

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams for normal and incident conditions

Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Matériels pour la surveillance des rayonnements en continu, interne et externe, au niveau des fluides de procédés pour les conditions de fonctionnement normal et incidentel



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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 – Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams for normal and incident conditions

Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Matériels pour la surveillance des rayonnements en continu, interne et externe, au niveau des fluides de procédés pour les conditions de fonctionnement normal et incidentel

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 27.120.20

ISBN 2-8318-1037-5

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references.....	8
3 Terms and definitions.....	10
4 Design principles.....	10
4.1 Basic requirements related to functions.....	10
4.2 Measurement range.....	11
4.3 Energy response.....	11
4.4 Minimum detectable activity (or detection limit).....	12
4.5 Precision (or repeatability).....	12
4.6 Accuracy (or relative error).....	12
4.7 Measurement time.....	13
4.8 Response time.....	13
4.9 Overload performance.....	13
4.10 Ambient background shielding or compensation devices.....	13
4.11 Requirements related to incident conditions.....	14
4.12 Reliability.....	14
4.13 User interface.....	14
4.13.1 General.....	14
4.13.2 Display of measured value.....	15
4.13.3 Alarms.....	15
4.13.4 Status indication.....	15
4.13.5 Local indications.....	16
4.14 System testing, maintenance facilities and ease of decontamination.....	16
4.14.1 System testing.....	16
4.14.2 Maintenance facilities.....	16
4.14.3 Ease of decontamination.....	17
4.15 Electromagnetic interference.....	17
4.16 Power supplies.....	17
4.17 Interfaces.....	17
4.18 In-line detectors mechanical features.....	18
4.18.1 General requirements.....	18
4.18.2 Pressure-containing parts.....	18
4.18.3 Materials.....	18
4.18.4 Verification of material processing.....	19
4.19 Quality.....	19
4.20 Type test report and certificate.....	19
5 Functional testing.....	20
5.1 General.....	20
5.2 General test procedures.....	21
5.2.1 General.....	21
5.2.2 Tests performed under standard test conditions.....	21
5.2.3 Tests performed with variation of influence quantities.....	21
5.2.4 Calculations and/or numerical simulations.....	21
5.2.5 Reference sources.....	22

5.2.6	Statistical fluctuations.....	22
5.3	Performance characteristics	23
5.3.1	Reference response	23
5.3.2	Accuracy (relative error)	23
5.3.3	Response to other artificial radionuclides	24
5.3.4	Response to background radiation.....	24
5.3.5	Precision (or repeatability).....	25
5.3.6	Stability of the indication	25
5.3.7	Response time	25
5.3.8	Overload test.....	26
5.4	Electrical performance tests	26
5.4.1	Alarm trip range.....	26
5.4.2	Alarm trip stability.....	27
5.4.3	Fault alarm	27
5.4.4	Status indication and fault alarm tests	27
5.4.5	Warm-up time – Detection and measuring assembly.....	27
5.4.6	Influence of supply variations	28
5.4.7	Short circuit withstand tests.....	29
5.5	Environmental performance test	29
5.5.1	Stability of performance after storage	29
5.5.2	Mechanical tests.....	30
5.5.3	Stability of performance with variation of ambient and stream conditions.....	31
5.5.4	Electromagnetic compatibility	33
	Bibliography.....	39
	Table 1 – Reference conditions and standard test conditions	36
	Table 2 – Tests performed under standard test conditions	37
	Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities.....	38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**NUCLEAR POWER PLANTS –
INSTRUMENTATION IMPORTANT TO SAFETY –
EQUIPMENT FOR CONTINUOUS IN-LINE OR ON-LINE
MONITORING OF RADIOACTIVITY IN PROCESS STREAMS
FOR NORMAL AND INCIDENT CONDITIONS**

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 60768 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 1983. This edition constitutes a technical revision.

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

- to clarify the definitions.
- to up-date the reference 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/729/FDIS	45A/741/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.

This International Standard is to be read in conjunction with IEC 60951:2009.

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.

INTRODUCTION

a) Technical background, main issues and organisation of this Standard

This IEC standard specifically focuses on process streams radiation monitoring systems used for normal and incident 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 normal and incident 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.

b) Situation of this Standard in the structure of the IEC SC 45A standards series

IEC 60768 is at the third level in the hierarchy of SC 45A standards. It provides guidance on the design and testing of process streams radiation monitoring equipment used for normal and incident conditions. Other standards developed by SC 45A and SC 45B provide guidance on instruments used for monitoring radiation as part of normal operations and also for accident and post accident conditions. IEC 60761 series provide 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 60951 standard series establishes requirements for equipment for radiation monitoring for accident and post accident conditions.

Finally, ISO standard 2889 gives guidance on gas and particulate sampling. The relationship between these various radiation monitoring standards is given in the table below:

Developer	ISO	SC 45A – Process and safety monitoring		SC 45B – Radiation protection and effluents monitoring
		Accident and post-accident conditions	Normal and incident conditions	
Gas, Particulate and iodine with sampling (OFF LINE)	ISO 2889	IEC 60951-1 and 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 4	IEC 60768	N/A
Area monitoring	N/A	IEC 60951-1 and 3	IEC 60532	
Central System	N/A	IEC 61504		IEC 61559

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, IAEA and 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 45 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 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 – EQUIPMENT FOR CONTINUOUS IN-LINE OR ON-LINE MONITORING OF RADIOACTIVITY IN PROCESS STREAMS FOR NORMAL AND INCIDENT CONDITIONS

1 Scope

Information regarding the levels of radioactive materials in defined process streams of nuclear power plants is necessary to evaluate plant performance, to provide at an early stage information on possible radioactive releases, and to allow plant operators to take actions to control these releases.

This International Standard provides criteria for the design, selection, testing, calibration and functional location of equipment for the monitoring of radioactive substances within plant-process streams during normal operation conditions and anticipated operational occurrences.

IEC 60768 is only applicable to continuous in-line or on-line measurement, i.e. monitors of which the detector measures radioactivity by being positioned in the process stream (i.e. immersed in) or adjacent to the process stream (i.e. viewing straight through a pipe or tank). It does not apply to monitors of which the detector measures a representative proportion of the stream at some remote location (sampling assembly), which are within the scope of IEC 60861.

IEC 60768 is only applicable to monitors for normal and incident conditions. Process stream radiation monitoring equipment for accident and post-accident conditions are within the scope of IEC 60951-4.

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 60038:1983, *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 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

IEC 60780:1998, *Nuclear power plants – Electrical equipment of the safety system – Qualification*

IEC 60880:2006, *Nuclear power plants – Instrumentation and control systems important to safety – Software aspects for computer-based systems performing category A functions*

IEC 60951-1:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post accident conditions – Part 1: General requirements¹*

IEC 60980:1989, *Recommended practices for seismic qualification of electrical equipment of the safety system for nuclear generating stations*

IEC 60987:2007, *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 61000-4-4:2007, *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 61000-4-8:1993, *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 61000-4-18:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-18: Testing and measurement techniques – Damped oscillatory 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 61226:2005, *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 62138:2004, *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)*

¹ To be published.

3 Terms and definitions

The terms and definitions given in IEC 60951-1:2009 apply.

4 Design principles

4.1 Basic requirements related to functions

The main purpose of equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process streams is to continuously measure radiation levels in appropriated pipes or tanks, either by being positioned in them (i.e. immersed in the process stream) or adjacent to them (i.e. viewing straight through the process stream). These radiation measurements are displayed locally and/or in control rooms to keep plant operators aware of current radiological conditions. This information is used for control purposes and/or initiation of protective actions. 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 in-line and on-line monitoring of radioactivity in process streams are plant specific.

Process radiation monitors within the scope of this standard can be classified into two basic types:

- in-line monitors: the detector is located directly in the process stream (pipe, stack, tank, duct, etc.),
- on-line monitors: the detector faces directly the process stream.

For the purpose of critical data collection, these monitors may be 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 conditions and anticipated operational occurrences, and the corresponding source terms (preponderant 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 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)
 - Determine the stream characteristics (physical, chemical and dynamic characteristics of the stream to be monitored) such as: type of fluid, thermodynamic state, temperature range and rate of change, pressure range and rate of change, radiochemical properties, etc.
 - If necessary, 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 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)
- Determine the acceptable false alarm rate taking into account the plant conditions and the consequences of error in measurement, 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 + time for the apparatus to provide an alarm)
 - Calculate, at the point of measurement, geometric detection efficiency, decision threshold and minimum detectable activity (or detection limit), 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 detection limit)
 - flow rate of the stream 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.

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 normal and incident conditions. A minimum of four decades of measurement is required.

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 detection limit)

The minimum detectable activity (or detection limit) 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 detection limit) 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 detection limit) 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 detection limit) 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 term 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 incident 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 10 % 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 term 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 incident 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 20 % 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) needed 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 signal to measure (for example a step), to have its output signal or indication reaching for the first time 90 % (increasing transition) or 10 % (decreasing transition) of the variation.

NOTE For integrating systems, it is a percentage of the equilibrium value of the first derivative of the output signal in 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 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 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 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 practicable compensation, taking account of the range of energies and the direction of the radiation.

4.11 Requirements related to incident conditions

Equipment design shall assure that the equipment supports the necessary system functions and that the equipment will not fail due to environmental conditions experienced during normal and incident conditions.

The incident 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 and incident 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 incident 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 incident 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 account of 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 requirements 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 incident 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 between the purchaser 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 for electronic or mechanical fault should be provided. At least, the following should be provided when appropriate:

- loss of detector signal;
- loss of the cooling system;
- loss of the heating system;
- high ambient radiation.

4.13.4 Status indication

The following indications should be provided when appropriate:

- power On;
- 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;
- 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 incident 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. Interchange ability 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 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.

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 the operator.

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

4.18 In-line detectors mechanical features

4.18.1 General requirements

Whenever in-line detectors are located in a sleeve or a piping system implanted as part of a pipe or tank under pressure or carrying hot or corrosive fluid, specific requirements shall apply to ensure thermodynamical and mechanical conditions are taken into account.

When specified, the sleeve or piping system, including all accessories, shall be supplied by the detector manufacturer and fully assembled on the main pipe or tank when possible.

The sleeve or piping system shall be designed and arranged to permit an easy removal of the detector for maintenance and cleaning. The detector shall be adequately installed in the sleeve or piping system to prevent damage due to vibration under normal operation and maintenance activities.

The mechanical features of piping and its connections, including bolting and sealing, shall be agreed between the purchaser and manufacturer, and shall conform to relevant standards.

4.18.2 Pressure-containing parts

The maximum allowable working pressure of the detector at the most severe operating conditions shall be clearly defined by the manufacturer. In no case shall the maximum allowable working pressure of the detector and the sleeve exceed that of the sleeve flanges.

Pressure casings including the detector housing shall be of such thickness as will be suitable for containing pressure and limiting distortion under the maximum allowable pressure at the operating temperature.

The casing shall also be suitable for the hydrostatic test pressure at ambient temperature.

The pressure-containing parts shall be made of non corrosive materials, to be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

The bolting selected (property class) shall be adequate for the maximum allowable working pressure of the detector sleeve and for normal tightening procedures. If at some point it is necessary to use a fastener of special quality, interchangeable fasteners for other joints shall be of the same quality.

4.18.3 Materials

The materials used for pressure-containing parts shall be suitable for the fluid to be monitored. In particular, they shall resist corrosion caused by the liquid handled and by environmental conditions.

Materials are selected by the purchaser. If the detector manufacturer considers other materials to be more suitable, these should be offered as alternatives by the manufacturer according to the operating conditions specified on the data sheet.

For hazardous liquids, the manufacturer shall propose suitable materials for agreement by the purchaser.

For high or low temperature applications, the detector manufacturer shall give due consideration to mechanical design.

Chemical composition, mechanical properties, heat treatment and welding procedures shall be in accordance with the relevant material standards.

4.18.4 Verification of material processing

When tests and certificates for the above-mentioned properties are required, the procedures shall conform to relevant standards and be agreed between the purchaser and manufacturer. All certificates shall be issued by the manufacturer's quality control.

Any or all of the following inspections may be requested by the purchaser:

- a) examination of components before assembling;
- b) internal examination of the casing after running of test;
- c) installation dimensions;
- d) auxiliary or additional equipment;
- e) chemical composition: according to manufacturer's standard specification or with specimen per melt;
- f) mechanical properties: according to manufacturer's standard specification or with specimen per melt and heat treatment;
- g) susceptibility to intergranular attack (where applicable);
- h) non-destructive tests (leakage, ultrasonic, dye penetrant, magnetic particle, radiographic, spectroscopic identification, etc.).

All pressurised parts, including their fasteners, shall meet the same mechanical performances as the pipe or tank on which they are installed. The means of verification shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

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 standard IEC 61069-1 (1991) 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 used 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 section 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 qualification tests that shall be performed in addition 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.

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 1. Tests performed under standard test conditions are listed in Table 2, 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 two categories:

- tests relating to the measurement, alarm and indication assemblies;
- tests relating to postulated performance in volumetric measurement.

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

The complementary tests relating to postulated performance in volumetric measurement where real testing is impossible are described hereafter. The calculations and numerical simulations shall take into account the specified change of influence quantity required in Table 3 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

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 (detection limit, 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 comprehensive documentation to substantiate that the software used in calculations and simulations correctly represents 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 test 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).

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.

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 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 of IEC 60951-1:2009.

5.3.2 Accuracy (relative error)

5.3.2.1 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 10 %, between 2,5 times the lowest value of the effective range of measurement and 75 % of this range, and shall not exceed ± 20 % over the whole effective range of measurement. The uncertainty of the radioactive source is not included.

Tests can be performed in two ways:

- with 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.

5.3.2.2 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.

5.3.3 Response to other artificial radionuclides

5.3.3.1 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.

5.3.3.2 Test method

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

5.3.4 Response to background radiation

5.3.4.1 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 between the manufacturer and purchaser shall be used for other activities, for example neutrons and/or high energy betas may affect the reading.

5.3.4.2 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.

5.3.4.3 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 1 min 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 measuring 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 test with a Co-60 source.

5.3.5 Precision (or repeatability)

5.3.5.1 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.

5.3.5.2 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.

5.3.6 Stability of the indication

5.3.6.1 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.

5.3.6.2 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 at each time shall lie within the limits indicated.

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

5.3.7 Response time

5.3.7.1 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 on the response time shall be specified.

The test shall be carried out with sources of the same representative radionuclide and geometric characteristics.

5.3.7.2 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.

The test is carried out in two steps:

- by locating the detector relative to an empty volume, equivalent to the actual operating conditions of the monitor, for a sufficient time 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 solid source is introduced and the moment at which the reading reaches for the first time 90 % of the variation.

5.3.8 Overload test

5.3.8.1 Requirements

The equipment shall maintain full-scale indication or an unambiguous indication when “exposed” to an appropriate activity or dose rate two times 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.

5.3.8.2 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 two times 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;

an alarm shall operate and permit the identification of the failure. For the electronic circuit, a specific fault alarm shall operate within 1 min after failure. The manufacturer shall indicate the time required to obtain 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 and electronic circuit, 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 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 ± 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 of the two states.

On 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 ± 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,
- the de-energizing of all or part of the equipment.

On completion of this test, the performance of the monitor shall comply with the performances 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,
- $T_A = +70\text{ °C}$, $t = 96\text{ h}$, $< 1\text{ °C/min}$ 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.

5.5.1.2 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)

This tests is applicable to on-line monitors and outside parts of in-line monitors. For in-line detectors located in sleeves or piping systems and submitted to the physical and chemical conditions of the stream to be monitored, mechanical features and tests shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer, and shall conform to relevant standards (see 4.18).

The tests shall comply with standards 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 and IK 07 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 (eg: 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 standard 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 ambient and stream conditions

5.5.3.1 On-line measurement – Stability of performances with variation of ambient temperature or humidity

5.5.3.1.1 Requirements

Wherever the equipment or part of the equipment are submitted to variations of temperature or humidity 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.

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.

5.5.3.1.2 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 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,
 - $T = +40\text{ °C}$, 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,
 - $T_A = +25\text{ °C}$, $T_B = +55\text{ °C}$.

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 noted 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.

5.5.3.2 In-line measurement – Stability of performances with variation of stream temperature, pressure or flow-rate

5.5.3.2.1 Requirements

For in-line measurement, detectors are submitted to variations of temperature, pressure and flow-rate of the stream to be measured, the outside part of the monitor (not in contact with the stream) being submitted to the influence of ambient temperature or humidity.

As it is obvious that such influence quantities and their ranges of variation are different for testing the measurement assembly and testing the detector, these tests shall be performed in two steps:

- test of the influence of the ambient temperature and humidity on the measurement assembly as described in 5.5.3.1,
- test of the influence of the temperature, pressure and flow-rate on the detector being in contact with the medium to be measured.

For all parts of the monitor, the change in indication shall be less than 10 % over the entire ranges of variation of temperature, pressure, humidity or flow-rate.

5.5.3.2.2 Test method

The test procedure shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer. The following method may be used so far as it is applicable.

The detector should be exposed to suitable solid sources as defined in 5.2.5, such that the nominal reading under standard test conditions is known. The indication should be monitored during the test.

The part of the measurement assembly designed to operate in-line, including the detector, should be completely immersed in water in a pressurized chamber, mounted in position of industrial use, and submitted to the specified variation of temperature, pressure and/or flow-rate for the duration prescribed in the relevant specification. The severities shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer, in accordance with the postulated stream characteristics. Relevant measurements shall be carried out to ensure that the water temperature, pressure and/or flow-rate shall not differ by more than values agreed upon.

5.5.4 Electromagnetic compatibility

5.5.4.1 Oscillatory wave immunity

The test procedures previously defined in IEC 61000-4-12 are now defined in IEC 61000-4-18, with the following details concerning the dampened oscillatory wave:

- 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 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 between the purchaser and the manufacturer.

In order to take into account the perturbations related to wireless communications, the 1 800 MHz to 3 000 MHz frequency range shall be tested for level 3.

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 IEC 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 1 – 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 ¹	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal supply voltage U_N	$U_N \pm 1 \%$
AC power supply frequency ²	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
¹ Where the detection technique is particularly sensitive to variation in atmospheric pressure, the conditions shall be limited to $\pm 5 \%$ of the reference pressure. ² DC power supply may be used, and in such a case no frequency is specified.		

Table 2 – Tests performed under standard test conditions

Characteristics under test	Requirements	Reference (subclause)
Reference response	In accordance with the manufacturer's specification	5.3.1
Accuracy (relative error)	< 10 % (between 2,5 times the lowest value and 75 % of the range of measurement) < 20 % (whole range of measurement)	5.3.2
Response to other artificial radionuclides	Variation < 20 % from the manufacturer's specification	5.3.3
Precision (or repeatability)	Coefficient of variation < 10% for any reading exceeding 10 times the lowest value of the effective range of measurement	5.3.5
Stability of the indication	< 2 % of scale maximum angular deflection (analogue display) or of first order of magnitude of range of measurement (digital display)	5.3.6
Response time	In accordance with the manufacturer's specification	5.3.7
Overload test	To remain at full-scale indication (or unambiguous indication) when exposed to an activity or dose rate two times that which would give full scale deflection and perform normally when this overload is removed	5.3.8
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 3 – 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	5.3.4
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 performances with variation of ambient temperature or humidity (on-line measurement)	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	5.5.3.1
Stability of performances with variation of stream temperature, pressure or flow-rate (in-line measurement)	As specified in relevant test	Change in indication <±10 % over the entire ranges of variation of stream temperature, pressure or flow-rate	5.5.3.2
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 case the a.c. power supply frequency test does not apply.			

Bibliography

IEC 60761 (all parts), *Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents*

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

IEC 60951 (all parts), *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post accident conditions*

IEC 61513:2001, *Nuclear power plants – Instrumentation and control for systems important to safety – General requirements for systems*

IEC 61559:1996, *Radiation in nuclear facilities – Centralized systems for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity*

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

ISO 2889:2009, *Sampling airborne radioactive materials from the stacks and ducts of nuclear facilities²*

² To be published.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	42
INTRODUCTION.....	44
1 Domaine d'application	46
2 Références normatives.....	46
3 Termes et définitions	48
4 Principes de conception	48
4.1 Exigences de base liées aux fonctions	48
4.2 Gamme de mesures	50
4.3 Réponse en énergie	50
4.4 Activité minimale détectable (ou limite de détection)	50
4.5 Précision (ou répétitivité).....	50
4.6 Exactitude (ou erreur relative)	51
4.7 Temps de mesure.....	51
4.8 Temps de réponse.....	51
4.9 Performance en saturation	51
4.10 Protection contre le bruit de fond ou mécanismes de compensation	52
4.11 Exigences liées aux conditions incidentelles.....	52
4.12 Fiabilité	53
4.13 Interface utilisateur.....	53
4.13.1 Généralités.....	53
4.13.2 Affichage des valeurs mesurées	53
4.13.3 Alarmes	53
4.13.4 Indication d'état.....	54
4.13.5 Indicateur local	54
4.14 Système d'essai, dispositifs de maintenance et facilité de décontamination.....	55
4.14.1 Système d'essai	55
4.14.2 Dispositions de maintenance	55
4.14.3 Facilité de décontamination	55
4.15 Interférences électromagnétiques.....	55
4.16 Alimentations électriques	56
4.17 Interfaces	56
4.18 Caractéristiques mécaniques des détecteurs internes	56
4.18.1 Exigences générales	56
4.18.2 Composants sous pression.....	57
4.18.3 Matériaux	57
4.18.4 Vérification du traitement des matériaux.....	57
4.19 Qualité	58
4.20 Rapport des essais de type et certificats	58
5 Essais fonctionnels.....	59
5.1 Généralités.....	59
5.2 Procédures d'essais généraux.....	59
5.2.1 Généralités.....	59
5.2.2 Essais réalisés sous des conditions d'essai standard	60
5.2.3 Essais réalisés avec des grandeurs d'influence variant	60
5.2.4 Calculs et/ou simulations numériques.....	60
5.2.5 Sources de référence	61

5.2.6	Variations statistiques	61
5.3	Caractéristiques des performances	62
5.3.1	Réponse de référence	62
5.3.2	Exactitude (erreur relative)	62
5.3.3	Réponse aux autres radionucléides artificiels	63
5.3.4	Réponse aux rayonnements en bruit de fond	63
5.3.5	Précision (ou répétitivité)	64
5.3.6	Indications de stabilité	64
5.3.7	Temps de réponse	64
5.3.8	Essai de saturation	65
5.4	Essais de performances électriques	66
5.4.1	Gamme d'alarme d'arrêt d'urgence	66
5.4.2	Stabilité de l'alarme d'arrêt d'urgence	66
5.4.3	Alarmes de défaut	66
5.4.4	Essai des alarmes de défaut et d'information d'état	67
5.4.5	Temps de préchauffage — Ensemble de détection et de mesure	67
5.4.6	Influence des variations relatives à l'alimentation	67
5.4.7	Essais de résistance au court circuit	68
5.5	Essai de performance aux conditions d'environnement	68
5.5.1	Stabilité des performances après stockage	68
5.5.2	Essais mécaniques	69
5.5.3	Stabilité des performances en présence de variations de conditions d'ambiance et de celles relatives au fluide	71
5.5.4	Compatibilité électromagnétique	73
	Bibliographie	79
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai standard	76
	Tableau 2 – Essais réalisés en conditions d'essai standard	77
	Tableau 3 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence	78

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – MATÉRIELS POUR LA SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS EN CONTINU, INTERNE ET EXTERNE, AU NIVEAU DES FLUIDES DE PROCÉDÉS POUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT NORMAL ET INCIDENTEL

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 60768 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 1983. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- 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/729/FDIS	45A/741/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.

Cette Norme internationale doit être lue conjointement avec la CEI 60951:2009.

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.

INTRODUCTION

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

Cette Norme internationale s'intéresse plus particulièrement aux systèmes de surveillance des rayonnements des flux de procédé utilisés en situations de fonctionnement normal et incidentel.

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 continue en ligne des rayonnements en situation de fonctionnement normal et incidentel. Certaines caractéristiques d'instrumentation particulières telles que la gamme de mesure, 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.

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

La norme CEI 60768 est un document se situant au troisième niveau de la hiérarchie des normes du SC 45A de la CEI. Elle établit des recommandations portant sur la conception et les essais des matériels de surveillance des rayonnements de flux de procédé utilisés en conditions de fonctionnement normal ou incidentel. D'autres normes développées par les SC 45A et SC 45B de la CEI fournissent des recommandations pour les instruments de surveillance des rayonnements utilisés en fonctionnement normal et aussi en situation accidentelles ou post accidentelle. 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 hors ligne des rayonnements avec prélèvements pour les effluents liquides en fonctionnement normal. La série de normes CEI 60951 établit des exigences pour le matériel de surveillance des rayonnements en conditions accidentelles et post accidentelles.

Enfin, la norme 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 ci-dessous:

Développeur	ISO	SC 45A – Surveillance de la sûreté et du procédé		SC 45B – Protection contre les rayonnements et surveillance des effluents
		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 2	Série CEI 60761 et CEI 62302 (pour les gaz rares seulement)	
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 4	CEI 60768	Non disponible
Surveillance locale	Non disponible	CEI 60951-1 et 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 cette norme

Il est important de noter que la présente norme n'établit pas d'exigence fonctionnelle supplémentaire pour les systèmes de sûreté.

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

Le document de niveau supérieur de la collection de normes produites par le SC 45A de la CEI est la norme 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. Elle 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, la protection contre 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 norme 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 des parties 1, 2 et 4 de la CEI 61508 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 partie 3 de la CEI 61508 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 séries de 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.

CENTRALES NUCLÉAIRES DE PUISSANCE – INSTRUMENTATION IMPORTANTE POUR LA SÛRETÉ – MATÉRIELS POUR LA SURVEILLANCE DES RAYONNEMENTS EN CONTINU, INTERNE ET EXTERNE, AU NIVEAU DES FLUIDES DE PROCÉDÉS POUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT NORMAL ET INCIDENTEL

1 Domaine d'application

Une information concernant les niveaux de radioactivité des fluides de processus des centrales nucléaires est nécessaire pour pouvoir estimer les performances d'une centrale, fournir suffisamment tôt des indications sur d'éventuelles émissions radioactives et permettre aux opérateurs de prendre les mesures appropriées pour le contrôle de ces émissions radioactives.

La présente Norme internationale établit des recommandations applicables à la conception, aux choix, aux essais, à l'étalonnage et à l'emplacement fonctionnel de l'équipement de surveillance des matières radioactives présentes dans les fluides de processus des centrales en condition de fonctionnement normal et durant les incidents de fonctionnement prévus.

La CEI 60768 est uniquement applicable aux mesures internes ou externes faites en continu, par exemple les moniteurs dont les détecteurs mesurent la radioactivité en étant situés dans le fluide de processus (immergés dedans) ou en étant situés à la surface du fluide de processus (mesure directe au travers d'une tuyauterie ou d'un réservoir). Elle ne s'applique pas au moniteur dont les détecteurs effectuent une mesure sur un volume représentatif du fluide de procédé en un lieu distant (ensemble de prélèvement), qui sont couverts par le domaine d'application de la CEI 60861.

La CEI 60768 est seulement applicable aux moniteurs conçus pour couvrir les conditions de fonctionnement normal et incidentel. Les équipements de surveillance des rayonnements des fluides de processus utilisés en conditions accidentelles et post accidentelles sont couverts par le domaine d'application de la CEI 60951-4.

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 60038:1983, *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: Variation 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 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

CEI 60780:1998, *Centrales nucléaires – Equipements électriques de sûreté – Qualification*

CEI 60880:2006, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Aspects logiciels des systèmes programmés réalisant des fonctions de catégorie A*

CEI 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 générales¹*

CEI 60980:1989, *Pratiques recommandées pour la qualification sismique du matériel électrique du système de sûreté dans les centrales électronucléaires*

CEI 60987:2007, *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 61000-4-4:2007, *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 61000-4-8:1993, *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 61000-4-18:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-18: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde oscillatoire 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 61226:2005, *Centrales nucléaires de puissance – Systèmes d'instrumentation et de contrôle commande importants pour la sûreté – Classement des fonctions d'instrumentation et de contrôle commande*

¹ A paraître.

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 62138:2004, *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)*

3 Termes et définitions

Les termes et définitions applicables se trouvent dans la partie 1 de la CEI 60951 (2009).

4 Principes de conception

4.1 Exigences de base liées aux fonctions

Le principal objectif du matériel de surveillance en continu interne ou externe de la radioactivité dans les fluides de processus est de mesurer de façon continue les niveaux de rayonnements dans les tuyauteries ou les réservoirs, ou bien en étant situés dans le fluide de processus (immergés dedans) ou en étant situés à la surface du fluide de processus (mesure directe au travers d'une tuyauterie ou d'un réservoir). Ces mesures de rayonnements sont affichées localement et/ou dans les salles de commande afin que les conditions radiologiques prévalentes attirent l'attention des opérateurs. Ces informations sont utilisées pour la commande et/ou pour déclencher des actions de protection. 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 interne ou externe de la radioactivité dans les fluides de processus sont spécifiques à la tranche.

Les moniteurs de rayonnements procédés couverts par le domaine d'application de cette norme peuvent être classés en deux types de base:

- 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.

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

Lors de la conception de l'installation, il convient de s'intéresser très tôt aux exigences liées à la surveillance des rayonnements et à la conception des systèmes de surveillance des rayonnements pour mettre en place une surveillance efficace au niveau de sensibilité approprié. Ainsi, pour maximiser les capacités de performance il convient que l'acheteur et le fabricant suivent la procédure suivante:

- Etablir les caractéristiques nécessaires de la mesure (acheteur):
 - Déterminer les scénarii de fonctionnement normal et d'incidents de fonctionnement prévus, les termes sources correspondant (les isotopes prépondérants devant être mesurés par le moniteur), y compris leurs compositions chimiques
 - Déterminer les informations essentielles, nécessaires à l'opérateur de la centrale ou au système de contrôle commande pour déclencher les actions, les fonctions affectées

- aux matériels pour la surveillance continue des rayonnements et pour les classer conformément aux recommandations de la CEI 61226
- Déterminer les points de mesure optimums 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.)
 - Déterminer les caractéristiques du fluide (physiques, chimiques et dynamiques du fluide à surveiller) telles que: type du fluide véhiculé, état thermodynamique, gamme de température et gradient d'évolution, pression et gradient de température, propriétés radiochimiques, etc.
 - Si nécessaire, 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 mesure et le temps de réponse complet de la chaîne de mesure requis (y compris le temps pour envoyer ou 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 mesure, réponse en énergie et performance en hors gamme, etc.)
 - Déterminer le taux de fausses alarmes tolérable en prenant en compte les conditions de la centrale et les conséquences d'erreur de mesure, et spécifier la précision et l'exactitude nécessaire pour rester en dessous de ce seuil
 - Vérifier les caractéristiques métrologiques de l'appareil retenu (accord entre l'acheteur et le fabricant):
 - 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)
 - Calculer au point de mesure, l'efficacité de détection géométrique, le seuil de décision 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 comme une fonction de ses grandeurs d'influence (ou des 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 du fluide de processus 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.

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 aux exigences de 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 de la CEI 60980 pour ce qui est des essais liés aux séismes).

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 normales et incidentelles. La gamme de mesure doit présenter un minimum de quatre décades.

4.3 Réponse en énergie

Le détecteur peut être configuré par sélection pour mesurer ou des rayons bêta ou des 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 un certain nombre de fois l'écart type du signal qui aurait été mesuré par l'appareil en absence d'activité hormis le bruit de fond et sous 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 mesure.

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 mesure, 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 mesure 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 terme de nombre d'écart type.

NOTE Par exemple, la précision pourrait être de 20 % de la valeur du signal dans une zone de la gamme de mesure 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 mesure efficace avec une autre probabilité.

La précision doit être cohérente avec les hypothèses prises pour les analyses d'incident, 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 mesure 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 10 % sur la totalité de la gamme de mesure 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 d'écart type.

NOTE Par exemple, l'exactitude peut être de 20 % de la valeur du signal dans une zone de la gamme de mesure 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 mesure efficace avec une autre probabilité.

L'exactitude doit être cohérente avec les hypothèses prises pour les analyses d'incident, 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 mesure 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 20 % sur la totalité de la gamme de mesure 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 mesure. 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 mesure, 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 du 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 du bruit de fond lié aux rayonnements, 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 incidentelles

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 et incidentelles.

Les périodes, durant l'incident, 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 et incidentelles, peuvent 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 et 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 incidentel 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 prévalent durant l'incident, 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 ou 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), objet 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 de sûreté tel que réalisant des fonctions de sûreté 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, 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 incidentelles pouvant produire de grandes variations au niveau des valeurs affichées, on ne doit pas pouvoir, sauf accord spécifique de 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 ou 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 réglage 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 suivants 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 petite décade à 90 % de la décade supérieure (affichage digital).

4.13.3.3 Alarmes de défaut

Il convient de mettre en œuvre autant d'alarmes différentes que nécessaire pour les défaillances électroniques ou mécaniques. Il convient d'avoir au moins les alarmes suivantes lorsque celles ci sont pertinentes:

- perte de signal du détecteur;
- perte du système de refroidissement;
- perte du système de réchauffage;
- haut niveau de rayonnement ambiant.

4.13.4 Indication d'état

On doit avoir les indications suivantes lorsqu'elles sont pertinentes:

- en marche;
- débit Min/Max;
- pression;
- humidité;
- température;
- état 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;
- 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 incidentelles 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 les mêmes exigences de qualification que les détecteurs on doit démontrer que leur défaillance n'affectera pas les principales fonctions de surveillance.

4.14 Système d'essai, dispositifs de maintenance et facilité de décontamination

4.14.1 Système d'essai

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 détecteur soit bonne 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 soient 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 interchangeable 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 quand l'installation est 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 au 5.5.4.

4.16 Alimentations électriques

Les ensembles doivent être conçus pour fonctionner 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, 50 Hz;
- 120 V et/ou 240 V alternatif, 60 Hz;
- 24 V 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.

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, sauf accord entre le fabricant et l'acheteur.

4.18 Caractéristiques mécaniques des détecteurs internes

4.18.1 Exigences générales

Lorsque les détecteurs internes sont placés dans une gaine ou dans un système de tuyauteries implanté comme partie intégrante de la tuyauterie ou du réservoir sous pression ou contenant un fluide chaud ou corrosif, des exigences particulières doivent être appliquées pour s'assurer que les conditions thermodynamiques et mécaniques ont bien été prises en compte.

Lorsque cela est spécifié, la gaine ou le système de tuyauteries, comprenant tous les accessoires, doit être fourni par le fabricant de détecteur qui doit en assurer, si possible, l'ensemble du montage sur la tuyauterie principale ou dans le réservoir.

La gaine ou le système de tuyauteries doit être conçu et configuré pour autoriser le démontage facile du détecteur pour maintenance ou pour nettoyage. Le détecteur doit être monté dans un système de gaine ou de tuyaux pour prévenir les dommages dus aux vibrations en fonctionnement normal et durant les activités de maintenance.

Les caractéristiques mécaniques des tuyauteries et de leurs branchements, y compris les liaisons boulonnées et les joints, doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, et doivent être conformes aux normes pertinentes.

4.18.2 Composants sous pression

La pression de travail maximale autorisée du détecteur fonctionnant dans les conditions les plus pénalisantes doit être clairement définie par le fabricant. En aucun cas la pression de travail maximum du détecteur et de la gaine ne doit dépasser celle des brides de la gaine

Les épaisseurs des enveloppes pressurisées, y compris celles de la chambre du détecteur, doivent pouvoir faire face à la pression et doivent limiter les distorsions en dessous de la pression de travail maximum et à température de fonctionnement.

La chambre doit aussi supporter l'essai de pression hydrostatique à pression ambiante.

Les parties enveloppantes sous pression doivent être constituées de matières non corrosives ayant fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Les fixations boulonnées choisies (classe de propriété) doivent être adaptées pour supporter la pression de travail maximum de la gaine détecteur, ainsi que les procédures d'essai d'étanchéité normale. Si en un point particulier il est nécessaire d'utiliser des fixations d'une qualité particulière, les fixations interchangeables pour les autres joints doivent être du même niveau de qualité.

4.18.3 Matériaux

Les matériaux utilisés pour les parties enveloppantes sous pression doivent être adaptés au fluide à surveiller. En particulier, elles doivent supporter la corrosion causée par le liquide contenu et par les conditions d'ambiance.

Les matériaux sont choisis par le fabricant. Si le fabricant du détecteur considère que d'autres matériaux sont plus adaptés, il convient que ceux-ci soient proposés comme solutions alternatives par le fabricant conformément aux conditions de fonctionnement proposées dans les fiches techniques.

Pour les liquides dangereux, le fabricant doit proposer les matériaux adaptés et obtenir l'accord de l'acheteur.

Pour les applications à haute ou basse température, le fabricant de détecteur doit prendre en considération la conception mécanique.

La composition chimique, les propriétés mécaniques, les traitements en température et les procédures de soudage doivent être conformes aux normes matériaux pertinentes.

4.18.4 Vérification du traitement des matériaux

Si des essais et des certificats sont exigés en ce qui concerne les propriétés précédemment citées, alors les procédures doivent être conformes aux normes applicables et elles doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. Tous les certificats doivent être émis par le département contrôle qualité du fabricant.

L'ensemble ou certains des audits suivants peuvent être demandés par l'acheteur:

- a) examen des composants avant montage;
- b) examen interne de la chambre après la réalisation des essais;
- c) dimensions de l'installation;

- d) matériels supplémentaires ou auxiliaires;
- e) composition chimique: conformément aux spécifications des normes du fabricant ou par fonte de spécimen;
- f) propriétés mécaniques: conformément aux spécifications des normes du fabricant ou par fonte de spécimen et traitement en température;
- g) sensibilité aux agressions intergranulaires (le cas échéant);
- h) essais non destructifs (fuite, ultrasons, traceur d'étanchéité, particule magnétique, radiographie, identification spectroscopique, etc.).

Tous les composants sous pression, y compris leurs fixations, doivent satisfaire aux mêmes exigences mécaniques que les tuyauteries ou les réservoirs sur lesquels ils sont montés. Les moyens de vérification doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

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. Le matériel des systèmes numériques doit être 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 assurer 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 au 5.6 de la CEI 61069-1 (1991) 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 ce paragraphe 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 les 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 la présente norme. Les procédures d'essais de détail varieront conformément aux caractéristiques particulières de chaque type de moniteur.

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

5.2.2 Essais réalisés sous des conditions d'essai standard

Les conditions d'essai standard sont définies dans le Tableau 1. Dans le Tableau 2, une liste d'essais de performance sous 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 grandeurs d'influence variant

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 deux catégories:

- essais liés à la mesure, aux alarmes et aux indicateurs;
- essais liés aux performances prévues en mesure volumétrique.

De façon à vérifier les effets de la variation de chaque grandeur d'influence dont la liste est fournie par le Tableau 3, toutes les grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions d'essai standard données par le Tableau 1, 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 3 avec l'étendue de variation de chaque grandeur d'influence et les limites des variations correspondantes sur l'ensemble d'information.

Les essais complémentaires relatifs aux performances prévues au niveau des mesures volumétriques pour lesquelles 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 3 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 mesure.

5.2.4 Calculs et/ou simulations numériques

Sur demande de l'acheteur, 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 la présente norme, et particulièrement les caractéristiques de détection objet de l'essai par rapport à des sources point, sont garanties dans les conditions réelles d'utilisation.

Sur demande 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-énergétiques ou sur la base de configurations équivalentes d'essais de type. Une analyse détaillée doit expliquer les différences et les limites 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 statique, 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 de référence (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 de type ou les essais individuels de série ou les essais de réception (sources d'étalonnage secondaire) doivent être préparées 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, de façon à avoir un lien direct avec ceux-ci (facteur de transfert).

De telles sources solides doivent être de forme physique et composées de radionucléides adaptés à l'ensemble en essai. En particulier, la position de la source par rapport au détecteur doit être précisément fixée dans un but de répétition de l'essai.

Il est probable qu'un certain nombre de sources soit nécessaire pour couvrir la gamme de mesure 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 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

Quelque 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 sous les conditions d'essai standard 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 de la deuxième décade la plus faible de l'échelle logarithmique ou l'affichage digital. La valeur de R_{ref} doit être calculée comme indiquée dans le 3.18 de la CEI 60951-1:2009.

5.3.2 Exactitude (erreur relative)

5.3.2.1 Exigences

En conditions d'essai standard, avec les contrôles d'étalonnage réalisés conformément aux recommandations du fabricant, l'exactitude (erreur linéaire ou erreur relative) ne doit pas dépasser 10 %, entre 2,5 fois la plus basse valeur de la gamme de mesure efficace et 75 % de cette gamme, et ne doit pas dépasser ± 20 % sur le reste de l'ensemble de la gamme de mesure efficace. L'incertitude portant sur la source radioactive n'est pas ici prise en compte.

Les essais peuvent être réalisés de deux façons:

- avec des sources radioactives solides;
- en injectant un signal électronique (réservé aux plages de mesure pour lesquelles l'utilisation de sources est impossible).

Lorsque des sources sont utilisées, l'essai doit être réalisé avec un ensemble de sources présentant les mêmes caractéristiques géométriques et de représentativité des radionucléides, ainsi que défini en 5.2.5.

5.3.2.2 Méthode d'essai

Des essais de type doivent être réalisés à approximativement 25 % de la gamme ou la décade la plus sensible, à 50 % du maximum des gammes ou des décades intermédiaires, au maximum de la gamme que l'on peut atteindre, et en un point de chaque gamme pour les appareils à gamme linéaire, et sur chaque décade de la gamme de mesure efficace des appareils à échelle digitale ou logarithmique. Le rapport entre deux mesures successives doit être au moins égal à 10.

Au moins trois de ces essais doivent être réalisés en utilisant une source radioactive, y compris ceux pour les plus hautes et les plus basses valeurs.

Lorsque des signaux électroniques d'essai sont utilisés, ils doivent l'être sur toutes les gammes ou toutes les décades (en plus des sources radioactives), et le fabricant doit fournir l'analyse démontrant les performances du système à partir du dernier point d'essai haut réalisé avec une source jusqu'au maximum de la gamme.

5.3.3 Réponse aux autres radionucléides artificiels

5.3.3.1 Exigences

La réponse aux radionucléides présentant un intérêt doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. La réponse de l'ensemble aux radionucléides autres que ceux de référence ne doit pas différer de plus de 20 % de la valeur spécifiée par le fabricant.

5.3.3.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai décrite en 5.3.1 doit être utilisée avec les radionucléides appropriés.

5.3.4 Réponse aux rayonnements en bruit de fond

5.3.4.1 Généralités

Du fait de la relation existant généralement entre les rayons gamma ambiants et le seuil de décision, et que les exigences portant sur les deux dépendent de l'application spécifique de la centrale, la réponse de l'ensemble aux rayons gamma, de même que le seuil de décision, doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, en prenant en compte l'activité ambiante prévue.

Des méthodes d'essai comparables, faisant objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur doivent être utilisées pour les autres activités, par exemple des neutrons et/ou des bêtas de grande énergie, peuvent avoir une influence sur les valeurs affichées.

5.3.4.2 Exigences

Le fabricant doit indiquer le seuil de décision et la valeur maximale affichée lorsque le détecteur, équipé de dispositifs de protection aux rayons gamma ambiants lorsque nécessaire, est exposé sous une orientation de référence précisée par le fabricant à une variation en échelon du débit de kerma dans l'air dû aux rayonnements gamma, passant de la référence du bruit de fond du débit de kerma dans l'air dû aux rayonnements gamma à 10 $\mu\text{Gy/h}$ de Césium 137.

5.3.4.3 Méthode d'essai

L'équipement doit fonctionner en conditions d'essai standard sans source radioactive et la valeur affichée correspondant au bruit de fond doit être déterminée.

Puis, utilisant une source de Césium 137, on doit positionner la source par rapport à l'ensemble de mesure (par exemple le détecteur équipé de ses protections contre les rayons gamma ambiants) pour que la distance entre la source et l'ensemble de mesure soit au moins de 2 m et que le débit de kerma dans l'air dû aux rayonnements gamma conventionnellement vrai à l'emplacement de l'ensemble de mesure, lorsque l'ensemble de mesure est absent, soit égal à 10 $\mu\text{Gy/h} \pm 10\%$. L'orientation de référence de l'ensemble de mesure par rapport à la source doit être telle que spécifiée par le fabricant.

La valeur affichée doit être relevée toutes les minutes dès le début de l'exposition et ceci jusqu'à ce que la valeur affichée par l'ensemble soit stable. Au moins 10 relevés de la valeur affichée doivent être pris après stabilisation. Le calcul du seuil de décision doit être fait sur les valeurs affichées en final.

L'ensemble de mesure doit aussi être exposé suivant différentes orientations source/détecteur, conformément à un accord passé entre le fabricant et l'acheteur. Lorsque

l'ensemble de mesure peut être programmé avec un facteur de compensation gamma, celui-ci ne doit pas être modifié durant les essais.

Les valeurs affichées par l'ensemble de mesure pour les différentes orientations ne doivent pas excéder deux fois la valeur spécifiée par le fabricant pour l'orientation de référence.

Répéter l'essai avec une source de Cobalt 60.

5.3.5 Précision (ou répétitivité)

5.3.5.1 Exigences

Le coefficient de variation de l'indication due aux variations statistiques doit être inférieur à 10 % pour toute valeur affichée 10 fois supérieure au minimum de la gamme efficace de mesure.

5.3.5.2 Méthode d'essai

On doit utiliser des sources radioactives appropriées pour obtenir une valeur affichée comprise entre 10 et 50 fois le minimum de la gamme efficace de mesure.

On doit faire au moins 10 lectures à intervalles de temps appropriés pour obtenir des valeurs indépendantes et on doit calculer le coefficient de variation de toutes les lectures faites. Le coefficient de variation doit rester dans les limites spécifiées.

5.3.6 Indications de stabilité

5.3.6.1 Exigences

La valeur affichée pour une source d'activité donnée, lorsque l'ensemble de mesure fonctionne depuis 30 min ne doit pas varier pour les 100 h suivantes de plus de:

- 2 % de la déviation angulaire maximale de l'échelle pour les appareils à affichage analogique;
- 2 % du premier ordre de la gamme efficace de mesure pour les appareils à affichage digital.

5.3.6.2 Méthode d'essai

On doit utiliser des dispositifs d'irradiation (par exemple une source radioactive ou un faisceau électronique) pour obtenir une valeur affichée comprise entre 10 et 20 fois la valeur minimale de la gamme de mesure.

On doit faire un nombre suffisant de lectures après 30 min, puis ensuite après 10 h et 100 h sans que l'ensemble de mesure n'ait été réajusté et sans que les conditions aient évolué. La moyenne des valeurs affichées doit chaque fois se situer dans les limites spécifiées.

Les valeurs affichées doivent faire l'objet de correction pour prendre en compte la décroissance radioactive si nécessaire.

5.3.7 Temps de réponse

5.3.7.1 Exigences

Le fabricant doit spécifier le temps de réponse de l'ensemble de mesure pour une activité ou un débit de dose compris entre 10 et 50 fois le minimum de la gamme de mesure et doit donner toutes les données utiles pour déterminer ses relations avec la précision et le taux de fausse alarme. Les grandeurs d'influence, leur gamme de valeur et les écarts qu'elles produisent au niveau du temps de réponse doivent être spécifiés.

L'essai doit être réalisé avec des sources correspondant au même radionucléide représentatif et présentant les mêmes caractéristiques géométriques.

5.3.7.2 Méthode d'essai

Un dispositif enregistreur, capable d'enregistrer bien plus rapidement que le temps de réponse à mesurer, doit être branché sur l'ensemble de mesure pour déterminer les variations de la valeur affichée en fonction du temps.

L'essai est réalisé en deux étapes:

- en plaçant le détecteur dans un volume vide, équivalent aux conditions de fonctionnement réelles du moniteur, pendant un temps suffisant pour que la valeur affichée atteigne l'équilibre correspondant au bruit de fond;
- puis en introduisant rapidement une source solide suffisante dans le volume vide, pour une durée permettant à la valeur affichée d'atteindre son équilibre.

NOTE Dans le cadre de cet essai, «rapidement» signifie plus petit que le temps de réponse à évaluer.

Le temps de réponse est l'intervalle de temps séparant l'instant initial d'injection de la source solide et du premier instant où la valeur affichée atteint 90 % de sa variation.

5.3.8 Essai de saturation

5.3.8.1 Exigences

La valeur affichée par les matériels doit correspondre au maximum de la gamme de mesure ou à une indication non ambiguë lorsque ceux ci sont exposés à une activité ou un débit de dose deux fois supérieur à celui correspondant à la valeur maximale de l'échelle et doit fonctionner normalement lorsque cette exposition de saturation disparaît.

Sauf accord contraire passé entre le fabricant et l'acheteur, une indication de saturation doit être prévue pour indiquer que l'activité ou le débit de dose est trop élevée par rapport à l'unité de mesure.

5.3.8.2 Méthode d'essai

On doit soumettre l'ensemble de détection à une forme appropriée d'activité pour afficher une valeur comprise entre 10 et 50 fois le minimum de la gamme et on doit noter la valeur affichée.

On doit soumettre l'ensemble de détection à une forme appropriée d'activité correspondant à deux fois celle nécessaire pour que la valeur affichée atteigne le maximum de la gamme. On doit maintenir ce niveau d'exposition pendant au moins 10 min et vérifier que la valeur affichée par l'ensemble correspond au maximum.

On doit retirer la source de saturation et exposer l'ensemble de détection à des conditions identiques à celles prévalant lors des premières lectures de valeurs affichées. Après une durée faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, mais qui n'est généralement pas inférieure à 10 min, la valeur affichée ne doit pas avoir varié de plus de 10 % de celle précédemment notée.

Pour certaines applications, ce type d'essai n'est pas possible. Dans ce cas une démonstration par analyse doit être fournie par le fabricant.

5.4 Essais de performances électriques

5.4.1 Gamme d'alarme d'arrêt d'urgence

5.4.1.1 Exigence

Les gammes de réglage d'alarme doivent être conformes aux exigences de 4.13.3. Ces exigences ne couvrent pas les détecteurs.

5.4.1.2 Méthode d'essai

En utilisant un générateur de signal électronique adapté, comme spécifié par le fabricant, on doit déterminer la gamme des valeurs affichées par le matériel pour lesquelles l'alarme d'arrêt d'urgence est déclenchée.

Ces essais doivent être réalisés pour la gamme de mesure efficace.

Concernant les alarmes prévues pour se déclencher sur des signaux croissants, celles-ci doivent être réglées à leur point de consigne minimum et le signal d'entrée doit croître jusqu'à ce que l'alarme se déclenche. La valeur affichée par le matériel doit être notée.

Concernant les alarmes se déclenchant sur des signaux décroissants, procéder de la même façon que ci-dessus en réduisant le niveau de signal d'entrée.

5.4.2 Stabilité de l'alarme d'arrêt d'urgence

5.4.2.1 Exigences

Le point de déclenchement des circuits d'alarme ne doit pas sortir de l'intervalle 95 % de X à 105 % de X en 100 h de fonctionnement, où X est le point de réglage nominal de l'alarme.

Ces exigences ne couvrent pas les détecteurs.

5.4.2.2 Méthode d'essai

Pour tous circuits dont la valeur de déclenchement nominal X a été déterminée:

- aucun déclenchement ne doit survenir en 100 h, lorsque durant celles-ci prévalent pour l'ensemble des conditions, produites électroniquement ou par logiciel, correspondant à 94 % de X .
- après 30 min et 100 h de fonctionnement de l'ensemble, l'alarme doit être déclenchée en moins d'une minute lorsque prévalent les conditions correspondant à 106 % de X .

5.4.3 Alarmes de défaut

5.4.3.1 Exigences

Lorsqu'une défaillance apparaît sur un composant du matériel:

- détecteur,
- circuit électronique,

une alarme doit être émise et permettre d'identifier la défaillance. Pour le circuit électronique, une alarme de défaut spécifique doit être émise moins d'une minute après défaillance. Le fabricant doit indiquer le temps nécessaire pour la remontée de l'alarme après défaillance, en prenant en compte la présence du détecteur.

Le matériel doit comprendre des mécanismes de simulations de défaillance.

5.4.3.2 Méthode d'essai

Pour chaque composant: détecteur, circuit électronique, une défaillance spécifique doit être simulée. L'alarme de défaut particulière doit fonctionner dans le laps de temps requis. Aucune autre alarme injustifiée ne doit être déclenchée.

5.4.4 Essai des alarmes de défaut et d'information d'état

Les mécanismes d'information et d'alarme décrits en 4.13.3 et 4.13.4 doivent être testés fonctionnellement.

5.4.5 Temps de préchauffage — Ensemble de détection et de mesure

5.4.5.1 Exigences

Lorsqu'il est exposé aux rayonnements (par exemple une source radioactive ou un faisceau électronique), l'ensemble en fonctionnement stabilisé doit fournir une indication ne s'écartant pas de $\pm 10\%$ de la valeur indiquée en conditions normales, 30 min après mise en fonctionnement.

5.4.5.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, le matériel doit être débranché de l'alimentation électrique pendant au moins une heure.

On doit utiliser un dispositif d'irradiation (par exemple une source radioactive ou un faisceau électronique) permettant d'obtenir une valeur affichée comprise entre 10 et 50 fois le minimum de la gamme de mesure efficace. On doit mettre en fonctionnement les ensembles de détection et de contrôle.

On doit mettre en fonctionnement le matériel. On doit noter les indications relatives à l'activité toutes les 5 min durant 1 h. Dix heures après la mise en fonctionnement, on doit relever un nombre de fois suffisant la valeur affichée et calculer la valeur moyenne qui sera considérée comme la « valeur affichée finale ».

On doit tracer un graphe correspondant aux données relatives à l'activité ou de débit de dose en fonction du temps, en prenant en compte la décroissance de l'activité si nécessaire.

La différence entre la « valeur affichée finale » et la valeur lue sur la courbe à 30 min doit se situer dans les limites spécifiées.

5.4.6 Influence des variations relatives à l'alimentation

5.4.6.1 Influence des variations lentes de tension d'alimentation

Lorsque plusieurs niveaux de tensions sont nécessaires pour le moniteur, chaque tension d'alimentation doit être considérée comme un facteur d'influence particulier.

Tout d'abord on doit vérifier les caractéristiques fonctionnelles des matériels aux limites haute et basse de la tension d'alimentation nominale. Puis doucement on doit faire chuter la tension de la limite basse à zéro.

La durée de variation de la tension doit être au moins d'une minute.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes à celles indiquées par le fabricant.

5.4.6.2 Influence des variations rapides de tension d'alimentation

Sauf accord contraire conclu entre l'acheteur et le fabricant, la durée de la perte de tension est une période de la fréquence d'alimentation électrique. Durant cette perte, la tension rémanente ne doit pas dépasser 1 % de la limite inférieure de la tension d'alimentation nominale.

Les signaux d'entrée ne doivent pas être perturbés. Des mesures doivent être réalisées pour vérifier que les signaux de sortie restent stables. La tension d'alimentation est alors coupée pour une durée spécifiée. On doit alors observer les signaux de sortie, pendant la perte de tension, de l'instant précédant la coupure de tension, jusqu'au rétablissement de celle-ci.

Si l'initialisation ou le mode de fonctionnement des appareils a un impact sur les signaux de sortie observés, la configuration entraînant les variations les plus importantes doit être utilisée.

Pour les signaux de sortie analogiques, l'essai est réalisé sur des sorties stabilisées pour les niveaux bas moyen et haut de la gamme de tension.

Pour des sorties logiques (digitales), l'essai est réalisé pour les deux états.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes à celles spécifiées par le fabricant.

5.4.6.3 Influence des variations de la fréquence d'alimentation

Les caractéristiques fonctionnelles doivent être vérifiées à ± 10 % de la fréquence nominale.

5.4.7 Essais de résistance au court circuit

Les effets de court circuit externe sur les fonctions des matériels électroniques doivent être vérifiés, en particulier pour les circuits alimentés par des alimentations électriques internes.

Des courts-circuits doivent être créés aux interfaces externes des différentes parties constituantes, telles que les unités d'entrée et de sortie auxquelles on peut se connecter, et les unités d'alimentation électriques.

Les conséquences fonctionnelles de ces courts-circuits doivent être observées, ce qui comprend, par exemple:

- l'émission de signaux de sortie erronés, en particulier par des matériels partageant une alimentation électrique avec un matériel défaillant,
- la forme des données d'entrée erronée,
- les pertes d'alimentation de toutes les parties du matériel.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

5.5 Essai de performance aux conditions d'environnement

5.5.1 Stabilité des performances après stockage

5.5.1.1 Stockage sous chaleur sèche

Cet essai doit être conforme l'essai Bb de la CEI 60068-2-2, complété de la façon suivante:

- les ensembles ne doivent pas être soumis à une chaleur radiante transmise par les parois de l'étuve,

- les ensembles ne sont pas alimentés,
- $T_A = +70\text{ °C}$, $t = 96\text{ h}$, $< 1\text{ °C/min}$ gradient de chaleur minimum (sauf spécification contraire du fabricant concernant le gradient de chaleur maximum toléré par le matériel).

En fin d'essai, les ensembles doivent être soumis aux conditions atmosphériques normales durant 2 h jusqu'à atteindre un équilibre thermique. Les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

5.5.1.2 Stockage à froid

Cet essai doit être conforme l'essai Ab de la CEI 60068-2-1, complété de la façon suivante:

- les ensembles ne doivent pas être soumis à une chaleur radiante transmise par les parois de l'étuve,
- les ensembles ne sont pas alimentés,
- $T_B = -40\text{ °C}$, $t = 96\text{ h}$, $< 1\text{ °C/min}$ gradient de chaleur minimum (sauf spécification contraire du fabricant concernant le gradient de chaleur maximum toléré par le matériel).

En fin d'essai, les ensembles doivent être soumis aux conditions atmosphériques normales durant 2 h jusqu'à atteindre un équilibre thermique. Les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

5.5.1.3 Stockage en température variable

Cet essai doit être conforme l'essai Nb de la CEI 60068-2-14, complété de la façon suivante:

- les ensembles ne doivent pas être soumis à une chaleur radiante transmise par les parois de l'étuve,
- les ensembles ne sont pas alimentés,
- nombre de cycles: 5, durée de chaque condition d'essai: 30 min,
- $T_B = -25\text{ °C}$, $T_A = +70\text{ °C}$, $< 1\text{ °C/min}$ gradient de chaleur minimum (sauf spécification contraire du fabricant concernant le gradient de chaleur maximum toléré par le matériel).

En fin d'essai, les ensembles doivent être soumis aux conditions atmosphériques normales durant 2 h jusqu'à atteindre un équilibre thermique. Les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

5.5.2 Essais mécaniques

5.5.2.1 Degrés de protection (codes IP et IK)

Ces essais sont applicables aux moniteurs externes et aux parties des moniteurs internes se situant à l'extérieur du fluide de processus. Pour les détecteurs internes situés dans les gaines ou les systèmes de tuyauteries et soumis aux conditions physiques et chimiques relatives au fluide de processus à surveiller, les caractéristiques mécaniques et les essais doivent faire l'objet d'un accord passé entre le fabricant et l'acheteur et être conformes aux normes applicables, voir le paragraphe 4.18.

Les essais doivent être conformes aux normes CEI 60529 et CEI 62262. Les matériels ne sont pas alimentés.

Sauf accord contraire passé entre l'acheteur et le fabricant, il convient d'avoir pour les différents composants du matériel les indices de protection suivant:

- IP 65 et IK 07 pour les ensembles installés en local,
- IP 30 et IK 07 pour les ensembles installés dans des locaux propres et secs (locaux électriques),
- IP 65 et IK 07 pour les ensembles installés à l'extérieur des bâtiments.

5.5.2.2 Essais aux vibrations mécaniques

Cet essai permet de vérifier la robustesse mécanique des ensembles. Il n'est pas applicable aux matériels dont la tenue est assurée par d'autres systèmes (par exemple les câbles, etc.).

L'essai doit être réalisé suivant trois axes de référence tri-rectangulaires. Il comprend trois étapes pour chacun des trois axes spécifiés:

Etape 1: on doit rechercher les fréquences critiques (fréquences de résonance ou fréquences pour lesquelles des dysfonctionnements du moniteur sont observés).

La gamme de fréquence est entièrement balayée conformément à la procédure détaillée ci-dessous, à l'exception du taux de scrutation qui peut être diminué pour permettre de déterminer de façon précise les fréquences critiques. Finalement ceci doit mettre en évidence les phénomènes suivants:

- discontinuité électrique entre les contacts secs qui sont normalement fermés,
- fermeture intempestive de contacts normalement ouverts,
- fonctionnement défectueux du moniteur,
- tout autre phénomène lié à la résonance.

Etape 2: Endurance à une fréquence de balayage. La fréquence varie conformément aux méthodes indiquées ci-dessous.

Etape 3: Identique à l'étape 1.

Ces étapes d'essai sont définies dans l'essai Fc de la norme CEI 60068-2-6. Elles sont complétées par les procédures suivantes:

- les ensembles sont alimentés durant les étapes 1 et 3 de l'essai et ne sont pas alimentés durant l'étape 2,
- un dispositif rigide, fixé à la table, qui n'introduit pas de distorsions au niveau des résultats sert de support à l'ensemble, celui-ci comprenant son système de fixation habituel. Pour les composants branchés, ceux ci sont solidarités à l'ensemble uniquement par les moyens utilisés en exploitation courante,
- le module est soumis à des vibrations rectilignes sinusoïdales qui sont appliquées suivant trois axes tri-rectangulaires. Le balayage (dans la bande de fréquence spécifiée réalisé une fois pour chaque orientation) est continu et sa vitesse varie de façon logarithmique en fonction du temps. La variation de fréquence se fait à une vitesse d'une octave par minute,
- la gamme de fréquence export va de 10 Hz à 500 Hz,
- les vibrations sont définies conformément aux caractéristiques suivantes:
 - déplacement: 0,15 mm de crête à crête,
 - déplacement constant en dessous de la fréquence de transfert,
 - fréquence de transfert: 58 Hz,
 - accélération constante de 10 m/s^2 au-dessus de la fréquence de transfert.
- le nombre de cycle est égal à:
 - étape 1: 1 cycle/axe,
 - étape 2: 10 cycles/axe,
 - étape 3: 1 cycle/axe.

Un écart de plus de 5 % des fréquences critiques entre l'étape 1 et 3 doit entraîner une inspection.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

5.5.3 Stabilité des performances en présence de variations de conditions d'ambiance et de celles relatives au fluide

5.5.3.1 Mesure externe – Stabilité des performances en présence de variations de température ou d'humidité ambiante

5.5.3.1.1 Exigences

Lorsque le matériel ou une partie de ce matériel est soumis à des variations de température ou d'humidité du fait de l'environnement ambiant, l'influence de telles variations doit faire l'objet d'essais.

Comme les plages de variation de ces grandeurs d'influence peuvent être différentes pour les essais des ensembles de mesure et les essais des détecteurs, ces essais doivent être réalisés en deux étapes si nécessaires:

- essai de l'influence de la température ou de l'humidité sur l'ensemble de mesure,
- essai de l'influence de la température ou de l'humidité sur le détecteur.

L'écart de la valeur affichée doit être inférieur à 10 % pour l'ensemble de la plage de variation de la température et de l'humidité.

Sauf accord contraire passé entre le fabricant et l'acheteur, les plages de variations de la température et l'humidité suivantes doivent faire l'objet d'essais.

5.5.3.1.2 Méthode d'essai

L'ensemble de mesure (ou une partie de celui-ci), si nécessaire sans ses protections, doit être exposé à des sources solides appropriées telles que définies en 5.2.5, afin de connaître la valeur nominale en conditions standard d'essai.

L'essai doit être réalisé suivant la méthode décrite dans les normes CEI suivantes:

- CEI 60068-2-78 pour la chaleur humide, essai en continu, complété par les procédures suivantes:
 - les ensembles doivent être installés en position de référence,
 - ils ne doivent pas être soumis à une chaleur radiante transmise par les parois de l'étuve,
 - les ensembles sont sous tension,
 - durée d'application des conditions d'essai: 96 h,
 - $T = + 40 \text{ °C}$, 93 % d'humidité relative.
- variante 2 de l'essai Db de la CEI 60068-2-30 comme essai cyclique de chaleur humide, complété par les procédures suivantes:
 - les ensembles doivent être installés en position de référence,
 - ils ne doivent pas être soumis à une chaleur radiante transmise par les parois de l'étuve,
 - les ensembles sont sous tension,
 - nombre de cycles: 6,
 - $TA = + 25 \text{ °C}$, $TB = + 55 \text{ °C}$.

On doit mettre le matériel en fonctionnement, choisir la gamme la plus adaptée et le placer dans l'étuve dans les conditions de référence. Les autres caractéristiques de l'air de l'étuve

étant situées en dessous des valeurs qui peuvent endommager le matériel. Ces valeurs doivent être indiquées par le fabricant.

L'ensemble de détection doit être exposé aux sources d'essai appropriées de façon à connaître la valeur affichée en conditions d'essai standard.

L'appareil doit être laissé dans ces conditions pendant 30 min ou jusqu'à ce que l'équilibre soit atteint. Si une commande de remise à zéro est à la disposition de l'opérateur, celle-ci doit alors être utilisée pour régler la valeur affichée à celle donnée par le fabricant.

Pour les appareils à échelle non linéaire, un tel contrôle est réalisé pour obtenir un point de référence pour la valeur affichée plutôt qu'une valeur affichée nulle. Si tel est le cas, le contrôle doit être fait pour que la valeur affichée corresponde au point de référence.

La valeur affichée par l'appareil doit être mesurée pendant les essais. En fin d'essai les matériels sont placés dans des conditions ambiantes normales pour 2 h jusqu'à atteindre l'équilibre thermique. Les performances du moniteur doivent être conformes aux performances spécifiées par le fabricant.

NOTE Certains détecteurs sont particulièrement sensibles aux variations de température (par exemple les scintillateurs NaI). Pour cet essai il est judicieux d'avoir un moyen permettant vérifier la valeur du gradient de chaleur maximum tolérée fournie par le fabricant assurant la non-détérioration des caractéristiques.

5.5.3.2 Mesure interne – Stabilité de performances en présence de variations de la température de la pression ou du débit du flux

5.5.3.2.1 Exigences

Pour les mesures internes, les détecteurs sont soumis à des variations de température, de pression et de débit du flux à surveiller, les parties déportées du moniteur (qui ne sont pas en contact avec le flux) étant soumises aux influences de la température et de l'humidité ambiante.

Comme il est évident que de telles grandeurs d'influence et leurs gammes de variation sont différentes pour l'essai de l'ensemble de mesure et pour l'essai du détecteur, ces essais doivent être faits en deux étapes:

- essai de l'influence de la température et de l'humidité ambiantes sur l'ensemble de mesure tel que décrit en 5.5.3.1,
- essai de l'influence de la température, de la pression et du débit sur le détecteur qui est au contact du milieu à mesurer.

Pour chaque composant du moniteur, l'écart de valeur affichée doit être inférieur à 10 % sur l'ensemble des gammes de variation de la température, de la pression, de l'humidité ou du débit.

5.5.3.2.2 Méthode d'essai

La procédure d'essai doit faire l'objet d'un accord passé entre le fabricant et l'acheteur. La méthode suivante peut être utilisée dans la mesure où elle est applicable.

Il convient d'exposer le détecteur aux sources solides adaptées telles que définies en 5.2.5, de telle façon que la valeur nominale affichée sous conditions d'essai standard soit connue. La valeur affichée doit être surveillée durant tout l'essai.

Il convient que le sous ensemble de l'ensemble de mesure conçu pour fonctionner en ligne, comprenant le détecteur, soit complètement immergé en eau dans une chambre pressurisée, monté comme pour une utilisation industrielle, et ensuite soumis aux variations spécifiées de température, de pression et/ou de débit pour la durée prescrite par la spécification applicable. Le degré de sévérité doit faire l'objet d'un accord passé entre le fabricant et l'acheteur,

conformément aux caractéristiques du flux prévues. Des mesures pertinentes doivent être faites pour s'assurer que la température, la pression et/ou le débit de l'eau n'ont pas variés plus que ce qui était prévu.

5.5.4 Compatibilité électromagnétique

5.5.4.1 Immunité aux ondes oscillatoires

Les procédures d'essai précédemment définies dans la CEI 61000-4-12 sont maintenant définies dans la CEI 61000-4-18, avec pour l'onde oscillatoire amortie les particularités suivantes:

- fréquence d'oscillation: 1 MHz + 10 %,
- fréquence de service comprise entre 50 Hz et 400 Hz et non synchronisée à la fréquence du réseau.

L'introduction des perturbations se fait en mode commun en utilisant le couplage/découplage réseau. Si les spécifications du fabricant indiquent qu'un branchement à la terre est nécessaire pour un des conducteurs du circuit, l'essai de ce circuit doit être réalisé en mode différentiel en utilisant les sévérités spécifiées pour le mode commun.

Le niveau de sévérité d'essai est adapté comme suit:

- circuits à l'intérieur de la salle de commande: pas d'essai,
- circuits reliant la salle de commande et les autres locaux du bâtiment électrique ou les locaux électriques entre eux: niveau 1,
- circuits sortant du bâtiment électrique: niveau 3.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.2 Essai d'immunité aux transitoires électriques rapides en salve

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-4-4.

Le niveau de sévérité d'essai doit être de:

- niveau 2 pour le matériel installé en salle de commande,
- niveau 3 pour les autres matériels.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.3 Essai d'immunité aux champs électromagnétiques aux fréquences radioélectriques

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-4-3.

Suivant le type de mesure faite par le moniteur, l'un ou l'autre des modes suivants doit être choisi au niveau de la perturbation:

- lorsque les résultats de mesure sont instantanés (moins d'une seconde), la gamme de fréquence est balayée lentement ($1,5 \times 10^{-3}$ décades/s) en maintenant un niveau de champ électrique constant durant le balayage,
- lorsque la perturbation est susceptible de survenir sur le matériel, on doit mener une recherche plus détaillée sur les zones de fréquence de perturbation et sur le niveau minimum du champ électrique nécessaire pour provoquer la perturbation,
- lorsque les résultats sont obtenus avec retard (de plus d'une seconde), la perturbation est provoquée après le premier balayage en maintenant le niveau du champ électrique

constant égal à une des valeurs de fréquence fixes suivantes: 80; 100; 150; 200; 300; 500; 1 000 MHz, à laquelle on doit ajouter un multiple ou sous multiple de la fréquence de l'horloge du sous système en essai.

Le degré de sévérité de l'essai pour tout le matériel doit être de niveau 3, sauf accord différent passé entre l'acheteur et le fabricant.

Afin de prendre en compte les perturbations liées aux communications sans fil, la plage de fréquence 1 800 MHz à 3 000 MHz doit être testée au niveau 3.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.4 Essai d'immunité aux décharges électrostatiques

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-4-2.

La décharge doit se faire sur chaque partie sensible du matériel en essai avec laquelle l'opérateur peut être en contact, par exemple au niveau de toutes discontinuités de la surface du matériel (LED, dispositif d'affichage, bouton poussoir, interrupteur, borne) et sur la surface externe des armoires ou sur les portes (avant et arrière) des coffrets.

L'essai au contact se fait sur des surfaces conductrices, l'essai dans l'air sur des surfaces isolantes, et l'essai en paroi à proximité de chaque paroi.

Le degré de sévérité de l'essai pour tout le matériel doit être de:

- classe 2 pour la décharge au contact,
- classe 3 pour les décharges dans l'air (et sur les parois).

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.5 Essai d'immunité aux perturbations conduites

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-4-6. Néanmoins comme les centrales nucléaires ne sont pas situées à proximité d'émetteurs radio, l'atténuation ou l'absence de perturbation pour certaines bandes de fréquence ne sont pas pris en compte.

Le degré de sévérité de l'essai pour tout le matériel doit être de classe 3.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.6 Essai d'immunité aux champs magnétiques à 50 Hz

Cet essai doit être réalisé conformément à la CEI 61000-4-8 ou bien l'absence de composant sensible aux champs magnétiques doit être démontrée.

Le degré de sévérité de l'essai pour tout le matériel doit être de classe 3.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.7 Essai d'immunité aux perturbations liées aux ondes de choc (de grande énergie)

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-4-5.

Seuls les branchements et les alimentations électriques en courant alternatif quittant un bâtiment électrique doivent faire l'objet de cet essai.

Le degré de sévérité de l'essai pour tout le matériel doit être de:

- alimentation alternative: classe 3 en mode commun (en phase et terre) et classe 2 en mode différentiel (entre phases),
- classe 2 en mode commun pour les entrées/sorties qui peuvent être branchées à des câbles sortant d'un bâtiment électrique.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

5.5.4.8 Essai de non-agression: perturbations fréquences radioélectriques

Cet essai doit être conforme à la CEI 61000-6-4.

En fin d'essai, les performances du moniteur doivent être conformes aux performances indiquées par le fabricant.

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai standard

Grandeur d'influence	Conditions de référence	Conditions d'essai standard
Sources de rayonnements de référence	Voir les parties spécifiques de la CEI 60951	Voir les parties spécifiques de la CEI 60951
Temps de démarrage: (de tout le matériel)	30 min	≥ 30 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique ¹	101,3 kPa	86 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation nominale U_N	$U_N \pm 1 \%$
Fréquence d'alimentation en courant alternatif ²	Fréquence nominale	Fréquence nominale $\pm 0,5 \%$
Forme d'onde pour l'alimentation en courant alternatif	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion harmonique inférieure à 5 %
Bruit de fond du aux rayons gamma	Débit de kerma dans l'air dû aux rayonnements gamma conforme aux spécifications du fabricant	Débit de kerma dans l'air dû aux rayonnements gamma conforme aux spécifications du fabricant
Champ électrostatique	Négligeable	Négligeable
Champ électrostatique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible qui produit des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Débit du fluide d'échantillonnage	Ajusté au débit nominal (défini par le fabricant)	Ajusté au débit nominal $\pm 5 \%$
Ensemble de contrôle	Réglé pour le fonctionnement normal	Réglé pour le fonctionnement normal
¹ Lorsque la technique de détection est particulièrement sensible aux variations de pression atmosphérique, les conditions doivent être limitées à $\pm 5 \%$ de la pression de référence. ² Une alimentation en courant continu peut être utilisée, et dans ce cas aucune fréquence n'est spécifiée.		

Tableau 2 – Essais réalisés en conditions d'essai standard

Caractéristiques objet de l'essai	Exigences	Référence (paragraphe)
Temps de réponse	Conforme aux spécifications du fabricant	5.3.1
Exactitude (erreur relative)	< 10 % (entre 2,5 fois la plus petite valeur 75 % de la gamme de mesure) < 20 % (de toute la gamme de mesure)	5.3.2
Réponse aux autres radionucléides artificiels	Ecart < 20 % des spécifications du fabricant	5.3.3
Précision (ou répétitivité)	Coefficient de variation < 10 % pour toute affichage de valeur dix fois plus grande que la plus petite valeur de l'étendue de mesure de l'ensemble de mesure	5.3.5
Stabilité de la valeur affichée	< 2 % de la déviation angulaire maximum de l'échelle (affichage analogique) ou premier ordre de la gamme de mesure (affichage digital)	5.3.6
Temps de réponse	Conforme aux spécifications du fabricant	5.3.7
Essai de saturation	Blocage sur la valeur maximum de l'échelle (ou indication non ambiguë) lorsque exposé à une activité ou un débit de dose deux fois supérieur à celui qui aurait entraîné un affichage de la valeur maximum et ensuite fonctionnement normal lorsque les causes de la saturation disparaissent	5.3.8
Gamme de l'alarme d'arrêt d'urgence	Réglable de 10 % à 90 % de l'échelle d'affichage (échelle linéaire), de 50 % de la plus petite décade à 90 % de la plus grande décade (échelle logarithmique), de 10 % de la deuxième décade la moins significative à 90 % de la plus haute décade (affichage digital)	5.4.1
Stabilité de l'alarme d'arrêt d'urgence	Pas d'écart hors de la plage allant de 95 % à 105 % du niveau de réglage nominal de l'alarme pendant 100 h	5.4.2
Alarmes de défaut	Comme spécifié par les critères de conception	5.4.3 et 5.4.4
Temps de démarrage	Ecart sur les valeurs affichées < 10 % des valeurs affichée en conditions d'essai standard	5.4.5
Essais de résistance au court-circuit	Comme spécifié par les critères de conception	5.4.7
Degrés de protection (codes IP et IK)	IP 65 (appareils de mesure et de traitement) ou IP 44 (appareils de prélèvement) et IK 07 (tout matériel) pour les appareils installés localement IP 30 et IK 07 pour les appareils installés dans des locaux secs et propres (locaux électriques) IP 65 et IK 07 pour les appareils installés à l'extérieur des bâtiments	5.5.2.1
Vibrations mécaniques	Comme spécifié par les critères de conception	5.5.2.2

Tableau 3 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence

Grandeur d'influence	Gamme de valeur de la grandeur d'influence	Limites de variation de la valeur affichée	Référence (paragraphe)
Réponse aux rayons en bruit de fond	Conforme aux spécifications du fabricant	Conforme aux spécifications du fabricant	5.3.4
Variations lentes de la tension d'alimentation	Limites inférieure et supérieure de la tension d'alimentation et diminution jusqu'à zéro	Conforme aux spécifications du fabricant	5.4.6.1
Variations rapides de la tension d'alimentation	< 1 % de la limite inférieure de la tension d'alimentation pendant 20 ms	Comme spécifié par les critères de conception	5.4.6.2
Fréquence de l'alimentation en courant alternatif	±10 % de la fréquence nominale	Comme spécifié par les critères de conception	5.4.6.3
Stockage en chaleur sèche	T = + 70 °C, t = 96 h	Comme spécifié par les critères de conception	5.5.1.1
Stockage à froid	T = -40 °C, t = 96 h	Comme spécifié par les critères de conception	5.5.1.2
Stockage en température variable	5 cycles de 30 min T = -25 °C to +70 °C	Comme spécifié par les critères de conception	5.5.1.3
Stabilité des performances en présence d'écart de température et d'humidité (mesure externe)	Chaleur humide T = + 40 °C, t = 96 h Cycles de chaleur humide: 6 cycles T = + 25 °C to + 55 °C	Ecart de la valeur affichée <±10 % sur l'ensemble des plages de variation de la température et de l'humidité	5.5.3.1
Stabilité des performances en présence d'écart de température, de pression ou de débit du fluide (mesure interne)	Comme spécifié dans l'essai applicable	Ecart de la valeur affichée <±10 % sur l'ensemble des plages de variation de la température, de la pression ou du débit de la vapeur	5.5.3.2
Compatibilité électromagnétique	Comme spécifié dans l'essai applicable	Comme spécifié dans l'essai applicable	5.5.4
<p>NOTE 1 Pour les ensembles utilisant une échelle non linéaire, un dispositif d'instrumentation linéaire peut être utilisé en remplacement du dispositif d'affichage de l'ensemble pour vérifier les performances indiquées par ce tableau.</p> <p>NOTE 2 Une alimentation en courant continu peut être utilisée, dans ce cas les essais portant sur la fréquence de l'alimentation en courant alternatif ne sont pas réalisés.</p>			

Bibliographie

CEI 60761 (toutes les parties), *Equipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux*

CEI 60861:2006, *Equipements pour la surveillance des radionucléides dans les effluents liquides et les eaux de surface*

CEI 60951 (all parts), *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post accidentelles*

CEI 61513:2001, *Centrales nucléaires – Instrumentation et contrôle commande des systèmes importants pour la sûreté – Prescriptions générales pour les systèmes*

CEI 61559:1996, *Rayonnements dans les installations nucléaires – Ensembles centralisés pour la surveillance en continu des rayonnements et/ou des niveaux de radioactivité*

CEI 62302:2007, *Instrumentation pour la radioprotection – Matériel pour le prélèvement et la surveillance des gaz rares radioactifs*

ISO 2889:2009, *Echantillonnage des substances radioactives contenues dans l'air dans les conduits des installations nucléaires²*

² A paraître.

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch