

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Equipment for sampling and monitoring radioactive noble gases

Instrumentation pour la radioprotection – Matériel pour le prélèvement et la surveillance des gaz rares radioactifs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62302:2007





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

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

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Equipment for sampling and monitoring radioactive noble gases

Instrumentation pour la radioprotection – Matériel pour le prélèvement et la surveillance des gaz rares radioactifs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Classification of noble gas monitoring equipment	13
4.1 General Design Considerations	14
4.1.1 Methods of detection	14
4.1.2 Ease of Decontamination.....	14
4.1.3 Considerations for explosive mixtures	14
4.1.4 Corrosion resistance.....	14
4.1.5 Reliability	14
4.2 Capability for operational testing	14
4.3 Adjustment and maintenance facilities	15
4.4 Acoustic noise level of the assembly	15
4.5 Electromagnetic interference	15
4.6 Mechanical shock.....	15
4.7 Measurement characteristics.....	15
5 Equipment components	16
5.1 General.....	16
5.2 Sampling assembly	16
5.2.1 Sampling and exhaust pipes.....	16
5.2.2 Inlet filter or water trap	16
5.2.3 Collection medium	17
5.2.4 Air pump.....	17
5.2.5 Flow-related control and measurement	17
5.3 Detection assembly.....	18
5.3.1 Radiation detector	18
5.3.2 Compensation detection	18
5.4 Control assembly.....	18
5.5 Indication facilities.....	18
5.6 Alarm assembly.....	19
5.6.1 Alarms.....	19
5.6.2 Alarm test facilities	19
5.6.3 Alarm reset features	19
5.6.4 Alarm self-diagnosis	19
5.6.5 Alarm display.....	19
5.7 Check and “keep alive” sources.....	20
5.8 Ambient background shielding or compensation devices	20
5.9 Batteries.....	20
6 Test conditions	20
6.1 General test procedures	20
6.2 Tests performed under standard test conditions for normal operation condition	20
6.3 Tests performed with variation of influence quantities.....	20
6.4 Tests performed under test conditions for emergency conditions.....	21

6.5	Types of sources	21
6.5.1	Reference source	21
6.5.2	Solid sources	21
6.6	Metrological confirmation system during tests	21
6.6.1	Uncertainty of measurement	21
6.6.2	Statistical fluctuations	22
7	Radiation detection performance tests	22
7.1	Reference response	22
7.1.1	Requirements	22
7.1.2	Test to be carried out	22
7.1.3	Test method with gaseous sources	22
7.1.4	Relative response with solid sources	22
7.1.5	Test with an electronic signal generator	22
7.2	Linearity	23
7.2.1	Test source	23
7.2.2	Requirements	23
7.2.3	Test method	23
7.3	Response to radioactive gases other than radioactive noble gases	23
7.3.1	Requirements	23
7.3.2	Test method	23
7.4	Response time	23
7.4.1	Requirements	23
7.4.2	Test method	23
7.5	Response to ambient gamma radiation	24
7.5.1	General	24
7.5.2	Requirements	24
7.5.3	Test method	24
7.6	Response to neutron radiation	25
7.6.1	Response to neutron radiation	25
7.7	Overload test	25
7.7.1	Requirements	25
7.7.2	Test method	25
7.8	Statistical fluctuations	25
7.8.1	Requirements	25
7.8.2	Test method	25
7.9	Zero stability	26
7.9.1	Stability of zero indication with time	26
7.9.2	Stability of zero indication with variation of temperature	26
7.10	Reproducibility of the response	27
7.10.1	Requirements	27
7.10.2	Test method	27
8	Electrical, electronic and mechanical tests	27
8.1	Alarm trip range	27
8.1.1	Requirement	27
8.1.2	Test method	27
8.2	Alarm trip stability	28
8.2.1	Requirements	28
8.2.2	Test method	28
8.3	Equipment fault alarm system	28

8.3.1	Loss of detector signal	28
8.3.2	Failure of the electronic system	28
8.3.3	Loss of the sampling circuit	29
8.4	Warm-up time – Detection and measurement assembly.....	29
8.4.1	Requirements	29
8.4.2	Test method	29
8.5	Power supply variations.....	29
8.5.1	Requirements	29
8.5.2	Test method	29
8.6	Battery test.....	30
8.6.1	General	30
8.6.2	Requirements	30
8.7	Power supply transient effects.....	30
8.7.1	Requirements	30
8.7.2	Test method	31
9	Air circuit performances test.....	31
9.1	General.....	31
9.2	Susceptibility to gaseous retention	31
9.2.1	Requirements	31
9.2.2	Test method	31
9.3	Accuracy of the volume and flow rate measurement	32
9.3.1	Requirement.....	32
9.3.2	Test method	32
9.4	Flow-rate stability	32
9.4.1	Requirements	32
9.4.2	Test method	32
9.5	Effect of filter pressure drop.....	32
9.5.1	Requirements	32
9.5.2	Test method	33
9.6	Effect of power supply voltage on the flow rate.....	33
9.6.1	Requirement for mains supplied equipment	33
9.6.2	Test method	33
9.7	Effect of power supply frequency on flow rate.....	33
9.7.1	Requirement for mains supplied equipment	33
9.7.2	Test method	33
10	Environmental performance tests	34
10.1	Ambient temperature	34
10.1.1	General	34
10.1.2	Requirements	34
10.1.3	Test method	34
10.2	Temperature shock for portable and transportable assemblies	34
10.2.1	General	34
10.2.2	Requirement.....	34
10.2.3	Test method	34
10.3	Relative humidity.....	35
10.3.1	General	35
10.3.2	Requirement.....	35
10.3.3	Test method	35
10.4	Atmospheric pressure.....	35

10.4.1	General	35
10.4.2	Ambient Atmosphere	35
10.4.3	Atmosphere inside the detector system	35
10.5	Sealing	36
10.6	Mechanical shocks	36
10.6.1	Requirements	36
10.6.2	Test methods	36
10.7	External electromagnetic immunity and electrostatic discharge	36
10.7.1	Requirements	36
10.7.2	Test method	36
10.8	Electromagnetic emission	36
10.8.1	Requirements	36
10.8.2	Test method	37
11	Type test report and Certificate	37
12	Operation and maintenance manual	37
Annex A (informative) Preparation of radioactive gas reference sources		42
Figure A.1 – Calibration loop		43
Table 1 – Reference conditions and standard test conditions for normal operation conditions		38
Table 2 – Tests performed under standard test conditions for normal operation conditions		39
Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities for normal operational conditions		40
Table 4 – Tests of the air circuit		41

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62302:2007

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
EQUIPMENT FOR SAMPLING AND MONITORING
RADIOACTIVE NOBLE GASES**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62302 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard directly complements IEC 60761-1 (2002) and IEC 60761-3 (2002).

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

FDIS	Report on voting
45B/550/FDIS	45B/556/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62302:2007

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – EQUIPMENT FOR SAMPLING AND MONITORING RADIOACTIVE NOBLE GASES

1 Scope and object

This International Standard is applicable to equipment used for sampling and continuous measurement of radioactive noble gases in the workplace, in gaseous effluents discharged into the environment as well as in the environment itself. Monitoring by definition is the process of continuous and real-time measurement. The processes of sampling or taking samples for retrospective laboratory analysis are included in this standard.

The object of this standard is to establish mandatory general requirements and to present examples of acceptable methods and equipment for sampling and monitoring radioactive noble gases. Current standard IEC 60761-3 which is complemented by this standard, is applicable to installing portable and transportable equipment for sampling and monitoring radioactive noble gases, ONLY IN GASEOUS EFFLUENTS, while this standard expands coverage to include monitoring all possible locations where radioactive noble gases could present a radiological hazard. The equipment is designed to be operational during normal operation conditions as well as under emergency conditions, both during and following an accident. Depending on the nature of the emergency conditions it may be necessary to install specially designed equipment for normal operational conditions and other equipment for emergency conditions.

This standard is applicable to radioactive noble gas samplers and monitors intended to provide the following functions:

- The measurement of the volumetric activity of radioactive noble gases and their variation with time in the workplace, in gaseous effluents at the discharge point and in the environment.
- The measurements performed during normal operational conditions as well as under emergency conditions during and after an accidental release.
- The actuation of an alarm when a predetermined volumetric activity, or concentration, or a predetermined total of released radioactivity is exceeded.
- The determination of the total gaseous activity discharged over a given time and/or to provide information on the composition of a mixture of different gases released.
- The sampling and retrospective analysis of air or gas containing noble gas.

Radon, with isotopes ^{219}Rn , ^{220}Rn , and ^{222}Rn , is a naturally occurring radioactive noble gas whose measurements are NOT considered in this standard. The presence of radon and its progeny may significantly interfere with the proper measurement of the noble gases of concern in this standard.

This standard specifies the general characteristics, general testing procedures, mechanical, electrical and electronic, radiological, safety and environmental characteristics, and the proper identification and certification of the equipment. If this equipment is part of a centralized system for continuous radiation monitoring in a nuclear facility, there may be additional requirements from other standards related to those systems.

2 Normative references

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

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

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60761-1:2002, *Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents – Part 1: General requirements*

IEC 60761-3:2002, *Equipment for continuously monitoring radioactivity in gaseous effluents – Part 3: Specific requirements for radioactive noble gas monitors*

IEC 61000 (all parts): *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*

ISO Guide 98:1995, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*

3 Terms and definitions

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

3.1

acceptance test

contractual test to prove to the customer that the system meets certain conditions of its specification

3.2

accident conditions

conditions deviating from normal operations, more severe than anticipated operational occurrences, including design basis accidents and severe accidents

3.3

alarm assembly

assembly or a combination of assemblies whose output provides audible or visual alarm in the event that an alarm threshold has been exceeded or a malfunction has been detected

3.4

anticipated operation occurrence

operational process deviating from normal operation which is expected to occur at least once during the operational lifetime of a nuclear power plant but which, in view of appropriate design provisions, does not cause any significant damage to items important to safety or lead to accident conditions

3.5

coefficient of variation

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

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

3.6

collection efficiency

where applicable, the collection efficiency of a monitor is defined as the ratio of the total activity available for measurement on or in the collection medium to the total activity in the air at the inlet of the collection medium

3.7**control assembly**

assembly used to process the output of the detection assembly and to provide data indication and electrical power for the entire system

3.8**conventionally true activity**

the best estimate of the activity of a radioactive source

NOTE Conventional activities, in general, are regarded as sufficiently close to the true values for the difference to be insignificant for the given purpose. For example, a value and its uncertainty determined from a primary or a secondary standard, or by a reference instrument which has been calibrated against a primary or secondary standard, may be taken as the conventionally true value.

3.9**coverage factor**

numerical factor (k) used as a multiplier of the combined standard uncertainty in order to obtain an expanded uncertainty (ISO GUM: 1995)

3.10**decision quantity**

random variable used to determine whether a physical effect to be measured is present or not

3.11**decision threshold**

fixed value of the radioactivity that allows a decision to be made for each measurement with a given probability of error as to whether the registered measurement includes a contribution from the physical effect

NOTE The statistical test shall be designed such that the probability of wrongly rejecting the hypothesis is equal to a designation α . For this standard error of the first type, α is equal to 5 %.

3.12**design basis accident**

accident conditions for which a nuclear power plant is designed according to established design criteria, and for which the damage of the fuel and the release of radioactive material are kept within authorized limits

3.13**detection limit**

minimum value of the measurement quantifying a physical effect that can be detected with a given probability of error by the measuring method.

NOTE The detection limit is the smallest true value of the measured value that is associated with the statistical test and hypotheses (Cf. decision quantity) by the following characteristics: if in reality the true value is equal to or exceeds the detection limit, the probability of wrongly not rejecting the hypothesis (error of the second kind) shall be at most equal to a given value β . For this standard β equals 5 %.

3.14**dynamic range**

ratio of the signal from the maximum measurable indication to the signal from the minimum detectable value of that quantity

3.15**effective range of measurement**

range of values of the radioactive quantity to be measured over which the performance of equipment or an assembly meets the requirements of its specifications

3.16**error of indication**

difference between the indicated value v of an activity and the conventionally true value v_c of that activity at the point of measurement

$$\Delta v = v - v_c$$

where:

v is the value of the activity indicated by the equipment or assembly under test;

v_c is the conventionally true value of the activity.

3.17**installed equipment**

equipment designed to be in place for many years. IEC 60050-393 specifies the "installed life" of such equipment as less than 40 years

3.18**maintenance test**

test carried out periodically on a device or equipment to ascertain and, if necessary, make certain adjustments to ensure that its performance remains within specified limits

3.19**manufacturer and purchaser**

the term "manufacturer" includes the designer and the seller of the equipment;

the term "purchaser" includes the user of the equipment.

3.20**measurement assembly**

this assembly includes functional units designed to measure quantities related to ionizing radiation (activity, volumetric activity, etc.)

3.21**measurement uncertainty**

parameter associated with the result of a measurement that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurement. Any result of measurement shall be given with the associated uncertainty calculated following method recommended in the ISO GUM: 1995

3.22**monitor air circuit efficiency**

the air circuit efficiency of the monitor describes the losses of activity on the walls of the monitor between the air circuit inlet and the collection medium. It is defined as the ratio of the total activity available for the monitor to sample to the total activity in the air supplied at the inlet of the monitor.

3.23**monitor sampling efficiency**

monitor sampling efficiency is defined as the ratio of the volumetric activity as available for measurement on or in the collection medium, to the volumetric activity in the air supplied to the inlet of the monitor. It is the product of the collection efficiency times the air circuit efficiency of the monitor.

**3.24
noble gas**

the radioactive noble gases of concern in this standard include ^{41}Ar , ^{85}Kr , ^{133}Xe and ^{135}Xe in the workplace, in gaseous effluents and in the environment itself. The isotopes of Radon are NOT included.

**3.25
normal operation conditions**

operation within specified limits and conditions

**3.26
portable equipment**

equipment designed to be easily carried by one person to a location where a measurement is required or desired

**3.27
radiation detection assembly**

assembly or combination of assemblies capable of providing radiation measurements

**3.28
reference response**

the reference response R_{ref} is the ratio under standard test conditions, between the response indication of the monitor and the unit reference activity (Table 1). This response is expressed by the relation:

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

where:

v is the value of the activity measured by the equipment or assembly under test;

v_c is the conventionally true value of the activity.

**3.29
relative intrinsic error**

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

$$e_i = \frac{v - v_c}{v_c}$$

**3.30
response time**

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

NOTE In this standard, 90 % is used.

**3.31
retention capacity**

the maximum quantity of a defined substance that can be retained at equilibrium in the medium considered

3.32**routine test**

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

3.33**sampling assembly**

a set of connected devices used to collect a representative gas or air sample

3.34**severe accident**

accident conditions more severe than a design basis accident involving significant core degradation

3.35**surface emission rate of a solid source**

number of particles of a given type above a given energy that are emerging from the front face of a source per unit time

NOTE This normally applies to alpha and beta emitting sources and not to photon sources, characterized by activity (refer to 7.2.1).

3.36**transportable equipment**

equipment designed to be in place for a limited time and capable of being transported to other locations for measurements

3.37**type test**

a test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications

3.38**sensitivity**

ratio of the variation of the observed variable to the corresponding variation of the measured quantity, for a given value of the measured quantity

3.39**volumetric activity**

radioactivity per unit volume of measured air or gas

4 Classification of noble gas monitoring equipment

There are a number of designs for noble gas monitors available with some monitors of special design to meet the specific needs of the user. This standard classifies noble gas monitors based on the following radiological requirements:

- Gamma detection (best applied to monitoring for ^{41}Ar)
- Beta detection
- Combination beta/gamma detection
- Radionuclide-specific (again applied to monitoring for ^{41}Ar)
- Measurement range
 - Low range monitors include those monitors that have range (R) $0 < R < 10 \text{ MBq/m}^3$.
 - High range monitors have a range $X < R < Y$ where “X” and “Y” are, respectively, the minimum and the maximum responses of the monitor as stated by the manufacturer.
- Working condition

- Normal operation conditions
- Emergency conditions
 - System interface
- Local readout and alarm only.
 - Type of installation and/or power source
- Installed or transportable noble gas monitors operate mainly using line power and may also have battery backup. Installed monitors typically have outputs that interface the monitor with a centralized radiation monitoring system.
- Portable monitors primarily use batteries and are typically carried from location to location for use. They may also use line power through an internal or external converter and can also be interfaced with a centralized system.

4.1 General design considerations

4.1.1 Methods of detection

This standard does NOT specify what type or types of radiation detectors may be used to accomplish the performance required. The entire range of radiation detectors, including ionization chambers, proportional counters, GM detectors, solid-state detectors, inorganic and organic scintillators, and combinations of these, can and are used to measure noble gases.

4.1.2 Ease of decontamination

Surfaces that are designed to come in contact with radioactivity, such as the sampling and detection assemblies, shall be designed and constructed such that the accumulation of contamination is minimized and shall be designed to facilitate decontamination when necessary.

4.1.3 Considerations for explosive mixtures

In some circumstances the measured gas sample may contain an explosive mixture of gases. Where an explosive mixture may exist the assembly shall be designed to prevent the ignition of the sample.

4.1.4 Corrosion resistance

If gas samples should contain noxious and/or corrosive substances, special system design shall be required to protect sampling and measuring systems.

4.1.5 Reliability

All equipment shall be designed to provide reliable performance with unrevealed failures kept to a minimum.

The manufacturer shall provide documentation of the expected operational lifetime of critical and replaceable components such as air pump, detector, flow-rate measuring device, batteries, etc.

The manufacturer shall specify the frequency of routine maintenance and fully describe each maintenance procedure. The maintenance requirements should be kept to a practical minimum.

4.2 Capability for operational testing

Capability should be provided to allow the purchaser to carry out periodic checks of the operation of the assembly, including calibration and verification of the linearity of response. These facilities should normally be installed so as to allow the checks to be carried out from the control and measurement assembly.

It shall be possible to check the calibration of the assembly at a minimum of two representative points on the measurement range.

This check shall be carried out using one or more suitable radioactive sources as necessary. The system response linearity may be checked electronically.

4.3 Adjustment and maintenance facilities

All electronic equipment shall be provided with a sufficient number of easily accessible identified test points to facilitate adjustments and fault location. Any special maintenance tools and an appropriate maintenance manual shall be supplied.

The design of all equipment shall be such as to facilitate ease of repair and maintenance.

Self-diagnostic features should be available with a display.

4.4 Acoustic noise level of the assembly

Acoustic noise level of the assembly mainly arises from the sampling assembly and more particularly from the operation of the fluid duct system and the resultant vibration.

The manufacturer shall select the components and shall design the assembly so that the noise level is minimized and consistent with the type of environment for which the assembly is intended.

4.5 Electromagnetic interference

All necessary precautions shall be taken against the effects of electromagnetic interference either received or emitted by the equipment.

Severity level 3 shall be applied for immunity (see IEC 61000).

The manufacturer shall specify the electromagnetic emission of the equipment. The emission limits for apparatus covered by this standard are given in table 1 of IEC 61000-6-4.

Moreover the manufacturer shall state the influence of cellular phones and walkie-talkies on the measurement assembly at a given distance and define the precautions of use.

4.6 Mechanical shock

The monitor shall be designed to minimize the effects of mechanical shock.

4.7 Measurement characteristics

The electronic assembly should indicate the measured activity in Bq/m³. In the United States of America other units are being used. The manufacturer and purchaser shall agree upon the expression of measurement, for example, Bq/m³ under the conditions of temperature and pressure at the sampling location. They shall also agree on how to correct the expression of measurement if the conditions inside the measuring assembly are different from the calibration conditions.

The manufacturer shall indicate the decision threshold and the effective range of measurement of the equipment. These characteristics shall be given taking into account the reference background level (0,2 µGy/h) and the reference volumetric activity of radon.

The effective range of the measurement shall be appropriate to the particular application.

5 Equipment components

5.1 General

The equipment comprises several components. The main components and their functions are listed and described in the following paragraphs.

5.2 Sampling assembly

The sampling assembly includes essentially one or more of the following assemblies and functional units:

- sampling and exhaust pipes;
- air/counting gas mixing device (for proportional counters);
- air/liquid scintillation mixing device (for liquid scintillation counters);
- measuring chamber and/or sample cell;
- ambient gamma radiation protection device, compensation device or adequate shielding;
- airborne particulate filter, where appropriate;
- individual air pump or centralized pumping system;
- air flow-rate monitoring and/or control devices, where appropriate;
- pressure monitoring and/or control device, where appropriate;
- humidity monitoring and/or control device, where appropriate;
- temperature measuring device, where appropriate, and
- batteries, where appropriate.

5.2.1 Sampling and exhaust pipes

The following characteristics shall be considered and shall be agreed upon between manufacturer and purchaser:

- the nature of construction materials, with attention given to chemical corrosion, surface adsorption, memory effects, etc.;
- the minimum distance between inlet and outlet to avoid recirculation;
- the prevention of condensation in the sampling pipe by control of temperature and/or pressure;
- the impact of flow-rate and pressure drop on the measurement;
- the delay time from sample inlet to detector based on flow-rate, pipe diameter, length of the sampling pipes, etc; and
- the ease of decontamination.

5.2.2 Inlet filter or water trap

A filter shall be placed in a filter-holder at the sampling circuit inlet to remove any dust and aerosols from the air. In order to maintain the specified performance of the equipment, such a filter shall not trap, or even temporarily retain noble gases. To ensure that the inlet filter does not retain noble gases or to observe the retained noble gas by the calculation of the noble gas activity the filter-holder shall be removable without loss of radioactivity adhering to the filter.

All necessary arrangements shall be made to control the pressure drop in the filter. The system should be designed to allow filter change at a given pressure drop to ensure that an intact filter is in place.

The gas sample may also be passed through a water trap to remove particulate materials.

5.2.3 Collection medium

If the detection assembly includes a collection medium intended to collect a specific radionuclide of noble gas or to concentrate the radioactivity, its characteristics, efficiency, retention capacity and delay time constant shall be known for the noble gas of concern.

The manufacturer shall state how the collection efficiency and the collection capability are influenced by the noble gas of concern, atmospheric conditions and the presence of chemical products and other gases in air sampled. The manufacturer shall specify the conditions of storage of the collection medium.

5.2.4 Air pump

Where a pump is an integral part of any assembly the following requirements shall be met:

- the pump should be placed down stream of the detection assembly, except where the measurement is made by collecting the noble gas into a pressurized chamber;
- the design shall provide for ease of access to the pump and its replaceable parts;
- the range of acceptable flow-rates shall be stated by the manufacturer;
- the model of pump and its replaceable parts shall be specified;
- the pump shall allow a total air flow-rate adequate for the measurement method;
- where the measurement technique of volumetric activity is sensitive to pressure, care shall be taken to ensure that the pressure in the measuring volume is minimally affected by the variation of pressure drop across the inlet filter;
- the pumps of a monitoring system and the sampling units designed to be in operation during and after an accident shall be extremely leak-tight. The acceptable leak rate depends on the accident conditions. The leak rate of a pump of a measuring device designed to be in operation during and after a basis design accident or a severe accident shall be agreed upon between the manufacturer and purchaser. A helium leak detector or use of sulphur hexafluoride should be used for leak detection;
- the pump shall be capable of continuous operation between scheduled maintenance operations. The frequency of maintenance operations shall be agreed between the manufacturer and the purchaser, but shall not be more frequent than once every six months. The design shall provide for easy access to the pump and its replaceable parts.

5.2.5 Flow-related control and measurement

5.2.5.1 Flow-rate control

If the measurement technique is influenced by flow-rate, a flow-rate control device shall be provided that has a flow-rate adjustment range sufficient to allow for variation in the intrinsic characteristics of the air pump and any filters used.

5.2.5.2 Flow-rate measurement

The sampling flow-rate shall be expressed in SI units. The pressure and the temperature at which the flow-rate meter is calibrated and at which the flow-rate is expressed shall be provided. Appropriate corrections shall be made for the actual ambient air conditions.

5.2.5.3 Pressure control

If the measurement technique is sensitive to pressure such as with an ionization chamber, a pressure control device with alarms shall be provided for warning of any excessive variation of pressure.

5.2.5.4 Pressure measurement

If the measurement technique is sensitive to pressure, a pressure-measuring device with alarms shall be provided for warning of any excessive variation of the pressure. The pressure shall be expressed in SI units. The pressure-measuring device shall be calibrated under standard conditions. Appropriate corrections shall be made for the actual ambient air conditions.

5.2.5.5 Volumetric measurement

Sampling units shall be equipped with total-volume measuring devices. The volume measurement shall be indicated in SI units.

5.3 Detection assembly

Detectors influenced by humidity such as ionization chambers shall be protected from condensation. This protection can be provided by

- heating the gas stream and the detector itself, or
- cooling the gas stream followed by heating it to reduce the relative humidity. The condensate of the cooler shall be collected in a local reservoir. This should not require discharging more frequently than every eight days. A liquid level indicator equipped with an alarm unit shall be provided to alarm at the maximum level in the reservoir.

The influence of heating or cooling the gas stream on the volumetric measurement shall be strictly observed. The effects of passing the gas through a water trap shall be taken into account.

5.3.1 Radiation detector

The manufacturer shall specify the characteristics of the detector including the type of detector, detector dimensions and the volumes of the sampling chamber and the sampling lines.

5.3.2 Compensation detection

One or more additional detectors may be used by the manufacturer to compensate for background gamma radiation, and/or activity from radon or radon progeny in the gas sample. The manufacturer may also provide a detection system wherein radioactivity from radon progeny is electronically eliminated.

5.4 Control assembly

The control and measurement assemblies include essentially the following parts:

- Electrical control and power supply.
- Electronic measurement devices.
- Measurement display unit.
- The radiation detector(s) (see 5.2.1 above).

The assembly may be associated with a central radiation monitoring display panel. Then it shall be capable of being installed into electronic racks of standard dimensions.

5.5 Indication facilities

In addition to the visual display of the measured value, operational indications may be provided on the equipment for the following:

- System power on.

- Air pump on, if appropriate.
- Detector high voltage supply on.
- Detector heating unit on, if appropriate, and
- Cooling device on.

Units equipped with pressure measurement, pressure control, flow-rate measurement, flow-rate control and/or volume measurement shall have suitable indication units for the measured parameters.

An output may be provided permitting remote indication of measurements and alarms by agreement between manufacturer and purchaser.

5.6 Alarm assembly

The alarm and indication facilities shall be appropriate to the purpose of the equipment and shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

5.6.1 Alarms

5.6.1.1 High level alarm

An adjustable high-level alarm covering the entire effective range of measurement shall be provided.

5.6.1.2 Fault alarm system

A fault alarm shall be provided. It shall include:

- an alarm indicating loss of detector signal;
- an alarm indicating the loss of the sampling circuit;
- an alarm indicating failure of the electronic system;
- whenever possible the alarms should indicate the source of as many other faults as possible by having a self-diagnostic system.

A separate indication of each fault should be displayed.

Other alarms shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

5.6.2 Alarm test facilities

All alarm functions shall be provided with test facilities to allow checking of alarm operation. For adjustable alarms, checking shall be possible over the entire range of adjustment with indication of the actual alarm operation point.

5.6.3 Alarm reset features

Alarm circuits shall be operable either to hold an alarm condition until specifically reset by a reset control or to auto-reset when the alarm state subsides.

5.6.4 Alarm self-diagnosis

A self-diagnostic system should be provided.

5.6.5 Alarm display

A separate indication of each fault should be displayed.

5.7 Check and “keep alive” sources

The monitor may be equipped with a photon-emitting check source such as ^{137}Cs to indicate that the instrument is working properly. The detection limit of the assembly shall be determined when the check source is in the shielded condition. A keep-alive radioactive source may also be provided. This source consists of a small amount of radioactive material mounted on or near the detector to verify that the detector is continuously operating.

5.8 Ambient background shielding or compensation devices

Appropriate radiation shielding, electronic compensation, or software correction techniques should be provided to reduce the effect of the ambient background on the measurement.

Shielding shall be designed to allow the equipment to be readily serviced.

5.9 Batteries

Some monitors may be equipped with batteries. The batteries may be connected in any desired manner and shall be individually replaceable. The correct polarity shall be clearly indicated on the assembly. The manufacturer shall specify the type(s) of batteries.

Rechargeable batteries shall be rechargeable from line power within 16 h. The use of a device that turns off the charger when a complete charge is obtained should be provided. Facilities shall be provided to check the battery condition under maximum load. The minimum load indication shall be clearly displayed on the monitor before the function of the monitor is affected.

6 Test conditions

6.1 General test procedures

General test procedures applicable to each type of monitor and/or sampling units are covered in this standard. Except where otherwise specified these are to be considered as type tests, although any or all may be considered as acceptance tests by agreement between manufacturer and purchaser. The stated requirements are minimum requirements and may be extended for any particular equipment or function.

Detailed test procedures will vary according to the particular characteristics of each type of monitor.

The tests described in this standard may be classified according to whether they are performed under standard test conditions or under other conditions.

6.2 Tests performed under standard test conditions for normal operation conditions

Standard test conditions are defined in Table 1. Tests performed under standard test conditions are listed in Table 2. This table indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the paragraph where the corresponding test method is described.

6.3 Tests performed with variation of influence quantities

The object of these tests is to determine the effects of variations of the influence quantities. In order to facilitate the execution of these tests they are grouped into two categories:

- tests relating to the measurement, alarm and indication units, and
- tests relating to the air circuit.

These two categories of tests shall be carried out independently of each other.

In order to check the effects of the variation of each influence quantity listed in Table 3, all the other influence quantities shall be maintained within the limits of the standard test conditions given in Table 1.

In order to simplify these tests only a single test need be performed for each individual influence quantity. This test shall measure the effect of the specified change of influence quantity for radioactivity levels of between 10 and 50 times the lowest value of the range of measurements.

The tests relating to the measurement, alarm and indication units are shown in Table 3 with the range of variations of each influence quantity and the limits of the corresponding variations of the indication of the assembly.

The tests of the air circuit are shown in Table 4 with the range of variations of each influence quantity and the limits of the corresponding variations of the parameters under test.

6.4 Tests performed under test conditions for emergency conditions

Measuring units designed to monitor during emergency conditions, during and after an accident, shall be tested in two steps. The first tests shall be performed in accordance with the standard test conditions described in 7.1. The second tests shall be performed under emergency conditions where the units shall be in operation. The conditions in emergency case depend on the type of the facility and the type of accident. Therefore the emergency conditions should be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

6.5 Types of sources

6.5.1 Reference source

For the determination of the reference response during type testing the reference source shall be air with a known volumetric activity of the type of noble gas for which the equipment is designed. The reference sources should consist of bottles of pressurized air and the type of noble gas for which the equipment is designed.

The conventionally true activity of the gas sources shall be known with an uncertainty better than 10 % ($k = 2$).

6.5.2 Solid sources

Solid radioactive sources appropriate to the equipment concerned may be used to perform other tests. For example, ^{137}Cs shall be used if the instrument is designed to measure photon-emitting noble gas or it has the capability to disable gamma compensation. In order to cover the range of measurements of the equipment a number of sources is likely to be necessary, the activity(ies) of which shall be appropriate for the equipment. The conventionally true surface emission rate of the solid sources shall be known with an uncertainty better than 10 % ($k = 2$). Solid sources should be used concurrently with the gaseous source during type testing as reference sources for later calibrations or tests of the monitor (7.1.2).

6.6 Metrological confirmation system during tests

6.6.1 Uncertainty of measurement

The uncertainty of the test result should be less than one third of the maximum permissible variation for the test being conducted (see Tables 2 and 3).

NOTE Due to the difficulty to obtain gaseous sources with a low uncertainty on the volumetric activity, a factor one half between the uncertainty ($k=2$) of the volumetric activity for the reference source and the permissible error of the equipment is acceptable for tests of air contamination monitors.

6.6.2 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuation of the indication arising from the random nature of radiation alone is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient precision to demonstrate compliance with the specified test.

7 Radiation detection performance tests

These tests are carried out under standard test conditions. If an electronic method of compensation against natural activity is included, tests of the measurement assembly shall be performed with the compensation circuits in operation, after being adjusted according to the manufacturer's specifications.

7.1 Reference response

7.1.1 Requirements

Under standard test conditions, with calibration controls adjusted according to the manufacturer's specifications, the reference response shall be between $\pm 15\%$ of unity.

7.1.2 Test to be carried out

Where solid sources are to be used for routine or functional tests the response of the assembly to such sources relative to the appropriate gaseous sources shall be established during type testing.

7.1.3 Test method with gaseous sources

Dependent on the design of the monitor, either:

- Air or gas labelled with a known volumetric activity shall be circulated through the assembly at a constant flow rate and known pressure for a sufficient time to reach measurement equilibrium and the equilibrium readings shall be noted,

or

- The detector shall be immersed into a large volume of gas of known volumetric activity to be equivalent to the volume in the actual operating position of the detector and the readings shall be noted under equilibrium conditions.

NOTE The user should be aware of the influence of radon and its progeny.

7.1.4 Relative response with solid sources

The appropriate solid source shall be located at the defined position relative to the detector, where the gaseous source test condition is unchanged but the gaseous source is absent. The relative response to the solid source shall be established at equilibrium. For subsequent routine or functional tests the solid source shall be located at the defined position relative to the detector and the appropriate factor shall be applied for the relative response to gaseous sources as established in the type test.

7.1.5 Test with an electronic signal generator

In order to avoid the use of several sources for the routine or functional tests the measuring assembly alone may be tested by injection of an appropriate electronic signal at the detector input.

7.2 Linearity

7.2.1 Test source

The test shall be carried out with the noble gas of concern or with a set of solid sources of the identical radionuclide and geometric characteristics.

The standard of preparation of the test sources used in the required tests shall be such that the uncertainty in the conventionally true activity of each source in absolute terms (ϵ_{sa}) is better than 10 % ($k=2$) and the uncertainty in the conventionally true activity between sources of the same test set (ϵ_{sr}) is better than 5 % ($k=2$). The test sources shall be traceable to recognized standards laboratories.

7.2.2 Requirements

Under standard test conditions the maximum value of the relative intrinsic error shall be less than ± 10 % for the whole effective range of measurement. The uncertainty of the radioactive source (s) is not included.

Where solid sources are used, v and v_c shall refer to the variation in response of the equipment to calculate the relative error.

7.2.3 Test method

These tests may be performed:

- with radioactive noble gaseous or solid sources or
- with injection of an electronic signal.

The tests should be performed at least at 2,5 times the lowest value of the range of measurement and at three points including approximately 25 %, 50 % and 75 % of the effective range of measurements.

7.3 Response to radioactive gases other than radioactive noble gases

7.3.1 Requirements

The manufacturer shall state the response of the equipment to designated radioactive gases other than the noble gas of concern such as tritium and the three isotopes of Radon. The designated radioactive gases to which this requirement applies shall be the subject of an agreement between the manufacturer and the purchaser.

7.3.2 Test method

The test method is identical with that described in 7.1 using the appropriate radioactive noble gas or gases.

7.4 Response time

7.4.1 Requirements

The manufacturer shall specify the response time of the assembly. The response time includes the renewal time of the air in the detector.

7.4.2 Test method

This test shall be done at the normal flow-rate. The volumetric activity inside the chamber should be at least 10 times the lowest value of the range of measurements. A recorder shall be connected to the assembly to determine the change in indication as a function of time.

The system shall sample continuously air free from noble gases and the background value R_i shall be noted.

A known volumetric activity of noble gas shall be continuously injected into the inlet of the monitor for the time needed to reach equilibrium. The equilibrium value R_f shall be noted.

The response time shall be calculated as the interval of time between the initial moment when the noble gas is injected and the moment at which the reading reaches $0,90 (R_f - R_i) + R$ for the first time.

7.5 Response to ambient gamma radiation

7.5.1 General

The response to ambient gamma radiation and the decision threshold are directly related. The manufacturer and the purchaser shall agree upon and document the values of the parameters that are needed for the particular application of the system.

7.5.2 Requirements

The manufacturer shall state the decision threshold and the maximum value of the reading when the detector, fitted with its ambient gamma radiation compensation devices, is exposed in an orientation specified by the manufacturer to a change in gamma air kerma rate from the reference background air kerma rate to $10 \mu\text{Gy/h}$ from ^{137}Cs . The response to gamma radiation exposure in any orientation and of any gamma radiation energy up to $1,3 \text{ MeV}$ (^{60}Co) shall not exceed twice that value.

7.5.3 Test method

7.5.3.1 Determination of the background indication

The equipment shall be operated under standard test conditions with no radioactive source present and the background indication shall be determined for at least 1 h.

7.5.3.2 Determination of the influence of the radiation source

The ^{137}Cs source shall be positioned relative to the detector so that the source is at least 2 m from the detector and the conventionally true gamma air kerma rate at the detector position, with the detector assembly absent, is equal to $10 \mu\text{Gy/h} \pm 10 \%$. The orientation of the detector in relation to the source shall be as specified by the manufacturer.

The reading shall be recorded when stability is achieved. The decision threshold shall be calculated based on this reading. The decision threshold shall conform to the manufacturer's specification. The maximum reading of the measurement assembly shall not exceed the value specified by the manufacturer.

7.5.3.3 Determination of the effect of orientation

Where a gamma compensation detector is used, the detector shall also be exposed to a number of orientations as agreed upon between the manufacturer and the purchaser. Where the measuring assembly may be programmed with a gamma compensation factor this factor shall not be changed during these tests. The reading of the measurement assembly in each case shall not exceed twice the value specified by the manufacturer.

The test above shall be repeated with the reference source to detector orientation using alternative gamma radiation sources, as agreed upon between the manufacturer and the purchaser. Where the measuring assembly may be programmed with a gamma compensation factor this factor shall not be changed during these tests. The reading of the measurement assembly shall not exceed twice the value specified by the manufacturer.

7.6 Response to neutron radiation

7.6.1 General

Neutron radiation may influence the readings. The manufacturer shall specify the response of the monitor when exposed to neutron radiation.

7.6.1.1 Requirements

If the instrument is intended to be used in the presence of neutron radiation then the response to neutrons shall be stated. A test for neutron response is not mandatory and need only be carried out if this requirement is specified. In any case instruments shall be designed to reduce the influence of neutron radiation.

7.6.1.2 Test method

The method of test shall be subject to agreement between manufacturer and purchaser.

7.7 Overload test

7.7.1 Requirements

Unless otherwise agreed upon between manufacturer and purchaser the equipment shall maintain full-scale indication or an unambiguous indication when exposed to a radiation source of activity twice the activity necessary to give the maximum measurable indication, and perform normally when this overload exposure is removed. An "overload" indication should be provided.

7.7.2 Test method

- a) The detector assembly shall be subjected to a radiation source of appropriate activity to give a reading between 10 and 50 times the lowest value of the range of measurements. This reading shall be documented.
- b) The detector assembly shall then be subjected to a radiation source of activity twice that necessary to produce the maximum measurable indication. The exposure shall be maintained for at least 10 min and it shall be verified that the instrument maintains the maximum reading.
- c) The source of activity in step b) shall then be removed and the detector assembly shall again be exposed under identical conditions to step a). After a period to be agreed upon between manufacturer and purchaser but less than 1 h, the reading shall not differ by more than 10 % from the value documented in step a).

7.8 Statistical fluctuations

7.8.1 Requirements

The coefficient of variation of the indication due to statistical fluctuations shall be less than 15 % for any reading exceeding 10 times the lowest value of the effective range of measurements.

7.8.2 Test method

A solid radioactive source shall be used to give an indication between 10 and 50 times the lowest value of the range of measurements.

At least 20 readings shall be taken at appropriate time intervals. In order to obtain independent values the mean value and the coefficient of variation of all the readings taken shall be calculated. The coefficient of variation shall be within the limits required.

7.9 Zero stability

7.9.1 Stability of zero indication with time

7.9.1.1 Requirements

The indication of any instrument with a zero setting switch that has been set to zero after the instrument has been in operation for 30 min under standard test conditions shall not differ from zero by more than the following amount on any range during the next 4 h:

- a) for instruments with an analogue display: not more than 2 % of maximum scale angular deflection;
- b) for instruments with a digital display: not more than 2 % of the maximum of the first order of magnitude of the effective range of measurements (Table 2).

7.9.1.2 Test method

The instrument shall be turned on and left on for a period of 30 min. If a set-zero control is available to the operator, this shall then be adjusted to bring the indication to a point stated by the manufacturer. For some instruments with a non-linear scale, such a control is used to bring the indication to some reference point rather than to zero. If this is the case, the control shall be set to bring the indication to the appropriate reference point.

The instrument shall be left in this condition and the reading noted every 30 min for an additional 4 h.

For instruments where background radiation gives a significant indication on the most sensitive range an equivalent electrical test should be carried out. For this electrical test the detector may be rendered inoperative provided this is done in a manner that other characteristics of the system such as drift are not changed.

7.9.2 Stability of zero indication with variation of temperature

7.9.2.1 Requirements

Those with and those without externally accessible zero-setting controls are the two types of instruments considered.

For instruments without a zero-set control the variation of the zero indication with temperature of the instrument shall not differ from zero by more than the following values.

Over the rated temperature ranges from +5 °C to +40 °C, or from –10 °C to +40 °C not more than ± 2 % or ± 5 %, respectively, of the maximum scale angular deflection for instruments with an analogue display, or, for a digital display, a variation of not more than 1 or 2 units respectively, in the least significant digit.

For instruments provided with a separate zero-set control the variation of the zero indications shall not differ from zero by more than the following amounts. Over the rated temperature ranges from +5 °C to +40 °C, or from –10 °C to +40 °C, not more than ± 10 % or ± 20 %, respectively, of the scale maximum angular deflection for instruments with an analogue display, or, for a digital display, an indication of not more than 3 or 5, respectively, in the least significant digit.

In addition, the range of adjustment of any zero-set control provided shall be sufficient to enable the indication to be set to zero throughout the temperature range.

7.9.2.2 Test method

The instrument shall be turned on to the lowest range. The instrument shall then be placed in an environmental chamber at a temperature of (20 ± 2) °C. The instrument shall be left in this

condition for 30 min or until equilibrium is reached. If a zero-set control is available to the operator, this shall then be adjusted to bring the indication to a point stated by the manufacturer. For instruments with a non-linear scale such a control is used to bring the indication to some reference point other than to zero. In this case the control shall be set to bring the indication to the appropriate reference point.

The temperature shall be varied up to the extreme value. The temperature change rates should not exceed $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$ and the humidity level should be kept low to avoid condensation.

The temperature shall be maintained at each of its extreme values for at least 4 h and the indication of the instrument measured during the last 30 min of this period.

For instruments that give a significant indication to background radiation on the lowest range an equivalent electrical test should be performed. For this electrical test the detector may be disabled provided this is done to maintain the stability of the instrument.

7.10 Reproducibility of the response

7.10.1 Requirements

After the assembly has been in operation for 30 min the response to a given radioactive source shall not vary by more than 10 % over the following 100 h.

7.10.2 Test method

A radioactive source shall be used to give an indication between 10 to 20 times the lowest value of the range of measurements.

At least 20 readings shall be taken after 30 min. Then additional readings shall be taken after 10 h and 100 h with no adjustment made to the assembly and no change of conditions. The means of the readings taken at each time shall be within the limits indicated.

Readings shall be corrected for radioactive decay of the source if necessary.

8 Electrical, electronic and mechanical tests

8.1 Alarm trip range

8.1.1 Requirement

This requirement excludes the detector. The range of alarm settings shall conform to the requirements of 5.6.

8.1.2 Test method

This test shall be performed on each adjustable alarm. Using an appropriate electronic signal generator as specified by the manufacturer the range of response of the equipment over which the alarm trip operates shall be determined.

For alarms intended to operate on increasing signals the alarm shall be adjusted to its lowest setting and the input signal slowly increased until the alarm is actuated. The indication of the equipment shall be noted. The alarm shall then be re-adjusted to its highest setting and the input signal slowly increased until the alarm operates again.

The indications of the equipment shall be noted at 50 times the lowest value of the range of measurements.

For alarms intended to operate on decreasing signals, operate as above from the highest setting to the lowest setting and slowly decrease the level of input signal.

8.2 Alarm trip stability

This test is performed using an appropriate electronic signal.

8.2.1 Requirements

These requirements exclude the detector.

The operating point of any alarm circuit shall not deviate outside the range of 95 % X to 105 % X , where X is the nominal alarm set level in the period of 100 h of operation.

8.2.2 Test method

For any alarm circuit whose nominal trip setting has been determined as X :

- when a condition equivalent to 95 % X is applied to the assembly electronically no trip shall occur within 100 h;
- when a condition equivalent to 105 % X is applied to the assembly after 1 h and 100 h of operation the alarm shall operate within 1 min.

8.3 Equipment fault alarm system

The detector fault alarm system shall be tested in accordance with 8.1. Other tests of fault alarms for appropriate equipment malfunctions shall be carried out by agreement between manufacturer and purchaser.

8.3.1 Loss of detector signal

8.3.1.1 Requirement

The system shall indicate a fault when there is no signal from the detector.

8.3.1.2 Test method

The system shall be operating normally at the beginning of this test. The signal cable from the detector should be disconnected from the detector or some other method may be used to interrupt the signal. The system should indicate this fault condition. The system should indicate normal operation after the condition causing the fault is corrected.

8.3.2 Failure of the electronic system

8.3.2.1 Requirement

The detection system shall indicate a fault when the electronic system fails because of faulty connecting cable or failure of any electronic component in the electrical or electronic circuit.

8.3.2.2 Test method

Remove the detector from the electronic circuit and connect a signal generator suitable for simulating the output from the detector. Observe the response of the electronics to the simulated signal and replace or repair the electronics if the expected response is not provided.

8.3.3 Loss of the sampling circuit

8.3.3.1 Requirement

The system shall indicate a fault when the indication of the sampling flow rate goes below an acceptable level.

8.3.3.2 Test method

The system shall be operating normally at the beginning of the test. The air sampling flow rate shall be decreased to a level below the preset air sampling flow rate alarm. A fault alarm should be signaled.

8.4 Warm-up time – Detection and measurement assembly

8.4.1 Requirements

When exposed to a radioactive source the assembly shall give an indication that does not differ by more than $\pm 10\%$ from the value obtained under standard conditions (see table 3) 30 min after being switched on.

8.4.2 Test method

Prior to this test the equipment shall be disconnected from the power supply for at least 1 h.

A radioactive source shall be used to give approximately 10 to 50 times the lowest value of the range of measurements. The detection and control assemblies shall be turned on.

The values of response to activity shall be noted every 5 min during the first hour. Ten hours after warm up sufficient readings shall be taken and the mean value shall be used as the "final value" of indication.

A graph of radioactivity indication versus time shall be developed correcting for decay in activity as necessary.

The difference between the "final value" and the value from the graph for 30 min shall be within the limits specified.

8.5 Power supply variations

8.5.1 Requirements

The assemblies shall be capable of operating from the mains with a supply voltage tolerance of $+10\%$ and -12% and supply frequencies of 47 Hz to 51 Hz (57 Hz to 61 Hz in countries where the nominal frequency is 60 Hz) without the indication varying by more than 10% from the indication under standard test conditions.

8.5.2 Test method

A radioactive source shall be used to give a reading within 10 to 50 times the lowest value of the measuring range. With the supply voltage and frequency at their nominal values, the mean of a sufficient number of readings shall be taken in accordance with 7.8.2.

- For alternating or direct current:

The mean of two additional sets of consecutive readings shall be taken with the supply at the nominal frequency for alternating current at a voltage 10% above the nominal value, and the mean of sufficient consecutive readings shall then be taken at a voltage 12% below the nominal value.

These two mean values shall not differ from that obtained with the nominal supply voltage by more than $\pm 10\%$.

- For alternating current

The mean of sufficient consecutive readings shall be taken with a nominal supply voltage and a frequency of 47 Hz, 57 Hz in countries where the normal frequency is 60 Hz, and the mean of sufficient consecutive readings shall be taken with a nominal supply voltage and a frequency of 51 Hz, 61 Hz in countries where the normal frequency is 60 Hz.

These two mean values shall not differ from that obtained with a nominal frequency by more than $\pm 10\%$.

8.6 Battery test

8.6.1 General

The capacity of the battery directly influences the operational time of monitors. A battery with decreasing voltage during a measuring period may influence the quality of the measurement. Therefore a test of the capacity of the battery is necessary for a satisfactory functioning of the monitors and/or sampling units.

8.6.2 Requirements

The capacity of the battery shall be such that, after 16 h of intermittent use (periods of maximum use of 4 h, separated by intervals of at least 1 h) or 8 h of continuous use, the indication of the assembly shall not differ from the initial indication by more than 10 %.

When power is supplied by secondary batteries their capacity shall be such that, after 8 h of continuous use, the indication of the assembly does not differ by more than 10 % from the initial value.

8.6.2.1 Test methods for the primary battery

The monitor shall be exposed to an appropriate radioactive source to give an indication of approximately two-thirds of full-scale deflection on the least sensitive range scale. The initial response shall be noted. The monitor shall be used continuously for 8 h. The actual response shall be compared with the response at the beginning of the tests. The difference in response shall be less than 10 % of the initial value.

8.6.2.2 Test methods for secondary battery

The charging unit shall be turned off and the same test procedure performed as described in 8.6.2.1. The difference in response shall also be less than 10 % of the initial value.

8.7 Power supply transient effects

8.7.1 Requirements

The monitor shall meet the requirements of the IEC 61000-4-4, severity level 3 (electrical fast transient/burst), and IEC 61000-4-11 (withstand half period interruptions in its power supply).

With no radioactive source present the variation from the background indication shall not exceed three times the lowest value of the range of measurements.

With the source present the response shall not vary by more than 10 % of the mean response and no alarm shall be actuated during the transient.

8.7.2 Test method

Two different tests shall be necessary, one without the source, and one with a source giving a response within the lowest value of the range of measurements. With the source present the mean response shall be at least 20 % of any alarm set value.

Sufficient readings shall be made in order to minimize statistical uncertainties. One set of readings shall be performed without any power transients, one with fast transients (test method according to IEC 61000-4-4), and one with short interruptions (test method according to IEC 61000-4-11, frequency of the interruptions: 10 Hz).

9 Air circuit performances test

9.1 General

These tests shall be applied to all monitors where the response is dependent upon a known flow-rate through sampling and detection assemblies.

Where the equipment is insensitive to flow-rate, but requires a sampling flow-rate in order to function, a simple test of the flow-rate circuit and any flow-rate alarms shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

When the equipment is sensitive to flow-rate, and the flow-rate varies in conjunction with the effluent flow-rate, appropriate tests shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

The requirements of these tests are summarized in table 4.

9.2 Susceptibility to gaseous retention

9.2.1 Requirements

Noble gas with volumetric activity greater than 1 000 times the decision threshold should be introduced into the monitor. The test for gaseous retention shall indicate less than 1 % of the maximum resulting reading after clean air is introduced into the monitor.

In testing instruments designed to be in operation during and after an accident, the applied concentration of activity shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser. After cleaning with air the acceptable gaseous retention shall be ≤ 1 %. Multiple flushes with clean air may be necessary.

9.2.2 Test method

Noble gas with a volumetric activity approximately 1 000 times the decision threshold should be introduced for at least 10 times the response time of the equipment for the noble gas which the equipment is designed to measure.

For assemblies not having a trapping system, the gas system shall be made into a closed loop and sufficient noble gas shall be introduced into this system so that the volumetric activity will equal 1 000 times the decision threshold. This closed loop system shall be operated for 10 min.

It shall be verified that the indication of the measurement assembly stays at the maximum value for at least 10 times the response time of the equipment.

Fresh air shall then be circulated at ambient temperature and pressure with the air circuit open at the nominal flow-rate, for a time long enough to reach an indicated equilibrium value.

This value shall be less than 1 % of the maximum indicated value during the test with the appropriate noble gas.

9.3 Accuracy of the volume and flow rate measurement

The accuracy of the measured values of noble gas in air concentrations is directly related to the accuracy of the measured values of flow rate or volume for those sampling volumes that concentrate the gas into the collection chamber or volume.

9.3.1 Requirement

The manufacturer shall specify the accuracy of the volume and flow rate measurement of the air containing noble gas and the volume and flow rate measurement of the counting gas (for proportional counters). The measurements shall not deviate by more ± 10 % of the true sampled volume.

9.3.2 Test method

This test shall be done with filtered, dust-free air. For this test a volume and flow-rate measuring device calibrated under the measuring conditions and having an uncertainty better than 2 %, shall be incorporated in the air circuit at the inlet of the equipment. The equipment shall be turned on and the flow-rate measured after 30 min of operation. The readings shall agree with the requirement.

9.4 Flow-rate stability

The purpose of this test is to determine the nominal sampling flow-rate and the sampling stability under standard test conditions, with the pressure drop exclusively due to the air circuit and any inlet or sampling filter. This test is not required for monitors whose functions are demonstrably independent of the flow rate, for example, monitors with sampling units having total volume measurements.

9.4.1 Requirements

The manufacturer shall specify the nominal flow-rate for the type of filter that is used. After the normal warm-up time of the sampling assembly (~30 min), the indicated value of the sampling flow-rate shall not vary by more than 10 % for the next 100 h.

9.4.2 Test method

This test shall be done with dust-free air in order to avoid any variation of the pressure drop of the collection device during the test. So a HEPA filter with low-pressure drop shall be put upstream of the air circuit. For this test a flow-meter calibrated under the measuring conditions and having an uncertainty better than 3 % ($k=2$), shall be incorporated in the air circuit at the inlet to the equipment. The equipment shall be switched on and the flow-rate measured after 30 min, 5 h, 20 h and 100 h of operation. The readings shall be in agreement with the requirement.

The flow rate indicated by the monitor for this pressure drop shall not vary by more than ± 10 % from the conventionally true flow rate.

9.5 Effect of filter pressure drop

Only measurements of overall pressure drop and flow-rate shall be considered since the nature of the inlet filter and the degree of blockage may vary from one test to another.

9.5.1 Requirements

The purpose of this test is to determine the increase in pressure drop across the filter causing a 10 % decrease from the nominal air flow-rate under standard test conditions. This test is not

required for monitors with sampling units whose functions are demonstrably independent of the flow rate, for example monitors with sampling units with total volume measurements.

The minimum acceptable pressure drop that can cause a 10 % decrease from the nominal flow-rate shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

9.5.2 Test method

For this test the monitor shall be fitted with a clean inlet filter. A flow meter shall be inserted upstream of the monitor with a variable restrictor such as a valve between the flow meter and the monitor inlet. A calibrated pressure sensor such as a U-tube or differential manometer shall be fitted downstream of the inlet filter, at a point selected by the manufacturer, in order to measure the pressure drop across the monitor due to air flow.

The nominal flow-rate shall be measured at the nominal pressure drop through the filter. Then the variable restrictor shall be adjusted to obtain a mean flow-rate 10 % below the nominal flow-rate under standard test conditions. The conventionally true sampling flow rate shall be measured under standard conditions.

Under these conditions the measured pressure drop that causes a decrease of 10 % of the flow rate shall agree with the requirements.

9.6 Effect of power supply voltage on the flow rate

9.6.1 Requirement for mains supplied equipment

The nominal flow-rate shall not vary by more than 5 % when the power supply voltage varies between +10 % and –12 % of the nominal supply voltage.

9.6.2 Test method

For this test, the sampling and detection assembly is connected to a voltage, which varies in a range defined in table 4.

The measurement of the flow-rate shall be carried out as specified in 9.3.

9.7 Effect of power supply frequency on flow rate

9.7.1 Requirement for mains supplied equipment

The nominal flow-rate shall not vary by more than 10 % when frequency is varied from 47 Hz to 51 Hz, 57 Hz to 61 Hz in countries where the normal frequency is 60 Hz.

9.7.2 Test method

For this test the sampling and detection assembly is connected to a power supply of the rated voltage and a frequency that may be varied between 47 Hz and 51 Hz (alternative values: 57 Hz and 61 Hz).

The flow-rate shall be noted at nominal frequency and at the quoted frequency limits.

10 Environmental performance tests

10.1 Ambient temperature

10.1.1 General

The performance of the detection assemblies may be affected by variations in ambient temperature. The permitted ambient temperature range shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

10.1.2 Requirements

The indication shall remain within the limits specified in Table 3 for the temperature range agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

For this type of equipment the detection and sampling assemblies may have to operate under different environmental conditions from the measuring assembly. Part or all components of the equipment may have to operate under higher temperature conditions than those quoted in Table 3. Where this is the case appropriate tests shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

10.1.3 Test method

The detection assembly shall be exposed to a suitable test source such that the nominal reading under standard test conditions is known.

This test shall be carried out in an environmental chamber. It is generally not necessary to control the humidity level in the environmental chamber unless the equipment is sensitive to variation in humidity.

The temperature shall be maintained at each extreme value of the agreed temperature range for at least 4 h. A reading shall be obtained during the last 30 min of this period that shall be within the appropriate tolerance value.

Additionally a reading shall be obtained at the midpoint of the temperature range stated in Table 3. If the reading from the midpoint temperature is not within $\pm 10\%$ of the reading of the monitor at the reference temperature, the manufacturer shall state the difference at that point.

10.2 Temperature shock for portable and transportable assemblies

10.2.1 General

Temperature shocks may adversely affect the assemblies by condensation of humidity inside the assemblies. Condensation may cause a short circuit in the electrical or electronic components.

10.2.2 Requirement

Portable and transportable assemblies can be adversely affected by temperature shock. Therefore they shall be designed to withstand temperature shock without damage.

10.2.3 Test method

The monitor shall be exposed to a gamma radiation source of sufficient activity to produce an equivalent indication of noble gas activity or concentration that is approximately mid-scale on the range being tested. The equipment shall be placed at a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and allowed to stabilize for a minimum of 40 min. The temperature shall then be increased to 40 °C in less than 5 min. The response shall be noted at 5 minutes and every subsequent 15 min for 2 h. The equipment shall then be allowed to return to $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ for 4 h. The

environment shall than be changed to $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ for exclusive indoor use) in less than 5 min. The response shall be noted at 5 min and then every 15 min for 2 h. For exclusively indoor use the higher temperature need only be $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and the lower be $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

10.3 Relative humidity

10.3.1 General

The detection and control assemblies may be affected by condensation inside the assemblies. The result of condensation can be a short circuit of the electrical or electronic components.

10.3.2 Requirement

Portable and transportable assemblies may be badly affected by humidity shock. Therefore they shall be designed to withstand humidity shock without change in performance. The prescribed variations in temperature and humidity shock are defined in IEC 60068-2-38. The variation of the response due to the effects of relative humidity of up to 90 % at $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ shall be less than 10 %.

10.3.3 Test method

The detection assembly shall be exposed to a suitable test source as described in 6.5.

This test may be performed at a single temperature of $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ and relative humidity of 90 %. The permitted variation of $\pm 10\text{ }%$ in the indication as specified in table 3 is in addition to the permitted variations due to temperature alone.

10.4 Atmospheric pressure

10.4.1 General

The pressure of the ambient atmosphere and/or atmosphere inside the detector system may have an effect on the response of the monitor.

10.4.2 Ambient atmosphere

10.4.2.1 Requirements

The effect of atmospheric pressure on detector assemblies sensitive to varying pressure such as ionization chambers shall be tested. Depending on the operational conditions for the monitors the test conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser.

10.4.2.2 Test methods

The detection assembly shall be exposed to various pressures. The atmospheric pressure at which all tests are carried out shall be stated and the effects of variations in atmospheric pressure shall be indicated.

10.4.3 Atmosphere inside the detector system

10.4.3.1 Requirements

The influence of the atmospheric pressure inside the detector system sensitive to varying pressure shall be tested. Depending on the operational conditions for the monitors the test conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser.

10.4.3.2 Test methods

The response at 3 different pressures shall be determined. The values at which these tests are to be performed shall be agreed between manufacturer and purchaser.

10.5 Sealing

Where the detector assembly is likely to be used in exceptionally damp or dusty conditions such as outdoors, the purchaser shall state the requirements regarding protection against dampness and dust. The assembly shall then satisfy the requirements of the IEC 60068 series, or otherwise be in agreement between the manufacturer and purchaser. For example, the equipment shall be protected against the ingress of particulates whose diameter is greater than 1 mm. It shall also be splash proof so that liquids cannot cause interference with satisfactory operation.

10.6 Mechanical shocks

Portable and transportable assemblies can be affected by mechanical shock.

10.6.1 Requirements

The assemblies shall be designed to withstand mechanical shock without loss in performance. The manufacturer shall specify the performance of the assemblies with mechanical shock.

10.6.2 Test methods

The test methods for the mechanical types of shock are defined in IEC 60068-2-27.

10.7 External electromagnetic immunity and electrostatic discharge

Special precautions shall be taken in the design of the equipment to ensure that external electromagnetic fields and/or electrostatic discharges do not cause the equipment to be unusable or to give incorrect indications. The equipment shall meet the severity level 3 of IEC 61000-4-2 (Electrostatic discharge immunity test), IEC 61000-4-3 (radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test), IEC 61000-4-4 (electrical fast transient/burst immunity test), IEC 61000-4-5 (surge immunity test) and IEC 61000-4-12 (oscillatory waves immunity test).

10.7.1 Requirements

A warning to this effect shall be given by the manufacturer and be stated in the instruction manual if the response of an assembly may be affected by the presence of external electromagnetic fields. The range of frequencies and minimum intensity of electromagnetic fields and the level of electrostatic discharge in which the assembly is influenced shall be stated by the manufacturer along with the resulting variation in response.

The background response and the response to a source shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

10.7.2 Test method

The methods of test shall be based on the IEC 61000 series. Particular care should be taken to detect any change in response at particular frequencies. The test and acceptance criteria shall be specified by the manufacturer and in agreement with the purchaser.

10.8 Electromagnetic emission

10.8.1 Requirements

If the monitor emits electromagnetic radiation it shall be subject to an agreement between manufacturer and purchaser.

The electromagnetic emission shall not exceed the value specified by the manufacturer.

10.8.2 Test method

The method of test shall be based on IEC 61000-4-2.

Particular care must be taken to detect any change in the emission at a particular frequency. The test and acceptance criteria shall be specified by the manufacturer and by agreement with the purchaser.

11 Type test report and certificate

The manufacturer shall present a report on the type tests carried out in accordance with the requirements of this standard to the purchaser.

A certificate shall be provided with each system presenting the following minimal information and the additional information specified in the relevant subsequent parts of the standard:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type and serial number of the monitor and assemblies;
- type of detector (s);
- effective range of measurement;
- background response under standard test conditions;
- limits for each measuring range;
- scale graduation for each range;
- response to specified noble gas test sources;
- response to ambient gamma radiation and external gamma radiation sources;
- maximum allowable cable length between assemblies;
- nominal air flow-rate;
- description of display;
- noble gas (s) which the equipment is designed to measure;
- system response as a function of the volumetric activity per unit volume;
- system response to other radioactive gases such as tritium and radon/thoron;
- type, dimensions and effective area of any aerosol filter or type of water trap;
- response time;
- gaseous retention fraction, and
- a statement of how this equipment performs in compliance with this standard.

12 Operation and maintenance manual

Each assembly shall be supplied with an appropriate instructions manual in accordance with IEC 61187.

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions for normal operation conditions

(Unless otherwise indicated by the manufacturer)

Influence quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Reference radioactive source	Air or gas mixture with the appropriate noble gas	Air or gas mixture with the appropriate noble gas
Warm-up time: (whole equipment)	30 min	≥ 30 min
Ambient temperature	20°C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure ^{a)}	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal supply voltage U_N	$U_N \pm 1 \%$
A/C power supply frequency ^{b)}	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 1 \%$
A/C power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with a total harmonic distortion less than 5 %
Gamma radiation background	Air kerma rate less than 0,20 $\mu\text{Gy/h}$	Kerma rate in air less than 0,25 $\mu\text{Gy/h}$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to the earth's magnetic field
Radio frequency	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Sampling flow-rate	Adjusted to nominal flow-rate (defined by the manufacturer)	Adjusted to nominal flow-rate $\pm 5 \%$
Assembly controls	Set for normal operation	Set for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
Contamination by chemical products	Negligible	Negligible
^{a)} Where the detection technique is particularly sensitive to variation in atmospheric pressure, the conditions shall be limited to $\pm 5 \%$ of the reference pressure. ^{b)} DC power supply may be used and in such case no frequency is specified.		

**Table 2 – Tests performed under standard test conditions
for normal operation conditions**

Characteristics under test	Requirements	Reference (subclause)
Reference response	In accordance with the manufacturer's specifications $\pm 15\%$	7.1
Linearity	Less than $\pm 15\%$ for the whole effective range of measurements	7.2
Response time	In accordance with the manufacturer's specifications	7.4
Overload	To remain at full scale indication when exposed to an activity two times that which would give full scale deflection	7.7
Gaseous retention	Less than 1 % of the maximum resulting reading after exposure to a volumetric activity greater than 1 000 times the decision threshold	9.2
Statistical fluctuations	Coefficient of variation less than 15 %	7.8
Zero stability	For instruments with analogue display: not more than 2 % of the scale maximum For instruments with digital display: not more than 2 % of the maximum of the first order of magnitude of the effective range of measurement	7.9
Stability of indication	Less than 10 % of the full scale angular deflection over a period of 100 h on all ranges or less than 10 % of indication for digital display	7.9 and 7.10
Alarm trip range	Over the entire range of measurements.	8.1
Alarm trip stability	Less than 5 % of set point level over a period of 100 h	8.2
Equipment failure alarms		8.3

Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities for normal operational conditions

Influence quantity	Range of values of influence quantity	Limits of variation of indication	Reference (subclause)
Response to other radioactive gases such as tritium and radon	In accordance with manufacturer's specifications	In agreement between the manufacturer and the purchaser	7.3
External gamma radiation from ¹³⁷ Cs source in defined source/detector geometry	Air kerma rate of 10 µGy/h	In accordance with the manufacturer's specifications	7.5
External gamma radiation from ¹³⁷ Cs source in other geometry	Air kerma rate of 10 µGy/h		7.5
External gamma radiation from other sources in the defined source/ detector geometry	Air kerma rate of 10 µGy/h	Twice the value specified by the manufacturer for ¹³⁷ Cs source	7.5
Warm-up time	30 min	± 10 %	8.4
AC power supply voltage	88 % U_N to 110 % U_N (U_N = nominal supply voltage)	± 10 %	7.3
AC power supply frequency	47 Hz to 51 Hz; 57 Hz to 61 Hz where the normal frequency is 60 Hz	± 10 %	8.5
A/C power supply transient effects		± 10 %	8.7
Ambient temperature	+10 °C to +35 °C (mid point: +22 °C) -10 °C to +40 °C (mid point: +15 °C) -25 °C to +50 °C (mid point: +12 °C)	± 10 % ± 20 % ± 50 %	10.1
Relative humidity	Up to 90 % at 35 °C	± 10 %	10.3
Atmospheric pressure		As specified by the manufacturer	10.4
Sealing	Defined by the manufacturer	Defined by the manufacturer	10.5
Mechanical shock	As defined by the manufacturer	As defined by the manufacturer	10.6
Electromagnetic field of external origin and electrostatic discharge	By agreement between manufacturer and purchaser	By agreement between manufacturer and purchaser	10.7
Electromagnetic emission	By agreement between manufacturer and purchaser	By agreement between manufacturer and purchaser	10.8

Table 4 – Tests of the air circuit

(These tests are applicable only to assemblies whose response is dependent on flow-rate)

Influence quantity	Range of variation	Limits of variation	Reference (subclause)
Time	1 h to 100 h	$\pm 10 \%$	9.4
Filter pressure drop	In accordance with the manufacturer's specifications	+0 % to –10 %	9.5
Power supply voltage	From 88 % U_N to 110 % U_N	$\pm 5 \%$	9.6
A/C power supply frequency	From 47 Hz to 51 Hz From 57 Hz to 61 Hz for countries where 60 Hz is used	$\pm 10 \%$	9.7

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62302:2007

Annex A (informative)

Preparation of radioactive gas reference sources

Numerous techniques are available for the preparation of the gaseous reference sources required for the performance of the tests in this standard.

No technique is applicable unless it complies with the provisions of 7.1.

This annex describes two practical techniques which, if correctly performed, will enable the tests to be carried out.

A.1 Use of pressurized cylinders of noble gas

A.1.1 General

Direct usage may be made of these for the tests described in 7.1.3 where calibrated pressurized cylinders are commercially available.

These cylinders enable a known radioactivity to be injected into the calibration loop to which the equipment under test is connected. The test arrangement is shown in Figure A.1.

A.1.2 Method of operation

- Fill the known volume V between the valves A and B, at a pressure P above atmospheric pressure with standardized noble gas from the cylinder.
- The gas volume V is then injected into the calibration loop of total known volume $V_1 \gg V$ for the equipment under test.
- These operations are repeated until the desired volumetric activity is obtained in the standardization loop under atmospheric pressure.

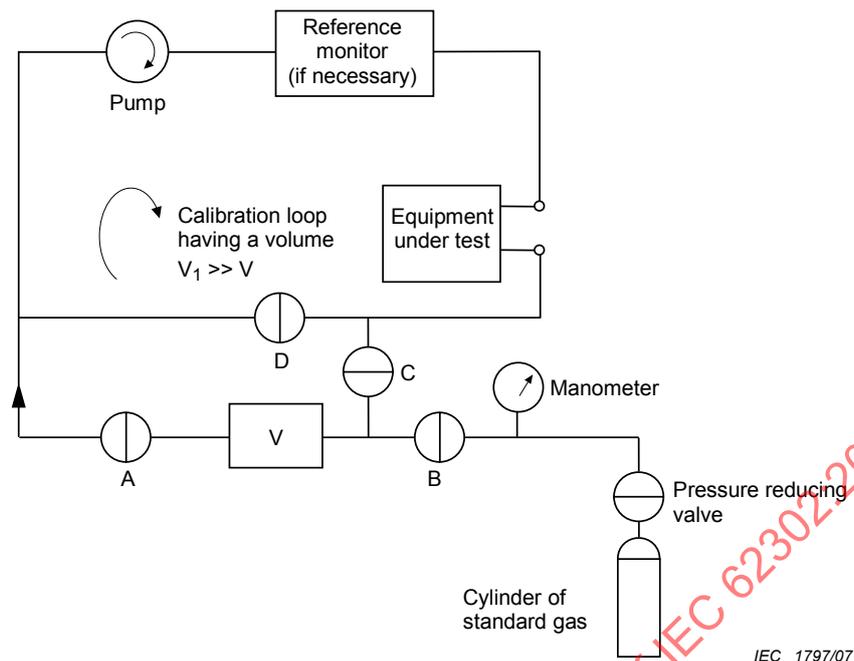


Figure A.1 – Calibration loop

A.2 Use of ampoules containing radioactive noble gas

A.2.1 General

Known volumetric activity of radioactive gas may be obtained by breaking standard ampoules in a known volume of air or gas.

A.2.2 Method of operation

- a) Introduce the ampoule into a suitable cylinder.
- b) Close the cylinder and fill with dry air or gas to the pressure P .
- c) Break the ampoule by rotating or shaking the cylinder.

If the ampoule contains a sufficient gas activity, the method described in Clause A.1 may be applied.

Low-activity ampoules may be used to directly obtain the desired volume activities in different cylinders. Under these conditions, the air or gas in each cylinder, after reduction of the pressure, is injected into the appliance under test at the rated flow-rate.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	48
1 Domaine d'application et objet.....	50
2 Références normatives.....	51
3 Termes et définitions.....	51
4 Classement du matériel de surveillance des gaz rares.....	55
4.1 Considérations générales de conception.....	56
4.1.1 Méthodes de détection.....	56
4.1.2 Facilité de décontamination.....	56
4.1.3 Considérations pour les mélanges explosifs.....	56
4.1.4 Résistance à la corrosion.....	56
4.1.5 Fiabilité.....	56
4.2 Capacités d'essais fonctionnels.....	57
4.3 Equipements de réglage et de maintenance.....	57
4.4 Niveau de bruit acoustique de l'ensemble.....	57
4.5 Interférences électromagnétiques.....	57
4.6 Chocs mécaniques.....	57
4.7 Caractéristiques de mesure.....	58
5 Composants du matériel.....	58
5.1 Généralités.....	58
5.2 Ensemble de prélèvement.....	58
5.2.1 Conduits de prélèvement et d'échappement.....	58
5.2.2 Filtre d'entrée et piège à eau.....	59
5.2.3 Milieu de collecte.....	59
5.2.4 Pompe à air.....	59
5.2.5 Commande et mesure relatives au débit.....	60
5.3 Ensemble de détection.....	60
5.3.1 Détecteur de rayonnement.....	60
5.3.2 Détection de compensation.....	60
5.4 Ensemble de contrôle-commande.....	61
5.5 Ensembles d'indication.....	61
5.6 Ensemble d'alarme.....	61
5.6.1 Alarmes.....	61
5.6.2 Installations d'essai d'alarme.....	62
5.6.3 Caractéristiques de réinitialisation de l'alarme.....	62
5.6.4 Autodiagnostic de l'alarme.....	62
5.6.5 Affichage de l'alarme.....	62
5.7 Sources de contrôle et sources « maintenues actives ».....	62
5.8 Ensembles de blindage contre le rayonnement de l'environnement ou de compensation.....	62
5.9 Batteries.....	62
6 Conditions d'essai.....	63
6.1 Procédures générales d'essai.....	63
6.2 Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai pour des conditions normales de fonctionnement.....	63
6.3 Essais effectués avec des variations de grandeurs d'influence.....	63
6.4 Essais réalisés dans des conditions d'essai pour les conditions d'urgence.....	63

6.5	Types de sources	64
6.5.1	Source de référence	64
6.5.2	Sources solides	64
6.6	Système de confirmation métrologique pendant les essais	64
6.6.1	Incertitude de mesure	64
6.6.2	Fluctuations statistiques	64
7	Essais d'aptitude de détection de rayonnement	64
7.1	Réponse de référence	65
7.1.1	Exigences	65
7.1.2	Essais à effectuer	65
7.1.3	Essais avec des sources gazeuses	65
7.1.4	Réponse relative avec des sources solides	65
7.1.5	Essai avec un générateur électronique de signal	65
7.2	Linéarité	65
7.2.1	Source d'essai	65
7.2.2	Exigences	66
7.2.3	Méthode d'essai	66
7.3	Réponse aux gaz radioactifs autres que les gaz rares radioactifs	66
7.3.1	Exigences	66
7.3.2	Méthode d'essai	66
7.4	Temps de réponse	66
7.4.1	Exigences	66
7.4.2	Méthode d'essai	66
7.5	Réponse au rayonnement gamma ambiant	67
7.5.1	Généralités	67
7.5.2	Exigences	67
7.5.3	Méthode d'essai	67
7.6	Réponse aux rayonnements neutron	67
7.6.1	Généralités	67
7.7	Caractéristiques de surcharge	68
7.7.1	Exigences	68
7.7.2	Méthode d'essai	68
7.8	Fluctuations statistiques	68
7.8.1	Exigences	68
7.8.2	Méthode d'essai	68
7.9	Stabilité du zéro	68
7.9.1	Stabilité de l'indication du zéro dans le temps	68
7.9.2	Stabilité de l'indication du zéro en fonction des variations de température	69
7.10	Reproductibilité de la réponse	70
7.10.1	Exigences	70
7.10.2	Méthode d'essai	70
8	Essais électriques, électroniques et mécaniques	70
8.1	Etendue du déclenchement de l'alarme	70
8.1.1	Exigence	70
8.1.2	Méthode d'essai	70
8.2	Stabilité du déclenchement de l'alarme	71
8.2.1	Exigences	71
8.2.2	Méthode d'essai	71

8.3	Système d'alarme de panne du matériel	71
8.3.1	Perte du signal du détecteur	71
8.3.2	Défaillance du système électronique.....	71
8.3.3	Perte du circuit de prélèvement	72
8.4	Temps de chauffage – Ensemble de détection et de mesure	72
8.4.1	Exigences.....	72
8.4.2	Méthode d'essai	72
8.5	Variation de l'alimentation électrique	72
8.5.1	Exigences.....	72
8.5.2	Méthode d'essai	72
8.6	Essai pour les batteries	73
8.6.1	Généralités.....	73
8.6.2	Exigences.....	73
8.7	Effets des transitoires de la tension d'alimentation	74
8.7.1	Exigences.....	74
8.7.2	Méthode d'essai	74
9	Essais de l'aptitude à la fonction du circuit d'air	74
9.1	Généralités.....	74
9.2	Susceptibilité à la rétention de gaz.....	74
9.2.1	Exigences.....	74
9.2.2	Méthode d'essai	75
9.3	Précision de la mesure du volume et du débit.....	75
9.3.1	Exigence	75
9.3.2	Méthode d'essai	75
9.4	Stabilité du débit	75
9.4.1	Exigences.....	75
9.4.2	Méthode d'essai	75
9.5	Effet de la perte de charge du filtre	76
9.5.1	Exigences.....	76
9.5.2	Méthode d'essai	76
9.6	Effet de la puissance d'alimentation sur le débit	76
9.6.1	Exigences pour l'équipement fournissant l'alimentation du réseau électrique	76
9.6.2	Méthode d'essai	76
9.7	Effet de la fréquence de l'alimentation électrique sur le débit	76
9.7.1	Exigences pour l'équipement fournissant l'alimentation du réseau électrique	76
9.7.2	Méthode d'essai	77
10	Essais d'aptitude environnementale	77
10.1	Température ambiante	77
10.1.1	Généralités.....	77
10.1.2	Exigences.....	77
10.1.3	Méthode d'essai	77
10.2	Choc thermique pour des ensembles portables et transportables	77
10.2.1	Généralités.....	77
10.2.2	Exigence	77
10.2.3	Méthode d'essai	78
10.3	Humidité relative	78
10.3.1	Généralités.....	78

10.3.2	Exigence	78
10.3.3	Méthode d'essai	78
10.4	Pression atmosphérique	78
10.4.1	Généralités.....	78
10.4.2	Atmosphère ambiante.....	78
10.4.3	Atmosphère dans le système de détection.....	79
10.5	Etanchéité.....	79
10.6	Chocs mécaniques	79
10.6.1	Exigences.....	79
10.6.2	Méthode d'essai	79
10.7	Immunité électromagnétique externe et décharge électrostatique.....	79
10.7.1	Exigences.....	79
10.7.2	Méthode d'essai	80
10.8	Emission électromagnétique.....	80
10.8.1	Exigences.....	80
10.8.2	Méthode d'essai	80
11	Rapport d'essais de type et certificat.....	80
12	Manuel d'utilisation et de maintenance	81
Annexe A (informative) Préparation de sources de référence de gaz radioactifs		85
Figure A.1 – Boucle d'étalonnage		86
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normalisées pour les conditions normale d'utilisation		81
Tableau 2 – Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai pour des conditions normales de fonctionnement		82
Tableau 3 – Essais effectués avec variation des grandeurs d'influence pour des conditions normales d'utilisation		83
Tableau 4 – Essais du circuit d'air		84

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
MATÉRIEL POUR LE PRÉLÈVEMENT ET LA SURVEILLANCE
DES GAZ RARES RADIOACTIFS**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62302 a été préparée par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

La présente norme complète la CEI 60761-1 (2002) et la CEI 60761-3 (2002).

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/550/FDIS	45B/556/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62302:2007

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – MATÉRIEL POUR LE PRÉLÈVEMENT ET LA SURVEILLANCE DES GAZ RARES RADIOACTIFS

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale est applicable au matériel utilisé pour les mesures par prélèvement ou en continu des gaz rares radioactifs sur les lieux de travail, dans les effluents gazeux rejetés dans l'environnement et dans l'environnement lui-même. Par définition, surveiller est un processus de mesure permanent et en temps réel. Les procédés de prélèvement ou d'échantillonnage pour des analyses à posteriori en laboratoire sont inclus dans cette norme.

L'objet de la présente norme est d'établir des exigences générales impératives et de présenter des exemples de méthodes acceptables et de matériels de prélèvement et de surveillance des gaz rares radioactifs. La norme actuelle CEI 60761-3 qui est complétée par la présente norme, est applicable aux matériels fixes, portables et transportables pour prélever et surveiller les gaz rares radioactifs, **UNIQUEMENT DANS LES EFFLUENTS GAZEUX**, tandis que la présente norme étend son domaine à la surveillance de tous les emplacements possibles où des gaz rares radioactifs peuvent représenter un risque radiologique. Le matériel est conçu pour fonctionner dans des conditions normales de fonctionnement et dans des conditions d'urgence, pendant l'accident et après l'accident. Selon les conditions et la nature de l'urgence, il peut être nécessaire d'installer un matériel spécifiquement conçu pour des conditions normales de fonctionnement et un autre spécifiquement conçu pour les conditions d'urgence.

La présente norme est applicable aux moniteurs de gaz rares radioactifs, conçus pour remplir les fonctions suivantes:

- La mesure de l'activité volumique des gaz rares radioactifs et sa variation avec le temps sur un lieu de travail, dans des effluents gazeux au point de rejet et dans l'environnement.
- Les mesures doivent être effectuées dans les conditions normales de fonctionnement et dans des conditions de situation d'urgence pendant et après le dégagement accidentel.
- Le déclenchement d'une alarme lorsqu'une activité volumique ou une concentration ou une activité totale rejetée préalablement fixée, est dépassée.
- La détermination de l'activité totale des gaz rejetés sur une durée donnée et/ou la fourniture d'informations sur la composition d'un mélange de différents gaz dans le rejet.
- Le prélèvement et l'analyse à posteriori de l'air ou du gaz contenant des gaz rares.

Le radon, avec les isotopes ^{219}Rn , ^{220}Rn , et ^{222}Rn , est un gaz rare qui est présent naturellement et dont les mesures NE sont PAS considérées dans la présente norme. La présence du radon et de ses descendants peut interférer significativement avec les mesures propres aux gaz rares qui sont l'objet de la présente norme.

La présente norme spécifie les caractéristiques générales, les procédures générales d'essai, les caractéristiques mécaniques, électriques et électroniques, radiologiques, de sécurité et environnementales et les identifications et certifications propres aux matériels. Si ce matériel fait partie d'un système centralisé de surveillance en continu des rayonnements dans un site nucléaire, il peut y avoir des exigences complémentaires appartenant à d'autres normes en relation avec ces systèmes.

2 Références normatives

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

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

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60761-1:2002, *Equipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux – Partie 1: Exigences générales*

CEI 60761-3:2002: *Equipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux – Partie 3: Exigences particulières aux moniteurs de gaz rares radioactifs*

CEI 61000 (toutes les parties): *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

CEI 61187:1993, *Équipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

ISO Guide 98:1995, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*

3 Termes et définitions

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

3.1

essai d'acceptation

essai contractuel destiné à prouver au client que le système est conforme à certaines conditions de sa spécification

3.2

conditions accidentelles

conditions s'écartant du fonctionnement normal, plus graves que l'évènement dont l'éventualité en fonctionnement est prévue, y compris les accidents relevant de la conception et les accidents graves

3.3

ensemble d'alarme

dispositif ou combinaison de dispositifs dont la sortie délivre une alarme sonore ou visuelle quand un seuil d'alarme a été dépassé ou lorsqu'un dysfonctionnement a été détecté

3.4

évènement dont l'éventualité en fonctionnement est prévue

processus fonctionnel s'écartant du fonctionnement normal et dont il est prévu qu'il se produise au moins une fois pendant la durée de l'exploitation fonctionnelle d'une centrale nucléaire, mais qui du fait des dispositions appropriées prises lors de la conception, ne peut pas provoquer de dommages significatifs aux entités importantes pour la sécurité, ni conduire à des conditions accidentelles

3.5

coefficient de variation

le rapport V de l'écart-type s à la moyenne arithmétique \bar{x} d'une série de n mesures x_i , donné par la formule suivante:

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

3.6

efficacité de la collecte

lorsque c'est applicable, l'efficacité de la collecte d'un moniteur est définie par le rapport de l'activité totale disponible pour la mesure dans le milieu de collecte sur l'activité totale dans l'air à l'entrée du circuit d'air du moniteur

3.7

ensemble de contrôle-commande

ensemble utilisé pour traiter la donnée de sortie de l'ensemble de détection et pour fournir des indications et l'alimentation électrique à tout le système

3.8

activité conventionnellement vraie

la meilleure estimation de l'activité d'une source radioactive

NOTE Les activités conventionnellement vraies sont, en général, considérées comme suffisamment proches de la valeur vraie pour que la différence soit négligeable pour une application donnée. Par exemple, une valeur et son incertitude déterminées à partir d'un étalon primaire ou secondaire, ou par un instrument de référence qui a été étalonné par rapport à un étalon primaire ou secondaire, peuvent être prises pour la valeur conventionnellement vraie.

3.9

facteur d'élargissement

facteur numérique (k) utilisé comme multiplicateur de l'incertitude type composée pour obtenir l'incertitude élargie (ISO GUM 1995)

3.10

grandeur de décision

variable aléatoire utilisée pour déterminer si un effet physique à mesurer est présent ou non

3.11

seuil de décision

valeur fixe de la radioactivité qui permet pour chaque mesure de prendre une décision avec une probabilité d'erreur, sur le fait que la mesure enregistrée comporte ou non une contribution de l'effet physique

NOTE L'essai statistique doit être conçu de sorte que la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse est égale à une valeur α déterminée. Pour cette erreur normalisée du premier type, α est égal à 5 %.

3.12

accident relevant de la conception

conditions accidentelles pour lesquelles une centrale nucléaire est conçue conformément à des critères de conception établis, et pour lesquelles les dommages au combustible et le dégagement de matière radioactive sont maintenus dans les limites autorisées

3.13

limite de détection

valeur minimale de la mesure quantifiant un effet physique qui peut être détecté avec une probabilité donnée d'erreur par la méthode de mesure

NOTE La limite de détection est la plus petite valeur vraie de la valeur mesurée qui peut être associée à l'essai statistique et à ses hypothèses: si en réalité la valeur vraie est égale ou supérieure à la limite de détection, la probabilité de ne pas rejeter à tort l'hypothèse (erreur de second type) doit être au plus égale à une valeur donnée β . Pour la présente norme, β est égal à 5 %.

3.14**domaine dynamique**

rapport du signal de l'indication maximale mesurable sur le signal de la valeur minimale détectable pour la grandeur concernée

3.15**domaine de mesure**

domaine de mesure de la grandeur radioactive à mesurer dans lequel l'aptitude à la fonction d'un matériel ou d'un ensemble répond aux exigences de ses spécifications

3.16**erreur sur l'indication**

différence entre la valeur indiquée v d'une activité et la valeur conventionnellement vraie v_c de l'activité étudiée au point de mesure

$$\Delta v = v - v_c$$

où

v est la valeur de l'activité indiquée par le matériel ou l'ensemble en essai;

v_c est la valeur conventionnellement vraie de l'activité.

3.17**matériel installé**

matériel conçu pour être en place pendant plusieurs années. La CEI 60050-393 spécifie la «vie installée» de tels matériels comme étant inférieure à 40 ans.

3.18**essai de maintenance**

essai réalisé périodiquement sur un dispositif ou un matériel pour assurer que son aptitude à la fonction reste dans des limites spécifiées et, si nécessaire effectuer certains réglages

3.19**constructeur et client**

le terme «constructeur» inclut le concepteur et le vendeur du matériel;

le terme «client» inclut l'utilisateur de l'équipement

3.20**matériel de mesure**

cet ensemble est constitué d'unités fonctionnelles conçues pour mesurer des grandeurs en liaison avec les rayonnements ionisants (activité, activité volumique, etc.)

3.21**incertitude de mesure**

paramètre, associé au résultat de mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées à la mesure. Tout résultat de mesure doit être donné accompagné de l'incertitude qui lui est associée, calculée en suivant la méthode recommandée par l'ISO GUM 1995

3.22**efficacité du circuit d'air du moniteur**

l'efficacité du circuit d'air du moniteur décrit les pertes d'activités dans les parois du moniteur entre l'entrée du circuit d'air et le milieu de collecte. Elle est définie par le rapport de l'activité totale disponible dans le prélèvement pour le moniteur, sur l'activité totale dans l'air à l'entrée du circuit d'air du moniteur.

3.23**efficacité du prélèvement du moniteur**

l'efficacité du prélèvement du moniteur est définie par le rapport de l'activité volumique disponible pour la mesure dans le milieu de collecte, sur l'activité volumique dans l'air apporté à l'entrée du moniteur. C'est le produit de l'efficacité de la collecte par l'efficacité du circuit d'air du moniteur.

3.24**gaz rares**

les gaz rares radioactifs en relation avec la présente norme sont ^{41}Ar , ^{85}Kr , ^{133}Xe et ^{135}Xe sur les lieux de travail, dans les effluents gazeux et dans l'environnement. Les isotopes du radon NE sont PAS inclus.

3.25**conditions normales de fonctionnement**

fonctionnement dans les limites et conditions spécifiées

3.26**matériel portable**

matériel conçu pour être porté facilement par une personne sur l'emplacement où une mesure est nécessaire ou souhaitable

3.27**ensemble de détection de rayonnements**

dispositif ou ensemble de dispositifs capable de réaliser des mesures de rayonnement

3.28**réponse de référence**

la réponse de référence R_{ref} est le rapport, dans des conditions d'essai normalisées, entre l'indication de la réponse du moniteur sur l'activité de référence (Tableau 1). Cette réponse est exprimée par la relation:

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

où

v est la valeur de l'activité indiquée par le matériel ou l'ensemble en essai;

v_c est la valeur conventionnellement vraie de l'activité.

3.29**erreur relative intrinsèque**

erreur relative de l'indication (e_i) d'un matériel ou d'un ensemble par rapport à une grandeur quand il est soumis à une grandeur de référence dans des conditions de référence, exprimée comme:

$$e_i = \frac{v - v_c}{v_c}$$

3.30**temps de réponse**

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

NOTE Dans la présente norme, on utilise 90 %.

3.31

capacité de rétention

la quantité maximale d'une substance définie qui peut être retenue à l'équilibre dans le milieu considéré

3.32

essai unitaire

essai auquel est soumis individuellement chaque dispositif pendant ou après sa fabrication pour assurer qu'il est conforme à des critères définis

3.33

ensemble de prélèvement

un ensemble de composants utilisé pour collecter un échantillon représentatif de gaz ou d'air

3.34

accident grave

conditions accidentelles plus graves que les accidents relevant de la conception, impliquant une dégradation significative du coeur

3.35

taux d'émission surfacique d'une source

nombre de particules d'un type donné au dessus d'une certaine énergie qui émergent de la face avant d'une source, par unité de temps

NOTE Ceci s'applique normalement aux sources émettant des alpha et des bêta et non aux sources de photons, caractérisées par l'activité (se référer à 7.2.1).

3.36

matériel transportable

matériel conçu pour être en place pour une durée limitée et pouvant être transporté en un autre emplacement pour des mesures

3.37

essai de type

essai de un ou plusieurs dispositifs effectué pour une conception donnée afin de montrer que cette conception est conforme à une spécification donnée

3.38

sensibilité

pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, rapport de la variation de la variable observée sur la variation correspondante de la grandeur mesurée

3.39

activité volumique

radioactivité par unité de volume d'air ou de gaz mesuré.

4 Classement du matériel de surveillance des gaz rares

Il existe plusieurs conceptions possibles pour les moniteurs de gaz rares et certaines sont spécifiques à des besoins spécifiques à l'utilisateur. La présente norme classe les moniteurs de gaz rares à partir des exigences radiologiques suivantes:

- Détection gamma (le plus adapté à la surveillance de ^{41}Ar)
- Détection bêta
- Combinaison des détections bêta/gamma
- Spécifique à des radionucléides (là encore pour la surveillance de ^{41}Ar)

- Gamme de mesures
 - Les moniteurs de domaines bas incluent ceux qui ont pour domaine (R) $0 < R < 10 \text{ MBq/m}^3$.
 - Les moniteurs de domaines hauts qui ont un domaine $X < R < Y$ où « X » et « Y » sont respectivement les réponses minimale et maximale du moniteur établies par le constructeur.
- Conditions de travail
 - Conditions normales de fonctionnement
 - Situation d'urgence
- Interface système
 - Lecture locale et alarme uniquement.
- Type d'installation et/ou source d'alimentation
 - Les moniteurs de gaz rare installés ou transportables fonctionnent le plus souvent en utilisant une alimentation du réseau électrique et peuvent aussi posséder une batterie de secours. Les moniteurs installés possèdent généralement des sorties qui interfacent le moniteur avec un système centralisé de surveillance des rayonnements.
 - Les moniteurs portables utilisent des batteries et sont généralement portés pour être utilisés de place en place. Ils peuvent aussi utiliser l'alimentation du réseau électrique par l'intermédiaire d'un transformateur interne ou externe et ils peuvent aussi être interfacés avec un système centralisé.

4.1 Considérations générales de conception

4.1.1 Méthodes de détection

La présente norme NE spécifie PAS quel(s) type(s) de détecteurs de rayonnement peuvent être utilisé(s) pour atteindre le but requis. La gamme entière des détecteurs de rayonnement peut être et est utilisée pour mesurer les gaz rares, y compris les chambres à ionisation, les compteurs proportionnels, les détecteurs GM, les détecteurs semi-conducteurs, les scintillateurs inorganiques et organiques et leurs combinaisons.

4.1.2 Facilité de décontamination

Les surfaces qui sont conçues pour être en contact avec la radioactivité, telles que les ensembles de prélèvement et de détection, doivent être conçues et construites de telle sorte que l'accumulation de contaminations est réduite et elles doivent être conçues pour faciliter la décontamination quand celle-ci est nécessaire.

4.1.3 Considérations pour les mélanges explosifs

Dans certaines circonstances, l'échantillon de gaz mesuré peut contenir un mélange de gaz explosif. Quand un mélange explosif peut exister, l'ensemble doit être conçu pour empêcher l'inflammation de l'échantillon.

4.1.4 Résistance à la corrosion

Si des échantillons de gaz peuvent contenir des substances nocives et/ou corrosives, des conceptions spécifiques du système sont requises pour protéger les ensembles de prélèvement et de mesure.

4.1.5 Fiabilité

Tout matériel doit être conçu pour fournir une aptitude à la fonction fiable en maintenant les défaillances non révélées à un niveau aussi faible que possible.

Le constructeur doit fournir une documentation sur la durée de vie opérationnelle prévue pour les composants critiques et remplaçables, tels que les pompes à air, les détecteurs, les débitmètres, les batteries, etc.

Le constructeur doit spécifier la fréquence de la maintenance courante et décrire complètement chaque procédure de maintenance. Il convient que les exigences de maintenance soient maintenues à un niveau aussi faible que possible.

4.2 Capacités d'essais fonctionnels

Il convient que des capacités soient mises à disposition du client pour effectuer des contrôles périodiques du fonctionnement correct de l'ensemble, y compris l'étalonnage et la vérification de la linéarité de la réponse. Il convient que ces équipements soient normalement installés de telle sorte qu'ils permettent les contrôles des ensembles de commande et de mesure.

Il doit être possible de contrôler l'étalonnage de l'ensemble au minimum en deux points représentatifs du domaine de mesure.

Ce contrôle doit être effectué en utilisant une ou plusieurs sources radioactives appropriées, si nécessaire. La linéarité de la réponse du système peut être contrôlée électroniquement.

4.3 Equipements de réglage et de maintenance

Tout matériel électronique doit être fourni avec un nombre suffisant de points de test identifiés et aisément accessibles pour faciliter le réglage et la localisation des pannes. Tous les outils de maintenance spéciaux et un manuel de maintenance doivent être fournis.

La conception de tout matériel doit être telle qu'elle facilite la réparation et la maintenance.

Il convient que des fonctions d'autodiagnostic soient disponibles sur un écran.

4.4 Niveau de bruit acoustique de l'ensemble

Le niveau de bruit acoustique de l'ensemble provient principalement de l'ensemble de prélèvement et plus particulièrement du fonctionnement du système de tuyauterie des fluides et de ses vibrations.

Le constructeur doit sélectionner les composants et concevoir l'ensemble de telle sorte que le niveau de bruit soit réduit et adapté au type d'environnement auquel l'ensemble est destiné.

4.5 Interférences électromagnétiques

Toutes les précautions nécessaires doivent être prises contre les effets des interférences électromagnétiques reçues ou émises par le matériel.

Le niveau 3 de sévérité pour l'immunité doit être appliqué (CEI 61000).

Le constructeur doit spécifier l'émission électromagnétique du matériel. Les limites d'émission pour les matériels couverts par la présente norme sont données au Tableau 1 de la CEI 61000-6-4.

De plus, le constructeur doit établir l'influence des téléphones cellulaires et des « talkie-walkies » sur l'ensemble de mesure à une distance donnée et définir les précautions à prendre.

4.6 Chocs mécaniques

Le moniteur doit être conçu de sorte que les effets des chocs mécaniques soient minimisés.

4.7 Caractéristiques de mesure

Il convient que le matériel électronique indique l'activité mesurée en Bq/m³. Aux Etats Unis d'Amérique, d'autres unités peuvent être utilisées. Le constructeur et le client doivent être d'accord sur l'expression de la mesure, par exemple Bq/m³, dans les conditions de température et de pression à l'emplacement de prélèvement. Ils doivent aussi être d'accord sur la façon de corriger l'expression de la mesure si les conditions dans l'ensemble de mesure sont différentes des conditions d'étalonnage.

Le constructeur doit indiquer le seuil de décision et le domaine effectif de mesure du matériel. Ces caractéristiques doivent être données en tenant compte du niveau de référence de l'environnement (0,2 µGy/h) et de l'activité volumique de référence du radon.

Le domaine effectif de mesure doit être approprié à l'application particulière.

5 Composants du matériel

5.1 Généralités

Le matériel comprend plusieurs composants. Les principaux composants et leurs fonctions sont listés et décrits dans les paragraphes suivants:

5.2 Ensemble de prélèvement

L'ensemble de prélèvement inclut essentiellement un ou plusieurs des ensembles et unités fonctionnelles suivants:

- conduits de prélèvement et d'échappement,
- ensemble mélangeant le gaz étudié et l'air (pour les compteurs proportionnels),
- ensemble mélangeant le liquide étudié et l'air (pour les compteurs à scintillation liquide),
- la chambre de mesure et/ou la cellule de prélèvement,
- l'ensemble de protection contre le rayonnement gamma ambiant, l'ensemble de compensation ou le blindage adéquat,
- filtre de particules volantes, si approprié,
- pompe à air individuelle ou système de pompage centralisé,
- ensemble de commande et/ou de surveillance du débit d'air, si approprié,
- ensemble de commande et/ou de surveillance de la pression, si approprié,
- ensemble de commande et/ou de surveillance de l'humidité, si approprié,
- dispositif de mesure de la température, si approprié, et
- batteries, si approprié.

5.2.1 Conduits de prélèvement et d'échappement,

Les caractéristiques suivantes doivent être considérées et agréées entre le constructeur et le client:

- la nature des matériaux de construction, en portant l'attention sur la corrosion chimique, l'adsorption de surface, les effets de mémoire, etc.,
- la distance minimale entre l'entrée et la sortie pour éviter les recirculations,
- la prévention de la condensation dans le conduit de prélèvement par le contrôle de la température et/ou de la pression,
- l'impact du débit ou de la perte de charge sur la mesure,
- le temps de retard entre l'entrée et le détecteur, basé sur le débit, le diamètre du conduit, la longueur des conduits de prélèvement, etc., et

- la facilité de décontamination.

5.2.2 Filtre d'entrée et piège à eau

Un filtre doit être placé dans le porte-filtre à l'entrée du circuit de prélèvement pour retirer toutes les poussières et aérosol de l'air. Afin de préserver les fonctions spécifiées pour le matériel, ce filtre ne doit ni piéger ni retenir même provisoirement, les gaz rares. Pour assurer que l'entrée du filtre ne retient pas de gaz rares ou pour observer la rétention de gaz rares par le calcul de l'activité des gaz rares, le support de filtre doit être amovible sans qu'il puisse y avoir perte de la radioactivité adhérant au filtre.

Tous les ensembles nécessaires doivent être tels que la perte de charge dans le filtre reste sous contrôle. Il convient que le système soit conçu pour permettre le changement du filtre sous une perte de charge donnée afin d'assurer qu'un filtre intact est en place.

Le prélèvement de gaz peut aussi traverser un piège à eau afin d'éliminer les particules de matériaux.

5.2.3 Milieu de collecte

Si l'ensemble de détection comporte un milieu de collecte destiné à collecter un radionucléide de gaz rare spécifique ou à concentrer la radioactivité, ses caractéristiques - efficacité, capacité de rétention et constante de temps de retard – doivent être connues pour le gaz rare en question.

Le constructeur doit établir l'influence de la nature du gaz rare, des conditions atmosphériques et la présence de produits chimiques et d'autres gaz dans l'air prélevé, sur l'efficacité de collecte et la capacité de collecte. Le constructeur doit spécifier les conditions de stockage du milieu de collecte.

5.2.4 Pompe à air

Quand une pompe fait partie intégrante d'un ensemble quel qu'il soit, les exigences suivantes doivent être respectées:

- Il convient que la pompe soit placée en aval de l'ensemble de détection, sauf si la mesure est faite par collecte du gaz rare dans une chambre sous pression.
- La conception doit rendre aisé l'accès à la pompe et aux pièces remplaçables.
- L'étendue des débits acceptables doit être établie par le constructeur.
- Le modèle de pompe et ses pièces de rechange doivent être spécifiés.
- La pompe doit permettre un débit total d'air adapté à la méthode de mesure.
- Quand la technique de mesure de l'activité volumique est sensible à la pression, des précautions doivent être prises pour assurer que la pression dans le volume mesuré est affectée le moins possible par la variation de la perte de charge dans le filtre d'entrée.
- Les pompes d'un système de surveillance et les unités de prélèvement conçues pour fonctionner pendant et après un accident doivent être particulièrement étanches. Le taux de fuite acceptable dépend des conditions accidentelles. Le taux de fuite d'une pompe d'un dispositif de mesure conçu pour fonctionner pendant et à la suite d'un accident relevant de la conception ou un accident grave doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client. Il convient d'utiliser un détecteur de fuite à l'hélium ou à l'hexafluorure de soufre pour la détection de fuites.
- La pompe doit être capable de fonctionner en continu entre les opérations de maintenance programmées. La fréquence des opérations de maintenance doit être agréée par le constructeur et le client, mais elle ne doit pas être inférieure à six mois. La conception doit rendre aisé l'accès à la pompe et à ses pièces remplaçables.

5.2.5 Commande et mesure relatives au débit

5.2.5.1 Commande de débit

Si la technique de mesure est influencée par le débit, un ensemble de commande de débit doit être fourni pour permettre une étendue de réglage de débit suffisante pour s'accommoder des variations des caractéristiques intrinsèques de la pompe à air et de tout filtre utilisé.

5.2.5.2 Mesure de débit

Le débit du prélèvement doit être exprimé en unités SI. La pression et la température auxquelles le débitmètre est étalonné et pour lesquelles le débit est exprimé doivent être données. Les corrections appropriées doivent être faites pour les conditions réelles de l'air ambiant.

5.2.5.3 Commande de pression

Si la technique de mesure est sensible à la pression, comme avec une chambre à ionisation, un ensemble de commande de pression avec alarmes doit être fourni pour avertir de toute variation excessive de pression.

5.2.5.4 Mesure de pression

Si la technique de mesure est sensible à la pression, un ensemble de mesure de pression avec alarmes doit être fourni pour avertir de toute variation excessive de pression. La pression doit être exprimée en unités SI. L'ensemble de mesure de pression doit être étalonné dans des conditions normalisées. Les corrections appropriées doivent être faites pour les conditions réelles de l'air ambiant.

5.2.5.5 Mesure volumétrique

Les unités de prélèvement doivent être équipées de dispositifs de mesure du volume total. La mesure de volume doit être exprimée en unités SI.

5.3 Ensemble de détection

Les détecteurs influencés par l'humidité, tels que les chambres à ionisation doivent être protégés contre la condensation. Cette protection peut être apportée par:

- chauffage du flux gazeux et du détecteur lui-même, ou
- refroidissement du flux gazeux suivi de son réchauffage pour réduire l'humidité relative. Le condensat dans le refroidisseur doit être collecté dans un réservoir local. Ceci n'exigera pas de décharge plus fréquente qu'une fois par semaine. Un indicateur de niveau de liquide doit être fourni et être équipé d'une alarme pour le niveau maximum du réservoir.

L'influence du chauffage ou du refroidissement du flux gazeux sur la mesure volumétrique doit être strictement observée. Les effets du passage du gaz dans un piège à eau doivent être pris en compte.

5.3.1 Détecteur de rayonnement

Le constructeur doit spécifier les caractéristiques du détecteur, y compris le type de détecteurs, les dimensions du détecteur et les volumes de la chambre de prélèvement et des lignes de prélèvement.

5.3.2 Détection de compensation

Un ou plusieurs détecteurs supplémentaires peuvent être utilisés par le constructeur pour compenser le rayonnement gamma de l'environnement et/ou l'activité du radon ou de ses

descendants dans l'échantillon de gaz. Le constructeur peut aussi fournir un système de détection dans lequel la radioactivité des descendants du radon est éliminée.

5.4 Ensemble de contrôle-commande

Les ensembles de contrôle-commande et de mesure comportent essentiellement les parties suivantes:

- Commande électrique et alimentation.
- Ensembles électroniques de mesure.
- Unité d'affichage des mesures.
- Le(s) détecteur(s) de rayonnement (voir 5.2.1 ci-dessus).

L'ensemble peut être associé à un panneau d'affichage d'un système centralisé de surveillance de rayonnement. Il doit alors être possible de l'installer dans des armoires électroniques de dimensions normalisées.

5.5 Ensembles d'indication

En plus de l'affichage visuel de la valeur mesurée, des indications fonctionnelles peuvent être fournies comme ci-dessous:

- Système en position « marche ».
- Pompe à air en marche, si approprié.
- Alimentation haute tension du détecteur en position « marche ».
- Unité de chauffage du détecteur en position « marche », si approprié, et
- Ensemble de refroidissement en position « marche ».

Les unités de commande de pression, de mesure de pression, de commande de débit, de mesure de débit et/ou de mesure de volume doivent exprimer les indications dans des unités adaptées aux paramètres mesurés.

Une sortie peut être disponible pour permettre l'indication des mesures et des alarmes à distance selon accord entre le constructeur et le client.

5.6 Ensemble d'alarme

Les installations d'alarme et d'indication doivent être adaptées à l'objet du matériel et doivent être agréées entre le constructeur et le client.

5.6.1 Alarmes

5.6.1.1 Alarme de haut niveau

Une alarme de haut niveau réglable couvrant la totalité du domaine de mesures doit être fournie.

5.6.1.2 Système d'alarme de panne

Une alarme de panne doit être fournie. Elle doit inclure:

- une alarme indiquant la perte du signal de détection,
- une alarme indiquant la perte du circuit de prélèvement,
- une alarme indiquant la défaillance du système électronique,
- chaque fois que c'est possible, il convient que les alarmes indiquent la source d'autant d'autres pannes ayant un système d'autodiagnostic sont possibles.

Il convient qu'une indication séparée de chaque panne soit affichée.

D'autres alarmes doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

5.6.2 Installations d'essai d'alarme

Toutes les fonctions d'alarmes doivent être fournies avec des moyens d'essai qui permettent le contrôle du fonctionnement de l'alarme. Pour les alarmes réglables, le contrôle doit être possible sur la totalité du domaine de réglage avec indication du point d'assignation réel de l'alarme.

5.6.3 Caractéristiques de réinitialisation de l'alarme

Les circuits d'alarme doivent fonctionner soit pour maintenir une condition d'alarme jusqu'à une réinitialisation spécifique par la commande de réinitialisation, soit par une auto-réinitialisation tant que la condition d'alarme persiste.

5.6.4 Autodiagnostic de l'alarme

Il convient qu'un système d'autodiagnostic soit fourni.

5.6.5 Affichage de l'alarme

Il convient qu'une indication séparée de chaque panne soit affichée.

5.7 Sources de contrôle et sources « maintenues actives »

Le moniteur peut être équipé d'une source d'émission de photon de contrôle, comme ^{137}Cs pour indiquer que l'instrument fonctionne correctement. La limite de détection de l'ensemble doit être déterminée quand la source de contrôle est sous blindage. Une source radioactive « maintenue active » peut aussi être fournie. Cette source consiste en une petite quantité de matière radioactive montée sur ou à proximité du détecteur pour vérifier que le détecteur fonctionne en continu.

5.8 Ensembles de blindage contre le rayonnement de l'environnement ou de compensation

Il convient qu'un blindage contre le rayonnement, une compensation électronique ou des techniques logicielles de compensation soient fournis pour réduire l'effet du rayonnement ambiant de l'environnement sur la mesure.

Le blindage doit être conçu pour permettre au matériel d'être prêt à l'utilisation.

5.9 Batteries

Certains moniteurs peuvent être équipés de batteries. Les batteries peuvent être connectées de la façon souhaitée et doivent être remplaçables individuellement. La polarité correcte doit être clairement indiquée sur l'ensemble. Le constructeur doit spécifier le(s) type(s) des batteries.

Les batteries d'accumulateurs rechargeables doivent être rechargeables à partir du réseau électrique en moins de 16 h. Un dispositif éteignant le chargeur quand la charge est complète peut être fourni. L'appareil doit comporter un dispositif permettant de contrôler les piles ou batteries à leur charge maximale. L'indication de charge faible doit être clairement affichée sur le moniteur avant que la fonction de celui-ci ne soit affectée.

6 Conditions d'essai

6.1 Procédures générales d'essai

Les procédures générales d'essai applicables à chaque type de moniteur et/ou d'unités de prélèvement sont couvertes par la présente norme. Sauf spécification contraire, les essais doivent être considérés comme des essais de type, mais certains ou tous peuvent être considérés comme des essais d'acceptation par accord entre le constructeur et le client. Les exigences énoncées sont des exigences minimales et peuvent être étendues pour des équipements ou des fonctions particuliers.

Les procédures d'essai détaillées varient en fonction des caractéristiques particulières de chaque type de moniteur.

Les essais décrits dans cette norme peuvent être classés suivant qu'ils sont effectués dans les conditions normales d'essais ou dans d'autres conditions.

6.2 Essais réalisés dans des conditions normalisées d'essai pour des conditions normales de fonctionnement

Les conditions d'essai normalisées sont définies dans le Tableau 1. Les essais effectués dans des conditions d'essai normalisées sont listés dans le Tableau 2. Ce tableau indique, pour chaque caractéristique en essai, les exigences conformes au paragraphe où la méthode d'essai correspondante est décrite.

6.3 Essais effectués avec des variations de grandeurs d'influence

L'objet de ces essais est de déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence. Afin de faciliter la réalisation de ces essais, ceux-ci sont groupés en deux catégories:

- essais en relation avec les unités de mesure, d'alarme et d'indication, et
- essais en relation avec le circuit d'air.

Ces deux catégories d'essai doivent être effectuées indépendamment l'une de l'autre.

Afin de contrôler les effets de la variation de chaque grandeur d'influence listée dans le Tableau 3, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions d'essai normalisées données dans le Tableau 1.

Afin de simplifier ces essais, seul un essai unique est nécessaire pour chaque grandeur d'influence. Cet essai doit mesurer l'effet de la variation de la grandeur d'influence pour les niveaux de radioactivité entre 10 et 50 fois la valeur la plus basse du domaine de mesures.

Les essais en relation avec les unités de mesure, d'alarme et d'indication sont donnés dans le Tableau 3 avec l'étendue de la variation de chaque grandeur d'influence et les limites des variations correspondantes de l'indication de l'ensemble.

Les essais pour les circuits d'air sont donnés dans le Tableau 4 avec l'étendue de la variation de chaque grandeur d'influence et les limites correspondantes des paramètres en essai.

6.4 Essais réalisés dans des conditions d'essai pour les conditions d'urgence

Les unités de mesure conçues pour surveiller dans des conditions d'urgence, pendant et après un accident doivent être éprouvées en deux étapes. Les premiers essais doivent être effectués conformément aux conditions d'essai normalisées applicables décrites en 7.1. Les seconds essais doivent être réalisés dans les conditions d'urgence dans lesquelles les unités devront fonctionner. Les conditions de cas d'urgence dépendent du type d'installation et du

type d'accident. Il convient donc que les conditions d'urgence soient agréées entre le constructeur et le client.

6.5 Types de sources

6.5.1 Source de référence

Pour la détermination de la réponse de référence pendant les essais de type, la source de référence doit être l'air avec une activité volumique connue du gaz rare pour lequel le matériel est conçu. Il convient que les sources de référence consistent en des bouteilles sous pression contenant l'air et le gaz rare pour lequel le matériel est conçu.

L'activité volumique conventionnellement vraie de la source doit être connue avec une incertitude inférieure à $\pm 10\%$ ($k = 2$).

6.5.2 Sources solides

Des sources solides radioactives appropriées pour le matériel concerné peuvent être utilisées pour effectuer d'autres essais. Par exemple, ^{137}Cs doit être utilisé si l'instrument est conçu pour mesurer un gaz rare émetteur de photon ou s'il a la capacité d'invalider la compensation gamma. Afin de couvrir le domaine de mesures du matériel, plusieurs sources sont probablement nécessaires et pour chacune d'elles, l'activité doit être appropriée au matériel. Le débit d'émission surfacique conventionnellement vrai des sources solides doit être connu avec une incertitude inférieure à $\pm 10\%$ ($k = 2$). Il convient que des sources solides soient utilisées simultanément avec des sources gazeuses pendant les essais de type, comme sources de référence pour les étalonnages ultérieurs ou les essais du moniteur (7.1.2).

6.6 Système de confirmation métrologique pendant les essais

6.6.1 Incertitude de mesure

Il convient que l'incertitude des résultats d'essai soit inférieure au tiers de la variation maximale permise pour l'essai en cours (voir Tableaux 2 et 3).

NOTE Du fait de la difficulté à obtenir des sources gazeuses ayant une faible incertitude pour l'activité volumique, un facteur moitié entre l'incertitude ($k=2$) de l'activité volumique pour la source de référence et l'erreur permise pour le matériel est acceptable pour les essais des moniteurs de contamination d'air.

6.6.2 Fluctuations statistiques

Pour tout essai mettant en œuvre des rayonnements, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication provenant uniquement du rayonnement est une fraction significative de l'écart de l'indication tolérée dans l'essai, alors un nombre de lectures suffisant doit être effectué pour assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec suffisamment de précision pour démontrer la conformité à l'essai spécifié.

7 Essais d'aptitude de détection de rayonnement

Ces essais sont réalisés dans des conditions d'essai normalisées. Si une méthode électronique de compensation de la radioactivité naturelle existe, tous les essais de l'ensemble de mesure doivent être effectués avec les circuits de compensation en service, réglés conformément aux instructions du constructeur.

7.1 Réponse de référence

7.1.1 Exigences

Dans les conditions normales d'essai, avec les paramètres d'étalonnage réglés conformément aux spécifications du constructeur, la réponse relative intrinsèque doit être inférieure à ± 15 %.

7.1.2 Essais à effectuer

Lorsque des sources solides sont utilisées pour des essais unitaires ou fonctionnels, la réponse de l'ensemble à de telles sources gazeuses appropriées doit être établie pendant l'essai de type.

7.1.3 Essais avec des sources gazeuses

Selon la conception du moniteur, soit:

- Un air ou gaz «étiqueté» avec une activité volumique connue, doit circuler dans l'ensemble avec un débit constant et une pression connue pendant une durée suffisante pour atteindre la mesure à l'équilibre et les lectures à l'équilibre doivent être notées.

ou bien

- Le détecteur doit être immergé dans un volume suffisamment grand de gaz d'activité volumique connue, équivalent au volume utilisé en situation réelle de fonctionnement du détecteur, et les valeurs lues à l'équilibre doivent être notées.

NOTE Il convient que le client soit conscient de l'influence du radon et de ses descendants.

7.1.4 Réponse relative avec des sources solides

La source solide appropriée doit être placée dans la position définie par rapport au détecteur, les conditions d'essai restant inchangées, mais la source gazeuse étant absente. La réponse relative à la source solide doit être établie à l'équilibre. Pour les essais unitaires ou de fonctionnement ultérieurs, positionner la source solide à l'emplacement défini par rapport au détecteur et appliquer le facteur approprié, déterminé au cours des essais de type, à la réponse relative aux sources gazeuses.

7.1.5 Essai avec un générateur électronique de signal

Afin d'éviter l'utilisation de plusieurs sources pour les essais unitaires ou fonctionnels, l'ensemble de mesure peut être éprouvé seul, par injection d'un signal électronique approprié à l'entrée du détecteur.

7.2 Linéarité

7.2.1 Source d'essai

L'essai doit être réalisé avec le gaz rare concerné ou avec un jeu de sources solides du radionucléide et des caractéristiques géométriques identiques.

La procédure de préparation des sources utilisées dans les essais requis doit être telle que l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie de l'activité de chaque source en termes absolus (ϵ_{sa}) est meilleure que 10 % ($k=2$) et que l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie entre les sources d'un même jeu d'essai (ϵ_{sr}) est meilleure que 5 % ($k=2$). La traçabilité des sources d'essai doit permettre de connaître les laboratoires de préparation.

7.2.2 Exigences

Dans les conditions d'essai normalisées, la valeur maximale de l'erreur relative intrinsèque doit être inférieure à $\pm 10\%$ pour la totalité du domaine de mesures. L'incertitude des sources radioactives n'est pas incluse.

Quand des sources solides sont utilisées, v et v_c doivent faire référence à la variation dans la réponse du matériel pour le calcul de l'erreur relative.

7.2.3 Méthode d'essai

Ces essais peuvent être réalisés:

- avec des sources de gaz rare ou des sources solides, ou
- avec injection d'un signal électronique.

Il convient que les essais soient réalisés à au moins 2,5 fois la valeur la plus basse du domaine de mesures et en trois points qui sont approximativement 25 %, 50 % et 75 % du domaine effectif de mesures.

7.3 Réponse aux gaz radioactifs autres que les gaz rares radioactifs

7.3.1 Exigences

Le constructeur doit établir la réponse du matériel pour des gaz radioactifs désignés autres que le(s) gaz rare(s) tels que le tritium et les trois isotopes du radon. Les gaz radioactifs désignés pour lesquels cette exigence s'applique doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

7.3.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai est identique à celle décrite en 7.1 avec le ou les gaz radioactifs, rares, appropriés.

7.4 Temps de réponse

7.4.1 Exigences

Le constructeur doit spécifier le temps de réponse du matériel. Le temps de réponse inclut le temps de renouvellement de l'air dans le détecteur.

7.4.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être réalisé avec le débit normal. Il convient que l'activité volumique dans la chambre soit au moins 10 fois la valeur la plus basse du domaine de mesures. Le matériel doit être raccordé à un enregistreur pour pouvoir déterminer les variations des indications en fonction du temps.

Le système doit prélever en continu de l'air ne contenant pas de gaz rares et la valeur R_i de l'environnement doit être notée.

Une activité volumique connue de gaz rare doit être injectée en permanence dans l'entrée du moniteur pour la durée nécessaire pour atteindre l'équilibre. La valeur d'équilibre R_f doit être notée.

Le temps de réponse doit être calculé aux intervalles de temps entre l'instant initial où le gaz rare est injecté et l'instant auquel la lecture atteint $0,90 (R_f - R_i) + R$ pour la première fois.

7.5 Réponse au rayonnement gamma ambiant

7.5.1 Généralités

La réponse au rayonnement gamma ambiant et le seuil de décision sont directement liés. Ces deux paramètres doivent faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client, et les valeurs de ces paramètres nécessaires pour l'application particulière du système doivent être documentées.

7.5.2 Exigences

Le constructeur doit établir le seuil de décision et la valeur maximale de la lecture quand le détecteur, équipé de son ensemble de compensation du rayonnement gamma ambiant, est exposé dans une orientation spécifiée par le constructeur, à une modification du débit du kerma gamma dans l'air par rapport au débit du kerma dans l'air de référence pour l'environnement à $10 \mu\text{Gy/h}$ de ^{137}Cs . La réponse à l'exposition au rayonnement gamma dans toute orientation et pour toute énergie de rayonnement gamma jusqu'à $1,3 \text{ MeV}$ (^{60}Co) ne doit pas dépasser deux fois cette valeur.

7.5.3 Méthode d'essai

7.5.3.1 Détermination de l'indication pour le rayonnement de l'environnement

Le matériel doit fonctionner dans des conditions d'essai normalisées hors de la présence d'une source radioactive et l'indication pour le rayonnement de l'environnement doit être déterminée sur une durée d'au moins 1 h.

7.5.3.2 Détermination de l'influence de la source de rayonnement

La source de ^{137}Cs doit être positionnée par rapport au détecteur de telle sorte qu'elle soit à au moins 2 m de ce dernier et que la valeur conventionnellement vraie du débit de kerma gamma dans l'air à la position du détecteur, le montage du détecteur étant retiré, soit égale à $10 \mu\text{Gy/h} \pm 10 \%$. L'orientation du détecteur par rapport à la source doit être comme spécifié par le constructeur.

La lecture doit être enregistrée quand la stabilité est atteinte. Le seuil de décision doit être calculé sur la base de cette lecture. Le seuil de décision doit être conforme à la spécification du constructeur. La lecture maximale de l'ensemble de mesure ne doit pas dépasser la valeur spécifiée par le constructeur.

7.5.3.3 Détermination de l'effet de l'orientation

Quand la compensation gamma du détecteur est utilisée, le détecteur doit aussi être exposé pour plusieurs orientations agréées entre le constructeur et le client. Quand l'ensemble de mesure peut être programmé avec un facteur de compensation gamma, ce facteur ne doit pas changer pendant les essais. La lecture de l'ensemble de mesure, dans chaque cas, ne doit pas dépasser deux fois la valeur spécifiée par le constructeur.

L'essai ci-dessus doit être répété avec la source de référence dans l'orientation du détecteur en utilisant des sources alternatives de rayonnement gamma, comme agréé entre le constructeur et le client. Quand l'ensemble de mesure peut être programmé avec un facteur de compensation gamma, ce facteur ne doit pas changer pendant les essais. La lecture de l'ensemble de mesure ne doit pas dépasser deux fois la valeur spécifiée par le constructeur.

7.6 Réponse aux rayonnements neutron

7.6.1 Généralités

Le rayonnement neutron peut influencer les lectures. Le constructeur doit spécifier la réponse du moniteur aux neutrons.

7.6.1.1 Exigences

Si l'instrument est destiné à une utilisation en présence d'un rayonnement neutron, alors la réponse aux neutrons doit être établie. Un essai pour la réponse aux neutrons n'est pas obligatoire et il ne sera effectué que si les exigences le spécifient. Dans tous les cas, les instruments doivent être conçus pour réduire l'influence du rayonnement neutron.

7.6.1.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le constructeur et le client.

7.7 Caractéristiques de surcharge

7.7.1 Exigences

En l'absence d'autre accord entre le constructeur et le client, le matériel doit maintenir l'indication de pleine échelle ou une indication non ambiguë quand il est exposé à une source de rayonnement d'activité égale à deux fois celle nécessaire pour obtenir l'indication de mesure maximale, et il doit fonctionner normalement quand cette surcharge est retirée. Il convient qu'une indication de surcharge soit fournie.

7.7.2 Méthode d'essai

- a) L'ensemble de détection doit être soumis à une source de rayonnement d'activité appropriée donnant une lecture entre 10 et 50 fois la valeur la plus faible du domaine de mesure. Cette lecture doit être documentée.
- b) L'ensemble de détection doit alors être soumis à une source de rayonnement d'activité deux fois plus élevée que celle nécessaire pour produire l'indication de mesure maximale. L'exposition doit être maintenue au moins 10 min et il doit être vérifié que l'instrument maintient la lecture maximale.
- c) La source d'activité en étape b) doit alors être retirée et l'ensemble du détecteur doit être exposé à nouveau dans des conditions identiques à celles de l'étape a). Après une durée agréée entre le constructeur et le client mais inférieure à 1 h, la lecture ne doit pas s'écarter de plus de 10 % de la valeur documentée dans l'étape a).

7.8 Fluctuations statistiques

7.8.1 Exigences

Le coefficient de variation de l'indication provoquée par les fluctuations statistiques doit être inférieur à 15 % pour toute lecture dépassant 10 fois la valeur la plus basse du domaine effectif de mesures.

7.8.2 Méthode d'essai

Une source radioactive solide doit être utilisée pour donner une indication entre 10 et 50 fois la valeur la plus basse du domaine de mesure.

Au moins 20 lectures doivent être effectuées à des intervalles de temps appropriés. Afin d'obtenir des valeurs indépendantes, la valeur moyenne et le coefficient de variation de toutes les lectures prises doivent être calculés. Le coefficient de variation doit être dans les limites requises.

7.9 Stabilité du zéro

7.9.1 Stabilité de l'indication du zéro dans le temps

7.9.1.1 Exigences

L'indication de tout instrument pour lequel le bouton de réglage de zéro a établi le zéro après que l'instrument ait fonctionné pendant 30 min dans des conditions d'essai normalisées ne doit pas s'écarter du zéro de plus de la quantité ci-dessous pour toute gamme pendant les 4 prochaines heures:

- a) Pour les instruments à affichage analogique: pas plus de 2 % du maximum de la déviation angulaire de l'échelle,
- b) Pour les instruments à affichage digital, pas plus de 2 % du maximum du premier ordre de grandeur de la gamme effective de mesures (Tableau 2).

7.9.1.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être mis en marche et laissé ainsi pour une durée de 30 min. Si une commande de réglage de zéro est accessible à l'opérateur, celle-ci doit alors être réglée pour placer l'indication de zéro en un point établi par le constructeur. Pour certains ensembles à échelle non linéaire, ce réglage peut être utilisé pour amener l'indication à un point de référence autre que zéro. Dans ce cas, le réglage au point de référence approprié doit être effectué.

L'instrument doit être laissé dans ces conditions et la lecture doit être notée toutes les 30 min pendant 4 h de plus.

Pour les instruments pour lesquels le rayonnement de l'environnement donne une indication significative sur l'échelle la plus sensible, il convient d'effectuer un essai électrique équivalent. Pour cet essai électrique, le détecteur peut être rendu inactif si cela est fait de telle sorte que les autres caractéristiques du système, telles que des dérives, ne sont pas modifiées.

7.9.2 Stabilité de l'indication du zéro en fonction des variations de température

7.9.2.1 Exigences

Les deux types d'instruments considérés sont ceux avec commande du réglage de zéro accessible de l'extérieur et ceux sans commande du réglage de zéro accessible de l'extérieur.

Pour les instruments sans commande de réglage de zéro, la variation de l'indication du zéro avec la température de l'instrument ne doit pas s'écarter du zéro de plus des valeurs suivantes.

Dans les domaines de température assignées de + 5 °C à + 40 °C, ou de – 10 °C à + 40 °C, respectivement pas plus de ± 2 % et ± 5 % de la déflexion angulaire de l'échelle maximale des instruments à affichage analogique, ou pour les affichages digitaux, une variation inférieure à respectivement 1 et 2 unités du chiffre le moins significatif.

Pour les instruments avec une commande séparée de réglage de zéro, la variation de l'indication du zéro ne doit pas s'écarter du zéro de plus des valeurs suivantes. Dans les domaines de température assignés de + 5 °C à + 40 °C, ou de – 10 °C à + 40 °C, respectivement pas plus de ± 10 % et ± 20 % de la déviation angulaire de l'échelle maximale des instruments à affichage analogique, ou pour les affichages digitaux, une variation inférieure à respectivement 3 et 5 unités du chiffre le moins significatif.

De plus, l'étendue de l'ajustement de toute commande de zéro fournie doit être suffisante pour permettre à l'indication d'être mise à zéro sur tout le domaine de températures.

7.9.2.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être mis en marche sur l'étendue la basse. L'instrument doit alors être placé dans une enceinte climatique à une température de (20 ± 2) °C. L'instrument doit être laissé dans cette condition pendant 30 min ou jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Si une commande de réglage de zéro est accessible à l'opérateur, celle-ci doit alors être réglée pour placer l'indication de zéro en un point établi par le constructeur. Pour certains ensembles à échelle non linéaire, ce réglage peut être utilisé pour amener l'indication à un point de

référence autre que zéro. Dans ce cas, le réglage au point de référence approprié doit être effectué.

La température doit être amenée à la valeur extrême. Il convient que la vitesse de variation de température ne dépasse pas $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$ et que le niveau d'humidité soit maintenu bas pour éviter la condensation.

La température doit être maintenue à chacune de ces valeurs extrêmes pendant au moins 4 h et les mesures de l'indication doivent être prises pendant les 30 dernières minutes de cette période.

Pour les instruments pour lesquels le rayonnement de l'environnement donne une indication significative sur l'échelle la plus basse, il convient d'effectuer un essai électrique équivalent. Pour cet essai électrique, le détecteur peut être invalidé pourvu que cela ne perturbe pas la stabilité de l'instrument.

7.10 Reproductibilité de la réponse

7.10.1 Exigences

Après que l'ensemble ait fonctionné pendant 30 min, la réponse à une source radioactive donnée ne doit pas varier de plus de 10 % sur les 100 h suivantes.

7.10.2 Méthode d'essai

Une source radioactive solide doit être utilisée pour donner une indication entre 10 et 20 fois la valeur la plus basse du domaine de mesure.

Au moins 20 lectures doivent être effectuées après 30 min. Des lectures supplémentaires doivent alors être effectuées après 10 h et 100 h, sans faire aucun réglage de l'ensemble ni aucune modification dans les conditions. Les moyennes des lectures effectuées à chaque moment doivent être dans les limites indiquées.

Si nécessaire, les lectures doivent être corrigées pour tenir compte des descendants radioactifs de la source.

8 Essais électriques, électroniques et mécaniques

8.1 Etendue du déclenchement de l'alarme

8.1.1 Exigence

Cette exigence ne concerne pas le détecteur. L'étendue de réglage de l'alarme doit être conforme aux exigences de 5.6.

8.1.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être effectué pour chaque alarme réglable. L'étendue de réponse du matériel pour laquelle l'alarme fonctionne doit être déterminée en utilisant un générateur de signal électronique approprié comme spécifié par le constructeur.

Pour les alarmes destinées à fonctionner sur des signaux croissants, l'alarme doit être réglée à son point d'assignation le plus bas et le signal d'entrée doit être augmenté lentement jusqu'à ce que l'alarme soit déclenchée. L'indication donnée par le matériel doit être notée. L'alarme doit alors être réglée à nouveau à son point d'assignation le plus élevé et le signal d'entrée doit être augmenté lentement jusqu'à ce que l'alarme soit à nouveau déclenchée.