

**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**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/40520760-9338-4000-0117-000000000000/iec-61578-1997>



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** • IEC Bulletin
- **Annuaire de la CEI** • **IEC Yearbook**
Accès en ligne* On-line access*
- **Catalogue des publications de la CEI** • **Catalogue of IEC publications**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Accès en ligne)* (On-line access)*
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b32d7c6-793b-40ce-a1f7-0f14493372b/iec-61578-1997>

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:

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**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

**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 Varembe 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.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[IEC 61578:1997](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b32d7c6-793b-40ce-a1f7-0fd14493372b/iec-61578-1997>

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.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[IEC 61578:1997](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b32d7c6-793b-40ce-a1f7-0fd14493372b/iec-61578-1997>

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*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4b32d7c6-793b-40ce-a1f7-0fd4493372b/iec-61578-1997>

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.