les logiques de comptage.
60935 (1996)	Instrumentation nucléaire – Système modulaire d'acquisition rapide de données – FASTBUS.
60937 (1988)	Dimensions des panneaux de cryostats pour semiconducteurs en germanium pour spectrométrie gamma.
60951: —	Matériels de surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles dans les centrales nucléaires.
60951-1 (1988)	Première partie: Prescriptions générales.
60951-2 (1988)	Deuxième partie: Ensembles de surveillance en continu de la radioactivité des gaz rares dans les effluents gazeux.
60951-3 (1989)	Troisième partie: Ensembles de surveillance locale du débit de dose de rayonnement gamma à large gamme.
60951-4 (1991)	Partie 4: Fluides de processus des centrales nucléaires à eau légère.
60951-5 (1994)	Partie 5: Radioactivité de l'air dans les centrales nucléaires à eau légère.
60960 (1988)	Critères fonctionnels de conception pour un système de visualisation des paramètres de sûreté pour les centrales nucléaires.
60964 (1989)	Conception des salles de commande des centrales nucléaires de puissance.
60965 (1989)	Points de commande supplémentaires pour l'arrêt des réacteurs sans accès à la salle de commande principale (salle de commande de repli).
60973 (1989)	Méthodes d'essais de détecteurs gamma en germanium.
60980 (1989)	Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires.
60982 (1989)	Systèmes de mesure de niveau utilisant les rayonnements ionisants avec signal de sortie continu ou en mode tout-ou-rien.
60987 (1989)	Calculateurs programmés importants pour la sûreté des centrales nucléaires.
60988 (1990)	Systèmes de surveillance acoustique pour la détection des corps errants – Caractéristiques, critères de conception et procédures d'exploitation.
61005 (1990)	Débitmètres portables d'équivalent de dose ambiant neutronique pour la radioprotection.
61017: —	Instrumentation pour la radioprotection – Appareils portables, mobiles ou à poste fixe de mesure de rayonnements X ou gamma pour la surveillance de l'environnement.
61017-1 (1991)	Première partie: Débitmètres.
61017-2 (1994)	Partie 2: Ensembles intégrateurs.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

60860 (1987)	Warning equipment for criticality accidents.
60861 (1987)	Equipment for continuously monitoring for beta and gamma emitting radionuclides in liquid effluents.
60880 (1986)	Software for computers in the safety systems of nuclear power stations.
60910 (1988)	Containment monitoring instrumentation for early detection of developing deviations from normal operation in light water reactors.
60911 (1987)	Measurements for monitoring adequate cooling within the core of pressurized light water reactors.
60912 (1996)	Nuclear instrumentation – ECL (emitter coupled logic) front panel inter-connections in counter logic.
60935 (1996)	Nuclear instrumentation – Modular high speed data acquisition system – FASTBUS.
60937 (1988)	Cryostat end-cap dimensions for germanium semi-conductor detectors for gamma-ray spectrometers.
60951: —	Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions in nuclear power plants.
60951-1 (1988)	Part 1: General requirements.
60951-2 (1988)	Part 2: Equipment for continuously monitoring radio-active noble gases in gaseous effluents.
60951-3 (1989)	Part 3: High range area gamma radiation dose rate monitoring equipment.
60951-4 (1991)	Part 4: Process stream in light water nuclear power plants.
60951-5 (1994)	Part 5: Radioactivity of air in light water nuclear power plants.
60960 (1988)	Functional design criteria for a safety parameter display system for nuclear power stations.
60964 (1989)	Design for control rooms of nuclear power plants.
60965 (1989)	Supplementary control points for reactor shutdown without access to the main control room.
60973 (1989)	Test procedures for germanium gamma-ray detector.
60980 (1989)	Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations.
60982 (1989)	Level measuring systems utilizing ionizing radiation with continuous or switching output.
60987 (1989)	Programmed digital computers important to safety for nuclear power stations.
60988 (1990)	Acoustic monitoring systems for loose parts detection – Characteristics, design criteria and operational procedures.
61005 (1990)	Portable neutron ambient dose equivalent ratemeters for use in radiation protection.
61017: —	Radiation protection instrumentation – Portable, transportable or installed equipment to measure X or gamma radiation for environmental monitoring.
61017-1 (1991)	Part 1: Ratemeters.
61017-2 (1994)	Part 2: Integrating assemblies.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

- 61018 (1991) Instruments portatifs de mesure de dose et de débit de dose élevés des rayonnements bêta et gamma, utilisés en situation d'urgence en radioprotection.
- 61031 (1990) Critères de conception, d'implantation et d'application pour les matériels de surveillance du débit de dose de rayonnement gamma à poste fixe, utilisés dans les centrales nucléaires pendant le fonctionnement normal et lors d'incidents de fonctionnement prévus.
- 61052 (1991) CEI 1052 ROUTINES STANDARDS FASTBUS – Routines standards utilisables avec le système d'acquisition de données FASTBUS.
- 61066 (1991) Systèmes de dosimétrie par thermoluminescence pour la surveillance individuelle et de l'environnement.
- 61098 (1992) Ensembles fixes de contrôle de la contamination surfacique du personnel par les émetteurs alpha et bêta.
- 61134 (1992) Instrumentation aéroportée pour mesures du rayonnement gamma terrestre.
- 61137 (1992) Instrumentation pour la radioprotection – Appareillages fixes de contrôle de la contamination surfacique du personnel – Emetteurs X et gamma de faible énergie.
- 61145 (1992) Etalonnage et utilisation de systèmes à chambre d'ionisation pour le dosage des radionucléides.
- 61151 (1992) Instrumentation nucléaire – Amplificateurs et pré-amplificateurs utilisés avec des détecteurs de rayonnements ionisants – Méthodes d'essais.
- 61171 (1992) Instrumentation pour la radioprotection – Equipements pour la surveillance – Iodes radioactifs atmosphériques dans l'environnement.
- 61172 (1992) Instrumentation pour la radioprotection – Equipements pour la surveillance – Aérosols radioactifs dans l'environnement.
- 61224 (1993) Réacteurs nucléaires – Temps de réponse des détecteurs de température à résistance (RTD) – Mesures in situ.
- 61225 (1993) Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Prescriptions pour les alimentations électriques.
- 61226 (1993) Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Classification.
- 61227 (1993) Centrales nucléaires de puissance – Salles de commande – Commandes opérateurs.
- 61239 (1993) Instrumentation nucléaire – Radiamètres et spectromètres gamma portables utilisés pour la prospection – Définitions, prescriptions et étalonnage.
- 61250 (1994) Réacteurs nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande pour la sûreté – Détection des fuites dans les systèmes de refroidissement.
- 61256 (1996) Instrumentation pour la radioprotection – Moniteurs à poste fixe pour la détection de la contamination radioactive du linge lavé.
- 61263 (1994) Instrumentation pour la radioprotection – Appareil portatif pour la mesure de l'énergie alpha potentielle pour mesures rapides dans les mines.
- 61276 (1994) Instrumentation nucléaire – Principes de sélection de systèmes spectrométriques des rayonnements nucléaires assistés par des mesures.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

- 61018 (1991) High range beta and photon dose and dose rate portable instruments for emergency radiation protection purposes.
- 61031 (1990) Design, location and application criteria for installed area gamma radiation dose rate monitoring equipment for use in nuclear power plants during normal operation and anticipated operational occurrences.
- 61052 (1991) IEC 1052 FASTBUS STANDARD ROUTINES – Standard Routines for use with FASTBUS data acquisition system.
- 61066 (1991) Thermoluminescence dosimetry systems for personal and environmental monitoring.
- 61098 (1992) Installed personnel surface contamination monitoring assemblies for alpha and beta emitters.
- 61134 (1992) Airborne instrumentation for measurement of terrestrial gamma radiation.
- 61137 (1992) Radiation protection instrumentation – Installed personnel surface contamination monitoring assemblies – Low energy X and gamma emitters.
- 61145 (1992) Calibration and usage of ionization chamber systems for assay of radionuclides.
- 61151 (1992) Nuclear instrumentation – Amplifiers and preamplifiers used with detectors of ionizing radiation – Test procedures.
- 61171 (1992) Radiation protection instrumentation – Monitoring equipment – Atmospheric radioactive iodines in the environment.
- 61172 (1992) Radiation protection instrumentation – Monitoring equipment – Radioactive aerosols in the environment.
- 61224 (1993) Nuclear reactors – Response time in resistance temperature detectors (RTD) – In situ measurements.
- 61225 (1993) Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Requirements for electrical supplies.
- 61226 (1993) Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important for safety – Classification.
- 61227 (1993) Nuclear power plants – Control rooms – Operator controls.
- 61239 (1993) Nuclear instrumentation – Portable gamma radiation meters and spectrometers used for prospecting – Definitions, requirements and calibration.
- 61250 (1994) Nuclear reactors – Instrumentation and control systems important for safety – Detection of leakage in coolant systems.
- 61256 (1996) Radiation protection instrumentation – Installed monitors for the detection of radioactive contamination of laundry.
- 61263 (1994) Radiation protection instrumentation – Portable potential alpha energy meter for rapid measurements in mines.
- 61276 (1994) Nuclear instrumentation – Guidelines for selection of metrologically supported nuclear radiation spectrometry systems.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

- 61283 (1995) Instrumentation pour la radioprotection – Moniteurs individuels à lecture directe d'équivalent de dose et/ou de débit d'équivalent de dose – Rayonnements X, gamma et bêta d'énergie élevée.
- 61301 (1994) Instrumentation nucléaire – Bus numérique pour instruments NIM.
- 61304 (1994) Instrumentation nucléaire – Ensembles de comptage à scintillation liquide – Contrôle du fonctionnement.
- 61306 (1994) Instrumentation nucléaire – Dispositifs de mesurage de rayonnement pilotés par microprocesseur.
- 61311 (1995) Instrumentation pour la radioprotection – Equipement de surveillance en continu des radionucléides émetteurs bêta et gamma dans les effluents liquides ou dans les eaux douces de surface.
- 61322 (1994) Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres à poste fixe, ensembles d'alarme et moniteurs pour rayonnements neutroniques compris entre l'énergie des neutrons thermiques et 15 MeV.
- 61323 (1995) Instrumentation pour la radioprotection – Rayonnements neutroniques – Moniteur individuel à lecture directe d'équivalent de dose et/ou de débit d'équivalent de dose.
- 61335 (1997) Instrumentation nucléaire – Appareil d'analyse par fluorescence X en forage.
- 61336 (1996) Instrumentation nucléaire – Systèmes de mesure d'épaisseur par rayonnement ionisant – Définitions et méthodes d'essai.
- 61342 (1995) Instrumentation nucléaire – Analyseurs d'amplitude multicanaux – Principales caractéristiques, prescriptions techniques et méthodes d'essai.
- 61343 (1996) Instrumentation des réacteurs nucléaires – Réacteurs à eau bouillante (BWR) – Mesures dans la cuve pour la surveillance adéquate du refroidissement du coeur.
- 61344 (1996) Instrumentation pour la radioprotection – Equipements de surveillance – Dispositifs d'avertissement individuels pour les rayonnements X et gamma.
- 61435 (1996) Instrumentation nucléaire – Cristaux de germanium de haute pureté pour détecteurs de rayonnements.
- 61452 (1995) Instrumentation nucléaire – Mesure des taux d'émission gamma de radionucléides – Etalonnage et utilisation des spectromètres germanium.
- 61453 (1997) Instrumentation nucléaire – Equipements avec détecteurs en iodure de sodium activés au thallium pour le dosage de radionucléides – Etalonnage et mise en oeuvre.
- 61455 (1995) Instrumentation nucléaire – Format d'échange de données d'histogrammes pour analyseurs multicanaux pour spectroscopie nucléaire.
- 61500 (1996) Centrales nucléaires – Systèmes de contrôle commande importants pour la sûreté – Prescriptions fonctionnelles pour la transmission de données multiplexées.
- 61510 (1996) Réacteurs nucléaires RBMK – Propositions d'améliorations du contrôle-commande.
- 61525 (1996) Instrumentation pour la radioprotection – Rayonnements X, gamma et bêta d'énergie élevée, et neutroniques – Moniteur individuel à lecture directe d'équivalent de dose et/ou de débit d'équivalent de dose.

(suite)

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

- 61283 (1995) Radiation protection instrumentation – Direct reading personal dose equivalent (rate) monitors – X, gamma and high energy beta radiation.
- 61301 (1994) Nuclear instrumentation – Digital bus for NIM instruments.
- 61304 (1994) Nuclear instrumentation – Liquid-scintillation counting systems – Performance verification.
- 61306 (1994) Nuclear instrumentation – Microprocessor based nuclear radiation measuring devices.
- 61311 (1995) Radiation protection instrumentation – Equipment for continuously monitoring beta and gamma emitting radionuclides in liquid effluents or in surface waters.
- 61322 (1994) Radiation protection instrumentation – Installed dose equivalent rate meters, warning assemblies and monitors for neutron radiation of energy from thermal to 15 MeV.
- 61323 (1995) Radiation protection instrumentation – Neutron radiation – Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.
- 61335 (1997) Nuclear instrumentation – Bore-hole apparatus for X-ray fluorescence analysis.
- 61336 (1996) Nuclear instrumentation – Thickness measurement systems utilizing ionizing radiation – Definitions and test methods.
- 61342 (1995) Nuclear instrumentation – Multichannel pulse height analyzers – Main characteristics, technical requirements and test methods.
- 61343 (1996) Nuclear reactor instrumentation – Boiling light water reactors (BWR) – Measurements in the reactor vessel for monitoring adequate cooling within the core.
- 61344 (1996) Radiation protection instrumentation – Monitoring equipment – Personal warning devices for X and gamma radiations.
- 61435 (1996) Nuclear instrumentation – High-purity germanium crystals for radiation detectors.
- 61452 (1995) Nuclear instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers.
- 61453 (1997) Nuclear instrumentation – Thallium activated sodium iodide detector systems for assay of radionuclides – Calibration and usage.
- 61455 (1995) Nuclear instrumentation – MCA histogram data interchange format for nuclear spectroscopy.
- 61500 (1996) Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Functional requirements for multiplexed data transmission.
- 61510 (1996) RBMK nuclear reactors – Proposals for instrumentation and control improvements.
- 61525 (1996) Radiation protection instrumentation – X, gamma, high energy beta and neutron radiations – Direct reading personal dose equivalent and/or dose equivalent rate monitors.

(continued)

**Publications de la CEI préparées
par le Comité d'Études n° 45 (suite)**

- 61559 (1996) Rayonnements dans les installations nucléaires – Ensembles centralisés pour la surveillance en continu des rayonnements et/ou des niveaux de radioactivité.
- 61578 (1997) Instrumentation pour la radioprotection – Etalonnage et contrôle de l'efficacité de la compensation radon des instruments de mesure des aérosols radioactifs émetteurs alpha et/ou bêta – Méthodes d'essais.
- 61771 (1995) Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Vérification et validation de la conception.
- 61772 (1995) Centrales nucléaires de puissance – Salle de commande principale – Utilisation des unités de visualisation.

**IEC publications prepared
by Technical Committee No. 45 (continued)**

- 61559 (1996) Radiation in nuclear facilities – Centralized system for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity.
- 61578 (1997) Radiation protection instrumentation – Calibration and verification of the effectiveness of radon compensation for alpha and/or beta aerosol measuring instruments – Test methods.
- 61771 (1995) Nuclear power plants – Main control room – Verification and validation of design.
- 61772 (1995) Nuclear power plants – Main control room – Application of visual display units (VDU).

ISBN 2-8318-3945-9



ICS 13.280
