

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions –
Part 1: General requirements**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté –
Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-
accidentelles –
Partie 1: Exigences générales**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60951-1:2009



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

**Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation
monitoring for accident and post-accident conditions –
Part 1: General requirements**

**Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté –
Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-
accidentelles –
Partie 1: Exigences générales**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 27.120.20

ISBN 978-2-88910-346-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Design principles	14
4.1 Basic requirements related to functions	14
4.2 Measurement range	16
4.3 Energy response	16
4.4 Minimum detectable activity (or limit of detection).....	16
4.5 Precision (or repeatability).....	16
4.6 Accuracy (or relative error).....	17
4.7 Measurement time.....	17
4.8 Response time	17
4.9 Overload performance	18
4.10 Ambient background shielding or compensation devices	18
4.11 Requirements related to accident conditions	18
4.12 Reliability	19
4.13 User interface.....	19
4.13.1 General	19
4.13.2 Display of measured value.....	19
4.13.3 Alarms.....	19
4.13.4 Status indication.....	20
4.13.5 Local indications.....	20
4.14 System testing, maintenance facilities and ease of decontamination	21
4.14.1 System testing.....	21
4.14.2 Maintenance facilities	21
4.14.3 Ease of decontamination	21
4.15 Electromagnetic interference	21
4.16 Power supplies.....	22
4.17 Interfaces	22
4.18 Sampling assembly	22
4.19 Quality	23
4.20 Type test report and certificate	24
5 Functional testing	25
5.1 General.....	25
5.2 General test procedures	25
5.2.1 General	25
5.2.2 Tests performed under standard test conditions	25
5.2.3 Tests performed with variation of influence quantities.....	25
5.2.4 Calculations and/or numerical simulations	26
5.2.5 Reference sources	26
5.2.6 Statistical fluctuations.....	28
5.3 Performance characteristics	28
5.3.1 Reference response	28
5.3.2 Sensitivity and relative response for solid sources.....	28

5.3.3	Accuracy (relative error)	29
5.3.4	Response to other artificial radionuclides	30
5.3.5	Response to background radiation	30
5.3.6	Precision (or repeatability)	31
5.3.7	Stability of the indication	31
5.3.8	Response time	31
5.3.9	Overload test	32
5.4	Electrical performance tests	33
5.4.1	Alarm trip range	33
5.4.2	Alarm trip stability	33
5.4.3	Fault alarm	33
5.4.4	Status indication and fault alarm tests	34
5.4.5	Warm-up time — Detection and measuring assembly	34
5.4.6	Influence of supply variations	34
5.4.7	Short circuit withstand tests	35
5.5	Environmental performance test	35
5.5.1	Stability of performance after storage	35
5.5.2	Mechanical tests	36
5.5.3	Stability of performance with variation of temperature and humidity	37
5.5.4	Electromagnetic compatibility	39
	Bibliography	44
	Table 1 – Overview of the standards covering the domain of radiation monitoring	6
	Table 2 – Reference conditions and standard test conditions	41
	Table 3 – Tests performed under standard test conditions	42
	Table 4 – Tests performed with variation of influence quantities	43

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION IMPORTANT TO SAFETY – RADIATION MONITORING FOR ACCIDENT AND POST-ACCIDENT CONDITIONS –

Part 1: General requirements

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 60951-1 has been prepared by subcommittee 45A: Instrumentation and control of nuclear facilities, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1988. This edition constitutes a technical revision.

The main technical changes with regard to the previous edition are as follows.

- To clarify the definitions.
- To up-date the references to new standards published since the first issue.
- To update the units of radiation.

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

FDIS	Report on voting
45A/734/FDIS	45A/756/RVD

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

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

A list of all parts of IEC 60951 series, under the general title *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60951-1:2009

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of the standard

This IEC standard specifically focuses on radiation monitoring systems used for accident and post-accident operations.

This standard is intended for use by purchasers in developing specifications for their plant-specific radiation monitoring systems and by manufacturers to identify needed product characteristics when developing systems for accident monitoring conditions. Some specific instrument characteristics such as measurement range, required energy response, and ambient environment requirements will depend upon the specific application. In such cases, guidance is provided on determining the specific requirements, but specific requirements themselves are not stated.

This standard is one in a series of standards covering post-accident radiation monitors important to safety. The full series is comprised of the following standards.

- IEC 60951-1 – General requirements
- IEC 60951-2 – Equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in gaseous effluents and ventilation air
- IEC 60951-3 – Equipment for continuous high range area gamma monitoring
- IEC 60951-4 – Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams

b) Situation of the current standard in the structure of the IEC SC 45A standard series

The IEC 60951 series of standards are at the third level in the hierarchy of SC 45A standards. They provide guidance on the design and testing of radiation monitoring equipment used for accident and post-accident conditions. Other standards developed by SC 45A and SC 45B provide guidance on instruments used for monitoring radiation as part of normal operations. The IEC 60761 series provides requirements for equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in gaseous effluents in normal conditions. IEC 60861 provides requirements for equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in liquid effluents in normal conditions. IEC 60768 provides requirements for equipment for continuous in-line and on-line monitoring of radioactivity in process streams in normal and incident conditions. Finally, ISO 2889 gives guidance on gas and particulate sampling. The relationship between these various radiation monitoring standards is given in Table 1.

Table 1 – Overview of the standards covering the domain of radiation monitoring

Developer	ISO	SC 45A – Process and safety monitoring		SC 45B – Radiation protection and effluents monitoring
Scope	Sampling circuits and methods	Accident and post-accident conditions	Normal and incident conditions	
Gas, particulate and iodine with sampling (OFF LINE)	ISO 2889	IEC 60951-1 and IEC 60951-2	IEC 60761 series and IEC 62302 (noble gases only)	
Liquid with sampling (OFF LINE)	N/A	N/A	IEC 60861	
Process streams (gaseous effluents, steam or liquid) without sampling (ON or IN-LINE)	N/A	IEC 60951-1 and IEC 60951-4	IEC 60768	N/A
Area monitoring	N/A	IEC 60951-1 and IEC 60951-3	IEC 60532	

Developer	ISO	SC 45A – Process and safety monitoring		SC 45B – Radiation protection and effluents monitoring
Scope	Sampling circuits and methods	Accident and post-accident conditions	Normal and incident conditions	
Central system	N/A	IEC 61504		IEC 61559 series

For more details on the structure of the IEC SC 45A standard series, see the item d) of this introduction.

c) Recommendations and limitations regarding the application of this standard

It is important to note that this Standard establishes no additional functional requirements for safety systems.

d) Description of the structure of the IEC SC 45A standard series and relationships with other IEC documents and other bodies documents (IAEA, ISO)

The top-level document of the IEC SC 45A standard series is IEC 61513. It provides general requirements for I&C systems and equipment that are used to perform functions important to safety in NPPs. IEC 61513 structures the IEC SC 45A standard series.

IEC 61513 refers directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to categorization of functions and classification of systems, qualification, separation of systems, defence against common cause failure, software aspects of computer-based systems, hardware aspects of computer-based systems, and control room design. The standards referenced directly at this second level should be considered together with IEC 61513 as a consistent document set.

At a third level, IEC SC 45A standards not directly referenced by IEC 61513 are standards related to specific equipment, technical methods, or specific activities. Usually these documents, which make reference to second-level documents for general topics, can be used on their own.

A fourth level extending the IEC SC 45A standard series, corresponds to the Technical Reports which are not normative.

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication IEC 61508 with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework and provides an interpretation of the general requirements of IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4, for the nuclear application sector. Compliance with IEC 61513 will facilitate consistency with the requirements of IEC 61508 as they have been interpreted for the nuclear industry. In this framework IEC 60880 and IEC 62138 correspond to IEC 61508-3 for the nuclear application sector.

IEC 61513 refers to ISO standards as well as to IAEA 50-C-QA (now replaced by IAEA GS-R-3) for topics related to quality assurance (QA).

The IEC SC 45A standards series consistently implements and details the principles and basic safety aspects provided in the IAEA code on the safety of NPPs and in the IAEA safety series, in particular the Requirements NS-R-1, establishing safety requirements related to the design of Nuclear Power Plants, and the Safety Guide NS-G-1.3 dealing with instrumentation and control systems important to safety in Nuclear Power Plants. The terminology and definitions used by SC 45A standards are consistent with those used by the IAEA.

NUCLEAR POWER PLANTS – INSTRUMENTATION IMPORTANT TO SAFETY – RADIATION MONITORING FOR ACCIDENT AND POST-ACCIDENT CONDITIONS –

Part 1: General requirements

1 Scope

This part of IEC 60951 provides general guidance on the design principles and performance criteria for equipment to measure radiation and fluid (gaseous effluents or liquids) radioactivity levels at nuclear power plants during and after an accident. This standard is limited to equipment for continuous monitoring of radioactivity in accident and post-accident conditions.

The object of this standard is to lay down mandatory general requirements and give examples of acceptable methods for equipment for continuous monitoring of radioactivity within the plant during and after accident conditions in nuclear power plants using light water reactors.

It specifies, for the equipment described above, the general characteristics, general test procedures, radiation, electrical, safety and environmental characteristics and the 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 this system.

Sample extraction and laboratory analysis, which are essential to a complete programme of effluent monitoring, are not within the scope of this standard.

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 60038:2002, *IEC standard voltages*

IEC 60068-2-1:2007, *Environmental testing – Part 2-1: Tests – Test A: Cold*

IEC 60068-2-2:2007, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

IEC 60068-2-6:2007, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests. Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-30:2005, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-78:2001, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 60529: *Degrees of protections provided by enclosures – IP code*

IEC 60780, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 60880, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC 60980, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 60987, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Hardware design requirements for computer-based systems*

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:2001, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-12:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*

IEC 61000-6-4:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61069-1:1991, *Industrial-process measurement and control – Evaluation of system properties for the purpose of system assessment – Part 1: General considerations and methodology*

IEC 61226, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

IEC 61504:2000, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Plant-wide radiation monitoring*

IEC 61559-2:2002, *Radiation in nuclear facilities – Centralized systems for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity – Part 2: Requirements for discharge, environmental, accident, or post-accident monitoring functions*

IEC 62138, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important for safety – Software aspects for computer-based systems performing category B or C functions*

IEC 62262:2002, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

ISO 2889:2009, *Sampling airborne radioactive materials from the stacks and ducts of nuclear facilities*

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 device fulfils certain specifications

[IEV 394-40-05]

3.2

accident conditions

deviations from normal operation more severe than anticipated operational occurrences, including design basis accidents and severe accidents

[IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

3.3

aerodynamic equivalent diameter

diameter of a unit-density sphere having the same gravitational settling velocity as the particle in question

[IEV 393-11-41]

NOTE The aerodynamic equivalent diameter concerns particles with a diameter from 0,1 µm to 2 mm.

3.4

anticipated operational 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

[IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

3.5

coefficient of variation

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

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

[IEV 394-40-14]

3.6

collection efficiency

percentage retained by the filter of the total amount of particles initially in a known volume of air passed through the filter

[ISO 2889]

3.7

conventionally true value

value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose

[IEV 394-40-10]

NOTE 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.

3.8**decision threshold**

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

[IEC 60761-1,3.9]

NOTE The statistical test shall be designed such that the probability of wrongly rejecting the hypothesis (error of the first kind) is equal to a given value α . In the case of this standard, α equals 5 %.

3.9**Design Basis Accident (DBA)**

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

[IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

3.10**detection limit**

smallest true value of the measurand which is detectable by the measuring method

[IEC 60761-1,3.10]

NOTE The detection limit is the smallest true value of the measurand which is associated with the statistical test and hypotheses 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 %.

3.11**effective range of measurement**

absolute value of the difference between the two limits of a nominal range

[IEV 394-40-16]

NOTE In the nominal range the performance of a piece of equipment or an assembly meets the requirements of its specifications.

3.12**electron beam**

electron flux emitted from one source and moving along the exactly determined tracks with very great velocities

[IEV 841-30-01]

NOTE Such beam routed to a detector causes extremely high dose rates.

3.13**experimental standard deviation**

for a series of n measurements of the same measurand, the quantity s characterizes the dispersion of the results and is given by the equation:

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

x_i being the result of the i th measurement and $\bar{x}$ being the arithmetic mean of the n results considered

[IEV 394-40-40]

NOTE 1 The expression $s/\sqrt{n}$ is an estimate of the standard deviation of the distribution of x and is called the experimental standard deviation of the mean.

NOTE 2 Experimental standard deviation of the mean is sometimes incorrectly called standard error of the mean.

3.14

measuring assembly

assembly designed to measure a quantity

NOTE In this standard, the quantity is volumetric activity or dose rate, although the value may be expressed in other units.

3.15

minimum detectable (measurable) activity

quantity of radioactivity giving a count which, in the presence of a specified background noise, has a 95 % probability not to be caused by that of background noise alone

[IEV 394-40-25]

3.16

particle

aggregate of molecules forming a solid or liquid of size ranging from a few molecular diameters to some tenths of a millimeter (several hundred micrometers)

[ISO 2889]

3.17

process streams

fluid which flows through a system intended to provide a useful purpose.

NOTE 1 Examples of process streams are: primary coolant system, spent fuel cooling system, component cooling system, etc.

NOTE 2 The process streams within the scope of this standard are those streams in which the level of radioactivity may significantly increase as a result of accident or post-accident conditions.

NOTE 3 Monitoring of these process streams for radioactivity provides information on the quality or integrity of the barrier and potential release to the environment.

3.18

reference response

response of the assembly under reference conditions to unit reference dose rate, expressed as:

$$R_{\text{ref}} = \frac{v - v_B}{v_C}$$

where:

v is the value measured by the equipment or assembly under test

v_B is the background value of the equipment without external influence

v_C is the conventionally true value of the reference source

[IEV 394-40-22]

NOTE The background value may be automatically taken into account by an algorithm included in the measurement systems.

3.19

relative error

error of measurement divided by a true value of the measurand

[IEV 394-40-11]

NOTE 1 Since a true value cannot be determined, in practice, a conventionally true value is used. For this standard, relative error is calculated as follows.

$$E = \frac{(v - v_B) - v_c}{v_c}$$

where:

v is the value measured by the equipment or assembly under test,

v_c is the conventionally true value of the reference source,

v_B is the background value of the equipment without external influence.

NOTE 2 The background value may be automatically taken into account by an algorithm included in the measurement system.

3.20

relative response

value calculated during type testing equal to the ratio between the reference response of the equipment and the sensitivity of the same equipment to the solid source of interest

NOTE The relative response allows determination of the reference response of identical equipment that has been type tested from the measurement of the sensitivity of the solid source.

3.21

response time

the period of time necessary for a component to achieve a specified output state from the time that it receives a signal requiring it to assume that output state

[IAEA Safety Glossary, 2007 edition]

NOTE For the purposes of the tests described in this standard, the input signal is assumed to be a step variation and the ending output state is the point at which the output signal variation reaches 90 % of its final value for the first time.

3.22

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[IEV 394-40-03]

3.23

sampling assembly

set of interconnected devices for collecting a representative sample

3.24

sampling collection efficiency

for a given quantity of radioactive material, ratio of the collected activity to the supplied activity, for a specified time interval

[IEV 394-39-45]

3.25

sensitivity (of a measuring assembly)

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

[IEV 394-39-07]

3.26

volumetric activity

quotient of the activity by the total volume of the sample

[IEV 393-14-16]

NOTE 1 For a gas, it is necessary to indicate the temperature and pressure conditions for which the volumic activity is measured, for example standard temperature and pressure (STP).

NOTE 2 This quantity is expressed in Becquerels per cubic meter (Bq/m³).

4 Design principles

4.1 Basic requirements related to functions

The main purpose of equipment for continuous monitoring of radioactivity in accident or post-accident conditions is to continuously measure radiation levels in appropriate areas and processes. These radiation measurements are displayed locally and/or in control rooms and/or incident control centers to keep plant operators aware of current radiological conditions. This information is used by operators to assess plant conditions, take appropriate actions in order to mitigate the consequences of a plant accident and prevent the inadvertent release of radiation, and by site emergency personnel, national authorities, for actions necessary to safeguard public and plant personnel. Therefore, the equipment concerned by this standard is capable of actuating alarms and providing inputs to other plant systems and processes to isolate processes at abnormal radiation levels.

The basic requirements for the design, selection, testing, calibration and functional location of equipment for continuous monitoring of radioactivity in accident or post-accident conditions are plant specific. It is typically split into three key parts, effluent and ventilation radiation monitoring, process radiation monitoring, and area radiation monitoring:

- Effluent and ventilation radiation monitors measure the radioactivity in gases released into the environment in accident and post-accident conditions to ensure that the radiation levels are not hazardous to the public's safety and to help in early warning and process isolations, such as containment vent isolation or control room habitability. Effluent radiation monitors are usually of the off-line type (radioactivity is measured in a sample drawn from the effluent or ventilation system).
- Process radiation monitors measure the radioactivity in a fluid (either gas, liquid or steam) and are normally used in plant process to help in early warning and process isolations, such as detecting reactor coolant pressure boundary leaks into containment and other systems. Process radiation monitors can be classified into three basic types:
 - In-line monitors: the detector is located directly in the process stream (pipe, stack, tank, duct, etc.).
 - On-line monitors: the detector directly faces the process stream.
 - Off-line monitors: a sample is drawn from the process stream to the detector located at some distance.
- Area radiation monitors (wide range type) are strategically located within buildings subject to high range dose rates in accident and post-accident conditions, such as the reactor building, and serve as post-accident monitoring devices. Area radiation monitors are wall mounted in the area or tank to be monitored. Depending on the radiation level at the detector position, the electronics part of the monitor may be located at some distance from the detector.

For the purpose of critical data collection, these monitors are usually designed to withstand adverse environmental and seismic conditions, during and after an accident.

Radiation monitoring requirements and radiation monitoring system design should be addressed early in Plant design to establish effective monitoring at the appropriate sensitivity

level. Thus, for maximum performance capability, the following procedure should be followed by the purchaser and the manufacturer:

- Establish the required measurement characteristics (purchaser):
 - Determine the scenarios of normal and accidental operations, and the corresponding source terms (main isotopes to be measured by the monitor), including their chemical composition.
 - Determine the essential information required by the plant operator or the control system to initiate emergency actions, the functions assigned to the equipment for continuous radiation monitoring and classify them according to IEC 61226 guidance.
 - Determine the optimum points of measurement taking into account installation conditions (location, interfaces to plant protection features, ambient conditions and qualification requirements, electrical connections through safety barriers, etc.).
 - Calculate the activity transfers (propagation through pipes or ducts and through the safety barriers), in order to determine the activity spectrums and the background at the point of measurement.
 - Determine the time profile of the postulated release and the required range of measurement and response time of the complete channel (including the sampling system, if any, and the time to send or to display the information to the plant operator or the control system).
 - Determine the gross characteristics of the detectors (type of radiation and measurement, sensitivity and range of measurement, energy response and overload performance, etc.) and of the sampling system, if any.
 - Determine the acceptable false alarm rate taking into account the plant conditions and the consequences of error in measurement (including losses in sampling), and specify the precision and accuracy needed to stay under this threshold.
- Check the metrological characteristics of the chosen instrument (agreement between the purchaser and the manufacturer):
 - Calculate the response time of the instrument (measure time related to a specified accuracy and time for the apparatus to provide an alarm), and the global response time of the channel (including the response time of the sampling system).
 - Calculate, at the point of measurement, geometric detection efficiency, decision threshold and minimum detectable activity (or limit of detection), taking into account the appropriate shielding.
 - For each characteristic of the instrument, the manufacturer should specify its variations as a function of the corresponding influence quantities (or variable parameters). These influence quantities (or variable parameters) should be, at least:
 - activity spectrum and time profile of the activity spectrum (during transient operating conditions) of the source to be measured,
 - activity spectrum and time profile of the activity spectrum (during transient operating conditions) of the background,
 - detection geometry,
 - number of standard deviations (in order to calculate the minimum detectable activity or limit of detection),
 - flow rate of the effluent to be measured,
 - thermodynamic conditions,
 - precision and time profile of the precision (in order to calculate the measurement time during steady-state as well as transient operating conditions),
 - measurement time and response time (during transient operating conditions).
 - For the influence quantities depending on the process or the location, the purchaser should indicate their range of values. Otherwise, the manufacturer should make any

useful hypothesis in order to take into account the probable conditions of use of the instrument.

NOTE The term "manufacturer" includes the designer and the seller of the equipment. The term "purchaser" includes the user.

If the signals are used for initiating protective action to mitigate the consequences of malfunction or failure of structures, systems or components, then the equipment may be part of the safety-related systems or the protection system. In this case, it shall meet the requirements of the respective system in accordance with IEC 61226.

If qualification is needed, the equipment shall be environmentally qualified in accordance with the requirements of IEC 60780 (and IEC 60980 for seismic testing).

4.2 Measurement range

The purchaser shall specify the required effective range of measurement. The range shall be suitable for the level of radiation during accident and post-accident conditions. The low end of the measurement range shall overlap the measurement range of monitors provided for normal plant conditions for at least one decade (logarithmic scale). The highest measurable activity or dose rate should be at least one decade over the highest activity or dose rate expected during accident and post-accident conditions.

4.3 Energy response

The detector may be selected to measure either beta or gamma radiation. The purchaser shall confirm that the energy response of the detection assembly is suitable for monitoring the potential activity.

4.4 Minimum detectable activity (or limit of detection)

The minimum detectable activity (or limit of detection) is equal to a number of standard deviations of the estimation of the signal which would be measured by the instrument without any activity except the background, and under specified conditions. It should only be considered in steady-state operating conditions. Its calculation by a formula is possible, using the measurement time, however it does not give a rigorous statement of the beginning of the range of measurement.

The required minimum detectable activity (or limit of detection) will depend on the particular application and be subject to local regulations and plant design; it shall be specified by the plant designer.

The manufacturer shall specify the minimum detectable activity (or limit of detection) for nuclides of interest, taking into account the check sources or provisions incorporated to provide an on-scale indication on the monitor, as well as all useful data needed to specify the beginning of the effective range of measurement, even in transient operating conditions. The influence quantities, their range of values and the variation they cause on the minimum detectable activity (or limit of detection) shall be specified.

4.5 Precision (or repeatability)

Precision (or repeatability) is a measure of the dispersion of the estimations around their average value. It shall be given by the manufacturer in the effective range of measurement in % of the signal value for a given confidence interval (or probability of error). Assuming that the estimations follow a Gaussian distribution, this probability should be expressed in terms of a number of standard deviations.

NOTE For example, the precision could be 20 % of the signal value within a part of the effective range of measurement with a probability of 95 % (meaning that all the estimations are within $\pm 2\sigma$, with σ the standard deviation), and 30 % within another part of the effective range of measurement with another probability.

Precision shall be consistent with accident analysis assumptions, operator needs, and requirements imposed by other systems that use the radiation monitoring signals. Moreover, they shall be characterized for signal values below the beginning of the effective range of measurement. The influence quantities, their range of values and the variation they cause on precision shall be specified by the manufacturer.

Typically, the precision should be within 20 % over the entire effective range of measurement, all influence quantities taken into account.

4.6 Accuracy (or relative error)

Accuracy (or relative intrinsic error) is a measure of the deviation between the conventionally true value and the average of the estimations. It shall be given by the manufacturer in the effective range of measurement in % of the signal value for a given confidence interval (or probability of error). Assuming that the estimations follow a Gaussian distribution, this probability should be expressed in terms of a number of standard deviations.

NOTE For example, the accuracy could be 20 % of the signal value within a part of the effective range of measurement with a probability of 95 % (meaning that all the estimations are within $\pm 2\sigma$, with σ the standard deviation), and 30 % within another part of the effective range of measurement with another probability.

Accuracy shall be consistent with accident analysis assumptions, operator needs, and requirements imposed by other systems that use the radiation monitoring signals. Moreover, they shall be characterized for signal values below the beginning of the effective range of measurement. The influence quantities, their range of values and the variation they cause on accuracy shall be specified by the manufacturer.

Typically, the accuracy should be within 30 % over the entire effective range of measurement, all influence quantities taken into account.

4.7 Measurement time

The measurement time is the average time during which the measurement is to be performed to obtain an estimation of the signal in stated conditions. It should only be considered in steady-state operating conditions. Its calculation by a formula is possible, however it does not take into account the processing algorithms implanted in the monitor.

The manufacturer shall specify the measurement time as well as all useful data (standard deviation or precision) necessary to know the precision of the estimations and the false alarm rate. The influence quantities, their range of values and the variation they cause on the measurement time shall be specified.

4.8 Response time

The response time is the time needed for the monitor, after a sudden variation of the measured signal (for example a step), for its output signal or indication to reach 90 % (increasing transition) or 10 % (decreasing transition) of the variation for the first time.

NOTE For integrating systems, it is a percentage of the equilibrium value of the first derivative of the output signal as a function of time that should be considered.

The response time is to be considered only in transient operating conditions. It shall take into account the processing algorithms of the monitor.

Therefore, its calculation by a formula is not relevant, and the manufacturer shall specify it by performing tests or numerical simulations, and give all useful data to determine its relationship with the precision of the estimations and the false alarm rate. The influence quantities, their range of values and the variation they cause on the response time shall be specified.

4.9 Overload performance

The indicated measurement shall not decrease or fall to zero during and following exposure beyond the maximum measuring range. It shall maintain a full-scale indication or an unambiguous indication. When the exposure returns to within the maximum range, the system shall recover within the time interval specified by the purchaser.

4.10 Ambient background shielding or compensation devices

Shielding or electronic compensation shall be provided as necessary to reduce the effects of background radiation on the measurement of process radiation.

It may be agreed upon between the manufacturer and the purchaser that significant background radiation is only to be expected from defined directions or sources (vessels, pipes, etc.). In such cases, the construction of shielding may take this into account. In the absence of such an agreement, shielding shall give virtually identical radiation attenuation in all directions seen from the sensitive volume of the detector, taking into account the structural materials of the detection assembly, and the angular response of the detector.

If the equipment cannot easily be removed from the shielding, such shielding should be easily removable. The maximum mass of the elements, or the appropriate handling means, should be agreed upon between manufacturer and purchaser.

When electronic techniques incorporating additional detectors are used to reduce the effect of background radiation, these detectors shall be chosen and located to give the best practical compensation, taking into account the range of energies and the direction of the radiation.

4.11 Requirements related to accident conditions

Equipment design shall ensure that the equipment supports the necessary system functions and that the equipment will not fail due to environmental conditions experienced during normal, accident, or post-accident conditions.

The accident and post-accident time interval during which system operation is required shall be specified by the purchaser.

The local environmental conditions in which the different components of the system can operate during normal operation, accident, and post-accident conditions shall be specified by the purchaser. Specification of environmental conditions shall include, where applicable, temperature and pressure and their rate of change, vibration, humidity, aggressive or corrosive fluids, vapours, or dusts, seismic conditions, electromagnetic environment and other adverse physical conditions as well as the normal and accident radiation dose rate and the integrated radiation dose at the location of the monitoring equipment.

The manufacturer shall provide an equipment designed to operate anywhere in the environmental envelope stated above, unless otherwise agreed upon between purchaser and manufacturer. If necessary, equipment shall be qualified for the environmental conditions of the application in accordance with relevant standards.

In particular, equipment shall be designed to minimize the effects of the specified environmental conditions, and the location of detectors shall be selected considering the accident and post-accident radiation background and the need for shielding to minimize its effect. As far as is practical, locations shall be selected so as to facilitate maintenance and calibration operations. The location should also take into account the possible need to locate electronic equipment in an area of lower dose rate.

Consideration shall be given to the possibility that materials used in the construction of the monitors may release poisonous or corrosive substances under adverse environmental

conditions, such as fire, high temperature or high radiation. As far as practicable, the design shall minimize this by the choice of materials and appropriate containment of materials.

4.12 Reliability

The required reliability of the functions shall be specified either quantitatively (mean time between failures) or qualitatively (compliance with the single failure criterion).

For any part of the equipment (including sampling assembly, if any), subject to appropriate planned maintenance, the following requirement shall be reached:

- MTBF (Mean Time Between Failure): > 20 000 h (with preventive maintenance):
- A failure modes and effects analysis (FMEA) shall be performed in addition to the MTBF calculation in the case of equipment classified as performing a function important to safety in category A in accordance with IEC 61226.
- The manufacturer shall specify the frequency of routine maintenance, and fully describe each maintenance procedure (see 4.14.2). These maintenance requirements should be kept to a practical minimum.

4.13 User interface

4.13.1 General

The system shall provide continuous display and/or recording of activity or dose rate and, in addition, provide an alarm signal when the activity or dose rate level exceeds a preset value.

4.13.2 Display of measured value

The choice between logarithmic scales, linear scales, or numeric displays shall be appropriate to the purpose of the equipment. Logarithmic scales or numeric displays are generally preferred.

In the case of assemblies provided with linear scales, it shall be possible to change the range in such a way that the scaling factors do not exceed 10. An indication of the scale in use shall be provided.

Where the accident conditions are such as to give rise to large variations in reading, manual switching between ranges shall not be used unless specifically agreed to by the purchaser.

4.13.3 Alarms

4.13.3.1 General

The alarm and indication facilities shall be appropriate for the purpose of the equipment.

Alarm circuits shall be operable either to hold an alarm condition until specifically reset by a reset control or to automatically reset when the alarm state disappears. Alarm mode selection should be readily accomplished, but allow for positive administrative controls. This may be accomplished, for example by requiring a key, password, or minor equipment modification to switch modes.

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

Alarm functions shall be agreed upon between the supplier and the manufacturer. As a minimum the following alarms shall be provided as applicable.

4.13.3.2 High-level alarm

At least one adjustable alarm setpoint shall be provided, adjustable over:

- at least 10 % to 90 % of scale reading (linear scales), from 50 % of the lowest decade to 90 % of the highest decade (logarithmic scales),
- or from 10 % of the second least significant decade to 90 % of the highest decade (digital display).

4.13.3.3 Fault alarms

As many separate alarms as practicable should be provided for electronic or mechanical fault. At least, the following should be provided when appropriate:

- Loss of detector signal.
- Loss of the sampling circuit.
- Loss of the cooling system.
- Loss of the heating system.
- Sampling circuit high pressure.
- Sampling circuit high temperature.
- Sampling circuit high humidity.
- High ambient radiation.
- Purging system failure.

4.13.4 Status indication

The following indications should be provided when appropriate:

- Power On.
- Pump On/Off.
- Flow Min/Max.
- Pressure.
- Humidity.
- Temperature.
- Detector power supply status.
- Detector heating unit On.
- Gas stream cooling device On.
- Gas stream heating device On.
- Group fault alarms are indicated.
- Purging system On.
- Occurrence of internal power supply changeover if internal supplies (e.g., batteries) are provided.

4.13.5 Local indications

Local indication and alarm units should be provided at accessible locations, close to the detector assembly, for the purpose of controlling access to high radiation areas in accident conditions or for maintenance and calibration during normal plant operation.

Where provided, the local indication and alarm units shall be qualified for the conditions appropriate to their purpose and location, in accordance with IEC 60780. If the local indication

and alarm units are not qualified to the same requirements as the detector it shall be demonstrated that their failure will not affect the essential function of the monitor.

4.14 System testing, maintenance facilities and ease of decontamination

4.14.1 System testing

Capability shall be provided to allow periodic checks of the satisfactory operation of the system from the detector to the measurement display, alarm functions, and system outputs. These checks should include operational checks, calibration, and verification of the measurement linearity.

The capability to check the good detector response at one representative point on the measurement scale without accessing the detector, using for example a remote-controlled check source, should be provided. Additional points should also be checked, and therefore means of access to the detector and to ensure the repeatability of the check, such as a support in which the detector is placed for checking with reference source(s), should be provided.

4.14.2 Maintenance facilities

The manufacturer shall specify the frequency of routine maintenance, and fully describe each maintenance procedure, taking into account the failure rate of each component in order to define a preventive maintenance schedule.

These maintenance requirements should be kept to a practical minimum and the design of all equipment shall be such as to facilitate ease of repair and maintenance. Interchangeability of components should be possible without requiring any adjustment and pairing. All the equipment shall be designed so as not to subject operating personnel to risks of contamination or radiation during handling or other operations.

Maintenance operations shall be able to be carried out either fully or partly when the plant is operating. The equipment should allow remote inspection and adjustment, inspection and processing of intrinsic performance drifts, self testing of values, assistance with diagnosis and indication of the anomalies on all parts. Self-diagnostic features should be available through a display.

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 shall be supplied.

4.14.3 Ease of decontamination

The detection assembly or the sampling and detection assembly shall be constructed in such a manner that the build-up of contamination is reduced as much as possible and shall be designed to facilitate decontamination when this becomes necessary. External surfaces shall be specially treated to permit decontamination.

4.15 Electromagnetic interference

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

Unless otherwise agreed upon between the purchaser and the manufacturer, the following standards shall apply: IEC 61000-4-2, IEC 61000-4-3, IEC 61000-4-4, IEC 61000-4-5, IEC 61000-4-6, IEC 61000-4-8, IEC 61000-4-12 and IEC 61000-6-4.

Levels of severity are given in 5.5.4.

4.16 Power supplies

Assemblies should be designed to operate from single-phase a.c. supply voltage in one of the following categories in accordance with IEC 60038:

- 110 V a.c. and/or 230 V a.c. 50 Hz;
- 120 V and/or 240 V a.c. 60 Hz;
- 24 V d.c.

Nominal single-phase power in the United States of America and Canada is 117 V and/or 234 V, 60 Hz. Nominal single-phase power of 110 V, 50 Hz is also used in the United Kingdom.

Upon agreement between manufacturer and purchaser, the equipment may be designed for operation from a low-voltage stand-by supply in the case of a power failure. In such cases, it would be desirable for the equipment not to malfunction or trigger an alarm as a result of the supply change over; an indication for this change-over should be provided.

By agreement between manufacturer and purchaser, three-phase supplies may be used for air pump motors.

4.17 Interfaces

The physical properties of system component interfaces shall be specified. These shall include the type of connections (pipes coupling and cable connectors), electrical properties, and interpretation of the exchanged signals (e.g., pinout). Wherever possible, these specifications should be made by reference to commonly available standards.

Where network interfaces are provided, details of network interface protocols should be provided. Typically these details include: the logical organization of data bits transmitted, the information exchanges between network nodes used to deliver data, the quality and nature of the data delivery, the organization of data sequences, and the syntax of data being transferred. In order to verify the fulfilment of requirements concerning both design and performance of an equipment linked to its network, a general functional validation shall be performed, including tests on data exchange between subsystems and with operator.

Where the equipment is part of a plant-wide radiation monitoring system, it shall fulfil the corresponding requirements of IEC 61504 and/or IEC 61559-2, unless otherwise agreed upon between manufacturer and purchaser.

4.18 Sampling assembly

Where a sampling assembly is needed, it shall provide sampling, transport and conditioning of the air, gas, steam or liquid to be measured, together with the possibility of isolating and dismantling the detector and the sampling control system when necessary.

In general, the performance of the instrument partly depends on the design of the sampling assembly. Therefore, a study performed by the manufacturer should characterise the sampling losses that can be predicted during normal and accident conditions. These losses shall remain as low as possible. The layout and the length of the sampling circuits shall comply with the instrument response time and ensure sufficient uniformity of sampling at the point of measurement, avoiding any trapping of aerosols and dust in air, formation of air bubbles in liquid, or condensation in the sampling pipes by variation of temperature or pressure. In particular, it is recommended to take into account the nature of the construction materials, the state of the internal surface and the ease of decontamination (by taking account of electrostatic effects, chemical corrosion, possible absorption and condensation), the transit time up to the detector (flow, fluid velocity and density) and the chemical forms of the monitored radioelements.

The following characteristics shall be taken into account and shall be agreed upon between manufacturer and purchaser:

- number and optimum position of sampling probes (representativity of the samples, minimum distance between inlet and outlet to avoid recirculation, etc.);
- inside diameter of pipes;
- nature of the material used and in particular effects of chemical corrosion or erosion and static electricity;
- finish condition of internal surfaces;
- curve radii and changes of direction;
- length of piping, slopes;
- joining of the pipes, connection to external pipes, to the monitor;
- effect of harmful chemicals and steam;
- filtration of the suspended matter.

The components of the sampling assembly depend on the type of fluid to be sampled and the particular conditions of measurement. Its design shall take into account the guidance of ISO standards related to sampling (e.g. ISO 2889 for radioactive particulates sampling).

In addition, the following requirements shall be fulfilled:

- where necessary, the sampling device shall be designed to guarantee the integrity of the nuclear containment;
- an isokinetic probe shall be used if aerosols or iodine are sampled, an omnidirectional probe if sampling takes place in a room;
- where flow or pressure drop have an influence on the measured value (volumetric activity), it shall be constantly measured and controlled;
- where devices are needed for sampling and conditioning the fluid (such as pumps, filters, pressure or temperature detectors, solenoid valves, etc), they shall be compatible with dust conditions in air or materials in suspension in liquid and be dimensioned for operation between two scheduled unit outages;
- where pumps are needed, they shall be placed downstream from the point of measurement and, where necessary, shall be equipped with pressure and temperature protections from abnormal increases of these parameters;
- where necessary, personnel protection devices shall be provided against temperature, pressure, radiation, etc.;
- it shall be possible to isolate each sampling assembly for safety reasons;
- if agreed upon between the purchaser and the manufacturer, devices for collecting samples should be provided for deferred laboratory analysis;
- the acoustic noise level generated by the equipment shall be minimized and consistent with the type of environment for which the equipment is intended.

4.19 Quality

The system and equipment shall be of high quality, developed using a structured process embodying conservative design measures and verification and validation should be used, to ensure correct requirements are developed and that these requirements are correctly implemented. Computer based hardware should be developed according to the guidance of IEC 60987. Software for category A functions shall be developed according to the guidance of IEC 60880. Software for category B and C functions shall be developed according to the guidance of IEC 62138.

At the request of the purchaser, all documentation produced during design, manufacture, installation, testing and start-up shall be provided to substantiate the correct performance of the system and equipment.

4.20 Type test report and certificate

At the request of the purchaser, the manufacturer shall present a report on the type tests carried out in accordance with the requirements of this standard (part 1 and specific part). This test report shall comply with the specifications given in 5.6 of IEC 61069-1 which states that:

"The conduct and the results of the assessment shall be documented in a comprehensive assessment and/or evaluation report. The report(s) should accurately, clearly, unambiguously and objectively present the objective, the results and all relevant information of the assessment.

The reports shall include at least the following information:

- an appropriate title;
- the credentials of the institute and/or person(s) responsible for the assessment or evaluation;
- if the system has been assessed for a particular application, the characteristics of that application in terms of type of process, type and number of input/outputs, scan rate required, system mission, tasks and functions, etc., shall be included;
- a description and identification of the system assessed, including a list showing the hardware with model numbers and the software with released data;
- the objective(s) of the assessment;
- a summary of the salient points arising out of the assessment and the conclusions reached;
- an account of the procedures, methods, specifications and tests (preferably summarized in a matrix and supplemented by referenced documents), together with a summary of the reasons leading to the particular selection of assessment elements as shown in the matrix. The reasons why certain aspects are not assessed should be also recorded;
- any deviation from the assessment plan (additions or exclusions) should be recorded and commented upon;
- measurements, examinations and derived results supported by tables, graphs, drawings or photographs as appropriate;
- failures observed;
- a statement of the measurement uncertainties;
- a statement as to whether or not the system complies with the requirements against which the system was assessed.

The assessment report shall contain a title page stating the report title, a unique (serial) number, the assessment authority and the date of issue.

The format should be standardized and facilitate comparison of assessments of different systems.

Corrections or additions to the report after its issue shall be made only by a further report, referring to the original report identified by its title and number. This supplementary report shall meet the same requirements as the main report."

A certificate shall also be provided with each equipment, giving at least the following general information and the additional information specified in the relevant subsequent part of the standard:

- identification of the entity who draws up the certificate,
- identification of the manufacturer,
- identification of the product,
- type test program/procedure and report,
- purchase order related documents,
- signatory's official capacity.

5 Functional testing

5.1 General

Except where otherwise specified, tests described in this Clause 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.

These tests do not include additional qualification tests that shall be performed if the equipment is to be qualified in accordance with IEC 60780.

5.2 General test procedures

5.2.1 General

General test procedures applicable to all types of monitors are covered in this standard. Detailed test procedures will vary in accordance with the particular characteristics of each type of monitor. Specialized test requirements are given in the relevant standard dealing with 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.

5.2.2 Tests performed under standard test conditions

Standard test conditions are defined in Table 2. Tests performed under standard test conditions are listed in Table 3, which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the clause where the corresponding test method is described.

5.2.3 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 can be divided into three categories:

- tests relating to the measurement, alarm and indication assemblies (all types of measurements);
- tests relating to the sampling assembly (off-line measurement);
- other complementary tests relating to postulated performance in volumetric measurement (all types of measurements).

In order to check the effects of the variation of each influence quantity listed in Table 4, all the other influence quantities shall be maintained within the limits of the standard test conditions given in Table 2, unless there are other requirements.

In order to simplify these tests, only a single test needs to be performed for each individual influence quantity. This test shall measure the effect of the specified change of influence

quantity for activity or dose rate levels of approximately 50 % of the second most sensitive range or decade.

The tests relating to the measurement, alarm and indication assemblies are shown in Table 4 with the range of variation of each influence quantity and the limits of the corresponding variations of the indication of the assembly.

The tests of the sampling assembly are shown in the different parts of this standard dealing with off-line measurement. The range of variation of each influence quantity and the limits of the corresponding variations of the parameters under test are described.

The complementary tests relating to postulated performance in volumetric measurement where real testing is impossible are described hereinafter. The calculations and numerical simulations shall take into account the specified change of influence quantity required in Table 4 for at least the same activity or dose rate levels as stated above, and, if agreed upon between the purchaser and the manufacturer, for the whole range of measurement.

5.2.4 Calculations and/or numerical simulations

This subclause applies to in-line and on-line instruments, but is also applicable to off-line instruments if agreed upon between purchaser and manufacturer.

At the request of the purchaser, wherever real testing is impossible, for example when the instrument is intended to measure the activity of a fluid in such a way that it is not feasible to reproduce the same conditions for testing or calibrating, the manufacturer shall provide calculations and/or numerical simulations to ensure that the performance required in this standard, and especially characteristics of detection tested on point sources, are guaranteed in the real conditions of use.

At the request of the purchaser, calculations reproducing the exact geometry of the “volumetric source – collimator – detector – shielding” assembly and taking into account several mono-energetic volumetric sources shall be provided by the manufacturer in order to validate performance in detection (limit of detection, sensitivity, etc.) and to be compared with real tests with single isotope point sources or based on equivalent type-tested configurations. A detailed analysis shall explain the differences and limitations between real testing and calculations.

By agreement between purchaser and manufacturer, other calculations taking into account the speed of the stream or the flow-rate, and a multi-energetic volumetric source as close as possible to the real postulated volumetric source, should be provided, as well as the corresponding detailed analysis.

The manufacturer shall provide a comprehensive documentation to substantiate that the software used in calculations and simulations correctly represent the physical phenomena in the specified range. This documentation should be composed of, for example, comparisons with other verified methods of calculations or qualified codes, analysis, including parametric analysis of sensitivity, results of trials and tests in real conditions, data and corresponding correlations from technical publications, and all other relevant methods.

5.2.5 Reference sources

5.2.5.1 General requirements

All sources involved in the reference response test (primary calibration sources) shall be traceable to the National Standardizing Laboratory of a country for Radioactivity measurements (NSLR) in the country in which the source is used.

All sources used for the rest of the type tests or routine or acceptance tests (secondary calibration sources) shall either be prepared from radioactive solutions traceable to the NSLR,

or shall refer to the primary calibration, during the reference response test, in order to have a direct link with it (transfer factor).

All secondary calibration sources should be solid sources.

The type of source is specified in the specific part of IEC 60951. In order to cover the range of measurement and energy of the equipment, a number of sources are likely to be necessary, the activity of which shall be appropriate for the equipment.

The conventionally true surface emission rate or activity of the sources shall be known with an absolute uncertainty better than 10 % ($k = 2$), and a relative uncertainty to other sources in the test set better than 10 % ($k = 2$). Where the method of test uses a pre-calibrated reference instrument as an alternative to an accurately defined source strength, the calibration of this instrument shall be to a comparable standard of uncertainty.

5.2.5.2 Primary calibration (reference response)

5.2.5.2.1 Gaseous sources

For instruments with sampling, the reference sources shall be gaseous sources of a known volumetric activity of the appropriate radionuclide or radionuclide mix. The nature of the gases to be used shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

As an alternative to the use of calibrated gaseous sources, a calibrated instrument may be used to establish the correct response to an undefined source activity. If it is intended to use such an instrument, it shall be calibrated during these tests, unless it had already been calibrated.

If the use of gaseous sources leads to unacceptable source volumes or activities, an acceptable method is to simulate a large source by positioning a smaller source at different locations with respect to the detector and to use the reading as an input for calculations and numerical simulations of the detector response. The manufacturer shall demonstrate the validity of such calculations.

5.2.5.2.2 Solid sources

For instruments with sampling, the relative response to solid sources shall be determined during the type tests by cross-calibration against gaseous sources, and this relative response may then be used in conjunction with solid source tests when these are substituted for gaseous source tests.

For area monitors, all tests shall be carried out with solid sources, either primary sources or secondary sources cross-calibrated during primary calibration.

Such solid sources shall be of a physical form and of a radionuclide appropriate to the assembly under test. In particular, the location of the source relative to the detector shall be accurately fixed and repeatable.

5.2.5.3 Other types of sources

For testing with extremely high dose rates, electronic radiation sources may be used.

5.2.5.4 Electronic signal generator

In order to avoid the use of sources of too high activity for routine or acceptance tests, the measuring assembly alone may be tested by injection of an appropriate electronic signal at the normal detector input of the measuring assembly.

5.2.6 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 test in question.

The interval between such readings shall be at least three times the response time in order to ensure that the readings are statistically independent.

5.3 Performance characteristics

5.3.1 Reference response

5.3.1.1 Requirements

The manufacturer shall state the relationship between the indication given by the measuring assembly and the reference dose rate or activity when the equipment is operated under standard test conditions and set up as defined by the manufacturer. The uncertainty of the reference response shall be specified.

The test shall be carried out with a set of sources of different representative radionuclide and geometric characteristics, such as defined in 5.2.5.

5.3.1.2 Test method

The assembly shall be operated under standard test conditions and set up as defined by the manufacturer with no reference radiation source present. The background indication shall be noted.

The assembly shall then be exposed to an appropriate reference source sufficient to give a reading approximately at the mid-point of the linear scale or in the second lowest decade of logarithmic scale or digital display. The value of R_{ref} shall be computed as defined in 3.18.

5.3.2 Sensitivity and relative response for solid sources

5.3.2.1 Requirements

For instruments normally tested with gaseous sources, the relative response for solid sources shall be determined by cross-calibration against gaseous sources.

The test shall be carried out with a set of sources of different representative radionuclide and geometric characteristics, as defined in 5.2.5.

5.3.2.2 Test method

The background shall be measured in the geometry that will be used for the measurement with solid sources; for example, with the measuring cell empty, and the value shall be noted.

Solid sources, of an activity sufficient to give a reading approximately at the mid-point of the scale or decade above the lowest scale or decade, shall be placed at defined locations relative to the detector, with the gaseous source test conditions unchanged, but the gaseous source absent. The relative response to the solid source shall be noted. For subsequent tests, the instrument response to gaseous source shall be computed, using the relative response established for the solid sources.

If such a relative response for solid sources is used in routine or acceptance tests, the possible variation in background radiation should be taken into account.

5.3.3 Accuracy (relative error)

5.3.3.1 Requirements

Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the accuracy (linearity error or relative error) shall not exceed 20 %, between 2,5 times the lowest value of the effective range of measurement and 75 % of this range, and shall not exceed ± 30 % over the whole effective range of measurement. The uncertainty of the radioactive source is not included.

Tests can be performed in two ways:

- with gaseous or solid radioactive sources;
- with injection of an electronic signal (restricted to ranges of measurement where the use of sources is impossible).

Where sources are used, the test shall be carried out with a set of sources of the same radionuclide and geometric characteristics, such as defined in 5.2.5, except for area monitors where different kinds of sources have to be used in practice as they are available for high dose rate. In this latter case, the sources and the geometry used shall be defined.

The reference curve shall be determined from the reference response when the test is performed with gaseous sources or from the sensitivity obtained during the test of 5.3.2 when solid sources are used.

5.3.3.2 Test method

Type tests shall be undertaken at approximately 25 % of the most sensitive range or decade, at 50 % of the maximum of the intermediate ranges or decade, at the maximum achievable range, and at one point on each range for linearly scaled instruments and on each decade of the effective range of measurement of digitally or logarithmically scaled instruments. The ratio between two successive measurements shall be at least equal to 10.

At least three of these tests shall be carried out using a radioactive source, including the upper and the lowest values.

Where electronic test signals are used, they shall be used on all ranges or decades (in addition to radioactive sources), and the manufacturer shall provide an analysis demonstrating the performance of the system from the point of the highest source test to the maximum range.

Where this test is carried out with gaseous radioactive sources, it shall be performed in accordance with the design of the monitor:

- For off-line equipment using a measuring cell: by circulating a reference source through the assembly at nominal flow rate for a sufficient time to reach the equilibrium of the reading, or by filling up the measuring cell with a volume equal to the nominal volume of a reference source.
- For off-line equipment using a concentration device: by concentrating the reference source in the normal operation condition (time of concentration, volume, etc.).
- For in-line, on-line or off-line equipment without measuring cell: by locating the detector relative to a sufficiently large volume of reference source to be equivalent to the actual operating conditions of the monitor.

In order to minimize the effects of possible contamination of the sampling assembly, all tests with gaseous sources shall proceed from low to high values of volumetric activity.

5.3.4 Response to other artificial radionuclides

5.3.4.1 Requirements

The response for radionuclides of interest shall be agreed upon between manufacturer and purchaser. The response of the assembly to radionuclides other than that of the reference shall not differ by more than 20 % from the value specified by the manufacturer.

5.3.4.2 Test method

The test method described in 5.3.1 using appropriate radionuclides shall be performed.

5.3.5 Response to background radiation

5.3.5.1 General

Because there is generally a relationship between the response to ambient gamma radiation and the decision threshold, and the requirement for both depends on the particular plant application, the response of the assembly to gamma radiation, as well as the decision threshold, shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser, in accordance with the expected ambient activity.

Similar test methods as agreed upon between the manufacturer and purchaser shall be used for other activities, for example neutrons and/or high energy betas, may affect the reading.

This requirement does not apply to area monitors.

5.3.5.2 Requirements

The manufacturer shall state the decision threshold and the maximum value of the reading when the detector, fitted with its ambient gamma radiation protection devices where necessary, is exposed in a reference orientation specified by the manufacturer to a step change in gamma air kerma rate from the reference background air kerma rate to 10 $\mu\text{Gy/h}$ from Cs-137 and Co-60.

5.3.5.3 Test method

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

Next, using a Cs-137 source, position the source relative to the measurement assembly (i.e. the detector with its fitted ambient gamma radiation protection devices) so that the source to measurement assembly distance is at least 2 m and the conventionally true gamma air kerma rate at the measurement assembly position, with the measurement assembly absent, is equal to 10 $\mu\text{Gy/h} \pm 10\%$. The reference orientation of the measurement assembly in relation to the source shall be as specified by the manufacturer.

Record the reading at one-minute intervals after the start of the exposure and continue taking readings until the reading of the assembly is stable. At least 10 readings shall be taken after the stability is achieved. Calculate the decision threshold based on the final readings.

The measurement assembly shall also be exposed in a number of source-to-detector orientations, as agreed upon between the manufacturer and the purchaser. Where the measurement assembly may be programmed with a gamma compensation factor, this shall not be changed during these tests.

The reading of the measurement assembly in each orientation shall not exceed twice the value specified by the manufacturer for the reference orientation.

Repeat the same test with a Co-60 source.

5.3.6 Precision (or repeatability)

5.3.6.1 Requirements

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

5.3.6.2 Test method

Use suitable radioactive sources to give an indication between 10 and 50 times the lowest value of the effective range of measurement.

Take at least 10 readings at appropriate time intervals. In order to obtain independent values, calculate the mean value and the coefficient of variation of all the readings taken. The coefficient of variation shall lie within the limits required.

5.3.7 Stability of the indication

5.3.7.1 Requirements

The indication from a given source of activity, after the assembly has been in operation for 30 min, shall vary over the following 100 h by not more than:

- 2 % of scale maximum angular deflection for instruments with an analogue display;
- 2 % of the first order of magnitude of the effective range of measurement for instruments with a digital display.

5.3.7.2 Test method

Use irradiation equipment (e.g. radioactive source or electron beam) to give an indication between 10 to 20 times the lowest value of the range of measurement

Take sufficient readings after 30 min, then further readings after 10 h and 100 h with no adjustment made to the assembly and no change of conditions. The means of the readings taken each time shall lie within the limits indicated.

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

5.3.8 Response time

5.3.8.1 Requirements

The manufacturer shall specify the response time of the assembly for an activity or dose rate between 10 to 50 times the lowest value of the range of measurement and give all useful data to determine its relationship with the precision and the false alarm rate. The influence quantities, their range of values and the variation they cause to the response time shall be specified.

The test shall be carried out with sources of the same representative radionuclide and geometric characteristics. These sources may be gaseous or solid sources.

5.3.8.2 Test method

A recorder, able to record much faster than the response time being measured, shall be connected to the assembly to determine the change in indication as a function of time.

Where this test is carried out with gaseous sources, it shall be performed in accordance with the design of the monitor:

- For off-line equipment:
 - by circulating a non-radioactive gas through the assembly at nominal flow rate for a sufficient time to reach the equilibrium of the reading of the background, or by filling up the measuring cell with a volume equal to the nominal volume of a non-radioactive gas;
 - then by continuously injecting into the inlet of the monitor, at the nominal sampling flow rate, a solution of known volumetric activity of appropriate radionuclide for the time needed to reach the equilibrium.
- For in-line, on-line or off-line equipment, and especially for area monitors, when the use of a gaseous source is not possible:
 - by locating the detector relative to an empty volume, equivalent to the actual operating conditions of the monitor, for a time sufficient to reach the equilibrium of the reading of the background;
 - then by rapidly introducing a sufficiently solid source into the empty volume, for the time needed to reach the equilibrium.

NOTE In the context of this test, “rapidly” is defined as a much shorter time than the response time being tested.

The response time is the interval of time separating the initial moment where the radioactive solution or solid source is injected and the moment at which the reading reaches 90 % of the variation for the first time. For off-line equipment using a concentration device, where the measurement is an integration of the volumetric activity, the response time is a percentage of the equilibrium value of the first derivative of the output signal as a function of time.

5.3.9 Overload test

5.3.9.1 Requirements

The equipment shall maintain full-scale indication or an unambiguous indication when “exposed” to an appropriate activity or dose rate twice greater than that necessary to give the maximum scale reading and shall perform normally when this overload “exposure” is removed.

Unless otherwise agreed upon between manufacturer and purchaser, an overload indication shall be provided to point out that the activity or dose rate is too high for the measuring unit.

5.3.9.2 Test method

Subject the detector assembly to an appropriate form of activity to give a reading between 10 and 50 times the lowest value of the range; note the reading.

Subject the detector assembly to an appropriate form of activity about twice greater than that necessary to produce the maximum scale reading. Maintain the exposure for at least 10 min and verify that the assembly maintains a maximum reading.

Remove the overload source and “expose” the detector assembly under identical conditions to those used for the first reading. After a period to be agreed upon between manufacturer and purchaser, but generally of less than 10 min, the reading shall not differ by more than 10 % from the value previously noted.

For some applications this kind of test is impossible. In such cases, a demonstration by analysis shall be provided by the manufacturer.

5.4 Electrical performance tests

5.4.1 Alarm trip range

5.4.1.1 Requirement

The ranges of alarm settings shall conform to the requirements of 4.13.3. These requirements exclude the detectors.

5.4.1.2 Test method

Using an appropriate electronic signal generator, as specified by the manufacturer, the range of indication of the equipment over which the alarm trip operates shall be determined.

These tests shall be performed for the effective range of measurement.

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 operates. The indication of the equipment shall be noted.

For alarms intended to operate on decreasing signals, operate as above, but slowly decrease the level of input signal.

5.4.2 Alarm trip stability

5.4.2.1 Requirements

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

These requirements exclude the detector.

5.4.2.2 Test method

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

- For a condition equivalent to 94 % X applied electronically or by software to the assembly, no trip shall occur within 100 h.
- When a condition equivalent to 106 % X is applied to the assembly, after 30 min and 100 h of operation, the alarm shall operate in less than 1 min.

5.4.3 Fault alarm

5.4.3.1 Requirements

When failure appears in one of these parts of the equipment:

- detector;
- electronic circuit;
- sampling assembly where appropriate;

an alarm shall operate and permit the identification of the failure. For the electronic circuit and the sampling assembly, a specific fault alarm shall operate within 1 min after failure. The manufacturer shall indicate the time required to obtain a detector fault alarm after failure, taking into account the background of the detector.

The equipment shall provide facilities to simulate failures.

5.4.3.2 Test method

For each part: detector, electronic circuit and sampling assembly (where appropriate), a failure shall be simulated. The specific fault alarm shall operate before the time required. No other unrelated alarm shall operate.

5.4.4 Status indication and fault alarm tests

The indication and alarm facilities described in subclauses 4.13.3 and 4.13.4 shall be functionally tested.

5.4.5 Warm-up time — Detection and measuring assembly

5.4.5.1 Requirements

When exposed to irradiation equipment (e.g. radioactive source or electron beam), the assembly in steady state operation shall give an indication that does not differ by more than $\pm 10\%$ from the value obtained under standard conditions 30 min after being switched on.

5.4.5.2 Test method

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

Use irradiation equipment (e.g. radioactive source or electron beam) to give approximately 10 to 50 times the lowest value of the effective range of measurement. Switch on the detection and control assemblies.

Switch on the equipment. Note values of indication of activity or dose rate every 5 min during 1 h. Ten hours after switching on, take sufficient readings and use the mean value as the "final value" of indication.

Draw a graph of activity or dose rate indication versus time, correcting for decay in activity as necessary.

The difference between the "final value" and the value read from the curve for 30 min shall lie within the limits specified.

5.4.6 Influence of supply variations

5.4.6.1 Influence of slow supply voltage variations

When several different voltage levels are required by the monitor, each supply voltage is taken as a separate influencing factor.

Firstly, verify the functional characteristics of the equipment at the upper and lower limits of its rated power supply voltage. Then, slowly drop the voltage from the latter value down to zero.

The variation of the voltage duration shall be at least 1 min.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.4.6.2 Influence of sudden supply voltage variation

Unless otherwise agreed upon between the purchaser and the manufacturer, the voltage loss duration is one period of the power source frequency. During this outage, the voltage applied shall not exceed 1 % of the lower limit of the rated supply voltage range.

Input signals shall not be disturbed. Measures shall be taken to ensure that output signals remain stable. The supply voltage is then cut-off for the specified period. Output signals shall then be observed, from just before the voltage cut-off, throughout the voltage outage and until after the voltage is re-established.

If the settings or equipment operating mode affects the output signals observed, the configuration producing the greatest variation shall be adopted.

For analogue signal outputs, the test is carried out on a stabilized output at the lower, mean and upper levels of the voltage range.

For logical (digital) outputs, the test is carried out for both states.

Upon completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.4.6.3 Influence of supply frequency variations

Functional characteristics shall be verified at $\pm 10\%$ of the nominal frequency.

5.4.7 Short circuit withstand tests

The effects of external short circuits on electronic equipment functions shall be verified, particularly for circuits fed by internal power supplies.

Short-circuits shall be produced at the external interfaces of the various constituent parts, such as plug-in units inputs and outputs, and power supply units.

The functional consequences of these short-circuits shall then be observed, involving, for example:

- the emission of an erroneous output signal, especially by an equipment sharing a power supply with the faulty equipment,
- the appearance of erroneous input data,
- de-energizing of all or part of the equipment.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5 Environmental performance test

5.5.1 Stability of performance after storage

5.5.1.1 Dry heat storage

This test shall comply with IEC 60068-2-2 (test Bb), completed by the following:

- the assemblies shall not encounter heat radiating from the walls of the test chamber,
- the assemblies are not energised,
- $T_A = + 70\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 96\text{ h}$, $< 1\text{ }^{\circ}\text{C/min}$ heat gradient (unless otherwise specified by the manufacturer on the maximum heat gradient accepted by the equipment).

On completion of this test, the assemblies are placed in normal atmospheric conditions for 2 h so that they reach thermal equilibrium. The performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.1.2 Cold storage

This test shall comply with IEC 60068-2-1 (test Ab), completed by the following procedures:

- the assemblies shall not encounter heat radiating from the walls of the test chamber,
- the assemblies are not energised,
- $T_B = -40\text{ °C}$, $t = 96\text{ h}$, $< 1\text{ °C/min}$ heat gradient (unless otherwise specified by the manufacturer on the maximum heat gradient accepted by the equipment).

On completion of this test, the assemblies are placed in normal atmospheric conditions for 2 h so that they reach thermal equilibrium. The performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.1.3 Variable temperature storage

This test shall comply with IEC 60068-2-14 (test Nb), completed by the following procedures:

- the assemblies shall not encounter heat radiating from the walls of the test chamber,
- the assemblies are not energised,
- number of cycles: 5, duration of each test condition: 30 min,
- $T_B = -25\text{ °C}$, $T_A = +70\text{ °C}$, $< 1\text{ °C/min}$ heat gradient (unless otherwise specified by the manufacturer on the maximum heat gradient accepted by the equipment).

On completion of this test, the assemblies are placed in normal atmospheric conditions for 2 h so that they can reach thermal equilibrium. The performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.2 Mechanical tests

5.5.2.1 Degrees of protection (IP and IK codes)

The tests shall comply with IEC 60529 and IEC 62262. The equipment is not energised.

Unless otherwise agreed upon between the purchaser and the manufacturer, the protection indices of the various items of equipment should be:

- IP 65 (measurement and processing device) or IP 44 (sampling devices) and IK 07 (all devices) for assemblies installed locally,
- IP 30 and IK 07 for the assemblies installed in clean and dry rooms (electrical rooms),
- IP 65 and IK 07 for the assemblies installed outside the buildings.

5.5.2.2 Mechanical vibrations test

This test is used to check the mechanical strength of the assemblies. It does not apply to equipment whose stiffness is provided by another system (e.g.: cables, etc.).

The test shall be carried out in three tri-rectangular reference axes. It includes three successive phases for each of the three specified axes:

Phase 1: search for critical frequencies (resonance frequencies or frequencies for which defective operation of the monitor has been observed).

The frequency range is entirely swept in accordance with the procedures detailed below, except for the scanning rate which may be reduced to allow accurate determination of the critical frequencies. Eventually, this will reveal:

- an electrical discontinuity between normally closed dry contacts,

- inadvertent closing of the normally open dry contacts,
- defective operation of the monitor,
- any other resonance phenomenon.

Phase 2: Endurance by frequency sweeping. The frequency varies in accordance with the methods specified below.

Phase 3: Identical to phase 1.

These test phases are defined in IEC 60068-2-6 (test Fc). They are supplemented by the following procedures:

- The assemblies are energised during phases 1 and 3 of the test and are not energised during phase 2.
- The vibration table is fixed by a rigid part which will not distort the test results, and which receives the assembly with its usual fixing system. For the plugged-in parts, solidarity is only provided by the means to be used in normal service.
- The module is subjected to sinusoidal rectilinear vibrations which are applied to it in three tri-rectangular directions. Sweeping (through to the specified frequency band once in each direction) is continuous and its speed is logarithmic with respect to time. The frequency variation takes place at a rate of approximately one octave per minute.
- The export frequency range is from 10 Hz to 500 Hz.
- The vibrations are defined according to the following characteristics:
 - displacement: 0,15 mm peak to peak,
 - constant displacement below the transfer frequency,
 - transfer frequency: 58 Hz,
 - constant acceleration of 10 m/s² above the transfer frequency.

The number of cycles is equal to:

- phase 1: 1 cycle/axis,
- phase 2: 10 cycles/axis,
- phase 3: 1 cycle/axis.

A variation of the critical frequencies between phases 1 and 3 of more than 5 % leads to an inspection.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.3 Stability of performance with variation of temperature and humidity

5.5.3.1 General

Wherever the equipment or part of the equipment are submitted to variations of temperature or humidity of the medium to be measured, or of the ambient atmosphere, the influence of such variations shall be tested.

As the ranges of variation of such influence quantities may be different for testing the measurement assembly and testing the detector, these tests shall be performed in two steps if necessary:

- Test of the influence of the temperature or humidity on the measurement assembly.

- Test of the influence of the temperature or humidity on the detector being in contact with the medium to be measured, if applicable.

5.5.3.2 Requirements

The change in indication shall be less than 10 % over the entire ranges of variation of temperature and humidity.

Unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the purchaser, the following ranges of variation of temperature and humidity shall apply.

5.5.3.3 Test method

The measurement assembly (or part of it), if necessary without its shielding, shall be exposed to suitable solid sources as defined in 5.2.5, such that the nominal reading under standard test conditions is known.

The test shall be performed following the method described in the following IEC standards:

- IEC 60068-2-78 for damp heat, steady state test, supplemented by the following procedures:
 - the assemblies are fitted in their reference position,
 - they shall not be subjected to heat radiated by the walls of the test chamber,
 - assemblies are energised,
 - duration of the test condition: 96 h
 - $T = + 40\text{ }^{\circ}\text{C}$, 93 % relative humidity.
- IEC 60068-2-30 (test Db variant 2) for damp heat cyclic test, supplemented by the following procedures:
 - the assemblies are fitted in their reference position,
 - they shall not be subjected to heat radiated by the walls of the test chamber,
 - the assemblies are energised,
 - number of cycles: 6,
 - $T_A = + 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_B = + 55\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Switch on the instrument, select the appropriate range and place in an environmental chamber at the reference conditions. The other characteristics of the air in the chamber shall be lower than the value that could cause damage to the equipment. This value shall be indicated by the manufacturer.

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

The instrument shall be left in this condition for 30 min or until equilibrium is assured. 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 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 indication of the instrument shall be measured during the tests. On completion, the instruments are placed in normal atmospheric conditions for 2 h so that they reach thermal equilibrium. The performance of the monitors shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

NOTE Certain detectors are particularly sensitive to temperature variations (for instance NaI scintillator). During this test it is advisable to provide means that will allow the permissible maximum heat gradient given by the manufacturer to be checked in addition to the non-deterioration of their characteristics.

5.5.4 Electromagnetic compatibility

5.5.4.1 Oscillatory wave immunity

The test procedures previously defined in IEC 61000-4-12, and now defined in IEC 61000-4-18:

- oscillation frequency: 1 MHz + 10 %,
- service frequency between 50 Hz and 400 Hz and non-synchronized on the network frequency.

Injection takes place in common mode using the coupling/uncoupling network. If the manufacturer's specifications stipulate that an earth connection is required for one of the circuit conductors, the test of this circuit shall be performed in differential mode while applying the specified common mode severities.

The severity of the test shall be:

- circuits inside the control room: no test,
- circuits connecting the control room and the other rooms of the electrical building or between the electrical rooms: level 1,
- circuits exiting the electrical building: level 3.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.2 Electrical transient burst immunity test

This test shall comply with IEC 61000-4-4.

The severity of the test shall be:

- for equipment installed in the control room: level 2,
- for other equipment: level 3.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.3 Radiated radio frequency immunity test

This test shall comply with IEC 61000-4-3.

Depending on the type of measurements to be made on the monitor, one or the other of the following modes shall apply to the disturbance:

- when the measurement results are instantaneous (less than 1 s), the frequency range is swept slowly ($1,5 \times 10^{-3}$ decades/s) by maintaining the level of the electrical field constant during sweeping,
- when a disturbance may have occurred on the equipment, a more detailed search of the disturbing frequency zone and the minimum level of the electrical field required to cause the disturbance is carried out,
- when the results of measurement are obtained slowly (taking more than 1 s), the disturbance is applied after the first sweep by maintaining the level of the electrical field constant for the following fixed frequencies: 80; 100; 150; 200; 300; 500; 1 000 MHz, to

which the multiple/sub-multiple frequencies of the clock frequencies of the tested sub-system are added.

The severity of the test for all the equipment shall be level 3, unless otherwise agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.4 Electrical discharge immunity test

This test shall comply with IEC 61000-4-2.

The discharges shall be carried out on every sensitive part of the equipment that an operator may come into contact with, i.e. each type of discontinuity (LED, display, pushbutton, switch, terminal) on the surfaces of the equipment and the outside of cabinets or boxes front or rear doors submitted to the test.

The contact test takes place on conducting surfaces, on insulating surfaces for the test in the air, and the plate test close to each side.

The severity of the test for all the equipment shall be:

- contact discharge: class 2,
- air discharge (and at the plate): class 3.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.5 Conducted disturbances immunity test

This test shall comply with 61000-4-6. However, as nuclear power stations are not installed in the immediate vicinity of radio transmitters, the attenuation or absence of disturbances in certain frequency bands are not taken into account.

The severity of the test for all the equipment shall be level 3.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.6 50 Hz magnetic field immunity test

This test shall be performed in compliance with IEC 61000-4-8 or the absence of components sensitive to magnetic fields shall be demonstrated.

The severity of the test for all the equipment shall be level 3.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.7 Surge immunity test (high energy)

This test shall comply with IEC 61000-4-5.

Only the a.c. supply and the connections that could leave the electrical building shall be tested.

The severity of the test shall be:

- a.c. supply: level 3 in common mode (between phase and earth) and level 2 in differential mode (between phases),
- input or output that could be connected to an electrical building outgoing cable: level 2 in common mode.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

5.5.4.8 Non-aggression test: radio disturbances

This test shall comply with IEC 61000-6-4.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performance stipulated by the manufacturer.

Table 2 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Reference radiation sources	See specific parts of IEC 60951	See specific parts of IEC 60951
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	86 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal supply voltage U_N	$U_N \pm 1 \%$
AC power supply frequency ^b	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 0,5 \%$
AC power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion less than 5 %
Gamma radiation background	Air kerma rate in accordance with manufacturer's specification	Air kerma rate in accordance with manufacturer's specification
Electrostatic field	Negligible	Negligible
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
Sampling flow-rate	Adjusted to nominal flow-rate (defined by manufacturer)	Adjusted to nominal flow-rate $\pm 5 \%$
Assembly controls	Set for normal operation	Set for normal operation
^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 a case no frequency is specified.		

Table 3 – Tests performed under standard test conditions

Characteristics under test	Requirements	Reference (subclause)
Reference response	In accordance with the manufacturer's specification	5.3.1
Sensitivity and relative response for solid sources	< 10 % from the manufacturer's specification	5.3.2
Accuracy (relative error)	< 20 % (between 2,5 times the lowest value and 75 % of the range of measurement) < 30 % (whole range of measurement)	5.3.3
Response to other artificial radionuclides	Variation < 20 % from the manufacturer's specification	5.3.4
Precision (or repeatability)	Coefficient of variation < 10 % for any reading exceeding 10 times the lowest value of the effective range of measurement	5.3.6
Stability of the indication	< 2 % of scale maximum angular deflection (analogue display) or of first order of magnitude of range of measurement (digital display)	5.3.7
Response time	In accordance with the manufacturer's specification	5.3.8
Overload test	To remain at full-scale indication (or unambiguous indication) when exposed to an activity or dose rate twice that which would give full scale deflection and perform normally when this overload is removed	5.3.9
Alarm trip range	Adjustable over 10 % to 90 % of scale reading (linear scales), from 50 % of the lowest decade to 90 % of the highest decade (logarithmic scales), or from 10 % of the second least significant decade to 90 % of the highest decade (digital display).	5.4.1
Alarm trip stability	No deviation outside the range 95 % to 105 % of the nominal alarm set level during 100 h	5.4.2
Fault alarms	As specified in design criteria	5.4.3 and 5.4.4
Warm-up time	Variation of indication < 10 % from value under standard test conditions	5.4.5
Short circuit withstand tests	As specified in design criteria	5.4.7
Degrees of protection (IP and IK codes)	IP 65 (measurement and processing devices) or IP 44 (sampling devices) and IK 07 (all devices) for the devices installed locally IP 30 and IK 07 for the devices installed in clean and dry rooms (electrical rooms) IP 65 and IK 07 for the devices installed outside the buildings	5.5.2.1
Mechanical vibrations	As specified in design criteria	5.5.2.2

Table 4 – Tests performed with variation of influence quantities

Influence quantity	Range of values of influence quantity	Limits of variation of indication	Reference (subclause)
Response to background radiation	In accordance with the manufacturer's specifications	In accordance with the manufacturer's specifications	5.3.5
Slow supply voltage variations	Upper and lower limits of supply voltage and down to zero	In accordance with the manufacturer's specifications	5.4.6.1
Sudden supply voltage variation	< 1 % of the lower limit of supply voltage during 20 ms	As specified in design criteria	5.4.6.2
AC power supply frequency	±10 % of nominal frequency	As specified in design criteria	5.4.6.3
Dry heat storage	T = + 70 °C, t = 96 h	As specified in design criteria	5.5.1.1
Cold storage	T = – 40 °C, t = 96 h	As specified in design criteria	5.5.1.2
Variable temperature storage	5 cycles of 30 min T = – 25 °C to +70 °C	As specified in design criteria	5.5.1.3
Stability of performance with variation of temperature and humidity	Damp heat T = + 40 °C, t = 96 h Cyclic damp heat: 6 cycles T = + 25 °C to + 55 °C	Change in indication < ±10 % over the entire ranges of variation of temperature and humidity	5.5.3
Electromagnetic compatibility	As specified in relevant test	As specified in relevant test	5.5.4
NOTE 1 For assemblies having a non-linear scale, a linear instrument may be substituted for the indicating meter of the assembly to verify the performance specified in this table.			
NOTE 2 DC power may be used, and in such a case the AC power supply frequency test does not apply.			

Bibliography

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

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

IEC 60532, *Radiation protection instrumentation – Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors – X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV*

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

IEC 60761-2:2002, *Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents – Part 2: Specific requirements for radioactive aerosol monitors including transuranic aerosols*

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

IEC 60761-4:2002, *Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents – Part 4: Specific requirements for radioactive iodine monitors*

IEC 60768:2009, *Process stream radiation monitoring equipment in light water nuclear reactors for normal operating and incident conditions*

IEC 60861:2006, *Equipment for monitoring of radionuclides in liquid effluents and surface waters*

IEC 60951-2:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions – Part 2: Equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in gaseous effluents and ventilation air*

IEC 60951-3:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions – Part 3: Equipment for continuous high range area gamma monitoring*

IEC 60951-4:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions – Part 4: Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams*

IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 62302:2007, *Radiation protection instrumentation – Equipment for sampling and monitoring radioactive noble gases*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60951-1:2009

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
INTRODUCTION	50
1 Domaine d'application	53
2 Références normatives	53
3 Termes et définitions	55
4 Principes de conception	59
4.1 Exigences de base liées aux fonctions	59
4.2 Gamme de mesures	61
4.3 Réponse en énergie	62
4.4 Activité minimale détectable (ou limite de détection)	62
4.5 Précision (ou répétitivité)	62
4.6 Exactitude (ou erreur relative)	62
4.7 Temps de mesure	63
4.8 Temps de réponse	63
4.9 Performance en saturation	63
4.10 Protection contre le bruit de fond ou mécanismes de compensation	63
4.11 Exigences liées aux conditions accidentelles	64
4.12 Fiabilité	64
4.13 Interface utilisateur	65
4.13.1 Généralités	65
4.13.2 Affichage des valeurs mesurées	65
4.13.3 Alarmes	65
4.13.4 Indicateurs d'état	66
4.13.5 Indicateur local	66
4.14 Essai du système, dispositifs de maintenance et facilité de décontamination	67
4.14.1 Essai du système	67
4.14.2 Dispositions de maintenance	67
4.14.3 Facilité de décontamination	67
4.15 Interférences électromagnétiques	67
4.16 Alimentations électriques	68
4.17 Interfaces	68
4.18 Ensemble de prélèvement	68
4.19 Qualité	70
4.20 Rapport des essais de type et certificats	70
5 Essais fonctionnels	71
5.1 Généralités	71
5.2 Procédures d'essais généraux	71
5.2.1 Généralités	71
5.2.2 Essais réalisés dans des conditions d'essai standard	71
5.2.3 Essais réalisés avec des variations des grandeurs d'influence	71
5.2.4 Calculs et/ou simulations numériques	72
5.2.5 Sources de référence	73
5.2.6 Variations statistiques	74
5.3 Caractéristiques des performances	74
5.3.1 Réponse de référence	74
5.3.2 Réponse relative et sensibilité pour les sources solides	75

5.3.3	Exactitude (erreur relative)	75
5.3.4	Réponse aux autres radionucléides artificiels	76
5.3.5	Réponse aux rayonnements en bruit de fond	76
5.3.6	Précision (ou répétitivité)	77
5.3.7	Stabilité des indications	78
5.3.8	Temps de réponse	78
5.3.9	Essai de saturation	79
5.4	Essais de performances électriques	79
5.4.1	Gamme d'alarmes d'arrêt d'urgence	79
5.4.2	Stabilité de l'alarme d'arrêt d'urgence	80
5.4.3	Alarmes de défaut	80
5.4.4	Essai des alarmes de défaut et d'information d'état	81
5.4.5	Temps de mise en fonctionnement — Ensemble de détection et de mesure	81
5.4.6	Influence des variations relatives à l'alimentation	81
5.4.7	Essais de résistance au court-circuit	82
5.5	Essai de performance aux conditions d'environnement	82
5.5.1	Stabilité des performances après stockage	82
5.5.2	Essais mécaniques	83
5.5.3	Stabilité des performances en présence de variations de température et d'humidité	84
5.5.4	Compatibilité électromagnétique	86
	Bibliographie	92
	Tableau 1 – Vue d'ensemble des normes couvrant le domaine de la surveillance des rayonnements	50
	Tableau 2 – Conditions de référence et conditions d'essai standards	89
	Tableau 3 – Essais réalisés en conditions d'essai standards	90
	Tableau 4 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence	91

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS POUR LES CONDITIONS ACCIDENTELLES ET POST-ACCIDENTELLES –

Partie 1: Exigences générales

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 60951-1 a été établie par le sous-comité 45A: Instrumentation et contrôle-commande des installations nucléaires, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette seconde édition annule et remplace la première édition publiée en 1988. Cette édition constitue une révision technique.

Les principaux changements techniques par rapport à l'édition précédente sont les suivants:

- Clarifier les définitions.
- Mettre à jour les références aux nouvelles normes publiées depuis la première édition.
- Mettre à jour les unités relatives aux rayonnements.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45A/734/FDIS	45A/756/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60951, présentées sous le titre général *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60951-1:2009

INTRODUCTION

a) Contexte technique, questions importantes et structure de la présente norme

Cette norme CEI s'intéresse plus particulièrement aux systèmes de surveillance des rayonnements utilisés en situations accidentelles et post-accidentelles.

Cette norme est conçue pour être utilisée par les acheteurs rédigeant les spécifications des systèmes de surveillance des rayonnements spécifiques pour leur centrale nucléaire, ainsi que par les fabricants pour identifier les caractéristiques de produit nécessaires lors du développement des systèmes de surveillance des rayonnements en situation accidentelle. Certaines caractéristiques d'instrumentation particulières telles que la gamme de mesures, la réponse en énergie demandée, et les exigences relatives à l'environnement ambiant dépendront de l'application particulière considérée. Dans ce cas, des recommandations sont fournies pour déterminer les exigences particulières, car celles-ci ne sont pas données.

Cette norme fait partie de la série des normes couvrant le domaine des systèmes de surveillance des rayonnements en situation post-accidentelle importants pour la sûreté. La série complète comprend les normes suivantes:

- CEI 60951-1 – Exigences générales
- CEI 60951-2 – Matériels pour la surveillance des rayonnements en continu avec prélèvements dans les effluents gazeux et l'air de ventilation
- CEI 60951-3 – Ensemble de surveillance locale en continu des rayonnements gamma à large gamme
- CEI 60951-4 – Equipement à large gamme pour la surveillance des rayonnements internes ou externes aux flux de procédé

b) Position de la présente norme dans la collection de normes du SC 45A de la CEI

Les normes de la série CEI 60951 sont des documents se situant au troisième niveau de la hiérarchie des normes du SC 45A de la CEI. Elles établissent des recommandations portant sur la conception et les essais des matériels de surveillance des rayonnements utilisés en conditions accidentelles et post-accidentelles. D'autres normes développées par les SC 45A et SC 45B de la CEI fournissent des recommandations pour les systèmes utilisés en fonctionnement normal. La série CEI 60761 fournit des exigences applicables aux matériels de surveillance des rayonnements avec prélèvements pour les effluents gazeux en fonctionnement normal. La CEI 60861 contient des exigences pour les matériels de surveillance des rayonnements avec prélèvements pour les effluents liquides en fonctionnement normal. La CEI 60768 établit des exigences pour la surveillance des rayonnements interne, ou externe aux fluides de procédé en fonctionnement normal ou incidentel. Enfin, l'ISO 2889 fournit des recommandations pour le prélèvement des gaz et des particules. Les relations liant ces différentes normes portant sur la surveillance des rayonnements sont données par le Tableau 1 ci-dessous:

Tableau 1 – Vue d'ensemble des normes couvrant le domaine de la surveillance des rayonnements

Développeur	ISO	SC 45A – Surveillance de la sûreté et du procédé		SC 45B – Protection contre les rayonnements et surveillance des effluents
Domaine d'application	Méthodes et circuit de prélèvement	Conditions accidentelles et post-accidentelles	Conditions normales et incidentelles	
Prélèvements des gaz, des particules et de l'iode. (Hors ligne)	ISO 2889	CEI 60951-1 et CEI 60951-2	Série CEI 60761 et CEI 62302 (pour les gaz rares seulement)	

Développeur	ISO	SC 45A – Surveillance de la sûreté et du procédé		SC 45B – Protection contre les rayonnements et surveillance des effluents
Domaine d'application	Méthodes et circuit de prélèvement	Conditions accidentelles et post-accidentelles	Conditions normales et incidentelles	
Prélèvements liquides (Hors ligne)	Non disponible	Non disponible	CEI 60861	
Flux de procédé (effluents gazeux, vapeur ou liquides sans prélèvement) (Interne ou externe)	Non disponible	CEI 60951-1 et CEI 60951-4	CEI 60768	Non disponible
Surveillance locale	Non disponible	CEI 60951-1 et CEI 60951-3	CEI 60532	
Système centralisé	Non disponible	CEI 61504		CEI 61559

Pour plus de détails sur la collection de normes du SC 45A de la CEI, voir le point d) de cette introduction.

c) Recommandations et limites relatives à l'application de la présente norme

Il est important de noter que cette norme n'établit pas d'exigences fonctionnelles supplémentaires pour les systèmes de sûreté.

d) Description de la structure de la collection des normes du SC 45A de la CEI et relations avec d'autres documents de la CEI et d'autres organisations (AIEA, ISO)

Le document de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de la CEI est la CEI 61513. Cette norme traite des exigences relatives aux systèmes et équipements d'instrumentation et de contrôle-commande (systèmes d'I&C) utilisés pour accomplir les fonctions importantes pour la sûreté des centrales nucléaires, et structure la collection de normes du SC 45A de la CEI.

La CEI 61513 fait directement référence aux autres normes du SC 45A de la CEI traitant de sujets génériques, tels que la catégorisation des fonctions et le classement des systèmes, la qualification, la séparation des systèmes, les défaillances de cause commune, les aspects logiciels et les aspects matériels relatifs aux systèmes programmés, et la conception des salles de commande. Il convient de considérer que ces normes, de second niveau, forment, avec la norme CEI 61513, un ensemble documentaire cohérent.

Au troisième niveau, les normes du SC 45A de la CEI, qui ne sont généralement pas référencées directement par la CEI 61513, sont relatives à des matériels particuliers, à des méthodes ou à des activités spécifiques. Généralement ces documents, qui font référence aux documents de deuxième niveau pour les activités génériques, peuvent être utilisés de façon isolée.

Un quatrième niveau qui est une extension de la collection de normes du SC 45A de la CEI correspond aux rapports techniques qui ne sont pas des documents normatifs.

La CEI 61513 a adopté une présentation similaire à celle de la CEI 61508, avec un cycle de vie et de sûreté global, un cycle de vie et de sûreté des systèmes, et une interprétation des exigences générales de la CEI 61508-1, de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-4 pour le secteur nucléaire. La conformité à la CEI 61513 facilite la compatibilité avec les exigences de la CEI 61508 telles qu'elles ont été interprétées dans l'industrie nucléaire. Dans ce cadre, la CEI 60880 et la CEI 62138 correspondent à la CEI 61508-3 pour le secteur nucléaire.

La CEI 61513 fait référence aux normes ISO ainsi qu'au document AIEA 50-C-QA (remplacé depuis par le document AIEA GS-R-3) pour ce qui concerne l'assurance qualité.

Les normes produites par le SC 45A de la CEI sont élaborées de façon à être en accord avec les principes de sûreté fondamentaux du Code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires, ainsi qu'avec les guides de sûreté de l'AIEA, en particulier avec le document d'exigences NS-R-1 qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires et avec le guide de sûreté NS-G-1.3 qui traite de l'instrumentation et du contrôle-commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont conformes à celles utilisées par l'AIEA.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60951-1:2009

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS POUR LES CONDITIONS ACCIDENTELLES ET POST-ACCIDENTELLES –

Partie 1: Exigences générales

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60951 établit des recommandations générales applicables aux principes de conception et aux critères de performance des matériels de mesure des rayonnements et du niveau de radioactivité des fluides (effluents gazeux ou liquides) dans les centrales nucléaires de puissance pendant et après un accident. Cette norme ne couvre que les matériels de surveillance des rayonnements en continu pour les conditions accidentelles et post-accidentelles.

L'objectif de cette norme est de stipuler les exigences générales et de donner des exemples de méthodes acceptables applicables aux matériels de surveillance en continu de la radioactivité à l'intérieur des centrales nucléaires pendant et après accident de ces installations mettant en oeuvre des réacteurs à eau légère.

Elle spécifie, pour les matériels décrits ci-dessus, les caractéristiques générales, les procédures d'essai générales, les caractéristiques électriques, celles liées à la sûreté, aux rayonnements et à l'environnement ainsi que celles liées à l'identification et la certification des matériels. Si ce matériel fait partie d'un système centralisé de surveillance des rayonnements en continu d'une installation nucléaire, on peut trouver des exigences supplémentaires dans d'autres normes applicables à ce système.

La réalisation des prélèvements et les analyses en laboratoire qui sont essentielles pour avoir un programme complet de surveillance des effluents, ne font pas partie du domaine d'application de cette norme.

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 60038:2002, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60068-2-1:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-1: Essais – Essai A: Froid*

CEI 60068-2-2:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-2: Essais – Essai B: Chaleur sèche*

CEI 60068-2-6:2007, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

CEI 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais. Essai N: Variations de température*

CEI 60068-2-30:2005, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

CEI 60068-2-78:2001, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

CEI 60529: *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60780, *Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification*

CEI 60880, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes programmés réalisant des fonctions de catégorie A*

CEI 60980, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

CEI 60987, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences applicables à la conception du matériel des systèmes informatisés*

CEI 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

CEI 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

CEI 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

CEI 61000-4-6:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-8:2001, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

CEI 61000-4-12:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale amortie*

CEI 61000-6-4:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61069-1:1991, *Mesure et commande dans les processus industriels – Appréciation des propriétés d'un système en vue de son évaluation – Partie 1: Considérations générales et méthodologie*

CEI 61226, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté – Classement des fonctions d'instrumentation et de contrôle commande*

CEI 61504:2000, *Centrales nucléaires – Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté – Surveillance des rayonnements sur l'ensemble du site d'une installation*

CEI 61559-2:2002, *Rayonnements dans les installations nucléaires – Ensembles centralisés pour la surveillance en continu des rayonnements et/ou des niveaux de radioactivité – Partie 2: Exigences pour la surveillance des rejets radioactifs, la surveillance de l'environnement, la surveillance en situation accidentelle ou post-accidentelle*

CEI 62138, *Centrales nucléaires – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes informatisés réalisant des fonctions de catégorie B ou C*

CEI 62262:2002, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)*

ISO 2889:2009, *Echantillonnage des substances radioactives contenues dans l'air dans les conduits et émissaires de rejet des installations nucléaires*

3 Termes et définitions

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

3.1

essai de réception (essai d'acceptation)

essai contractuel destiné à prouver au client que le dispositif satisfait les conditions de spécifications

[VEI 394-40-05]

3.2

conditions accidentelles

écarts par rapport au fonctionnement normal plus grave que les incidents de fonctionnement prévus incluant les accidents de dimensionnement et les accidents graves

[Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.3

diamètre aérodynamique équivalent

diamètre d'une sphère de densité 1 ayant la même vitesse de sédimentation que la particule étudiée

[VEI 393-11-41]

NOTE Le diamètre aérodynamique équivalent concerne les particules de diamètre compris entre 0,1 µm et 2 mm.

3.4

incident de fonctionnement prévu

écart de fonctionnement par rapport au fonctionnement normal que l'on s'attend à voir survenir au moins une fois pendant la durée de vie utile de l'installation mais qui, grâce aux dispositions appropriées prises lors de la conception, ne cause pas de dommage significatif à des constituants importants pour la sûreté ou ne dégenère pas en conditions accidentelles

[Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.5

coefficient de variation

rapport de l'écart type s à la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'une série de mesures x_i donnée par la formule suivante:

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

[VEI 394-40-14]

3.6

rendement de collection

pourcentage du nombre total de particules contenues au départ dans un volume d'air connu passant à travers un filtre et qui ont été retenues par celui-ci

[ISO 2889]

3.7

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude appropriée pour un usage donné

[VEI 394-40-10]

NOTE Par exemple, une valeur et son incertitude déterminées par rapport à une référence primaire ou secondaire ou par référence à un instrument qui a été étalonné par rapport à une référence primaire ou secondaire, peuvent être prises comme valeur conventionnellement vraie.

3.8

seuil de décision

valeur fixée de l'activité qui permet de prendre une décision pour chaque mesure avec une probabilité d'erreur donnée telle que la valeur enregistrée intègre une contribution de l'effet physique

[CEI 60761-1, 3.9]

NOTE L'essai statistique doit être conçu pour que la probabilité d'un rejet par erreur de l'hypothèse (erreur du premier ordre) soit égale à une valeur donnée α , "Pour" cette norme α égale 5 %.

3.9

Accidents De Dimensionnement (ADD)

conditions accidentelles par rapport auxquelles l'installation est conçue conformément à des critères de conception établis et pour lesquelles l'endommagement du combustible et les rejets de matière radioactive restent dans des limites autorisées

[Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

3.10

limite de détection

plus petite valeur vraie du mesurande qui est détectable par la méthode de mesure

[CEI 60761-1, 3.10]

NOTE La limite de détection est la plus petite valeur vraie du mesurande qui est associée à un test statistique et à une hypothèse (voir valeur décisionnelle) par les caractéristiques suivantes: si la valeur vraie est égale ou supérieure à la limite de détection, la probabilité de ne pas rejeter par erreur l'hypothèse (erreur de seconde espèce) doit être au plus égale à une valeur donnée β . Pour cette norme β égale 5 %.

3.11

étendue de mesure d'un ensemble de mesure

valeur absolue de la différence entre deux limites d'une étendue

[VEI 394-40-16]

NOTE Sur l'étendue considérée la performance de l'appareil ou de l'ensemble satisfait les exigences de ses spécifications.

3.12

faisceau électronique

flux d'électrons émis à partir d'une source et se déplaçant le long de trajectoires déterminées avec exactitude à de très grandes vitesses

[VEI 841-30-01]

NOTE Un tel faisceau dirigé vers un détecteur produit des débits très élevés.

3.13

écart type expérimental

pour une série de n mesurages du même mesurande, grandeur s caractérisant la dispersion des résultats donnée par la formule:

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

x_i étant le résultat du i ème mesurage et $\bar{x}$ la moyenne arithmétique des n résultats considérés.

[VEI 394-40-40]

NOTE 1 L'expression $s/\sqrt{n}$ est une estimation de l'écart type de la distribution de x et est appelé écart type expérimental de la moyenne.

NOTE 2 L'écart type expérimental de la moyenne est parfois appelé, à tort, erreur de la moyenne.

3.14

ensemble de mesure

ensemble destiné à mesurer une grandeur

NOTE Dans cette norme la grandeur est l'activité volumétrique, bien que celle-ci puisse être exprimée à l'aide d'autres unités.

3.15

activité minimale détectable

radioactivité qui donnerait une indication significative qui, en présence d'un bruit de fond spécifié, aurait 95 % de probabilité qu'une telle indication ne soit pas produite par le bruit de fond spécifié seul

[VEI 394-40-25]

3.16

particule

agrégat de molécules constituant un solide ou un liquide dont les dimensions sont comprises entre quelques diamètres moléculaires et quelques dixièmes de millimètre (quelques centaines de micromètres).

[ISO 2889]

3.17

flux de procédé

fluides circulant dans les systèmes mis en œuvre pour assurer une mission dans un but utile.

NOTE 1 Des exemples de flux de procédé sont: le système de refroidissement primaire, le système de refroidissement du combustible usé, un système de refroidissement de composant, etc.

NOTE 2 Les flux de procédé couverts par cette norme sont ceux dont le niveau de radioactivité peut significativement augmenter en présence de conditions accidentelles ou post-accidentelles.

NOTE 3 La surveillance de la radioactivité de ces flux de procédé fournit de l'information sur la qualité et l'intégrité des barrières ainsi que sur les rejets potentiels à l'environnement.

3.18

réponse de référence

réponse d'un ensemble dans des conditions de référence vis-à-vis d'un débit de dose de référence ou une activité de référence exprimée par:

$$R_{\text{ref}} = \frac{v - v_B}{v_c}$$

où

v est la valeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble soumis au test

v_B est la valeur correspondant au bruit de fond du matériel sans influence externe

v_c est la valeur conventionnellement vraie associée à la source de référence

[VEI 394-40-22]

NOTE La valeur du bruit de fond peut être automatiquement prise en compte par un algorithme inclus dans le système de mesure.

3.19

erreur relative

rapport de l'erreur de mesure à une valeur vraie du mesurande

[VEI 394-40-11]

NOTE 1 Etant donné qu'une valeur vraie ne peut être déterminée, dans la pratique on utilise une valeur conventionnellement vraie. Pour cette norme l'erreur relative est calculée comme suit:

$$E = \frac{(v - v_B) - v_c}{v_c}$$

où:

v est la valeur mesurée [indiquée] par le matériel ou l'ensemble en essai

v_c est la valeur conventionnellement vraie de la source de référence

v_B est la valeur correspondant au bruit de fond du matériel sans influence externe.

NOTE 2 La valeur associée au bruit de fond peut être prise en compte automatiquement par un algorithme intégré au système de mesure.

3.20

réponse relative

valeur calculée durant les essais de type égale au rapport entre la réponse de référence du matériel et la sensibilité du même matériel par rapport à la source de référence

NOTE La réponse relative permet la détermination de la réponse de référence de matériels identiques qui ont subi les essais de type relatifs à la mesure de la sensibilité par rapport à la source de référence.

3.21

temps de réponse

temps nécessaire séparant l'instant où la sortie d'un composant atteint un état spécifié et l'instant où le composant a reçu le signal qui lui impose de rejoindre cet état de sortie

[Glossaire de sûreté de l'AIEA, édition 2007]

NOTE Pour ce qui concerne les essais décrits dans cette norme le signal d'entrée est supposé être un échelon et la fin de l'état de sortie est atteinte lorsque la variation du signal de sortie atteint pour la première fois 90 % de sa valeur finale.

3.22

essai individuel de série

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication.

[VEI 394-40-03]

3.23**ensemble de prélèvement**

ensemble d'appareils interconnectés pour collecter un échantillon représentatif

3.24**efficacité de prélèvement**

pour une quantité de matière radioactive donnée, rapport de la radioactivité collectée par la radioactivité fournie pour un intervalle de temps donné

[VEI 394-39-45]

3.25**sensibilité**

pour une valeur donnée de la grandeur mesurée, le quotient de la variation de la variable observée par la variation correspondante de la grandeur mesurée

[VEI 394-39-07]

3.26**activité volumétrique**

rapport entre l'activité et le volume total du prélèvement

[VEI 393-14-16]

NOTE 1 Pour un gaz, il est nécessaire d'indiquer les conditions de pression et de température pour lesquelles l'activité volumique est mesurée, par exemple température et pression de référence.

NOTE 2 Cette quantité est exprimée Becquerels par mètre cube (Bq/m^3).

4 Principes de conception**4.1 Exigences de base liées aux fonctions**

Le principal objectif du matériel de surveillance en continu de la radioactivité en conditions accidentelles ou post-accidentelles est de mesurer de façon continue les niveaux de rayonnements pour les procédés et les zones appropriées. Ces mesures de rayonnements sont affichées localement et/ou dans les salles de commande et/ou les locaux de crise afin que les conditions radiologiques prévalentes attirent l'attention des opérateurs. Ces informations sont utilisées par les opérateurs pour évaluer les conditions de l'installation, et pour agir de façon appropriée pour limiter les conséquences de l'accident survenant sur la centrale et empêcher que des produits radioactifs ne soient rejetés par inadvertance, ainsi que prévenir le personnel de crise du site, les autorités nationales, pour déclencher les actions nécessaires à la protection du public et du personnel de la centrale. En conséquence, le matériel couvert par cette norme est capable de déclencher des alarmes et de fournir des entrées pour d'autres systèmes et procédés de la tranche pour isoler des procédés à des niveaux de radiation anormaux.

Les exigences de base pour la conception, la sélection, les essais, l'étalonnage et la localisation fonctionnelle du matériel de surveillance continue de la radioactivité en conditions accidentelles et post-accidentelles sont spécifiques à la tranche. Typiquement, celles-ci sont classées en trois catégories: la surveillance des rayonnements pour la ventilation et dans les effluents, la surveillance des rayonnements sur le procédé et la surveillance des rayonnements dans les locaux.

- Les moniteurs de rayonnements dans les effluents et pour la ventilation mesurent la radioactivité dans les gaz relâchés dans l'environnement en conditions accidentelles et post-accidentelles pour garantir que les niveaux de radiation ne sont pas dangereux pour la sûreté du public et pour permettre au plus tôt de prévenir et de réaliser les isollements de procédés, tels que l'isolement des ventilations enceinte ou l'habitabilité de la salle de commande. Les moniteurs de rayonnements sont habituellement de type « à

prélèvement » (la radioactivité est mesurée sur des échantillons prélevés dans le système d'effluent ou de ventilation).

- Les moniteurs de rayonnements procédé mesurent la radioactivité dans le fluide (gaz, liquide ou vapeur) normalement utilisé par le procédé de tranche, pour permettre au plus tôt le déclenchement des alarmes et les isolements procédé, tels que la détection des fuites du circuit primaire dans l'enceinte et d'autres systèmes. Trois types de base de moniteurs de rayonnements procédé peuvent être distingués:
 - Les moniteurs internes au fluide de procédé: le détecteur est placé directement dans le flux du procédé (tuyauterie, gaine, réservoir, conduite, etc.).
 - Les moniteurs externes au fluide de procédé: le détecteur est placé directement sur une paroi du flux du procédé.
 - Les moniteurs à prélèvement: un échantillon est prélevé dans le flux du procédé et dirigé vers un détecteur situé à distance.
- Les moniteurs de rayonnements de zone (type gamme large) sont situés stratégiquement dans les bâtiments susceptibles de recevoir des débits de dose élevés en conditions accidentelles et incidentelles, tels que le bâtiment réacteur, et ils peuvent servir de systèmes de surveillance post-accidentelle. Les moniteurs de rayonnements de zone sont fixés sur les murs de la zone ou sur les parois du réservoir à surveiller. Suivant les niveaux de radiations à l'endroit où est installé le détecteur, la partie électronique du moniteur peut être déportée à une certaine distance du détecteur.

Dans le cas de la collecte de données critiques, ces moniteurs sont généralement conçus pour résister à une ambiance hostile et à des événements sismiques, pendant et après l'accident.

Il convient de prendre en considération les exigences de surveillance des rayonnements et la conception du système de surveillance des rayonnements dès les premières phases de conception de la centrale pour mettre en place une surveillance efficace par rapport au niveau de sensibilité adapté. Ainsi, pour maximiser les capacités de performance il convient que l'acheteur et le fabricant suivent la procédure suivante:

- Etablir les caractéristiques de mesure requises (acheteur):
 - Déterminer les scénarii de fonctionnement normal et accidentel, les termes sources correspondant (les isotopes prépondérants devant être mesurés par le moniteur), y compris leurs compositions chimiques.
 - Déterminer les informations essentielles requises par l'opérateur de la centrale ou le système de contrôle commande pour déclencher les actions d'urgence, les fonctions affectées aux matériels pour la surveillance des rayonnements et pour les classer conformément aux recommandations de la CEI 61226.
 - Déterminer les points de mesure optimum en prenant en compte les conditions d'installation (localisation, interfaces avec les fonctions de protection de la centrale, conditions d'ambiance et exigences de qualification, branchements électriques au travers des barrières de sûreté, etc.).
 - Calculer les transferts d'activité (propagation par les tuyauteries ou les gaines et au travers des barrières de sûreté), de façon à déterminer les spectres d'activité et le bruit de fond au point de mesure.
 - Déterminer le profil de temps associé au rejet prévu et la gamme de mesures et le temps de réponse complet de la chaîne de mesure (y compris le système de prélèvement, le cas échéant, et le temps pour envoyer et afficher les informations à destination de l'opérateur de la centrale ou du système de contrôle commande).
 - Déterminer les caractéristiques de base des capteurs (type de rayon et de mesure, sensibilité et gamme de mesures, réponse en énergie et performance en hors gamme, etc.) et du système de prélèvement le cas échéant.
 - Déterminer le taux de fausses alarmes tolérable en prenant en compte les conditions de la centrale et les conséquences d'erreur de mesure (y compris les pertes de

prélèvement), et spécifier la précision et l'exactitude nécessaire pour rester en dessous de ce seuil.

- Vérifier les caractéristiques métrologiques des appareils retenus (accord entre l'acheteur et le vendeur):
 - Calculer le temps de réponse de l'instrumentation (temps de mesure lié à une exactitude spécifiée plus temps nécessaire à l'appareil pour produire une alarme), et le temps de réponse global de la chaîne d'instrumentation (y compris le temps de réponse du système de prélèvement).
 - Calculer au point de mesure, l'efficacité de détection géométrique, le seuil de détection et l'activité minimale détectable (ou la limite de détection), prenant en compte des boucliers de protection adaptés.
 - Pour chaque caractéristique de l'instrument, il convient que le fabricant spécifie ses écarts fonctionnels par rapport à ses grandeurs d'influence (ou paramètres variables). Il est recommandé de considérer au moins les grandeurs d'influence (ou paramètres variables) suivantes:
 - spectre d'activité et profil de temps du spectre d'activité (pendant les conditions de fonctionnement transitoire) de la source à mesurer;
 - spectre d'activité et profil de temps du spectre d'activité (pendant les conditions de fonctionnement transitoire) du bruit de fond;
 - géométrie de détection;
 - nombre d'écarts de référence (de façon à calculer l'activité minimum détectable ou la limite de détection);
 - débit des effluents à mesurer;
 - conditions thermodynamiques;
 - précision et profil de temps lié à la précision (de façon à calculer le temps de mesure en état stabilisé ainsi qu'en conditions de fonctionnement transitoires);
 - temps de mesure et temps de réponse (en conditions de fonctionnement transitoire);
 - Pour les grandeurs d'influence dépendant du procédé ou de la situation, il convient que l'acheteur indique la gamme de leurs valeurs. Sinon, il convient que le fabricant fasse les hypothèses nécessaires de façon à prendre en compte les conditions probables d'utilisation de l'appareil.

NOTE Le terme « fabricant » couvre les concepteurs et vendeurs de matériel. Le terme « acheteur » comprend les utilisateurs.

Si les signaux sont utilisés pour déclencher les actions de protection afin de limiter les conséquences de mauvais fonctionnements ou de défaillances de structures, de systèmes ou de composants, les équipements font partie de systèmes liés à la sûreté ou du système de protection. Dans ce cas ils doivent satisfaire aux exigences portant sur ces systèmes conformément à la CEI 61226.

Si une qualification est nécessaire, les matériels doivent faire l'objet d'une qualification environnementale conformément aux exigences de la CEI 60780 (et à celles de la CEI 60980 pour le séisme).

4.2 Gamme de mesures

L'acheteur doit spécifier la gamme de mesures efficace requise. La gamme doit être compatible avec le niveau de rayonnement atteint en conditions accidentelles et post-accidentelles. La limite basse de la gamme de mesures doit chevaucher d'au moins une décade (échelle logarithmique) la gamme de mesures du moniteur utilisé pour les conditions de fonctionnement normal de la centrale. Il convient que l'activité maximale ou le débit de dose mesurable soit au moins supérieur d'une décade à la plus haute activité ou débit de dose qu'il est prévu d'atteindre en conditions accidentelles et post-accidentelles.

4.3 Réponse en énergie

Le détecteur peut être choisi pour mesurer les rayons bêta ou les rayons gamma. L'acheteur doit confirmer que la réponse en énergie de l'ensemble de détection est adaptée aux activités de surveillance prévues.

4.4 Activité minimale détectable (ou limite de détection)

L'activité minimale détectable (ou limite de détection) est égale à une valeur multiple de l'écart type du signal qui aurait été mesurée par l'appareil en absence d'activité hormis le bruit de fond et dans les conditions spécifiées. Il convient de ne la considérer qu'en condition de fonctionnement stabilisé. Son calcul par une formule est possible, utilisant le temps de mesure, cependant cela ne donne pas une évaluation rigoureuse de la limite de la gamme de mesures.

L'activité minimale détectable (ou limite de détection) requise dépendra des applications particulières et variera en fonction des règles locales et de la conception de la centrale. Elle doit être spécifiée par le concepteur de la centrale.

Le fabricant doit spécifier l'activité minimale détectable (ou limite de détection) pour les nucléides remarquables, prenant en compte les sources de vérification et les dispositions prises concernant l'échelle d'affichage du moniteur ainsi que toutes les données utiles nécessaires pour spécifier les limites effectives de la gamme de mesures, et ceci même en conditions de fonctionnement transitoires. Les grandeurs d'influence, leurs gammes de valeur et les variations qu'elles entraînent au niveau de l'activité minimale détectable (ou limite de détection) doivent être spécifiées.

4.5 Précision (ou répétitivité)

La précision (ou répétitivité) est une mesure de la dispersion des estimations autour de leur valeur moyenne. Elle doit être fournie par le fabricant dans la gamme de mesures efficace en % de la valeur du signal pour un intervalle de confiance donné (ou une probabilité d'erreur). En supposant que les estimations suivent une distribution gaussienne, il convient d'exprimer cette probabilité en termes de nombre de fois la valeur de l'écart type.

NOTE Par exemple, la précision pourrait être de 20 % de la valeur du signal dans une zone de la gamme de mesures efficace avec une probabilité de 95 % (ceci signifiant que toutes les estimations sont comprises entre $\pm 2\sigma$, σ étant l'écart type) et 30 % dans une autre zone de la gamme de mesures efficace avec une autre probabilité.

La précision doit être cohérente avec les hypothèses prises pour les analyses d'accident, les besoins opérateur, et les exigences imposées par les autres systèmes utilisant les signaux de surveillance des rayonnements. De plus, elle doit être caractérisée pour les valeurs du signal inférieures à la gamme de mesures efficace. Les grandeurs d'influence, la gamme des valeurs et les variations qu'elles entraînent sur la précision doivent être spécifiées par le fabricant.

Typiquement, il convient que la précision soit inférieure à 20 % sur la totalité de la gamme de mesures efficace, toutes grandeurs d'influence prises en compte.

4.6 Exactitude (ou erreur relative)

L'exactitude (ou erreur intrinsèque relative) est une mesure de l'écart entre la valeur conventionnellement vraie et la moyenne des estimations. Elle doit être fournie par le fabricant sur la gamme de mesure efficace en % de la valeur du signal pour un intervalle de confiance donné (ou probabilité d'erreur). En supposant que les estimations suivent une loi de distribution gaussienne, il convient d'exprimer cette probabilité en nombre de fois la valeur de l'écart type.

NOTE Par exemple, l'exactitude peut être de 20 % de la valeur du signal dans une zone de la gamme de mesures efficace avec une probabilité de 95 % (ceci signifiant que toutes les estimations sont comprises entre $\pm 2\sigma$, σ étant l'écart type) et 30 % dans une autre zone de la gamme de mesures efficace avec une autre probabilité.

L'exactitude doit être cohérente avec les hypothèses prises pour les analyses d'accident, les besoins opérateur, et les exigences imposées par les autres systèmes utilisant les signaux de surveillance des rayonnements. De plus, elle doit être caractérisée pour les valeurs du signal inférieures à la gamme de mesures efficace. Les grandeurs d'influence, la gamme des valeurs et les variations qu'elles entraînent sur la précision doivent être spécifiées par le fabricant.

Typiquement, il convient que l'exactitude soit inférieure à 30 % sur la totalité de la gamme de mesures efficace, toutes grandeurs d'influence prises en compte.

4.7 Temps de mesure

Le temps de mesure est le temps moyen pour réaliser la mesure et obtenir une estimation du signal dans des conditions données. Il convient de ne le considérer qu'en conditions de fonctionnement stabilisé. Son calcul par une formule est possible, cependant ceci ne prend pas en compte les algorithmes de traitement mis en oeuvre dans le moniteur.

Le fabricant doit spécifier le temps de mesure ainsi que les données utiles (écart type ou précision) nécessaires pour connaître la précision des estimations et le taux de fausses alarmes. Les grandeurs d'influence, la gamme des valeurs et les variations qu'elles entraînent sur la précision doivent être spécifiées.

4.8 Temps de réponse

Le temps de réponse est le temps nécessaire au moniteur, après une variation brutale (par exemple un échelon) pour réaliser la mesure et que son signal de sortie ou son indication atteigne pour la première fois 90 % (dans le cas d'une augmentation) ou 10 % (dans le cas d'une diminution) de la variation.

NOTE Pour des systèmes intégrateurs, c'est un pourcentage de la valeur d'équilibre de la dérivée première du signal de sortie en fonction du temps qu'il convient de considérer.

Le temps de réponse ne doit être considéré qu'en conditions de fonctionnement transitoire. On doit prendre en compte les algorithmes de traitement du moniteur.

Ainsi, son calcul par une formule n'est pas pertinent et le fabricant doit l'estimer en réalisant des essais ou des simulations numériques, et fournir l'ensemble des valeurs numériques utiles pour déterminer ses relations avec la précision des estimations et le taux de fausses alarmes. Les grandeurs d'influence, la gamme des valeurs et les variations qu'elles entraînent sur le temps de réponse doivent être spécifiées.

4.9 Performance en saturation

L'indication de mesure ne doit pas diminuer ou tomber à zéro pendant et après une exposition entraînant un dépassement du maximum de la gamme de mesures. On doit maintenir l'indication du maximum de la gamme ou une indication non ambiguë. Lorsque l'exposition décroît et que l'on repasse en dessous du maximum de la gamme de mesures, le système doit se récupérer dans l'intervalle de temps spécifié par l'acheteur.

4.10 Protection contre le bruit de fond ou mécanismes de compensation

Une protection ou une compensation électronique doit être mise en oeuvre autant que nécessaire pour réduire les effets des rayonnements en bruit de fond sur la mesure des rayonnements procédé.

Un accord peut être trouvé entre le fabricant et l'acheteur sur le fait que les rayonnements significatifs en bruit de fond proviennent uniquement de directions ou de sources prédéfinies

(cuve, tuyauteries, etc.). Ceci peut être pris en compte dans la réalisation de la protection. En l'absence d'accord, la protection doit assurer pour la partie sensible du détecteur une atténuation des rayonnements dans toutes les directions, prenant en compte la structure matérielle de l'ensemble de détection et la réponse angulaire du détecteur.

Si le matériel ne peut être aisément retiré de la protection, il convient que ce soit la protection qui soit aisément démontable. Il convient que le fabricant et l'acheteur s'entendent sur la masse maximale des éléments ou sur les moyens de manutention.

Lorsque des détecteurs supplémentaires intégrés à de l'électronique sont utilisés pour réduire les effets des rayonnements en bruit de fond, ceux-ci doivent être choisis et situés pour assurer pratiquement la meilleure compensation, prenant en compte les gammes d'énergie et la direction des rayonnements.

4.11 Exigences liées aux conditions accidentelles

La conception du matériel doit garantir que le matériel supportera les fonctions système nécessaires et que le matériel n'aura pas de défaillance du fait des conditions d'ambiance rencontrées en conditions de fonctionnement normal, accidentelles ou post-accidentelles.

Les périodes, durant l'accident ou après, pendant lesquelles le fonctionnement du système est requis doivent être spécifiées par l'acheteur.

Les conditions d'ambiance locales dans lesquelles les différents composants du système doivent fonctionner, en conditions d'exploitation normale, accidentelles et post-accidentelles, doivent être spécifiées par l'acheteur. La spécification des conditions d'ambiance doit comprendre, lorsque c'est pertinent, les conditions qui concernent la température et la pression, leur taux d'évolution, les vibrations, l'humidité, les fluides agressifs ou corrosifs, les vapeurs ou les poussières, les séismes, l'environnement électromagnétique et toutes autres conditions physiques hostiles, telles que les débits de dose en fonctionnement normal et accidentel et les doses intégrées à l'endroit où est situé le matériel de surveillance.

Le fabricant doit fournir un matériel conçu pour fonctionner en tous points du domaine d'ambiance décrit ci-dessus, sauf accord conclu entre l'acheteur et le fabricant. Si nécessaire, le matériel doit être qualifié aux conditions d'ambiance relatives à l'application conformément aux normes applicables.

En particulier, l'équipement doit être conçu pour minimiser les effets induits par les conditions d'ambiance spécifiées, et le lieu d'installation des détecteurs doit être choisi en tenant compte du bruit de fond prévalant durant et après l'accident, ainsi que des besoins en matière de protection pour minimiser les effets liés à celui-ci. On doit autant que possible choisir le lieu d'installation pour faciliter les opérations de maintenance et d'étalonnage. Il convient aussi de prendre en compte dans le choix du lieu d'installation les besoins d'installer des matériels électroniques dans des zones de faible débit de dose.

On doit aussi prendre en compte l'éventualité que des matériaux de construction du moniteur puissent rejeter des substances corrosives ou empoisonnées dans des conditions d'ambiance hostiles, telles que durant un incendie, en présence de températures élevées ou de rayonnements forts. La conception doit minimiser autant que possible ceci au niveau du choix des matériaux de construction et en les isolant de façon appropriée.

4.12 Fiabilité

La fiabilité requise des fonctions doit être spécifiée de façon quantitative (temps moyen entre les défaillances) ou qualitativement (conformité au critère de défaillance unique).

Les exigences suivantes doivent être satisfaites pour tous les composants de l'équipement (y compris l'ensemble de prélèvement le cas échéant), objets d'une maintenance planifiée adaptée:

- Temps moyen entre les défaillances: > 20 000 h (avec une maintenance préventive);
- Une Analyse des Modes de Défaillance et de ses Effets (AMDE) doit être réalisée en plus du calcul du temps moyen entre défaillances dans le cas d'équipement classé comme réalisant des fonctions de catégorie A au sens de la CEI 61226.
- Le fabricant doit spécifier la fréquence de la maintenance régulière et complètement décrire chaque procédure de maintenance (voir 4.14.2). Il convient limiter ces exigences au minimum pratique.

4.13 Interface utilisateur

4.13.1 Généralités

Le système doit fournir un affichage continu et/ou un enregistrement de l'activité ou du débit de dose et, en plus, il doit émettre un signal d'alarme lorsque le niveau d'activité ou le débit de dose dépasse une valeur prédéterminée.

4.13.2 Affichage des valeurs mesurées

Le choix entre les échelles logarithmiques, les échelles linéaires ou les affichages numériques doit être adapté aux objectifs de l'équipement. Les échelles logarithmiques ou les affichages numériques sont généralement préférés.

Pour les ensembles fournis avec des échelles linéaires il doit être possible de changer de plage pour que le facteur d'échelle ne dépasse pas 10. Un indicateur de l'échelle utilisée doit être fourni.

En présence de conditions accidentelles pouvant produire de grandes variations au niveau des valeurs affichées, on ne doit pas pouvoir, sauf contrairement et spécifiquement indiqué par l'acheteur, basculer manuellement entre les gammes.

4.13.3 Alarmes

4.13.3.1 Généralités

Les dispositifs d'alarme et d'information doivent être adaptés aux objectifs du matériel.

Les circuits d'alarme doivent être opérationnels pour maintenir une condition d'alarme jusqu'à ce que celle-ci soit en particulier remise à l'état initial par une commande ad hoc ou automatiquement lorsque l'état à l'origine de l'alarme disparaît. Il convient de pouvoir sélectionner facilement le mode d'alarme, mais aussi de permettre les contrôles administratifs. Ceci peut être par exemple réalisé en utilisant des clefs, des mots de passe ou de légères reconfigurations matérielles pour basculer de mode.

Toutes les fonctions d'alarme doivent être fournies avec des dispositifs d'essai permettant de vérifier le fonctionnement des alarmes. En cas d'alarmes configurables, la vérification doit être possible sur toute la gamme de réglages avec un indicateur du point réel d'activation de l'alarme.

Les fonctions d'alarme doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. Au minimum et lorsque cela est pertinent les alarmes décrites dans les paragraphes suivant doivent être fournies.

4.13.3.2 Alarme haut niveau

Au moins une alarme à point de consigne réglable doit être disponible, le réglage allant:

- au moins de 10 % à 90 % de l'échelle de lecture (échelle linéaire), de 50 % de la plus petite décade disponible à 90 % de la plus grande décade (échelle logarithmique),

- ou de 10 % de la deuxième plus petite décade à 90 % de la décade supérieure (affichage digital).

4.13.3.3 Alarmes de défaut

Il convient de fournir autant d'alarmes séparées que pratiquement nécessaire pour ce qui concerne les défaillances mécaniques ou électroniques. Il convient d'avoir au moins les alarmes suivantes lorsque celles-ci sont pertinentes:

- Perte de signal du détecteur.
- Perte du circuit de prélèvement.
- Perte du système de refroidissement.
- Perte du système de réchauffage.
- Haute pression du système de prélèvement.
- Haute température du système de prélèvement.
- Haut niveau d'humidité du système de prélèvement.
- Haut niveau de rayonnement ambiant.
- Défaut du système de purge.

4.13.4 Indicateurs d'état

Il convient d'avoir les indicateurs suivants s'ils sont pertinents:

- En marche.
- Pompe en marche/Arrêt.
- Débit Min/Max.
- Pression.
- Humidité.
- Température.
- Etat de l'alimentation électrique du détecteur.
- Réchauffage du détecteur en marche.
- Dispositif de refroidissement du flux gazeux en marche.
- Dispositif de réchauffage du flux gazeux en marche.
- Alarmes de groupe de défauts positionné.
- Système de purge en marche.
- Basculement d'alimentation électrique interne le cas échéant (par exemple batteries).

4.13.5 Indicateur local

Il convient de mettre à disposition dans des lieux accessibles, proches des ensembles de détection, les unités d'alarme et indicateurs locaux, pour permettre le contrôle d'accès aux zones fortement irradiées en conditions accidentelles ou pour la maintenance et l'étalonnage durant le fonctionnement normal.

Suivant leurs lieux d'installation, les unités d'alarme et les indicateurs locaux doivent être qualifiés de façon appropriée en fonction de leur mission et de leur situation, conformément à la CEI 60780. Si les unités d'alarme et les indicateurs locaux ne satisfont pas aux mêmes exigences de qualification que les détecteurs on doit démontrer que leur défaillance n'affectera pas les principales fonctions de surveillance.

4.14 Essai du système, dispositifs de maintenance et facilité de décontamination

4.14.1 Essai du système

On doit avoir la possibilité de vérifier périodiquement le bon fonctionnement du système, et ceci du détecteur à l'affichage des mesures, à la fonction d'alarme et aux sorties du système. Il convient que ces vérifications comprennent des vérifications fonctionnelles, l'étalonnage et la vérification de la linéarité des mesures.

Il convient d'avoir la possibilité de vérifier que la réponse du capteur soit correcte en un point représentatif de l'échelle de mesure sans accéder au détecteur, en utilisant par exemple une source de vérification contrôlée à distance. Il convient aussi de pouvoir vérifier d'autres points supplémentaires, ainsi il convient d'avoir à disposition les moyens d'accès au détecteur et de garantir la possibilité de répéter la vérification, par exemple en plaçant le détecteur sur une embase pour réaliser des vérifications avec une ou des sources de référence.

4.14.2 Dispositions de maintenance

Le fabricant doit spécifier la fréquence de la maintenance régulière et décrire en détails chaque procédure de maintenance, prenant en compte le taux de défaillance de chaque composant de façon à définir la planification de la maintenance préventive.

Il convient que ces exigences de maintenance soit pratiquement limitées au minimum. La conception de tous les matériels doit être telle que la maintenance et la réparation en sont facilitées. Il est recommandé que les composants soient interchangeables sans nécessité d'ajustement ou d'assortiment. Tous les matériels doivent être conçus de façon à ne pas exposer le personnel d'exploitation à des risques de contamination ou aux rayonnements durant les manipulations ou les autres opérations d'exploitation.

On doit pouvoir réaliser entièrement ou partiellement les opérations de maintenance tranche en fonctionnement. Il convient que le matériel autorise à distance l'inspection et les réglages, la détection et la correction des dérives intrinsèques de performance, les auto-tests de valeurs, le diagnostic avec assistance et l'indication des anomalies sur tous les composants. Il convient d'avoir à disposition au travers d'affichage des capacités d'auto diagnostics.

Tous les équipements électroniques doivent être fournis avec un nombre suffisant de points de test identifiés et facilement accessibles pour faciliter les réglages et la localisation des défauts. Les outils de maintenance spéciaux doivent être fournis.

4.14.3 Facilité de décontamination

L'ensemble de détection ou l'ensemble de détection et de prélèvement doit être réalisé de telle façon que la contamination du matériel soit réduite autant que possible. Il doit être conçu pour faciliter la décontamination lorsque cela est nécessaire. Les surfaces externes doivent faire l'objet de traitements spéciaux pour permettre la décontamination.

4.15 Interférences électromagnétiques

On doit se prémunir des effets des interférences électromagnétiques conduites ou émises par l'équipement.

Sauf accord différent entre l'acheteur et le fabricant, les normes suivantes doivent être appliquées: CEI 61000-4-2, CEI 61000-4-3, CEI 61000-4-4, CEI 61000-4-5, CEI 61000-4-6, CEI 61000-4-8, CEI 61000-4-12 et CEI 61000-6-4.

Les niveaux de sévérité sont donnés en 5.5.4.

4.16 Alimentations électriques

Il convient de concevoir les ensembles pour qu'ils fonctionnent à partir d'une catégorie de tension d'alimentation en courant alternatif monophasé suivante conformément à la CEI 60038:

- 110 V alternatif et/ou 230 V alternatif en 50 Hz;
- 120 V et/ou 240 V alternatif en 60 Hz;
- 24 V en courant continu.

L'alimentation monophasée nominale, au Etats-Unis et au Canada se fait en 117 V et/ou 234 V, 60 Hz. Le 110 V, 50 Hz est aussi utilisé au Royaume-Uni.

S'il y a accord entre l'acheteur et le fabricant, l'équipement peut être conçu pour fonctionner à partir d'une alimentation de secours basse tension en cas de perte de l'alimentation électrique. Dans ce cas, il serait souhaitable qu'il n'y ait pas de mauvais fonctionnement de l'équipement ou d'émission d'alarme lors du basculement de sources d'alimentation et il convient qu'une indication de ce basculement de sources soit fournie.

S'il y a accord entre le fabricant et l'acheteur, l'alimentation des moteurs de pompe à air peut se faire en triphasé.

4.17 Interfaces

Les propriétés physiques des interfaces des composants du système doivent être spécifiées. Celles-ci doivent comprendre le type de branchement (piquage sur la tuyauterie et branchement des câbles), propriétés électriques, et interprétation des signaux échangés (par exemple broches de sortie). Lorsque c'est possible, il convient que ces spécifications soient faites en référence à des normes disponibles.

Lorsque des interfaces réseau sont utilisées, il convient de fournir le détail des protocoles d'interface réseau. Typiquement ces éléments de détail comprennent, l'organisation logique des bits de données transmis, les échanges d'information entre les nœuds réseau utilisés pour acheminer les données, la qualité et la nature de l'acheminement des données, l'organisation des séquences de données, et la syntaxe des données qui ont été transférées. Pour vérifier la satisfaction des exigences concernant la conception et les performances de l'équipement relié à son réseau, on doit réaliser une validation générale fonctionnelle qui comprend des essais portant sur les échanges de données entre les sous-systèmes et les opérateurs.

Lorsque l'équipement fait partie du système de surveillance d'ensemble du site, il doit satisfaire aux exigences particulières de la CEI 61504 et/ou de la CEI 61559-2, sauf accord entre le fabricant et l'acheteur.

4.18 Ensemble de prélèvement

Lorsqu'un ensemble de prélèvement est nécessaire, il doit assurer l'échantillonnage, le transport et conditionnement de l'air, du gaz, de la vapeur ou du liquide à analyser, de plus il doit offrir des moyens d'isolement, de démontage du détecteur et du système de contrôle des échantillons si nécessaire.

En général les performances de la chaîne d'instrumentation dépendent en partie de la conception de l'ensemble de prélèvement. Ainsi il convient qu'une étude soit réalisée par le fabricant pour caractériser les pertes d'échantillon prévisibles en conditions de fonctionnement normal et accidentelles. Ces pertes doivent rester aussi faibles que possible. La configuration et la longueur des circuits de prélèvement doivent être compatibles avec les temps de réponse de la chaîne d'instrumentation et garantir une homogénéité suffisante de l'échantillon au point de mesure, évitant le piégeage des aérosols et de la poussière en suspension dans l'air, la formation de bulles dans les liquides, ou la condensation dans les

lignes d'échantillonnage due à des variations de température ou de pression. En particulier, il est recommandé de prendre en compte la nature des matériaux de construction, l'état de surface interne et la facilité de décontamination (en considérant les effets électrostatiques, la corrosion chimique, les possibilités d'absorption et de condensation), le temps de transit jusqu'au détecteur (débit, vitesse du fluide et densité), ainsi que les formes chimiques des radioéléments surveillés.

Les caractéristiques suivantes doivent être prises en compte et faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur:

- nombre et position optimale des sondes de prélèvement (représentativité des échantillons, distance minimale entre les prises d'entrée et les sorties pour éviter la recirculation, etc.);
- diamètre interne des lignes;
- nature des matériaux utilisés et en particulier effets de corrosion chimique ou d'érosion et d'électricité statique;
- état de finition des surfaces internes;
- rayon de courbure et changement de direction;
- longueur des lignes et pentes;
- raccordement des lignes, branchement sur des tuyauteries externes, sur le moniteur;
- agression par les produits chimiques et la vapeur;
- filtration des matières en suspension.

Les composants de l'ensemble de prélèvement dépendent du type de fluide à échantillonner et des conditions particulières d'échantillonnage. Sa conception doit prendre en compte les recommandations des normes ISO relatives aux prélèvements (par exemple l'ISO 2889 pour l'échantillonnage des particules radioactives).

De plus les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- lorsque nécessaire, les dispositifs de prélèvement doivent être conçus pour garantir l'intégrité de l'enceinte nucléaire;
- des sondes isocinétiques doivent être utilisées si des aérosols ou de l'iode doivent être échantillonnés, des sondes omnidirectionnelles doivent être utilisées si le prélèvement est réalisé dans un local;
- si une chute de débit ou de pression peut avoir une influence sur une valeur mesurée (activité volumétrique) celle-ci doit être constamment mesurée et contrôlée;
- lorsque des appareils sont nécessaires pour échantillonner et conditionner le fluide (par exemple des pompes, des filtres, des détecteurs de pression ou de température, des électrovannes, etc.) ils doivent être adaptés aux conditions de poussière dans l'air ou de particules en suspension dans les liquides et être dimensionnés pour fonctionner entre deux arrêts de tranche planifiés;
- lorsque des pompes sont nécessaires, elles doivent être placées en aval du point de mesure et lorsque c'est nécessaire être équipées de protection contre les élévations anormales de pression et de température;
- si nécessaire, des dispositifs de protection du personnel doivent être mis en œuvre contre la température, la pression, les rayonnements, etc.;
- il doit être possible d'isoler chaque ensemble de prélèvement pour des raisons de sûreté;
- conformément à ce qui est convenu entre l'acheteur et le fabricant, il convient de mettre en œuvre des dispositifs de collecte des échantillons pour l'analyse différée en laboratoire;
- le niveau de bruit acoustique produit par le matériel doit être minimisé et cohérent avec le type d'environnement dans lequel il est prévu que le matériel fonctionne.

4.19 Qualité

Le système et le matériel doivent être de grande qualité, ils doivent être développés suivant un processus structuré englobant des mesures de conception conservatoires, il convient de mettre en œuvre une validation et une vérification pour s'assurer que les exigences sont correctement formulées et que celles-ci sont correctement mises en œuvre. Il convient que le matériel des systèmes numériques soit développé conformément aux recommandations de la CEI 60987. Les logiciels réalisant des fonctions de catégorie A doivent être développés conformément aux recommandations de la CEI 60880. Les logiciels réalisant des fonctions de catégories B et C doivent être développés conformément aux recommandations de la CEI 62138.

Sur demande de l'acheteur, toute la documentation produite pendant la conception, la réalisation, l'installation, les essais, la mise en service doit être mise à disposition pour garantir des performances correctes du système et de matériel.

4.20 Rapport des essais de type et certificats

Sur demande de l'acheteur, le fabricant doit présenter un rapport des essais individuels de série réalisés conformément aux exigences de cette norme (partie 1 et partie spécifique). Ce rapport d'essai doit être conforme aux spécifications fournies en 5.6 de la CEI 61069-1 qui indique que:

« La conduite et les résultats de l'évaluation doivent être consignés dans un compte rendu d'évaluation et/ou d'appréciation détaillé et complet. Il est recommandé que le ou les rapports présentent avec précision, clarté et objectivité l'objectif, les résultats et toutes les informations concernant l'évaluation.

Ces rapports doivent au moins faire état des informations suivantes:

- un titre approprié;
- les informations concernant l'organisme et/ou les personnes responsables de l'évaluation ou de l'appréciation;
- si le système a été évalué pour une application particulière, les caractéristiques de cette application en termes de processus, type et nombre d'entrée/sortie, vitesse de balayage, mission du système, tâches et fonctions, etc., doivent apparaître;
- une description et une identification du système évalué comportant une liste du matériel avec les références des modèles et du logiciel utilisé avec les données d'acceptation;
- l'(les) objectif(s) de l'évaluation;
- un résumé des points essentiels de l'évaluation et des conclusions obtenues;
- un bilan des procédures, méthodes, spécifications et essais (résumés de préférence sous la forme d'un tableau de synthèse complété par des documents référencés) ainsi qu'un résumé des raisons qui ont présidé au choix des éléments donnés dans le tableau de synthèse. Il est recommandé que les raisons pour lesquelles certains aspects ne sont pas évalués soient également enregistrées;
- il est recommandé que toute déviation par rapport au plan d'évaluation (additions ou exclusion) soit enregistrée et commentée;
- mesures, examens et résultats obtenus illustrés par des tableaux, graphiques, dessins ou photographies appropriées;
- défaillances observées;
- notifications des incertitudes concernant les mesures;
- notification indiquant si le système est en conformité ou non avec les prescriptions par rapport auxquelles il a été évalué.

Le compte rendu d'évaluation doit avoir une page de titre indiquant le titre du compte rendu, un numéro (de série) unique, l'autorité ayant effectué l'évaluation et la date de publication.

Il est recommandé que le format soit normalisé pour faciliter la comparaison des évaluations des différents systèmes.

Les corrections ou compléments au rapport après sa parution doivent être faits uniquement sous la forme d'un rapport complémentaire faisant référence au rapport original identifié par son titre et son numéro. Ce rapport complémentaire doit être en conformité avec les mêmes prescriptions que le rapport principal.»

Un certificat doit aussi être fourni avec chaque matériel, et indiquer au moins les informations à caractère général suivantes ainsi que les informations complémentaires précisées dans les parties appropriées de la norme:

- identification de l'entité qui a dressé le certificat,
- identification du fabricant,
- identification du produit,
- programme/procédures et rapport des essais individuels de série,
- bon de commande et documents associés,
- capacité des signataires officiels.

5 Essais fonctionnels

5.1 Généralités

Sauf spécifications contraires, les essais décrits dans cet Article doivent être considérés comme des essais de type, bien qu'une partie ou tous puissent être considérés comme des essais de recette suivant accord entre le fabricant et l'acheteur. Les exigences énoncées constituent des exigences minimales et peuvent être appliquées à n'importe quel équipement ou fonction particulier.

Ces essais ne comprennent pas d'essais de qualification qui doivent être réalisés en plus si l'équipement doit être qualifié conformément à la CEI 60780.

5.2 Procédures d'essais généraux

5.2.1 Généralités

Les procédures d'essais généraux applicables à tous les types de moniteurs sont couvertes par cette norme. Les procédures d'essais de détail varieront conformément aux caractéristiques particulières de chaque type de moniteur. Des exigences pour les essais spécialisés sont fournies dans les normes pertinentes couvrant chaque type de moniteur.

Les essais décrits dans cette norme peuvent être classés suivant qu'ils sont réalisés dans des conditions d'essai standard ou dans d'autres conditions.

5.2.2 Essais réalisés dans des conditions d'essai standard

Les conditions d'essai standard sont définies dans le Tableau 2. Dans le Tableau 3, une liste d'essais de performance dans des conditions d'essai standard indique pour chaque essai les caractéristiques objet de l'essai et les exigences correspondant au paragraphe où la méthode d'essai est décrite.

5.2.3 Essais réalisés avec des variations des grandeurs d'influence

L'objet de ces essais est de déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence.

Pour faciliter la réalisation de ces essais, ils peuvent être classés en trois catégories:

- Essais liés à la mesure, aux alarmes et aux indicateurs (tous types de mesures);
- Essais liés aux ensembles de prélèvement (mesures par prélèvement);
- Autres essais complémentaires liés aux performances prévues en mesure volumétrique (tous types de mesures).

De façon à vérifier les effets de la variation de chaque grandeur d'influence dont la liste est fournie par le Tableau 4, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions d'essai standard données par le Tableau 2, sauf s'il y a d'autres exigences.

Pour simplifier ces essais, la réalisation d'un seul test est nécessaire pour chaque grandeur d'influence individuelle. Cet essai doit mesurer les effets des variations spécifiées de la grandeur d'influence pour des niveaux d'activité ou de débit de dose proche de 50 % de la deuxième gamme ou décade la plus sensible.

Les essais relatifs aux ensembles de mesure, d'alarme ou d'information sont présentés dans le Tableau 4 avec l'étendue de variation de chaque grandeur d'influence et les limites des variations correspondantes sur l'ensemble d'information.

Les essais de l'ensemble de prélèvement sont présentés dans les différentes parties de cette norme qui traitent des mesures avec prélèvement. La gamme de variations de chaque grandeur d'influence et les limites des variations correspondantes des paramètres objet de l'essai sont décrites.

Les essais complémentaires relatifs aux performances prévues au niveau des mesures volumétriques pour lesquels des essais réels ne sont pas possibles sont décrits ci après. Les calculs et les simulations numériques doivent prendre en compte les variations spécifiées des grandeurs d'influence indiquées par le Tableau 4 pour à minima les mêmes niveaux d'activité ou de débit de dose que ceux indiqués ci-dessus, et, suivant accord entre l'acheteur et le fabricant, pour toute la gamme de mesures.

5.2.4 Calculs et/ou simulations numériques

Ce paragraphe couvre les systèmes d'instrumentation internes ou externes au fluide de procédé, mais, sur accord passé en l'acheteur et le fabricant, il est aussi applicable aux systèmes fonctionnant avec prélèvement.

Sur requête de l'acheteur et lorsque les essais réels ne sont pas possibles, par exemple lorsque le système d'instrumentation est destiné à mesurer l'activité d'un fluide dans des conditions qui ne sont pas reproductibles pour les essais ou l'étalonnage, le fabricant doit fournir les calculs et/ou les simulations numériques qui permettent de garantir que les performances exigées par cette norme, et particulièrement les caractéristiques de détection objet de l'essai par rapport à des sources ponctuelles, sont garanties dans les conditions réelles d'utilisation.

Sur requête de l'acheteur, les calculs reproduisant la géométrie exacte de l'ensemble "source volumétrique – collimateur – détecteur – protection" et prenant en compte plusieurs sources volumétriques mono-énergétiques doivent être fournis par le fabricant de façon à valider les performances de détection (limites de détection, sensibilité, etc.) et à être comparés avec les essais réels réalisés avec des sources ponctuelles mono-isotope ou réalisés sur configuration équivalente ayant fait l'objet d'essais individuels de série. Une analyse détaillée doit expliquer les différences entre les essais réels et les calculs.

Suivant les accords passés entre l'acheteur et le fabricant, il convient que d'autres calculs prenant en compte la vitesse du fluide ou le débit, et une source volumétrique multi-énergétique aussi proche que possible de la source volumétrique réelle attendue, soient fournis ainsi que l'analyse détaillée correspondante.

Le fabricant doit fournir une documentation complète garantissant que les logiciels utilisés pour les calculs et les simulations représentent correctement les phénomènes physiques dans la gamme spécifiée. Il convient que cette documentation soit par exemple composée de comparaisons avec d'autres méthodes de calcul vérifiées ou des codes qualifiés d'analyse, et qu'elle comprenne des analyses de sensibilité paramétrique, des résultats d'expérimentation et d'essais dans des conditions réelles, des données et les corrélations correspondantes extraites de publications techniques, ainsi que d'autres méthodes pertinentes.

5.2.5 Sources de référence

5.2.5.1 Exigences générales

Toutes les sources utilisées pour les essais de réponse (sources d'étalonnage primaire) doivent faire l'objet de traçabilité de la part du laboratoire national de normalisation pour les mesures de radioactivité (LNNMR) du pays dans lequel la source est utilisée.

Toutes les sources utilisées pour les autres essais individuels de série ou les essais de réception (sources d'étalonnage secondaire) doivent être préparées à partir de solutions radioactives faisant l'objet d'une traçabilité de la part du LNNMR ou doivent faire référence à l'étalonnage primaire réalisé lors des essais de réponse de référence, pour avoir un lien direct avec ceux-ci (facteur de transfert).

Il convient que toutes les sources d'étalonnage secondaire se présentent sous la forme solide.

Le type de source est spécifié dans la partie spécifique de cette norme. Il est probable qu'un certain nombre de sources soit nécessaire pour couvrir la gamme de mesures et d'énergie de l'équipement. L'activité de ces sources doit être adaptée à l'équipement.

L'activité ou le débit d'émission en surface conventionnellement vraie de ces sources doit être connu avec une incertitude absolue supérieure à 10 % ($k = 2$), et une incertitude relative par rapport aux autres sources utilisées durant l'essai meilleure que 10 % ($k = 2$). Lorsque la méthode d'essai utilise un appareil de référence pré-étalonné à la place d'une source définie précisément, l'étalonnage de cet appareil doit être réalisé suivant une norme équivalente pour ce qui est de l'incertitude.

5.2.5.2 Etalonnage primaire (essai de réponse)

5.2.5.2.1 Sources gazeuses

Pour les systèmes d'instrumentation à prélèvement, les sources de référence doivent être des sources gazeuses d'une activité volumétrique connue pour le radionucléide approprié ou pour un mélange de radionucléides. La nature des gaz à utiliser doit faire l'objet d'un accord en le fabricant et l'acheteur.

Un système d'instrumentation étalonné peut être utilisé comme une solution alternative à l'utilisation de sources étalonnées gazeuses, pour établir la réponse correcte à l'activité indéfinie d'une source. S'il est prévu d'utiliser un tel système d'instrumentation, celui-ci doit être étalonné durant les essais, à moins qu'il ne l'ait été auparavant.

Si l'emploi de sources gazeuses implique des volumes ou des activités de sources ingérables, une méthode acceptable consiste à simuler une source de grande taille en positionnant des petites sources en différents endroits par rapport au détecteur et en utilisant les valeurs lues en entrée des calculs et des simulations numériques de la réponse du détecteur. Le fabricant doit démontrer la validité de tels calculs.

5.2.5.2.2 Sources solides

Pour les systèmes d'instrumentation avec prélèvement, la réponse relative aux sources solides doit être déterminée au cours de ces essais de type par étalonnage croisé par rapport

aux sources gazeuses, et cette réponse relative peut alors être utilisée en conjonction avec les essais de la source solide lorsque ceux-ci remplacent les essais avec la source gazeuse.

Pour les moniteurs de zone, tous les essais doivent être réalisés avec des sources solides, ou des sources primaires ou des sources secondaires ayant fait l'objet d'un étalonnage croisé durant l'étalonnage primaire.

De telles sources solides doivent avoir une forme physique adaptée et les radionucléides la constituant être adaptés à l'ensemble en essai. En particulier, la situation de la source par rapport au détecteur doit être précisément fixée dans le but de la répétitivité des essais.

5.2.5.3 Autres types de sources

Pour réaliser des essais avec des débits de dose extrêmement élevés des sources de rayonnements électroniques peuvent être utilisées.

5.2.5.4 Générateur de signal électronique

De façon à éviter l'utilisation de sources de trop haute activité pour les essais individuels de série ou les essais de réception, l'ensemble de mesure seul peut être testé par l'injection d'un signal électronique adapté sur l'entrée normale du détecteur de l'ensemble de mesure.

5.2.6 Variations statistiques

Quel que soit l'essai nécessitant l'utilisation des rayonnements, si l'ordre des variations statistiques des indications conséquences de la seule nature aléatoire des rayonnements représente une part significative de l'écart des indications autorisé par l'essai, alors un ensemble suffisant de valeurs affichées doit être relevé pour assurer que la valeur moyenne de celles-ci peut être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité à l'essai dont il est ici question.

L'intervalle entre les lectures doit être au moins supérieur à trois fois le temps de réponse de façon à garantir que les lectures sont statistiquement indépendantes.

5.3 Caractéristiques des performances

5.3.1 Réponse de référence

5.3.1.1 Exigences

Le fabricant doit indiquer la relation entre la valeur affichée fournie par l'ensemble de mesure et le débit de dose de référence ou l'activité lorsque le matériel fonctionne en conditions d'essai standard et est mis en oeuvre selon les recommandations du fabricant. L'incertitude portant sur la réponse de référence doit être spécifiée.

L'essai doit être réalisé avec un ensemble de sources présentant des caractéristiques géométriques et de représentativité des radionucléides différentes, ainsi que défini en 5.2.5.

5.3.1.2 Méthode d'essai

L'ensemble doit fonctionner dans les conditions d'essai standards et être mis en oeuvre selon les recommandations du fabricant sans la présence de source de rayonnements de référence. La valeur affichée pour le bruit de fond doit être notée.

L'ensemble doit alors être suffisamment exposé à une source de référence adaptée pour fournir une valeur affichée se situant approximativement au milieu de l'échelle linéaire ou dans la deuxième plus petite décade de l'échelle logarithmique ou de l'affichage digital. La valeur de R_{ref} doit être calculée comme indiqué en 3.18.