

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres à poste fixe, ensembles d'alarmes et moniteurs – Rayonnements X et gamma d'énergie comprise entre 50 keV et 7 MeV



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

- Electropedia: www.electropedia.org

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

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

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

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres à poste fixe, ensembles d'alarmes et moniteurs – Rayonnements X et gamma d'énergie comprise entre 50 keV et 7 MeV

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

X

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-171-7

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope and object.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 Design requirements	15
4.1 General characteristics.....	15
4.1.1 Overview	15
4.1.2 Measurement range.....	15
4.1.3 Safety classification.....	15
4.2 Detailed characteristics	16
4.2.1 Equipment configuration	16
4.2.2 Equipment reliability	16
4.2.3 Equipment indication	17
4.2.4 Alarm/trip/interlock facilities.....	18
5 General test procedures	19
5.1 Nature of tests.....	19
5.2 Reference conditions and standard test conditions	19
5.3 Tests performed under standard test conditions	19
5.4 Tests performed with variation of influence quantities.....	19
5.5 Statistical fluctuations	20
5.6 Reference radiation	20
5.6.1 Gamma	20
5.6.2 Beta	20
5.6.3 Neutron	20
5.7 Consideration of natural background radiation.....	20
6 Radiation characteristics	20
6.1 False alarm test	20
6.1.1 Requirements	20
6.1.2 Method of test	20
6.2 Point of test.....	21
6.3 Linearity	21
6.3.1 Requirements	21
6.3.2 Test source of gamma radiation.....	21
6.4 Variation of response with photon radiation energy	22
6.4.1 Requirements	22
6.4.2 Method of test	22
6.5 Variation of response with angle of incidence	23
6.5.1 Requirements	23
6.5.2 Method of test	23
6.6 Response to beta radiation.....	24
6.6.1 Requirements	24
6.6.2 Method of test	24
6.7 Response to neutron radiation.....	24
6.7.1 Requirements	24
6.7.2 Method of test	24

6.8	Overload characteristics	25
6.8.1	Requirements	25
6.8.2	Method of test	25
6.9	Statistical fluctuations	25
6.9.1	Requirements	25
6.9.2	Method of test	26
6.10	Response time	26
6.10.1	Requirements	26
6.10.2	Method of test	26
6.11	Zero drift	27
6.11.1	Requirements	27
6.11.2	Method of test	27
6.12	Alarm requirements	27
6.12.1	Requirements	27
6.12.2	Method of test	27
6.12.3	Equipment fault alarms	27
6.13	Alarm response time and stability	28
6.13.1	Requirements	28
6.13.2	Method of test	28
6.14	Warm-up	28
6.14.1	Requirements	28
6.14.2	Method of test	28
7	Electrical, mechanical and environmental characteristics	28
7.1	Mains operation	28
7.1.1	Requirements	28
7.1.2	Method of test	29
7.2	Electromagnetic compatibility (EMC)	29
7.2.1	General	29
7.2.2	Emission of electromagnetic radiation	29
7.2.3	Electrostatic discharge	29
7.2.4	General radiated electromagnetic fields	30
7.2.5	Conducted disturbances induced by fast transients or bursts	30
7.2.6	Conducted disturbances induced by surges	31
7.2.7	Conducted disturbances induced by radio-frequencies	31
7.2.8	Ring wave immunity	31
7.2.9	50 Hz/60 Hz magnetic field	32
7.2.10	Voltage dips and short interruptions	32
7.3	Mechanical characteristics	33
7.3.1	Areas of application	33
7.3.2	Microphonics/impact	33
7.4	Environmental characteristics	33
7.4.1	Ambient temperature	33
7.4.2	Relative humidity	34
7.4.3	Sealing	34
8	Documentation	35
8.1	Type test report	35
8.2	Certificate	35
8.3	Operation and maintenance manual	35
Annex A (informative)	Monitoring of pulsed ionizing radiation	39

Bibliography.....	40
Figure 1 – Example of the rotation of the detection assembly.....	24
Table 1 – IEC SC 45A/SC 45B standards series	8
Table 2 – Emission frequency range	29
Table 3 – Reference conditions and standard test conditions	36
Table 4 – Tests performed under standard test conditions	37
Table 5 – Tests performed with variations of influence quantities.....	37
Table 6 – Maximum values of additional indications due to electromagnetic disturbances	38

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
INSTALLED DOSE RATE METERS, WARNING ASSEMBLIES
AND MONITORS –
X AND GAMMA RADIATION OF ENERGY BETWEEN 50 keV AND 7 MeV**

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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 60532 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1992, and constitutes a technical revision.

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

- the document has been updated to take account of the requirements of IEC standards published since 1996.

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

FDIS	Report on voting
45B/655/FDIS	45B/670/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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 organization of the standard

This International Standard specifically focuses on radiation monitoring systems used for normal and incident conditions.

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 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 except as typical examples given in informative annexes.

This standard is one associated with a series of standards which cover post accident radiation monitors important to safety in nuclear power plants. The full series is comprised of the following standards:

- IEC 60951-1 – *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions – Part 1: General requirements*
- IEC 60951-2 – *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions – Part 2: Equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in gaseous effluents and ventilation air*
- IEC 60951-3 – *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions – Part 3: Equipment for continuous high range area gamma monitoring*
- IEC 60951-4 – *Nuclear power plants – Instrumentation important to safety – Radiation monitoring for accident and post-accident conditions – Part 4: Equipment for continuous in-line or on-line monitoring of radioactivity in process stream*

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

IEC 60951 series of standards are at the third level in the hierarchy of SC 45A standards.

They provide guidance on the design and testing of radiation monitoring equipment used for accident and post accident conditions. Other standards developed by SC 45A and SC 45B provide guidance on instruments used for monitoring radiation as part of normal operations.

The IEC 60761 series provides requirements for equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in gaseous effluents in normal conditions. IEC 60861 provides requirements for equipment for continuous off-line monitoring of radioactivity in liquid effluents in normal conditions. IEC 60768 provides requirements for equipment for continuous in-line and on-line monitoring of radioactivity in process stream in normal and incident conditions. Finally, ISO 2889 gives guidance on gas and particulate sampling. The relationship between these various radiation monitoring standards is given in Table 1:

Table 1 – IEC SC 45A/SC 45B standards series

Developer	ISO	SC 45A – Process and safety monitoring		SC 45B – Radiation protection and effluents monitoring
Scope	Sampling circuits and methods	Accident and post accident conditions	Normal and incident conditions	
Gas, particulate and iodine with sampling (OFF LINE)	ISO 2889	IEC 60951-1 and IEC 60951-2	IEC 60761 series	
Liquid with sampling (OFF LINE)	N/A	N/A	IEC 60861	
Process stream (gaseous effluents, steam or liquid) without sampling (ON or IN-LINE)	N/A	IEC 60951-1 and IEC 60951-4	IEC 60768	N/A
Area monitoring	N/A	IEC 60951-1 and IEC 60951-3	IEC 60532	
Central system	N/A	IEC 61504		IEC 61559 (all parts)

c) Recommendations and limitations regarding the application of the 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/SC 45B standard series and relationships with other IEC standards and other bodies' documents (IAEA, ISO)

The IEC 61508 series defines the requirements for an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework. The IEC 61508 series should be complied with when developing instruments with safety functions for radiation monitoring outside the nuclear power plant sector whilst complying with the requirements defined in this standard.

The top-level standard of the IEC SC 45A standard series is IEC 61513. It provides general requirements for instrumentation and control systems and equipment that are used to perform functions important to safety in nuclear power plants. IEC 61513 structures the IEC SC 45A standard series.

IEC 61513 refers directly to other IEC SC 45A standards for general topics related to the 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/SC 45B 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/SC 45B standard series, corresponds to the technical reports which are not normative.

IEC 61513 has adopted a presentation format similar to the basic safety publication.

The IEC 61508 series, with an overall safety life-cycle framework and a system life-cycle framework, provides an interpretation of the general requirements for the nuclear power plant sector (see IEC 61508-1, IEC 61508-2 and IEC 61508-4). Compliance with IEC 61513 will facilitate consistency with the requirements of the IEC 61508 series 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 50-C/SG-Q) for topics related to quality assurance (QA).

The IEC SC 45A standard series consistently implement and detail the principles and basic safety aspects provided in the IAEA code on the safety of nuclear power plants (NPPs) and in the IAEA safety series, in particular the requirements of Safety Guide NS-R-1, establishing safety requirements related to the design of nuclear power plants, and 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.

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
INSTALLED DOSE RATE METERS, WARNING ASSEMBLIES
AND MONITORS –
X AND GAMMA RADIATION OF ENERGY BETWEEN 50 keV AND 7 MeV**

1 Scope and object

This International Standard applies to installed dose rate meters, warning assemblies and monitors that are used to prevent or mitigate a minor radioactive release, or minor degradation of fuel, within the nuclear power plants /nuclear facility design basis, and to warn personnel or to ensure their safety during or following events that involve or result in release of radioactivity in the nuclear power plants (NPP) /nuclear facility (NF), or risk of radiation exposure. This equipment is typically classified as category “A” or “B” or “C” or “not classified” in IEC 61226.

It covers equipment intended to isotropically measure air kerma, ambient dose equivalent or other exposure quantities due to X or gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV. The equipment is intended primarily for the purpose of radiological protection, and may play an auxiliary or indirect role in the achievement or maintenance of nuclear plant safety.

Instruments measuring over a more limited energy range fall within the scope of this standard provided they cover at least the range of 80 keV to 1,5 MeV.

Assemblies of this type are commonly defined as area radiation monitors. They are normally employed to determine continuously the radiological situation in working areas in which the radiation field may change with time, for example nuclear power plants, particle accelerators, high active laboratories, fuel reprocessing plants, and to provide alarms when the radiation field goes outside predetermined limits. They are also employed to act in safety related protection systems, such as personnel access control systems which allow access to areas which can be subject to radiation fields.

This standard also gives guidance applicable to equipment for use in pulsed radiation fields, for example, those emanating from pulsed radiation or particle accelerators. This guidance is important, since the operation of the majority of the equipment defined by this standard in pulsed fields will give false readings.

The assemblies considered in this standard comprise at least:

- a detector assembly (e.g. ionization chamber, Geiger-Muller tube, scintillation counters, semiconductors);
- a measuring assembly, which may be fitted into a centralized panel which, in the case of warning assemblies and monitors, provides signal outputs and contacts capable of activating alarm or trip/interlock circuits for the purpose of radiation protection.

This standard is also applicable to installed dose rate measuring assemblies designed for special applications (e.g. very high dose rates). However, some of the requirements may need to be amended or supplemented according to the particular characteristics of such assemblies.

This standard is not applicable to criticality monitors.

Assemblies designed to perform combined functions should comply with the requirements pertaining to each of these functions.

This standard specifies general characteristics, general test procedures, radiation, electrical, safety, and environmental characteristics and the identification certificate for the assemblies defined above.

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, *IEC standard voltages*

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 151: Electrical and magnetic devices*

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

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

IEC 60068-2-18, *Environmental testing – Part 2-18: Tests – Test R and guidance: Water*

IEC 60068-2-27:2008, *Environmental testing – Part 2-27: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

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

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

IEC 61226:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Classification of instrumentation and control functions*

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

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

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

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

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

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

ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*

ISO 4037-2:1997, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*

ISO 4037-3:1999, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*

ISO 4037-4:2004, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 4: Calibration of area and personal dosimeters in low energy X reference radiation fields*

ISO 6980-1:2006, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 1: Methods of production*

ISO 6980-2:2004, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 2: Calibration fundamentals related to basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 6980-3:2006, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence*"

ISO 8529-1:2001, *Neutron reference radiations – Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 8529-2:2000, *Reference neutron radiations – Part 2: Calibration of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 8529-3:1998, *Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of response as a function of energy and angle of incidence*

3 Terms and definitions

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

General terminology concerning detection and measurement of ionizing radiation and nuclear instrumentation is given in IEC 60050-393, IEC 60050-394, and IEC 60050-151.

NOTE Degrees of requirement: In this standard, requirements are defined as follows:

- the word "shall" signifies a mandatory requirement (where appropriate a qualifying statement is included when there may be allowable exceptions);
- the word "should" indicates requirements that are not mandatory for compliance with the standard but are strongly recommended;
- the word "may" signifies an acceptable method or an example of good practice.

3.1

manufacturer

designer and seller of the equipment

3.2

purchaser

user (operator) of the equipment

3.3

detector assembly

DA

component of the installed radiation monitor system that contains the detectors and associated electronic devices; it can also include programmable electronic circuits

3.4

processing assembly

PA

assembly (which can be associated with one or more detector assemblies) which converts the output signal from the detector assemblies into a form, generally digital, suitable for transmission down a data link to the central computer, centralizer, and/or which generates alarm outputs to the alarm units at preset signal levels

3.5

alarm assembly

AA

assembly that will initiate an audible or visible alarm normally local to the DA in the event of an alarm threshold being breached or in case of fault of the equipment

3.6

centralizer

CC

central processing computer system for the calculation, display, and storage of data from the processing assembly

3.7

monitoring assembly

MA

combination of processing, alarm, and detector assemblies

3.8

order of magnitude

range of measurement or the levels to be measured which differ by about a factor of ten for one order of magnitude, one hundred for two, a thousand for three and so on

3.9

priming source

very small radioactive source, if used, mounted in or in close proximity to the detector(s), the source being there to ensure that the low level alarm will not normally alarm unless there is a fault

3.10

conventionally true dose rate

best estimate of the true dose rate used for calibration of equipment; this value and its uncertainty to be determined from a secondary or primary standard, or by a reference instrument which has been calibrated against a secondary or primary standard

3.11

coefficient of variation

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

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

3.12

test nomenclature

3.12.1

qualification tests

tests performed on a representative sample of equipment to verify the adequacy of the design and that the equipment meets the specifications agreed upon between manufacturer and user under normal, operational conditions and anticipated operation occurrences

NOTE 1 Qualification tests are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled.

NOTE 2 Qualification tests are subdivided into type tests and routine tests.

3.12.2

type test

conformity test made on one or more items representative of the production

[IEC 60050-151:2001, 151-16-16], [IEC 60050-394:2007, 394-40-02]

3.12.3

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[IEC 60050-151:2001, 151-16-17], [IEC 60050-394:2007, 394-40-03]

3.12.4

acceptance test

contractual test to prove to the customer that the device fulfils certain specifications

[IEC 60050-151:2001, 151-16-23, modified], [IEC 60050-394:2007, 394-40-05]

3.12.5

supplementary tests

tests intended to provide supplementary information on certain characteristics of the assemblies

NOTE The term “dose rate” used in this standard shall mean the quantity, e.g. air kerma, that the instrument is intended to measure. The radiation tests are defined by the manufacturer in terms of this quantity.

4 Design requirements

4.1 General characteristics

4.1.1 Overview

Equipment may be designed as a single assembly (monitoring assembly) with the detector assembly adjacent to or contained within the monitoring assembly or the detector remote from the remaining equipment.

The detector assembly (detector and associated electronics) may be located remotely from any processing assembly (electronics) and the indication and alarm assembly.

It is desirable that all these options are provided by a single common design of equipment, and for the design to allow for the use of alternative types of detectors with the same indication and alarm assemblies.

4.1.2 Measurement range

The equipment shall measure the dose rate due to X or gamma rays over an energy range of at least 80 keV to 1,5 MeV. Effective response to energies outside this range down to 50 keV and up to 7 MeV may be specified. The range of the equipment shall be at least three orders of magnitude of dose rate; five or more orders of magnitude may be required in some applications.

4.1.3 Safety classification

The equipment covered in this standard is intended primarily for the purpose of radiological protection and, as defined in 5.3 of IEC 61226:2009 may be installed in facilities such as nuclear power plants, nuclear fuel storage and processing sites, and thus may play a role in the achievement or maintenance of nuclear power plant safety.

For example, 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 shall be considered as part of the safety-related systems or the protection system. In this case, it shall meet the requirements of the respective system.

If a safety classification applies, appropriate requirements shall apply concerning specification, design, manufacturing, installation and operation of the equipment with respect to the quality of hardware and software. The requirements shall be agreed between the manufacturer and the purchaser. In particular, the purchaser shall decide the appropriate safety standard applicable to the site in which the system will function, i.e. either IEC 61513 or in the IEC 61508 series.

Compliance with IEC 61513 is required for monitors used in nuclear power plants.

The basic safety standards that comprise IEC 61508 may apply as well as they have been interpreted for the nuclear industry, and may be selected in some specific cases by agreement between the manufacturer and the purchaser. When the IEC 61508 series is selected, the requirements of that series shall apply as appropriate to the required safety integrity level (SIL) specified for the system.

Additionally, in such safety related protection system applications, equipment shall be environmentally qualified in accordance with the requirements of IEC 60780. When applicable, equipment shall be seismically qualified in accordance with the requirements of IEC 60780.

NOTE 1 It is anticipated that the SIL for equipment intended for the purpose of general area radiological protection will be SIL 1. In cases where the equipment is intended to act as an interlock in a safety related protection system(s), such as personnel access control systems which prevent human access to areas which can be subject to very high radiation fields, it is anticipated that the SIL for equipment will be SIL 2 or 3.

NOTE 2 The final choice between IEC 61513 and the IEC 61508 series will be agreed between purchaser and manufacturer. As an indication, the following correspondence is given:

- Cat. A -> SIL 3
- Cat. B -> SIL 2
- Cat. C -> SIL 1

4.2 Detailed characteristics

4.2.1 Equipment configuration

The type of equipment defined in this standard generally comprises up to four types of assemblies, which may be interconnected in a number of configurations.

These assemblies are

- detector assembly (DA),
- processing assembly (PA),
- alarm assembly (AA),
- monitoring assembly (MA).

The design of the equipment shall take account of the practical use of assemblies, noting that they may be required to measure radiation fields incident from various angles relative to their location.

Where detector assemblies are to be used in high neutron radiation fields, the detector assembly should be constructed of materials which will minimize the effects of neutron activation.

The detector assembly should be constructed from smooth, nonporous materials to reduce the possibility of contamination and designed to facilitate decontamination.

4.2.2 Equipment reliability

The reliability shall be managed either by IEC 61513 and associated series, or by IEC 61508 according to the required SIL.

When intended being used in NPP/NF, the equipment shall comply with IEC 61513.

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 in accordance with IEC 61226.

For particular designated safety applications, by agreement between the manufacturer and the purchaser, the equipment may be designed to meet the IEC 61508 series to the applicable SIL for the safety application. When this equipment is designed with safety functions enacted in software (firmware), the instrument can be considered as a programmable electronic system (i.e. SMART). As such, either compliance with the IEC 61508 series, IEC 60880 and IEC 62138, or evidence that the equipment meets the required SIL, shall be provided by the manufacturer.

For equipment hardware, evidence of how the manufacturer has met the requirements of either IEC 60987, or IEC 61508-2, should include assessment such as a failure modes, effects and diagnostic analysis (FMEDA), demonstration of the safe failure fraction (SFF), and statistical testing as appropriate.

This shall include evidence of how the manufacturer has met the lifecycle requirements of IEC 61508-3 to meet the required SIL.

The equipment shall be designed to be fail-safe and have a minimum safe failure fraction of 60 % for SIL 1 applications, 90 % for SIL 2, and 99 % for SIL 3.

Diagnostic facilities shall be provided to detect component and software failures which would cause loss of the safety function of the equipment. These facilities shall result in actuation of all the required trip/interlock/alarm functions.

4.2.3 Equipment indication

The processing unit shall be capable of giving a local indication and local audible and visual alarms. The visual and audible alarm requirements shall be as agreed between the manufacturer and purchaser. The equipment should have the facility to transmit indication and alarms to remote locations. The equipment performance shall be independent of any operational mode and be unaffected by failure of the remote location's equipment. Additionally, a facility to allow the connection of a local chart recorder may be provided.

For multi-monitor installations this remote location may be a centralizer. The requirements of this facility should be in accordance with the IEC 61559 series. The preferred processing unit display should be an analog logarithmic scale meter having a scale length at least 20 mm per decade with appropriate divisional marks. A digital display may be used as long as a clear indication of the scales is provided. In the case of a processing unit with linear scales, the indication ratio between adjacent scales shall not exceed a factor of 10.

The effective range of measurement of the equipment shall be as follows:

- For processing units with linear scales, the effective range shall be between 10 % and 100 % of each range.
- For processing units with logarithmic scale, the effective range shall be between 1,5 times the lowest significant dose rate marked and full scale.
- For processing units with digital indication, the effective range shall be from the start of the second least significant order of magnitude scale (i.e, two digits indicated) to the full range of indications available.

4.2.4 Alarm/trip/interlock facilities

4.2.4.1 General

Processing units which provide outputs for trip/interlock safety functions (see 4.1.3) shall be designed to be fail-safe on interruption or failure of the power supply. The outputs shall result in an actuation of all the selected alarm/trip/interlock functions.

Regarding how the outputs are activated, genuine alarm, instrument fault or power failure, these outputs will hold in the alarm/trip/interlock activated condition until the unsafe condition disappears and until specifically reset by a reset control function.

The alarm unit (AU) for equipment configured to provide area radiological protection shall produce both audible and visual alarms on interruption or failure of the power supply. However activated (genuine alarm, instrument or power failure), the alarm circuits shall be operable to hold alarm conditions until specifically reset by a reset control. The audible alarm shall be capable of being muted by push button on the alarm unit. The visual alarm will continue to operate until reset.

In all cases, an indication of power supply failure shall be provided on the processing unit.

NOTE The suggested alarm hierarchy is as follows: high alarm (4.2.4.2), low alarm (warning level) (4.2.4.3, instrument fault alarm (4.2.4.4).

4.2.4.2 High level alarms

As a minimum one high level alarm should be provided. The alarm set points may be fixed or adjustable. Each alarm shall activate within 1s of the displayed value reaching the set point. Other (alert level) alarms may be provided to operate on increasing dose rates but at a level below the alarm level.

Adjustable alarms should cover at least 10 % to 100 % of scale reading (linear scales), from 50 % of the lowest order of magnitude scale to 100 % highest order of magnitude scale (logarithmic scales) and over all but the least significant decade for digital displays.

4.2.4.3 Low level alarms

A low level alarm facility should be provided. These shall be adjustable as defined in 4.2.4.2. These are to operate on decreasing dose rate and generally act as an additional fault alarm but could be used for process control.

4.2.4.4 Instrument fault alarms

Diagnostic facilities should be provided as far as reasonably practicable to detect electronic component, inter-unit communication and processing firmware (software) failures which may cause loss of the safety function of the equipment. These facilities shall result in fault indication or alarm. Separate indication of the source of the fault is desirable.

It should be possible to set the fault alarm to a point below the minimum of the effective range of measurement such that on failure of the detector assembly this alarm will operate within 5 min of the failure.

There will generally be an interrelationship between the time for the alarm to operate, the frequency of false alarms and the margin between background level and alarm level.

The low level alarm may be set to operate above an enhanced background (priming source used to elevate existing background to ensure detection functionality) where the statistics of the measurement are such that they minimize false alarms.

4.2.4.5 Priming sources

Where radioactive sources are incorporated into the detector assembly, these sources and the labelling of the instrument shall conform to the appropriate international and national regulations with regard to radioactive materials. Generally, the activity of these sources is however below regulatory concern. The time for which any radioactive sources will be effective for its function shall be specified by the manufacturer and should normally not be less than 5 years. The need to adjust the position of the source or make other equivalent adjustments such as through data changes in the operating firmware should not be required more than once each year.

Displayed information shall take account of any priming source, so that the correct reading is given for all dose rates during the specified life of the source. Account may be taken of the allowable inaccuracy.

4.2.4.6 Interrelationship between response time and statistical fluctuations

The response time and the coefficient of variation of the statistical fluctuations are interdependent characteristics for which acceptable limits are given in 6.9 and 6.10.

For high dose rates, it is recommended that whenever possible, while conforming to the limits in this standard, the response time be reduced. Response times of less than 1 s offer little advantage and thus it is better practice to reduce the statistical fluctuations.

For very low dose rates, the manufacturer shall indicate the appropriate values of the coefficient of variation and response time which may, with agreement from the purchaser, exceed the limits given in 6.9 and 6.10.

5 General test procedures

5.1 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual clauses, all tests enumerated in this standard are to be considered as "type tests". Nevertheless, by agreement between the manufacturer and the purchaser, some of them may be considered as acceptance tests.

5.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference and standard test conditions are given in Table 3. Reference conditions are those conditions to which the performance of the instrument is referred and standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be performed under the standard test conditions given in the third column of Table 3.

5.3 Tests performed under standard test conditions

Tests performed under standard test conditions are listed in Table 4, which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the clause where the corresponding test method is described.

5.4 Tests performed with variation of influence quantities

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 5, and Table 6, all other influence quantities shall be maintained within the limits for the standard test conditions given in Table 3 unless otherwise specified in the test procedure concerned.

5.5 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations 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 accuracy to demonstrate compliance with the test in question.

The interval between such readings shall be sufficient to ensure that the readings are statistically independent.

5.6 Reference radiation

5.6.1 Gamma

All tests shall be conducted with ^{137}Cs unless specified otherwise. As an alternative, ^{60}Co may be used. In this case, correction shall be made for the difference in response of the detector assembly between ^{60}Co and ^{137}Cs . These radiation qualities are specified in the ISO 4037 series: Parts 1 to 4.

5.6.2 Beta

A test for the detector assembly response to gamma radiation in the presence of beta radiation shall be conducted based on agreement between the manufacturer and the purchaser. The response of the detector assembly to beta radiation from a $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ source shall be stated by the manufacturer. The reference beta radiation fields are specified in the ISO 6980 series: Parts 1 to 3.

5.6.3 Neutron

The response to neutron radiation shall be stated by the manufacturer at the request of the purchaser. A test for neutron response shall be carried out if the detector assembly is intended to be used in the presence of neutron radiation. ^{252}Cf or $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ should be used for neutron tests. The reference neutron radiation fields are specified in the ISO 8529 series: Parts 1 to 3.

5.7 Consideration of natural background radiation

For the measurement of low dose equivalent rates it is necessary to take into account the contribution of natural background radiation. This is usually done by taking a significant number of readings of background radiation. The mean indicated value of these readings has to be subtracted from the indicated value of the dose rate detector assembly under test. If the detector assembly contains a priming source this shall be taken into account.

6 Radiation characteristics

6.1 False alarm test

6.1.1 Requirements

No unexplained alarms shall occur over a period of 100 h with the monitor operating in a stable background. Repeat if explained alarms occur.

6.1.2 Method of test

With the monitor operating normally in a stable background, observe the monitor to verify that no alarms occur for a period of 100 h.

6.2 Point of test

The point of test at which the gamma dose rate is to be determined shall be chosen such that the distance between the radiation source and the detection assembly shall be sufficiently large to ensure that any error due to the non-uniformity of irradiation of the detector is not more than $\pm 5\%$.

6.3 Linearity

6.3.1 Requirements

This refers to the linearity of the instrument's measurement range. The instrument error is to be established in respect of the radiation quantity which the equipment is designed to measure.

Under standard test conditions, the response linearity of the detector assembly, when exposed to either of the reference radiations shall not exceed $\pm 30\%$, over the effective measurement range.

NOTE This uncertainty is additional to the uncertainty in the value of the conventional true dose rate.

6.3.2 Test source of gamma radiation

6.3.2.1 Requirements

The test shall be performed with a source of ^{137}Cs or ^{60}Co . The use of ^{60}Co is subject to the requirements of 5.6.

The conventional true dose rate shall be known and the uncertainty stated (see NOTE in 3.12.5).

6.3.2.2 Tests to be performed

A type test shall be performed on monitoring units comprised of at least one of each type of processing, alarm, and detector assemblies.

Routine tests shall be carried out on each combination of processing units, alarm units and detector assemblies.

All tests shall be carried out using a radiation field unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

6.3.2.3 Type tests

For assemblies provided with linear scales, the type test shall be carried out on all ranges and on at least 3 points on each range, i.e. at about 25 %, 50 % and 75 % of the scale range.

For assemblies provided with single range and logarithm graduation, or for digital displays, the type test shall be carried out on all order of magnitude scales of dose rate and on at least 2 points on each order of magnitude scale. (The higher value in each decade shall be at least three times the lower and at least 70 % of the maximum of that order of magnitude.) If a detector contains a priming source this shall be taken into account.

6.3.2.4 Routine tests

For assemblies provided with linear scale, the routine test shall be carried out at one point on one value (between 50 % and 75 %) in the range in which the highest alarm is set.

For assemblies provided with single range and logarithmic graduation, or for digital displays, the test shall be carried out on one value (between 10 % and 90 %) in the range in which the highest alarm is set. If a detector contains a priming source this shall be taken into account.

For routine tests, current or pulse injection to the processing assembly is acceptable. When current or pulse injection is used it shall be based on the radiation type test results.

6.4 Variation of response with photon radiation energy

6.4.1 Requirements

The response in reference direction to photon energy between 80 keV and 1,5 MeV shall be within –25 % to +40 %.

For assemblies intended for use in energies between 50 keV and 80 keV and/or higher than 1,5 MeV, the variation shall be subject to agreement between the purchaser and manufacturer.

If the ambient dosimeter is to be used in the vicinity of nuclear power installations, the response up to 7 MeV should fulfil the above requirement by agreement between the purchaser and manufacturer.

In principle, this test should be performed at the same dose rate for each radiation energy. In practice this may not be possible, in which case the indicated dose rate of each radiation energy should be corrected for the non linearity (interpolated if necessary) at the indicated dose rate and for the reference gamma radiation.

In the case of multiple detectors covering different dose rate ranges, the test should be performed for each detector at the appropriate dose rate and energy.

6.4.2 Method of test

The following energies should be used for low air kerma rates (taken from the ISO 4037 series):

- mean energy (keV): quality (tube voltage, kV);
- 83 keV(N-100) or 87 keV(L-100);
- 100 keV(N-120) or 109 keV(L-125);
- 118 keV(N-150);
- 164 keV(N-200) or 149 keV(L-170);
- 208 keV(N-250) or 211 keV(L-240);
- 662 keV(Cs-137);
- 1 250 keV (Co-60).

When the instrument is intended for use in other energies:

- 48 keV(N-60) or 48 keV(L-55);
- 65 keV(N-80) or 60 keV(L-70) or 59,5 keV(Am-241).

For 6,61 MeV the following alternatives may be used:

- 6,61 MeV (R-F); or
- 6,61 MeV (R-O); or
- verification by Monte Carlo simulation especially for this energy.

The test for this energy shall be agreed between the purchaser and manufacturer.

The results shall be expressed as a ratio of the indication per unit dose rate for each radiation source utilized to the response per unit dose rate for the reference gamma radiation (^{137}Cs).

6.5 Variation of response with angle of incidence

6.5.1 Requirements

The response with angle of incidence against the direction of calibration for more than one plane of response shall be within following variation (see Figure 1):

For the range 80 keV to 1,5 MeV:

- for 661,6 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ \pm 20\%$;
- for 83 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ$ to be defined by the manufacturer;
- for 59,5/60 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ \pm 30\%$ where applicable.

The manufacturer shall state the relative variation of the response for $\pm 90^\circ$.

The results should be expressed as a ratio of the response per unit dose rate for each radiation source utilized to the response per unit dose rate for zero degrees angle of incidence.

In general, detector assemblies are designed to be installed on a flat surface such as a wall. So the range of the angles to be tested are limited to $\pm 60^\circ$ from the normal to the mounting surface (see 6.5.2). If another range of the angles is required, the range of the angles to be tested shall be selected by agreement between the manufacturer and purchaser.

The necessity of additional angles to be tested for the other X-ray or gamma ray exposures shall be determined in accordance with the agreement made between the manufacturer and purchaser.

- a) The direction of radiation shall be changed in steps of 15° in a plane including the calibration direction specified by the manufacturer and the response determined throughout the range of angles specified in 6.5.1.
- b) The procedure of a) above shall be repeated for the plane perpendicular to that used in a) but still including the calibration direction.

6.5.2 Method of test

The assembly shall be mounted so as to most conveniently enable measurements to be made at the required angle.

For this test, the reference point of the detector assembly shall be placed at a point of test where the dose (rate) is known. The photon radiation qualities of the narrow spectrum series and the gamma sources ^{137}Cs and ^{241}Am specified in the ISO 4037 series should be used if possible.

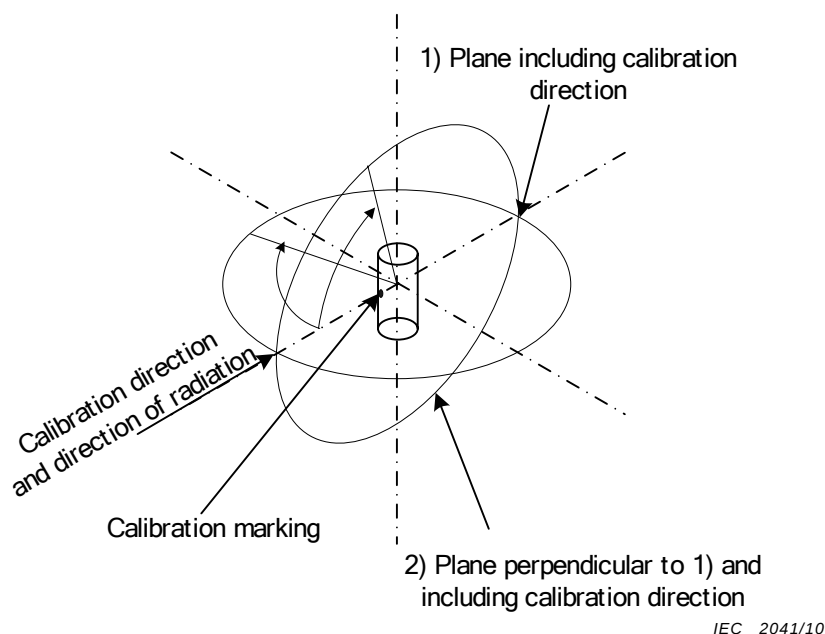


Figure 1 – Example of the rotation of the detection assembly

6.6 Response to beta radiation

6.6.1 Requirements

When the detector assembly is used for measuring dose due to gamma radiation in the presence of beta radiation, the more energetic particles may penetrate into the sensitive volume of the detector. The response of the detector assembly to beta radiation from an Sr-90/Y-90 source shall be stated by the manufacturer, if the detector assembly is intended to be used in the presence of beta radiation.

6.6.2 Method of test

Expose the detector assembly at 0° angle of radiation incidence to beta reference radiation specified in ISO 6980: Parts 1 to 3 of the following quality:

– $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}$);

The indicated dose rate value shall be less than 10 % of the exposed dose rate value.

6.7 Response to neutron radiation

6.7.1 Requirements

The response of the detector assembly to neutron radiation shall be stated by the manufacturer if the detector assembly is intended to be used in the presence of neutron radiation.

By agreement between the purchaser and the manufacturer, tests can be omitted if documented analysis demonstrates that the instrument is not sensitive to neutron radiation.

6.7.2 Method of test

When a test is required the following procedure is recommended.

The detector assembly shall be exposed in the reference calibration direction, to radiation from a ^{252}Cf or $^{241}\text{Am/Be}$ source such that the reading will be 70 % of the maximum of the

second most sensitive order of magnitude scale. If this is not practically achievable, a limit of 10 mSv/h should be applied.

The indication $I_{(n+\gamma)}$ from the neutron source shall be noted.

The photon dose rate $\dot{H}^*(10)\gamma$ at the detector assembly shall be determined (by calculation or use of a reference instrument) and the indication $I_{(\gamma)}$ established from this: $I_{(\gamma)} = R\gamma \times \dot{H}^*(10)\gamma$ taking into account the photon response to radiation from ^{60}Co . For ^{252}Cf , the fraction of photon to neutron dose rate is usually about 0,04.

NOTE 1 The energy of photons emitted from a ^{252}Cf source is similar to the energy emitted from a ^{60}Co source (about 1,25 MeV).

Similarly the neutron dose rate, $\dot{H}^*(10)n$ shall be determined.

The neutron response shall be expressed as:

$$R_n = \frac{I_{(n+\gamma)} - I_{(\gamma)}}{H^*(10)_n}.$$

Neutron radiation qualities are specified in the ISO 8529 series: Parts 1 to 3.

NOTE 2 Encasing the ^{252}Cf source in 1 mm of lead would reduce the gamma (photon) emissions.

NOTE 3 The dose rate quantity is chosen to $\dot{H}^*(10)$ as this quantity is equivalently defined for neutron and photon radiation.

6.8 Overload characteristics

6.8.1 Requirements

For dose rates greater than that corresponding to a scale maximum, the indication of the detector assembly/monitoring unit shall be off scale at the higher end of the scale and shall remain so. This requirement shall apply to each scale range where the scale change is switchable.

6.8.2 Method of test

Prior to the overload test, reference readings shall be established. The readings shall be obtained from the each scale.

The detector assembly shall then be exposed for 5 min to a dose rate 10 times the scale maximum. The indication shall remain off scale at the higher end of the scale throughout this period.

The time taken by the monitor to return to normal after the dose rate is returned to the pre-exposure level shall not be greater than 10 min. The post test reading shall be within $\pm 10\%$ of the pre-test or reference readings.

6.9 Statistical fluctuations

6.9.1 Requirements

The coefficient of variation of the dose rate due to random fluctuations shall be less than 20 % for the most sensitive scale and 10 % for all other scales.

6.9.2 Method of test

The detector assembly shall be exposed to a source of radiation giving a dose rate corresponding to an indication between one-third and one-half of the scale maximum on the most sensitive range (linear) or decade (logarithmic scale) or the second least significant decade (digital indication).

Sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings and coefficient of variation can be determined.

6.10 Response time

6.10.1 Requirements

The response time shall be such that, if there is a sudden increase or decrease in the dose rate, the indication will reach the following value:

$$I_i + 0,9 (I_f - I_i)$$

where I_i is the initial indication and I_f is the final indication.

The response time shall be less than:

- for a dose rate lower than 60 µGy/h (µSv/h): 60 s;
- for a dose rate between 60 µGy/h (µSv/h) and 1 000 µGy/h (µSv/h)

$$\left(60 - \frac{\text{Doserate} - 60 \text{ µGy/h (or µSv/h)}}{940 \text{ µGy/h (or µSv/h)}} \times 50 \right) \text{ s}$$

- for a dose rate higher than 1 000 µGy/h (µSv/h): 10 s.

The number of tests to be performed shall be agreed between the purchaser and the manufacturer.

The response time shall be stated by the manufacturer.

6.10.2 Method of test

The test shall be carried out either with a suitable source of radiation or by the injection of a suitable electrical signal into the input of the measuring dose rate meter assembly.

The initial and final dose rates shall differ by a factor of 10 or more and measurements shall be carried out for both an increase and a decrease in the dose rate by this factor.

Measurements shall be made over each order of magnitude of dose rate indication for the dose rate meter detector assembly provided with a digital or a logarithmic display, and on each scale range for dose rate meter detector assembly provided with a linear display.

For linear scale dose rate meters the lower dose rate may be taken as zero or background and the upper as that corresponding to at least 80 % of the scale maximum on all ranges.

For dose rate meters with switchable ranges, the response time shall be tested on each scale range.

If the electrical method of test is employed, this shall be stated in the accompanying documents. The injected signals shall correspond to the above requirements.

For the increasing dose equivalent rate test, the dose rate meter detector assembly shall be subjected first to the higher dose rate and the indication I_f noted. The dose rate meter detector assembly shall then be subjected to the lower dose equivalent rate for a time sufficient for the indication I_i to reach a steady value and this indication noted. The dose rate shall then be changed as quickly as possible (< 1 s) to that corresponding to the indication I_f and the time taken to reach the value given by the formula in 6.10.1 be measured.

The decreasing dose equivalent rate test is performed to the same way.

6.11 Zero drift

6.11.1 Requirements

For linear scaled detector assemblies/monitoring units, the position of the zero point of the meter indication that has been set to zero after the assembly has been in operation for 30 min under standard test conditions shall not drift by more than ± 2 % of the scale maximum on any range in the next 24 h of continuous operation. For logarithmic scales and digital displays, the drift shall be less than 5 % after 8 h, 25 % after 24 h, and 50 % after 20 days of the most sensitive order of magnitude scale (logarithmic) or of the second least significant order of magnitude scale (digital).

6.11.2 Method of test

Switch on the detector assembly, and adjust the zero set control (if available) to bring the indication to zero after 30 min. For some detector assemblies with a non linear scale, such a control is used to bring the indication to a certain reference value rather than zero. In these cases, set the indication to the reference value, switch to a reading range, wait for 30 min and reset to zero.

Leave the detector assembly switched to a reading range. Note the indication hourly for the first 8 h, then again after 24 h.

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, the test shall continue for a total of 20 days with indications noted every four days.

6.12 Alarm requirements

6.12.1 Requirements

The range of settings shall conform to the requirements of 4.2.4.2 and 4.2.4.3.

6.12.2 Method of test

This test shall be performed on the detector assembly/processing unit, but shall exclude the detector. Using appropriate signal injection equipment, the range of the detector output shall be simulated. The alarms shall be adjusted to within 10 % of their lowest setting and the input signal increased until the alarms operate. The indication of the equipment shall be noted. The alarm settings shall be re-adjusted to their highest settings and the procedure repeated.

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

6.12.3 Equipment fault alarms

The instrument fault alarm shall normally be tested in accordance with 4.2.4.4.

Tests of failure alarms against appropriate equipment malfunctions shall be carried out.

6.13 Alarm response time and stability

6.13.1 Requirements

Radiation alarm thresholds (low or high level) shall not deviate by more than $\pm 10\%$ from the selected alarm set point and shall conform to the requirements of 4.2.4.2 and 4.2.4.3.

6.13.2 Method of test

The low level alarm threshold shall be adjusted to a reasonable dose rate level to enable the test to proceed. Expose the detection assembly to a dose rate that is 90 % of low threshold. The alarm shall not activate for the duration of the exposure (1 min). Increase the dose rate level to twice the low threshold. The alarm shall activate immediately.

Perform the same test for the high level alarm.

To verify stability, repeat the low and high level alarm test after a period of 24 h of continuous use.

6.14 Warm-up

6.14.1 Requirements

The manufacturer shall state the warm up time. The warm up time used to reach standard test conditions is indicated in Table 3.

6.14.2 Method of test

With the detector assembly/monitoring unit switched off, expose the detector to an appropriate source of radiation that will provide an indication of at least half the maximum scale. Switch on the assembly and note the readings of the assembly every 30 s after switching on until the stated warm up time.

Thirty minutes after switching on, take at least 10 readings and use the mean value of these as the “final value” of the indication. On a graph of indication as a function of time, draw a smooth curve that is the best fit. The time related to 90 % of this value is the warm-up time.

7 Electrical, mechanical and environmental characteristics

7.1 Mains operation

7.1.1 Requirements

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

- series I: 230 V AC;
- series II: 100 V AC;
- series III: 120 V and/or 240 V AC.

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.

Nevertheless, the assemblies may be designed to operate from 24 V d.c. (series IV). Line operated assemblies should be designed to operate from single-phase AC supply voltage of 100 V to 240 V and from 47 Hz to 63 Hz. The equipment shall operate with a variation in supply of $\pm 10\%$.

7.1.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. With the supply voltage at its nominal value, determine and record the mean reading from each detector.

Take sufficient readings with the supply voltage 10 % above the nominal value and sufficient readings with the supply voltage 10 % below the nominal value. The mean values shall not differ from those obtained with nominal supply voltage by more than 10 %.

The above tests shall be repeated but instead of changing the voltage, the frequency shall be changed from 54 Hz to 66 Hz for 60 Hz supply voltage or from 45 Hz to 55 Hz for 50 Hz supply voltage.

7.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

7.2.1 General

Special precautions shall be taken in the design of the monitoring units to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances, particularly radio-frequency fields (see IEC 61000-4-3). EM disturbances may cause increases or decreases in the radiation readings, or functional changes in the monitoring system (e.g, alarm activation). For each of the EMC tests given in 7.2.3 to 7.2.10, the detector assembly shall be set to the most sensitive range and irradiated with five times the lower end of the measuring range of the detector assembly.

7.2.2 Emission of electromagnetic radiation

7.2.2.1 Requirements

The emission limits, when measured at 30 m, shall be less than what is shown below:

Table 2 – Emission frequency range

MHz	Field strength dB
30 – 230	30
230 – 1 000	37

7.2.2.2 Method of test

Place the monitoring assembly in a radio frequency shielded room or chamber, as appropriate. The test shall be performed as described in IEC 61000-6-4. With the assemblies off, collect a background spectrum using a scanning bandwidth of 50 kHz. Switch the assemblies on and perform an RF scan to determine field strength.

7.2.3 Electrostatic discharge

7.2.3.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by electrostatic discharges at the value shown in Table 6. The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the electrostatic discharges, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the discharges alone.

7.2.3.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications at the display and at any data output terminals, while discharging a suitable test generator as described in IEC 61000-4-2 at least five times to those various external parts of the complete equipment which may be touched by the operator during a normal measurement, when the dose equivalent (rate) detector assembly/processing unit is on and, if the ranges are selectable, set to its most sensitive range.

The electrostatic discharge shall be performed as described in IEC 61000-4-2 with a voltage of 4 kV. When dose equivalent (rate) meter detector assemblies with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV (severity level 3) shall be used.

7.2.4 General radiated electromagnetic fields

7.2.4.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by exposure to radio frequency fields from 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz with an intensity of 10 V/m (Table 4). The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the RF field, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the RF field alone.

7.2.4.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing assembly with the dose equivalent (rate) detection assembly set to the most sensitive range.

The electromagnetic field strength shall be 10 V/m in the frequency range of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz in steps of 1 % (see IEC 61000-4-3).

To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement, the test can be performed at a field strength of 20 V/m in one orientation only. If any indication that a susceptibility exists is observed, additional tests in the range of $\pm 5\%$ around this frequency range of susceptibility with a field strength of 10 V/m shall be carried out with the dose equivalent (rate) meter detection assembly in all three orientations as described in IEC 61000-4-3.

7.2.5 Conducted disturbances induced by fast transients or bursts

7.2.5.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by conducted disturbances induced by fast transients or bursts at the values shown in Table 6. The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the disturbances alone.

7.2.5.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

Fast transients or bursts should be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing

assembly, with the dose equivalent (rate) detection assembly set to the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-4 with a peak voltage of ± 2 kV.

The severity of the test shall be as follows:

- for equipment installed in protected room: level 2;
- for other equipment: level 3.

7.2.6 Conducted disturbances induced by surges

7.2.6.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by conducted disturbances induced by surges at the values shown in Table 6. The readings shall remain within ± 15 % of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the disturbances alone.

7.2.6.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

Pulses should be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing assembly with the dose equivalent (rate) detection assembly set to the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-5 with a voltage of ± 2 kV or ± 1 kV as given in Table 4.

7.2.7 Conducted disturbances induced by radio-frequencies

7.2.7.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by conducted disturbances induced by radio-frequencies shown in Table 6. The readings shall remain within ± 15 % of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the disturbances alone.

7.2.7.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display of the processing unit, with the dosimeter detector assembly set to the most sensitive range.

The voltage shall be equivalent to 10 V in the frequency range of 150 kHz to 80 MHz in steps of 1 % according to IEC 61000-4-6.

7.2.8 Ring wave immunity

7.2.8.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by oscillatory waves injected shown in Table 6. The readings shall remain within ± 15 % of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the oscillatory waves alone.

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

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

7.2.8.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 5.6 adjacent to the detection assembly. Determine and record the mean reading.

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 as follows:

- circuits connecting the protected room: level 1;
- circuits exiting other place: level 3.

On completion of this test, the performances of the system shall comply with the performances stipulated by the manufacturer.

7.2.9 50 Hz/60 Hz magnetic field

7.2.9.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by 50 Hz or 60 Hz magnetic fields. The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the magnetic fields, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the magnetic field alone.

7.2.9.2 Method of test

Compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing unit while measurements are performed on the most sensitive range. The dose equivalent (rate) meter detector assembly shall be exposed to continuous fields of 30 A/m at a frequency of 50 Hz or 60 Hz. The dose equivalent (rate) detector assembly should be exposed in a minimum of two orientations (0° and 90°) relative to the field lines.

7.2.10 Voltage dips and short interruptions

7.2.10.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by voltage dips and short interruptions. The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the voltage changes, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the voltage dips and short interruptions alone.

7.2.10.2 Method of test

For mains-operated dose equivalent (rate) detector assemblies, compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing unit while measurements are performed on the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-11, with voltage reductions as given in Table 6.

7.3 Mechanical characteristics

7.3.1 Areas of application

Equipment used indoors will typically not be exposed to mechanical environments such as shock and vibration other than when shipped to the location. Monitoring units designed for applications which require them to be mounted onto other devices such as cranes or vehicles will most likely be exposed to minimal shock and/or vibration environments.

Detection assemblies mounted on cranes may have additional requirements that are not addressed by this standard.

7.3.2 Microphonics/impact

7.3.2.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by microphonic conditions such as those that may occur from low intensity sharp contacts with hard surfaces. The readings shall remain within $\pm 15\%$ of the readings obtained when not exposed to the microphonic conditions, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the microphonic conditions.

7.3.2.2 Method of test

The test can be performed either according to IEC 60068-2-75 or IEC 62262.

Switch on the assemblies and allow them to warm up normally. Using an appropriate test device (i.e. a spring hammer), expose the detection assembly case to 3 impacts at an energy of 1,0 joules (J). The test shall be performed on each side of the detection assembly while observing the response.

The monitoring unit response shall be unaffected (remain within $\pm 15\%$ of the pre-test values) by the impacts.

7.4 Environmental characteristics

7.4.1 Ambient temperature

7.4.1.1 Requirements

The monitoring assembly shall be able to operate over an ambient temperature range from

- a) $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ for indoor use;
- b) $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (or $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$) for outdoor use.

If the equipment is installed in enclosed cabinets the effect of the rise in temperature shall be considered. Because of the possibility of these higher temperatures, the test shall be performed over the temperature range from $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. The indicated value shall remain within 15 % of the indicated value obtained at $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ over the temperature range from $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Over the temperature range of $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$, the indicated value shall be within 25 % of the value obtained at $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.4.1.2 Method of test

This test shall include measurements of dose rate induced by ambient background and measurements of dose rate induced by gamma radioaction sources as defined in 6.3.2. The geometry of test shall stay the same throughout the test cycle.

The temperature shall be maintained at each of its extreme values for a minimum of 16 h and the indication of the assembly measured every 60 min during this period. Humidity levels

should be low enough to prevent condensation (<50 %). The rate of change for temperature shall not exceed 10°C per h. The limits of variation of indications shall be within the value given in Table 4.

Portions of the system that are intended for installation in a controlled environment may be excluded from this test.

If the monitoring assembly incorporates temperature control devices, those assemblies shall be tested as complete assemblies. For those monitoring assemblies that do not provide internal temperature control for individual assemblies, it is permitted to test each assembly as grouped components.

7.4.2 Relative humidity

7.4.2.1 Requirements

The monitoring assembly shall be able to operate during and after exposure to relative humidity levels of up to 93 % at an ambient temperature of +35 °C. Acceptable operation is indicated by a <15 % change in detector count rate with that measured at +20 °C and 65 % RH both during and after exposure. There shall be no observable effects from the exposure to high humidity.

Higher humidity limit (93 % RH at +40 °C) may be required in accordance with the agreement between purchaser and manufacturer. In such a case, a test shall be conducted for such expanded conditions.

7.4.2.2 Method of test

The test shall be carried out at a single temperature of 35 °C using an environmental chamber. For this test the monitoring unit, including the detector assembly, shall be switched on and exposed to the reference gamma radiation as defined in 6.3.2. The humidity shall be maintained at its extreme values for a minimum of 24 h and the indications of the assembly noted every 2 h during this period. The permitted variation in the indications as specified in Table 5 is additional to the permitted variations due to temperature alone. Following exposure, each assembly shall be inspected for corrosion or other humidity caused effects. There shall be no observable effects from the exposure.

Portions of the system that are intended for installation in a controlled environment may be excluded from this test.

7.4.3 Sealing

7.4.3.1 Requirements

The monitoring assembly shall be designed to prevent the ingress of moisture. The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture. The manufacturer shall state the IP rating of the unit as per IEC 60529.

7.4.3.2 Method of test

This test is required if the unit does not comply with IEC 60529 and when agreed between manufacturer and purchaser.

All components that are intended for outdoor use shall be exposed to a rain test with exposure based on component area, 10 l/m² for a period of time based on the measured surface area of the monitor. The time is 3 min/m² with a minimum of 15 min (IEC 60068-2-18). The spray nozzle should be approximately 2 m from the monitor. After exposure, each component shall be inspected to determine if moisture penetrated the installed seals.

8 Documentation

8.1 Type test report

The manufacturer shall make available, at the request of the purchaser, the report on the type tests performed to the requirements of this standard.

8.2 Certificate

A certificate shall be provided with each monitoring unit and detector assembly, including at least the following information in accordance to IEC 61187:

- manufacturer's name or registered trademark;
- type of assembly and serial number;
- types of radiation the assembly is intended to measure;
- where tested for operation in pulsed radiation fields, the dose rates, pulse duration times and pulse repetition rates;
- reference point of the assembly;
- power supply requirements;
- operating temperature range;
- declaration of conformity with respect to this standard.

8.3 Operation and maintenance manual

An operation and maintenance manual containing at least the following information in accordance with IEC 61187 shall be supplied:

- schematic electrical diagrams including spare parts list;
- operational details, maintenance and testing procedures.

The maintenance manual user instructions shall be written in an unambiguous manner. These instructions have to be the same for all parts of the type test and cover routine use.

Table 3 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference gamma radiation source	^{137}Cs	^{137}Cs
Warm-up time	30 min	> 30 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 1 %
Power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency ± 2 %
Power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Gamma radiation background	Air kerma rate $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	Less than air kerma rate of $0,25 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by the manufacturer	Direction given $\pm 10^\circ$
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 earth's magnetic field
Orientation of assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 10^\circ$
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible

Table 4 – Tests performed under standard test conditions

Characteristics under test	Requirements subclause	Method of test subclause
Background effects and false alarm	6.1.1	6.1.2
Linearity	6.3.1 6.3.2.	6.3.2.2 6.3.2.3 6.3.2.4
Variation of response with photon radiation energy.	6.4.1	6.4.2
Variation of response with angle incidence	6.5.1	6.5.2
Beta radiation detection	6.6.1	6.6.2
Neutron radiation detection	6.7.1	6.7.2
Overload	6.8.1	6.8.2
Statistical fluctuations	6.9.1	6.9.2
Response time	6.10.1	6.10.2
Zero drift	6.11.1	6.11.2
Alarm requirements	6.12.1	6.12.2 6.12.3
Equipment fault alarms	6.12.3	6.12.3
Alarm response time and stability	6.13.1	6.13.2
Warm up	6.14.1	6.14.2
Pulsed radiation effects	A.3.1	A.3.2

Table 5 – Tests performed with variations of influence quantities

Characteristic under test or influence quantity	Range of values of influence quantities	Limits of variation of indications or of the responses	Method of tests subclause
Mains operation	– From 100 V to 240 V power supply voltage – From 45 Hz to 66 Hz	± 10 %	7.1.2
Microphonics/impact	Trois impacts at an intensity of 1,0 joules at different locations on the detection assembly	Response shall be unaffected by exposure ±15 %	7.3.2.2
Ambient temperature	+10 °C to +55 °C for indoor use –25°C to +40°C (or +55°C) for outdoor use	±15 % and ±25 %	7.4.1.2
Relative humidity	40 % to 93 % at +35 °C	±15 %	7.4.2.2
Sealing	3 mm per min/m ² for a minimum of 15 min	No moisture ingress	7.4.3.2

**Table 6 – Maximum values of additional indications
due to electromagnetic disturbances**

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to IEC standard	Frequency	Allowed change of response at five times the lower end of the measuring range	Criterion B*	Subclause
Emission of electromagnetic radiation	30 MHz to 230 MHz 230 MHz to 1 000 MHz	61000-6-4		Less than 30 dB 37 dB		7.2.2
Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ±8 kV air discharge 0 kV to ±4 kV contact discharge	61000-4-2	5 disturbances	±15 %	B	7.2.3
Radiated electromagnetic fields, field strength and modulation	80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz 2,5 GHz 0 V/m to 10 V/m (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	61000-4-3	10 % of time	±15 %	A	7.2.4
Conducted disturbances induced by fast transients / burst, peak voltage	Power ports: 0 kV to ±2 kV Signal ports: 0 kV to ±1 kV 5/50 ns (tr/th)	61000-4-4	10 disturbances per hour	±15 %	B	7.2.5
Conducted disturbances induced by surges, peak voltage and rise time	AC power ports, line-to- earth: 0 kV to ±2 kV AC power ports, line-to- line: 0 kV to ±1 kV Signal ports, line-to-earth: 0 kV to ±1 kV DC power ports: 0 kV to ±2 kV 1,2/50 (8/20) µs (tr/th)	61000-4-5	10 disturbances per hour	±15 %	B	7.2.6
Conducted disturbances induced by radio- frequencies, frequency and voltage	150 kHz to 80 MHz 0 V to 10 V (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	61000-4-6	10 % of time	±15 %	A	7.2.7
Ring wave immunity	Oscillation frequency: 1 MHz + 10 %, mains supply frequency between 50 Hz and 400 Hz and non-synchronized on the network frequency	61000-4-12	10 % of time	±15 %	A	7.2.8
50 Hz/60 Hz magnetic field, field strength	0 A/m to 30 A/m	61000-4-8	10 % of time	±15 %	A	7.2.9
Voltage dips/ short interruptions, duration	1 cycle (100 % reduction) (20 ms at 50 Hz; 17 ms at 60 Hz)	61000-4-11	10 disturbances per hour	±15 %	B	7.2.10
Voltage dips/ short interruptions, duration	500 ms (30 % reduction) 200 ms (60 % reduction) 5 000 ms (100 % reduction)	61000-4-11	10 disturbances per hour	±15 %	C	7.2.10

* Criteria A, B, and C according to IEC 61000-6-2:

- A: The apparatus shall continue to operate as intended during and after the test.
- B: The apparatus shall continue to operate as intended after the test.
- C: Temporary loss of function is allowed, provided the function is self-recoverable or can be restored by the operation of the controls.

Annex A **(informative)**

Monitoring of pulsed ionizing radiation

A.1 General

Some types of dose and dose equivalent (rate) detector assemblies will give incorrect indications when monitoring pulsed radiation fields, such as medical x-ray equipment, certain other x-ray equipments, LINACs and cyclotrons.

In the case of LINACs, for example, the radiation can be bursts of about 1 μs at a frequency of about 400 per second. In this case, the actual dose rate during the pulse is about 2 500 times the average dose rate.

Pulse counting detectors such as Geiger counters, scintillation counters, and semiconductors may produce a single pulse during the on time of the machine, but because the dead time of the detector or the associated electronics is similar to or longer than the radiation burst, no more than one pulse may be seen. Therefore, the maximum count-rate will be 400 per second, even for an infinitely large dose rate. This means that the maximum count rate will be equivalent to that due to 400 pulses per second, perhaps a few microsieverts per hour in an actual field of sieverts per hour. Likewise, in the case of dosimeters, the increase in dose reading will at a much lower rate than the actual dose received.

A.2 Current measuring systems

Detector assemblies not reliant on the counting of pulses from the detectors, such as ionization chambers and scintillation and semiconductor detectors operated in the current mode, are able to measure dose and dose rate from pulsed sources. There can however be some problems with saturation at very high dose rates. Comparison with ionization chambers operated at different voltages shall be carried out to ensure this does not happen.

A.3 Method of test

A.3.1 General

When claims are made that the monitor can be used in pulsed fields, the following tests should be performed at the highest dose rate at which the manufacturer claims correct operation will be maintained. The duration and repetition rate of the radiation pulse should be similar to that used under the conditions of expected use but, in any case, shall be specified in the test report.

A.3.2 Dose rate meters

Expose the dose rate meter to the radiation specified in 5.6.1. Compare the reading obtained with that from a dose rate meter known to work satisfactorily at the mean dose rates, dose rates during the pulse, pulse durations, dose per pulse, and repetition frequencies specified. The difference between the readings shall be provided.

NOTE In order to be sure that the dose rate meter used for the comparison does not suffer from any saturation effects its performance should be traced back to an ionization chamber instrument where the dose rate indication does not increase by more than 5 % when the polarizing voltage applied to the ionization chamber is increased by 50 % with dose rates equal to or in excess of those applied in this test.

Bibliography

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

IEC 60359:2001, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

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

IEC 60768, *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*

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-14:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-14: Testing and measurement techniques – Voltage fluctuation immunity test*

IEC 61000-4-28:1999, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-28: Testing and measurement techniques – Variation of power frequency immunity test*

IEC 61508-1, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 1: General requirements*

IEC 61508-2, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 2: Requirements for electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

IEC 61508-3, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 3: Software requirements*

IEC 61508-4, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 4: Definitions and abbreviations*

IEC 61508-5, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 5: Examples of methods for the determination of safety integrity levels*

IEC 61508-6, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 6: Guidelines on the application of IEC 61508-2 and IEC 61508-3*

IEC 61508-7, *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems – Part 7: Overview of techniques and measures*

IEC 61559-1:2009, *Radiation protection instrumentation in nuclear facilities – Centralized systems for continuous monitoring of radiation and/or levels of radioactivity – Part 1: General requirements*

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

IEC 62003:2009, *Nuclear power plants – Instrumentation and control important to safety – Requirements for electromagnetic compatibility testing*

International Atomic Energy Agency (IAEA), Safety Series No. 50-C/SG-Q:1996, *Quality Assurance for Safety in Nuclear Power Plants and other Nuclear Installations, Code and Safety Guides, Q1-Q14*

International Atomic Energy Agency (IAEA), Safety Series No. NS-R-1, *Safety of Nuclear Power Plants: Design Safety Requirements*

International Atomic Energy Agency (IAEA), Safety Series No. NS-G-1.3, *Instrumentation and Control Systems Important to Safety in Nuclear Power Plants Safety Guide – IAEA Safety*

ICRU Report 51, *Quantities and units in radiation protection dosimetry*

ICRP Publication 57, *Radiological Protection of The Worker In Medicine And Dentistry*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	45
INTRODUCTION.....	47
1 Domaine d'application et objet.....	50
2 Références normatives.....	51
3 Termes et définitions.....	53
4 Exigences de conception.....	55
4.1 Caractéristiques générales.....	55
4.1.1 Vue d'ensemble.....	55
4.1.2 Gamme de mesures.....	56
4.1.3 Classification de sûreté.....	56
4.2 Caractéristiques détaillées.....	57
4.2.1 Configuration de l'équipement.....	57
4.2.2 Fiabilité de l'équipement.....	57
4.2.3 Indication de l'appareillage.....	58
4.2.4 Dispositifs d'alarme/coupure/asservissement.....	58
5 Procédures générales d'essai.....	60
5.1 Nature des essais.....	60
5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	60
5.3 Essais exécutés dans les conditions normales d'essai.....	60
5.4 Essais exécutés avec variation des grandeurs d'influence.....	60
5.5 Fluctuations statistiques.....	60
5.6 Rayonnement de référence.....	61
5.6.1 Gamma.....	61
5.6.2 Bêta.....	61
5.6.3 Neutron.....	61
5.7 Prise en compte du rayonnement naturel du fond.....	61
6 Caractéristiques de rayonnement.....	61
6.1 Essai de fausses alarmes.....	61
6.1.1 Exigences.....	61
6.1.2 Méthode d'essai.....	61
6.2 Point d'essai.....	61
6.3 Linéarité.....	62
6.3.1 Exigences.....	62
6.3.2 Source de rayonnement gamma d'essai.....	62
6.4 Variation de la réponse avec l'énergie du rayonnement photonique.....	63
6.4.1 Exigences.....	63
6.4.2 Méthode d'essai.....	63
6.5 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence.....	64
6.5.1 Exigences.....	64
6.5.2 Méthode d'essai.....	64
6.6 Réponse au rayonnement bêta.....	65
6.6.1 Exigences.....	65
6.6.2 Méthode d'essai.....	65
6.7 Réponse au rayonnement neutronique.....	65
6.7.1 Exigences.....	65
6.7.2 Méthode d'essai.....	65

6.8	Caractéristiques de surcharge	66
6.8.1	Exigences.....	66
6.8.2	Méthode d'essai	66
6.9	Fluctuations statistiques	66
6.9.1	Exigences.....	66
6.9.2	Méthode d'essai	67
6.10	Temps de réponse.....	67
6.10.1	Exigences.....	67
6.10.2	Méthode d'essai	67
6.11	Dérive du zéro.....	68
6.11.1	Exigences.....	68
6.11.2	Méthode d'essai	68
6.12	Exigences d'alarme	68
6.12.1	Exigences.....	68
6.12.2	Méthode d'essai	68
6.12.3	Alarmes de panne d'appareillage.....	69
6.13	Temps de réponse et stabilité de l'alarme.....	69
6.13.1	Exigences.....	69
6.13.2	Méthode d'essai	69
6.14	Préchauffage.....	69
6.14.1	Exigences.....	69
6.14.2	Méthode d'essai	69
7	Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales	69
7.1	Fonctionnement au secteur	69
7.1.1	Exigences.....	69
7.1.2	Méthode d'essai	70
7.2	Compatibilité électromagnétique (CEM).....	70
7.2.1	Généralités.....	70
7.2.2	Emission de rayonnement électromagnétique	70
7.2.3	Décharge électrostatique.....	71
7.2.4	Champs électromagnétiques rayonnés généraux.....	71
7.2.5	Perturbations conduites induites par les transitoires rapides ou salves.....	72
7.2.6	Perturbations conduites induites par des ondes de choc.....	72
7.2.7	Perturbations conduites induites par les fréquences radioélectriques	72
7.2.8	Immunité à l'onde sinusoïdale amortie	73
7.2.9	Champ magnétique de 50 Hz/60 Hz.....	73
7.2.10	Creux de tension et coupures brèves.....	74
7.3	Caractéristiques mécaniques.....	74
7.3.1	Domaine d'application	74
7.3.2	Microphonique/impact.....	74
7.4	Caractéristiques environnementales	75
7.4.1	Température ambiante.....	75
7.4.2	Humidité relative	75
7.4.3	Étanchéité	76
8	Documentation	76
8.1	Rapport d'essais de type	76
8.2	Certificat	76
8.3	Manuel d'exploitation et de maintenance	77

Annexe A (informative) Surveillance du rayonnement ionisant pulsé	81
Bibliographie.....	83
Figure 1 – Exemple de rotation de l'ensemble de détection.....	65
Tableau 1 – Série de normes des sous-comités SC 45A / SC 45B de la CEI	48
Tableau 2 – Bande de fréquences des émissions.....	70
Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	77
Tableau 4 – Essais exécutés dans les conditions normales d'essai.....	78
Tableau 5 – Essais exécutés avec variations de grandeurs d'influence	78
Tableau 6 – Valeurs maximales des indications additionnelles dues à des perturbations électromagnétiques	79

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉBITMÈTRES À POSTE FIXE, ENSEMBLES D'ALARME ET MONITEURS – RAYONNEMENTS X ET GAMMA D'ÉNERGIE COMPRISE ENTRE 50 keV ET 7 MeV

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 60532 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 1992, dont elle constitue une révision technique.

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

- le document a été mis à jour afin de tenir compte des exigences de normes CEI publiées depuis 1996.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/655/FDIS	45B/670/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

a) Contexte technique, principales questions et organisation de la norme

La présente Norme internationale traite particulièrement des systèmes de surveillance des rayonnements utilisés pour des conditions normales et d'incidents.

La présente norme est destinée aux acheteurs devant développer des spécifications pour les systèmes de surveillance des rayonnements spécifiques à leurs installations et aux fabricants pour identifier les caractéristiques du produit nécessaires pour le développement de systèmes pour les conditions normales et d'incidents. Certaines caractéristiques spécifiques de l'instrument telles que la gamme de mesure, la réponse énergétique requises et les exigences d'environnement ambiant dépendront de l'application spécifique. Dans de tels cas, des lignes directrices sont fournies pour la détermination des exigences spécifiques mais aucune exigence spécifique proprement dite n'est spécifiée si ce n'est en tant qu'exemples types donnés dans des annexes informatives.

La présente norme est l'une de celles associées à une série de normes couvrant les moniteurs de rayonnements post-accidentels qui sont importants pour la sûreté dans les centrales nucléaires. La série complète se compose des normes suivantes:

- CEI 60951-1 – *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 1: Exigences générales*
- CEI 60951-2 – *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 2: Matériels pour la surveillance des rayonnements en continu avec prélèvements dans les effluents gazeux et l'air de ventilation*
- CEI 60951-3 – *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 3: Ensemble de surveillance locale en continu des rayonnements gamma à large gamme*
- CEI 60951-4 – *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 4: Equipement pour la surveillance en continu des rayonnements internes ou externes aux flux de procédé*

b) Place de la présente norme dans la structure de la série de normes des sous-comités SC 45A / SC 45B de la CEI

La série de normes CEI 60951 se situe au troisième niveau de la hiérarchie des normes du sous-comité SC 45A.

Elle fournit des lignes directrices sur la conception et les essais des équipements de surveillance du rayonnement utilisés pour des conditions accidentelles et post-accidentelles. D'autres normes développées par les sous-comités SC 45A et SC 45B fournissent des lignes directrices sur les instruments utilisés pour surveiller les rayonnements en tant que partie intégrante des opérations normales.

La série CEI 60761 fournit les exigences pour l'équipement de surveillance externe en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux dans les conditions normales. La CEI 60861

fournit les exigences pour l'équipement de surveillance externe en continu de la radioactivité dans les effluents liquides dans les conditions normales. La CEI 60768 fournit les exigences pour l'équipement de surveillance en continu en ligne de la radioactivité dans le flux de procédé dans des conditions normales et incidentelles. Enfin, la norme ISO 2889 donne des lignes directrices sur l'échantillonnage de gaz et de particules. La relation entre ces diverses normes de surveillance des rayonnements est donnée dans le Tableau 1:

Tableau 1 – Série de normes des sous-comités SC 45A / SC 45B de la CEI

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	
Domaine d'application	Méthodes et circuits d'échantillonnage	Conditions accidentelles et post-accidentelles	Conditions normales et incidentelles	
Gaz, particules et iode avec échantillonnage (HORS LIGNE)	ISO 2889	CEI 60951-1 et CEI 60951-2	Série CEI 60761	
Liquide avec échantillonnage (HORS LIGNE)	N/A	N/A	CEI 60861	
Flux de procédé (effluents gazeux, vapeur ou liquide) sans échantillonnage (EN DIRECTE)	N/A	CEI 60951-1 et CEI 60951-4	CEI 60768	N/A
Surveillance de zone	N/A	CEI 60951-1 et CEI 60951-3	CEI 60532	
Système central	N/A	CEI 61504		CEI 61559 (toutes les parties)

c) Recommandations et limitations concernant l'application de la présente norme

Il est important de noter que la présente norme n'établit aucune exigence fonctionnelle additionnelle pour les systèmes de sécurité.

d) Description de la structure de la série de normes élaborées par le SC 45A/SC 45B de la CEI et relations avec d'autres normes de la CEI et les documents d'autres organismes (AIEA, ISO)

La série de la CEI 61508 définit les exigences pour un cadre de cycle de vie de sécurité global et un cadre de cycle de vie des systèmes. Il convient de se conformer à la série de la CEI 61508 pour développer des instruments avec des fonctions de sécurité pour la surveillance de rayonnements à l'extérieur du secteur de la centrale nucléaire tout en se conformant aux exigences définies dans la présente norme.

La norme de niveau le plus élevé de la série de normes élaborées par le SC 45A de la CEI est la CEI 61513. Celle-ci fournit les exigences générales pour les systèmes instrumentation et commande qui sont utilisés pour exécuter des fonctions importantes pour la sûreté dans les centrales nucléaires. La CEI 61513 structure la série de normes élaborées par le SC 45A de la CEI.

La CEI 61513 se réfère directement à d'autres normes du SC 45A de la CEI traitant de sujets généraux liés à la catégorisation des fonctions et à la classification des systèmes, à la qualification, à la séparation des systèmes, à la défense contre les défaillances de cause commune, aux aspects logiciels des systèmes informatisés, aux aspects matériels des systèmes informatisés et à la conception des salles de contrôle. Il convient que les normes référencées directement à ce deuxième niveau soient considérées avec la CEI 61513 comme un ensemble documentaire cohérent.

À un troisième niveau, les normes des SC 45A/SC 45B de la CEI qui ne sont pas directement référencées par la CEI 61513 sont des normes liées à des matériels particuliers, à des méthodes techniques ou activités spécifiques. En général, ces documents, qui se réfèrent à des documents de deuxième niveau pour des sujets généraux, peuvent être utilisés de façon isolée.

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

La CEI 61513 a adopté un format de présentation similaire à celui de la publication de sécurité de base.

La série CEI 61508, avec un cycle de vie de sûreté global, un cycle de vie de sûreté des systèmes, fournit une interprétation des exigences générales pour le secteur des centrales nucléaires (voir CEI 61508-1, CEI 61508-2 et CEI 61508-4). La conformité à la CEI 61513 facilite la compatibilité avec les exigences de la série CEI 61508 telles qu'elles ont été interprétées pour l'industrie nucléaire. Dans ce cadre, la CEI 60880 et la CEI 62138 correspondent à la CEI 61508-3 pour le secteur nucléaire.

La CEI 61513 se réfère aux normes ISO ainsi qu'au document AIEA 50-C-QA (remplacé depuis par le document AIEA 50-C/SG-Q) pour ce qui concerne l'assurance qualité (AQ).

La série de normes produites par le SC 45A de la CEI met en œuvre et donne dans le détail les principes et aspects de sécurité de base indiqués dans le Code AIEA sur la sûreté des centrales nucléaires et dans la série des guides de sûreté de l'AIEA, en particulier les exigences du Guide de sûreté NS-R-1, qui établit les exigences de sûreté relatives à la conception des centrales nucléaires, et le Guide de sûreté NS-G-1.3 qui traite des systèmes d'instrumentation et de commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires. La terminologie et les définitions utilisées dans les normes produites par le SC 45A sont cohérentes avec celles utilisées par l'AIEA.

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
DÉBITMÈTRES À POSTE FIXE, ENSEMBLES D'ALARMES
ET MONITEURS –
RAYONNEMENTS X ET GAMMA D'ÉNERGIE
COMPRISE ENTRE 50 keV ET 7 MeV**

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux débitmètres à poste fixe, ensembles d'alarmes, et moniteurs qui sont utilisés pour prévenir ou atténuer un dégagement mineur de radioactivité, ou une dégradation mineure de combustible, dans le cadre de la conception de base des centrales/installations nucléaires, et pour alerter le personnel ou assurer sa sécurité pendant ou après des événements qui impliquent ou entraînent le dégagement de radioactivité dans les centrales/installations nucléaires ou le risque d'exposition à des rayonnements. Cet équipement est typiquement classé en catégorie "A", "B" ou "C" ou bien "non classé" dans la CEI 61226.

Elle couvre l'appareillage destiné à mesurer isotropiquement le kerma dans l'air, l'équivalent de dose ambiant ou autres grandeurs d'exposition dus aux rayonnements X ou gamma dont l'énergie est comprise entre 50 keV et 7 MeV. L'appareillage est destiné surtout à la radioprotection mais il peut jouer un rôle auxiliaire ou indirect dans l'accomplissement ou la maintenance de la sûreté des centrales nucléaires.

Les instruments pouvant mesurer une gamme d'énergie plus limitée entrent dans le domaine d'application de la présente norme s'ils couvrent au moins la gamme de 80 keV à 1,5 MeV.

Les ensembles de ce type sont généralement définis comme des moniteurs de rayonnements de zone. Ils sont employés normalement pour déterminer en permanence la situation radiologique des zones de travail dans lesquelles le champ de rayonnement peut évoluer au fil du temps (par exemple les centrales nucléaires, les accélérateurs de particules, ainsi que les laboratoires à haute activité de rayonnement, les usines de retraitement de combustible, etc.) et pour fournir des alarmes quand le champ de rayonnement sort des limites prédéterminées. Ils sont aussi employés pour agir dans des systèmes de protection liés à la sûreté, tels que les systèmes du contrôle d'accès du personnel qui autorisent l'accès à des zones pouvant être soumises aux champs de rayonnement.

La présente norme donne également des lignes directrices applicables à l'appareillage qui est utilisé pour des champs de rayonnements pulsés, par exemple ceux qui émanent d'accélérateurs de particules ou de rayonnements pulsés. Ces lignes directrices sont importantes car le fonctionnement de la majorité de l'appareillage défini par la présente norme donnera dans des champs pulsés des relevés de lecture faux.

Les ensembles considérés dans la présente norme comprennent au moins:

- un ensemble détecteur (par exemple une chambre d'ionisation, un tube Geiger-Müller, des compteurs à scintillation, des semiconducteurs, etc.);
- un ensemble d'appareils de mesure, pouvant être placé dans un bâtiment central, qui, dans le cas des ensembles d'alarmes et des moniteurs, fournit des sorties et des contacts, capables d'activer une alarme, ou d'autres circuits de coupure/asservissement, pour les besoins de la radioprotection.

La présente norme s'applique également aux ensembles de mesure à poste fixe du débit de dose étudiés pour des applications spéciales (par exemple, des débits de dose très élevés). Toutefois, il peut être nécessaire d'amender ou de compléter certaines de leurs exigences en fonction des caractéristiques particulières de tels ensembles.

La présente norme ne s'applique pas aux moniteurs de situation critique.

Il convient que les ensembles étudiés pour remplir des fonctions combinées se conforment aux exigences s'appliquant à chacune de ces fonctions.

La présente norme spécifie les caractéristiques générales, les procédures générales d'essai, les caractéristiques des rayonnements, de la partie électrique, de la sûreté et de l'environnement, ainsi que le certificat d'identification pour les ensembles définis ci-dessus.

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, *Tensions normales de la CEI*

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050-394:2007, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

CEI 60068-2-18, *Essais d'environnement – Partie 2-18: Essai – Essai R et guide: Eau*

CEI 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

CEI 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

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

CEI 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

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

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

CEI 61226:2009, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Classement des fonctions d'instrumentation et de contrôle-commande*

CEI 61504, *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 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

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

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

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

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

ISO 4037-1:1996, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

ISO 4037-2:1997, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

ISO 4037-3:1999, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

ISO 4037-4:2004, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 4: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels dans des champs de référence X de faible énergie*

ISO 6980-1:2006, *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 1: Méthodes de production*

ISO 6980-2:2004, *Energie nucléaire – Rayonnements bêta de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ du rayonnement*

ISO 6980-3:2006, *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 3: Étalonnage des dosimètres individuels et des dosimètres de zone et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta*

ISO 8529-1:2001, *Rayonnements neutroniques de référence – Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*

ISO 8529-2:2000, *Rayonnements neutroniques de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement*

ISO 8529-3:1998, *Rayonnements neutroniques de référence – Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*

3 Termes et définitions

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

La terminologie générale concernant la détection et la mesure des rayonnements ionisants et les instruments nucléaires est donnée dans les normes CEI 60050-393, CEI 60050-394 et CEI 60050-151.

NOTE 1 Degrés des exigences: Dans la présente norme, les exigences sont définies de la façon suivante:

- le verbe «devoir» signifie que l'exigence concernée est obligatoire (lorsque cela est approprié, un énoncé est inclus quand il peut exister des exceptions admissibles);
- l'expression «il convient» indique des exigences qui ne sont pas obligatoires pour la conformité à la norme mais qui sont fortement recommandées.
- le verbe «pouvoir» signifie une méthode acceptable ou un exemple de bonne pratique.

3.1

fabricant

concepteur et le vendeur de l'équipement

3.2

acheteur

utilisateur (opérateur) de l'équipement

3.3

ensemble de détection

DA (en anglais *detector assembly*)

composant du système de surveillance des rayonnements qui contient les détecteurs et dispositifs électroniques associés et peut aussi inclure des circuits électroniques programmables

3.4

ensemble de traitement

PA (en anglais *processing assembly*)

ensemble (pouvant être associé à un ou plusieurs ensembles de détection) qui convertit le signal de sortie délivré par les ensembles de détection en une forme généralement numérique, adaptée à la transmission par une liaison de données vers l'ordinateur central, le centralisateur et/ou qui génère des sorties d'alarme vers les unités d'alarme à des niveaux de signal préréglés

3.5

ensemble d'alarme

AA (en anglais *alarm assembly*)

ensemble qui déclenchera une alarme visible ou sonore normalement locale à l'ensemble de détection (DA) en cas de dépassement d'un seuil d'alarme ou en cas de défaut de l'équipement

3.6

centralisateur

CC

système de calculateurs de traitement central servant au calcul, à l'affichage et au stockage de données issues de l'ensemble de traitement

3.7

ensemble de surveillance

MA (en anglais *monitoring assembly*)

combinaison d'ensembles de traitement, d'alarme et de détection

3.8

ordre de grandeur

gamme de mesures ou les niveaux à mesurer qui diffèrent d'un facteur 10 environ pour un ordre de grandeur, d'un facteur 100 environ pour deux ordres de grandeur, d'un facteur 1 000 environ pour trois ordres de grandeur et ainsi de suite

3.9

source de contrôle de bon fonctionnement

très petite source radioactive, si utilisée, montée dans le(s) détecteur(s) ou à étroite proximité de celui-ci (ceux-ci), la source y étant présente pour assurer que l'alarme de niveau bas ne produira normalement pas d'alarme en absence de défaut

3.10

valeur vraie conventionnelle du débit de dose

meilleure estimation du débit de dose vrai utilisée pour étalonner l'équipement; cette valeur et son incertitude sont à déterminer à partir d'un étalon primaire ou secondaire ou par un instrument de référence qui a été étalonné par rapport à un étalon primaire ou secondaire

3.11**coefficient de variation**

rapport de l'estimation de l'écart type, s , sur la moyenne arithmétique, $\bar{x}$, d'un ensemble de n mesures x_i , donné par la formule suivante:

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

3.12**nomenclature des essais****3.12.1****essais de qualification**

essais réalisés sur un échantillon représentatif de l'équipement pour vérifier l'adéquation de la conception et assurer que l'équipement est conforme aux spécifications convenues par accord entre fabricant et utilisateur, dans des conditions opérationnelles normales et dans des occurrences de fonctionnement anticipées

NOTE 1 Le but des essais de qualification est de vérifier que les exigences d'une spécification sont respectées.

NOTE 2 Les essais de qualification sont subdivisés en essais de type et en essais individuels de série.

3.12.2**essai de type**

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

[CEI 60050-151:2001, 151-16-16], [CEI 60050-394:2007, 394-40-02]

3.12.3**essai individuel de série**

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

[CEI 60050-151:2001, 151-16-17, modifiée], [CEI 60050-394:2007, 394-40-03]

3.12.4**essai de réception**

essai d'acceptation

essai contractuel pour prouver au client que le dispositif remplit certaines conditions de ses spécifications

[CEI 60050-151:2001, 151-16-23, modifiée], [CEI 60050-394:2007, 394-40-05]

3.12.5**essai supplémentaire**

essai visant à fournir des informations complémentaires sur certaines caractéristiques des ensembles

NOTE Le terme «débit de dose» utilisé dans la présente norme doit signifier la grandeur, par exemple kerma dans l'air, que l'instrument vise à mesurer. Les essais de rayonnements sont définis par le fabricant en termes de cette grandeur.

4 Exigences de conception**4.1 Caractéristiques générales****4.1.1 Vue d'ensemble**

L'appareillage peut être conçu comme un appareil autonome (ensemble de surveillance), avec l'ensemble de détection placé à côté ou à l'intérieur de l'ensemble de surveillance, ou avec le détecteur branché à distance du reste de l'appareillage.

L'ensemble de détection (détecteur et électronique associée) peut être placé à distance de tout ensemble de traitement (électronique) et des ensembles d'indication et d'alarme.

Il est souhaitable que toutes ces options soient fournies par une conception unique et commune d'appareillage et que la conception autorise l'utilisation d'autres types de détecteurs avec les mêmes ensembles d'indication et d'alarme.

4.1.2 Gamme de mesures

L'appareillage doit mesurer le débit de dose dû aux rayons X ou gamma dans une gamme d'énergie d'au moins 80 keV à 1,5 MeV. Une réponse significative aux énergies hors de cette gamme, jusqu'à 50 keV vers le bas et jusqu'à 7 MeV vers le haut, peut être spécifiée. La gamme de l'appareillage doit être d'au moins trois ordres de grandeur de débit de dose; cinq ordres de grandeur, ou plus, peuvent être requis dans certaines applications.

4.1.3 Classification de sûreté

L'appareillage couvert dans la présente norme est principalement destiné à des fins de radioprotection et, comme défini en 5.3 de la CEI 61226:2009, peut être installé dans des installations telles que les centrales nucléaires, les sites de traitement et de stockage de combustible nucléaire. Il peut ainsi jouer un rôle dans l'accomplissement ou la maintenance de la sûreté des centrales nucléaires.

Par exemple, si les signaux sont utilisés pour déclencher une action de protection afin d'atténuer les conséquences d'un dysfonctionnement ou d'une défaillance des structures, des systèmes ou des composants, l'équipement doit être considéré comme une partie intégrante des systèmes liés à la sûreté ou des systèmes de protection. Dans ce cas, il doit satisfaire aux exigences du système respectif.

Si une classification de sûreté s'applique, des exigences appropriées doivent s'appliquer en ce qui concerne la spécification, la conception, la fabrication, l'installation et le fonctionnement de l'appareillage par rapport à la qualité matérielle et logicielle. Les exigences doivent être convenues par accord entre fabricant et acheteur. En particulier, l'acheteur doit décider de la norme de sécurité appropriée applicable au site où le système fonctionnera, soit la CEI 61513, soit dans la série CEI 61508.

La conformité à la CEI 61513 est requise pour les moniteurs utilisés dans les centrales nucléaires.

Les normes de sécurité de base CEI 61508 peuvent s'appliquer car elles ont été interprétées pour l'industrie nucléaire et elles peuvent être choisies dans certains cas spécifiques par accord conclu entre le fabricant et l'acheteur. Lorsque la série CEI 61508 est choisie, ses exigences doivent s'appliquer en fonction du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) requis spécifié pour le système.

En outre, dans de telles applications de systèmes de protection liés à la sécurité, l'équipement doit être qualifié du point de vue environnemental selon les exigences de la CEI 60780. Le cas échéant, l'appareillage doit être qualifié du point de vue sismique selon les exigences de la CEI 60780.

NOTE 1 Il est envisagé que le niveau SIL de l'appareillage destiné à la radioprotection de zone générale sera le SIL 1. Si l'équipement est destiné à agir comme un asservissement dans un/des système(s) de protection lié(s) à la sûreté, comme par exemple les systèmes de contrôle de l'accès du personnel qui interdi(sen)t l'accès du personnel à des zones susceptibles d'être soumises à de très forts champs de rayonnement, il est envisagé que le niveau SIL de l'équipement sera SIL 2 ou 3.

NOTE 2 Le choix final entre la CEI 61513 et la série CEI 61508 fera l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant. À titre d'indication, la correspondance suivante est fournie:

- Cat. A -> SIL 3
- Cat. B -> SIL 2

– Cat. C -> SIL 1

4.2 Caractéristiques détaillées

4.2.1 Configuration de l'équipement

Le type d'équipement défini dans la présente norme comprend généralement jusqu'à quatre types d'ensemble, qui peuvent être interconnectés selon plusieurs configurations.

Ces ensembles sont

- l'ensemble de détection (DA),
- l'ensemble de traitement (PA),
- l'ensemble d'alarme (AA),
- l'ensemble de surveillance (MA).

La conception de l'appareillage doit tenir compte de son utilisation, en notant qu'il peut être prescrit de mesurer des champs de rayonnements incidents selon différents angles relatifs à la localisation des sources.

Lorsque les ensembles de détection sont à utiliser dans des champs neutroniques intenses, il convient de construire l'ensemble de détection avec des matériaux qui réduisent au maximum les effets de l'activation neutronique.

Il convient de construire l'ensemble de détection avec des matériaux lisses et non poreux afin de réduire la possibilité de contamination et de le concevoir afin de faciliter la décontamination.

4.2.2 Fiabilité de l'équipement

La fiabilité doit être gérée soit en conformité avec la CEI 61513 et les séries associées, soit en conformité avec la CEI 61508 selon le niveau SIL requis.

Lorsqu'il est destiné à être utilisé dans des centrales/installations nucléaires, l'équipement doit être conforme à la CEI 61513.

La fiabilité requise des fonctions doit être spécifiée soit quantitativement (temps moyen de bon fonctionnement), soit qualitativement (conformité au critère de panne unique).

Pour n'importe quelle partie de l'appareillage (y compris l'éventuel ensemble d'échantillonnage), soumis à une maintenance programmée appropriée, les exigences suivantes doivent être satisfaites:

- MTBF (temps moyen de bon fonctionnement): > 20 000 h (avec maintenance préventive).

Une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) doit être exécutée en plus du calcul de MTBF dans le cas de l'appareillage classé selon la CEI 61226.

Pour des applications de sûreté particulières, désignées par accord entre le fabricant et l'acheteur, l'appareillage peut être conçu pour satisfaire à la série CEI 61508 au niveau SIL applicable pour l'application de sûreté. Lorsque l'appareillage est conçu avec des fonctions de sécurité réalisées dans un logiciel (firmware), l'instrument peut être considéré comme un système électronique programmable (c'est-à-dire, SMART). A ce titre, le fabricant doit apporter la preuve de la conformité à la série CEI 61508, la CEI 60880 et la CEI 62138 ou la preuve que l'appareillage satisfait au niveau SIL.

Pour l'équipement matériel de l'appareillage, il convient que la preuve de la façon dont le fabricant a satisfait aux exigences de la CEI 60987 ou de la CEI 61508-2 inclue une évaluation telle qu'une analyse de modes de défaillance, de leurs effets et du diagnostic

(FMEDA: *failure modes, effects and diagnostic analysis*), une démonstration des essais de la proportion de défaillances en sécurité (SFF: safe failure fraction) et d'essais statistiques, selon le cas.

Il doit y être inclus la preuve de la façon dont le fabricant a satisfait aux exigences de cycle de vie de la CEI 61508-3 pour satisfaire au niveau SIL requis.

L'appareillage doit être conçu pour être à sécurité intrinsèque et avoir une proportion de défaillances en sécurité minimale de 60 % pour les applications de SIL 1, de 90 % pour le niveau SIL 2 et de 99 % pour le SIL 3.

Des dispositifs de diagnostic doivent être fournis pour détecter les défaillances de composants et de logiciel; qui causeraient la perte des fonctions de sécurité de l'appareillage. En outre, ces dispositifs doivent entraîner l'actionnement de toutes les fonctions de coupure/asservissement/alarme.

4.2.3 Indication de l'appareillage

L'unité de traitement doit être capable de fournir une indication locale et des alarmes sonores et visuelles locales. Les exigences d'alarmes sonores et visuelles locales doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. Il convient que l'appareillage comporte le dispositif pour transmettre une indication et les alarmes vers des emplacements distants. La performance de l'appareillage doit être indépendante de tout mode opérationnel et ne doit pas être affectée par la défaillance d'un équipement situé à un emplacement distant. En outre, un dispositif pour permettre la connexion d'un enregistreur local de courbes peut être prévu.

Pour les installations à plusieurs moniteurs, cet emplacement distant peut être le centralisateur. Il convient que les exigences concernant ce dispositif soient conformes à la série CEI 61559. Il convient pour l'affichage de l'unité de traitement de privilégier un appareil de mesure analogique à échelle logarithmique ayant une longueur d'échelle d'au moins 20 mm par décade avec les graduations intermédiaires appropriées. Un affichage numérique peut être utilisé tant qu'une indication claire des échelles est fournie. Dans le cas d'un traitement avec des échelles linéaires, le rapport des indications entre les échelles adjacentes ne doit pas dépasser un facteur 10.

L'appareillage doit avoir la gamme de mesure effective suivante:

- Pour les unités de traitement avec échelles linéaires, la gamme effective doit être comprise entre 10 % et 100 % de chaque gamme.
- Pour les unités de traitement à échelle logarithmique, la gamme effective doit être comprise entre 1,5 fois le plus petit débit de dose significatif marqué et la pleine échelle.
- Pour les unités de traitement avec indication numérique, la gamme effective doit aller du début de la seconde échelle d'ordre de grandeur la moins significative (c'est-à-dire deux chiffres indiqués) jusqu'à la totalité de la gamme d'indications disponibles.

4.2.4 Dispositifs d'alarme/coupure/asservissement

4.2.4.1 Généralités

Les unités de traitement qui fournissent des sorties pour les fonctions de sécurité coupure/asservissement (voir 4.1.3) doivent être conçues pour être à sécurité intrinsèque sur interruption ou panne de l'alimentation en énergie. Les sorties doivent entraîner l'actionnement de toutes les fonctions alarme/coupure/asservissement choisies.

En ce qui concerne la manière dont les sorties sont activées, l'alarme vraie, la panne d'instrument ou la panne d'alimentation, ces sorties vont se maintenir dans l'état activé alarme/coupure/asservissement jusqu'à ce que l'état dangereux disparaisse et jusqu'à ce qu'elles soient réinitialisées par une fonction de commande de réinitialisation.

L'unité d'alarme (AU) pour l'appareillage configuré pour fournir une radioprotection de zone doit produire des alarmes à la fois sonore et visuelle sur interruption ou panne de l'alimentation en énergie. Cependant, activées (alarme vraie, panne d'instrument ou d'alimentation), les circuits d'alarme doivent être manœuvrables pour maintenir les états d'alarme jusqu'à ce qu'ils soient spécifiquement réinitialisés par une commande de réinitialisation. L'alarme sonore doit pouvoir être arrêtée au moyen d'un bouton-poussoir sur l'unité d'alarme. L'alarme visuelle continuera de fonctionner jusqu'à sa réinitialisation.

Dans tous les cas, une indication de panne d'alimentation en énergie doit être fournie sur l'unité de traitement.

NOTE La hiérarchie recommandée pour les alarmes est la suivante : alarme de niveau haut (4.2.4.2), alarme de bas niveau (niveau d'avertissement) (4.2.4.3), alarme panne d'instrument (4.2.4.4).

4.2.4.2 Alarmes de niveau haut

Il convient de fournir au minimum une alarme de niveau haut. Les points de consigne des alarmes peuvent être fixes ou réglables. Chaque alarme doit s'activer dans la seconde qui suit l'atteinte du point de consigne par la valeur affichée. D'autres alarmes (niveau d'alerte) peuvent être fournies pour fonctionner sur un débit de dose croissant mais à un niveau inférieur au niveau d'alarme.

Il convient que l'alarme réglable couvre au moins 10 % à 100 % de la lecture d'échelle (échelles linéaires) allant de 50 % de l'échelle d'ordre de grandeur la plus basse jusqu'à 100 % de l'échelle d'ordre de grandeur la plus élevée (échelles logarithmiques) et sur toutes les décades sauf la moins significative pour les affichages numériques.

4.2.4.3 Alarmes de bas niveau

Il convient de fournir un dispositif d'alarme de niveau bas. Il doit être réglable comme défini en 4.2.4.2. Elles sont destinées à fonctionner sur un débit de dose décroissant et agissent en général comme une alarme de panne supplémentaire mais pourraient être utilisées pour le contrôle de procédé.

4.2.4.4 Alarmes de panne d'instrument

Il convient de fournir, dans toute la mesure raisonnablement pratique, des dispositifs de diagnostic pour détecter les défaillances de composants électroniques, de firmwares (logiciels) de traitement et de communication interunité qui sont susceptibles d'entraîner la perte des fonctions de sécurité de l'appareillage. Ces dispositifs doivent induire une indication de panne ou une alarme. Une indication séparée de la source de la panne est souhaitable.

Il convient de pouvoir régler cette alarme de panne à un point en dessous du minimum de la gamme effective de mesure tel que, en cas de défaillance de l'ensemble de détection, cette alarme fonctionne dans les 5 min de cette défaillance.

Il y aura généralement une relation entre le temps de mise en action de l'alarme, la fréquence des fausses alarmes et la marge entre le niveau de bruit de fond et le niveau d'alarme.

L'alarme de bas niveau peut être réglée pour fonctionner au-dessus d'un bruit de fond intensifié (source de contrôle de bon fonctionnement utilisée pour élever le bruit de fond existant et assurer la fonctionnalité de détection) où les statistiques de mesure sont telles que les fausses alarmes soient réduites au maximum.

4.2.4.5 Sources de contrôle de bon fonctionnement

Lorsque des sources radioactives sont incorporées dans l'ensemble de détection, ces sources et l'étiquetage sur l'instrument doivent être conformes aux réglementations internationales et nationales appropriées en vigueur pour les matériaux radioactifs. Toutefois, l'activité de ces sources est en général en deçà des préoccupations réglementaires. Le temps pendant lequel

la fonction des sources radioactives sera effective doit être précisé par le fabricant et il convient normalement qu'il ne soit pas inférieur à cinq ans. Il convient qu'il ne soit pas nécessaire plus d'une fois par an de réajuster la position de la source ou de procéder à d'autres réajustements équivalents, tels qu'effectués par exemple par des modifications des données dans le firmware utilisé.

Les informations affichées doivent tenir compte de toute source de contrôle de bon fonctionnement, afin que le relevé correct soit donné pour tous les débits de dose au cours de la durée de vie spécifiée pour la source. Il peut être tenu compte de l'inexactitude tolérée.

4.2.4.6 Interdépendance entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques

Le temps de réponse et le coefficient de variation des fluctuations statistiques sont des caractéristiques interdépendantes dont les limites acceptables sont données en 6.9 et 6.10.

Pour les valeurs élevées de débit de dose, il est recommandé de réduire le temps de réponse, dans la mesure du possible, en respectant les limites imposées dans la présente norme. Les temps de réponse de moins de 1 s offrent peu d'avantages et il est donc préférable de réduire les fluctuations statistiques.

Pour les valeurs très faibles de débit de dose, le fabricant doit préciser les valeurs correspondantes du coefficient de variation et du temps de réponse qui peuvent, en accord avec l'acheteur, dépasser les limites données en 6.9 et 6.10.

5 Procédures générales d'essai

5.1 Nature des essais

Sauf spécification contraire dans les articles individuels, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des «essais de type». Néanmoins, par accord entre le fabricant et l'utilisateur, certains de ces essais peuvent être considérés comme des essais de réception.

5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence et les conditions normales d'essai sont données dans le Tableau 3. Les conditions de références sont les conditions auxquelles la performance de l'instrument est rapportée et les conditions normales d'essai indiquent les tolérances nécessaires dans les essais pratiques. Sauf spécification contraire, les essais indiqués dans la présente norme doivent être exécutés dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 3.

5.3 Essais exécutés dans les conditions normales d'essai

Les essais exécutés dans les conditions normales d'essai sont énumérés dans le Tableau 4, qui indique, pour chaque caractéristique en essai, les exigences selon l'article où est décrite la méthode d'essai correspondante.

5.4 Essais exécutés avec variation des grandeurs d'influence

Pour les essais destinés à déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence données au Tableau 5 et au Tableau 6, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues à l'intérieur des limites des conditions normales d'essai données au Tableau 3, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai concernée.

5.5 Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation d'un rayonnement, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication, engendrées par la seule nature aléatoire du rayonnement, atteint

une fraction significative de la variation de l'indication permise dans l'essai, un nombre suffisant de relevés de lecture doit alors être pris pour assurer que la valeur moyenne de ces relevés de lecture peut être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité avec l'essai en question.

L'intervalle entre ces relevés de lecture doit être suffisant pour assurer que les relevés de lecture seront statistiquement indépendants.

5.6 Rayonnement de référence

5.6.1 Gamma

Tous les essais doivent être conduits avec le ^{137}Cs sauf spécification contraire. En remplacement, il est permis d'utiliser ^{60}Co . Dans ce cas, une correction doit être apportée pour la différence de réponse de l'ensemble de détection entre ^{60}Co et ^{137}Cs . Ces grandeurs de rayonnement sont spécifiées dans la série ISO 4037: Parties 1 à 4.

5.6.2 Bêta

Un essai pour la réponse de l'ensemble de détection au rayonnement gamma en présence de rayonnement bêta doit être réalisé en cas d'accord entre le fabricant et l'acheteur. La réponse de l'ensemble de détection au rayonnement bêta issu d'une source de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ doit être établie par le fabricant. Les champs de rayonnement bêta de référence sont spécifiés dans la série ISO 6980 : Parties 1 à 3.

5.6.3 Neutron

La réponse à un rayonnement neutronique doit être spécifiée par le fabricant à la demande de l'acheteur. Un essai de réponse neutronique doit être effectué si l'ensemble de détection est destiné à être utilisé en présence de rayonnement neutronique. Pour les essais neutroniques, il convient d'utiliser ^{252}Cf ou $^{241}\text{Am}/\text{Be}$. Les champs de rayonnement neutronique de référence sont spécifiés dans la série ISO 8529: Parties 1 à 3.

5.7 Prise en compte du rayonnement naturel du fond

Pour la mesure des débits d'équivalent de dose faible, il est nécessaire de tenir compte de la contribution apportée par le rayonnement naturel du fond. Cela se fait en général en prenant un nombre significatif de relevés de lecture du rayonnement de fond. La valeur moyenne indiquée de ces relevés de lecture doit être soustraite de la valeur indiquée de l'ensemble de détection de débit de dose en essai. Si l'ensemble de détection contient une source de contrôle de bon fonctionnement, cela doit être pris en compte.

6 Caractéristiques de rayonnement

6.1 Essai de fausses alarmes

6.1.1 Exigences

Aucune alarme inexplicquée ne doit se produire sur une période de 100 h alors que le moniteur fonctionne dans un fond stable. Répéter s'il se produit des alarmes explicquées.

6.1.2 Méthode d'essai

Le moniteur fonctionnant normalement dans un fond stable, observer le moniteur pour assurer qu'aucune alarme ne se produit pendant une période de 100 h.

6.2 Point d'essai

Le point d'essai auquel le débit de dose dû aux rayons gamma est à déterminer doit être choisi de sorte à respecter la condition que la distance entre la source de rayonnement et

l'ensemble de détection doit être suffisamment grande pour assurer que toute erreur due à la non-uniformité de l'irradiation du détecteur ne dépassera pas $\pm 5\%$.

6.3 Linéarité

6.3.1 Exigences

Cela se rapporte à la linéarité de la gamme de mesures de l'instrument. L'erreur de l'instrument est à définir en fonction de la grandeur du rayonnement pour la mesure de laquelle l'appareillage est conçu.

Dans les conditions normales d'essai, la linéarité de la réponse de l'ensemble de détection, lorsqu'il est exposé à l'un des rayonnements de référence ne doit pas dépasser $\pm 30\%$ sur la gamme effective de mesures.

NOTE Cette incertitude s'ajoute à l'incertitude sur la détermination de la valeur vraie conventionnelle du débit de dose.

6.3.2 Source de rayonnement gamma d'essai

6.3.2.1 Exigences

L'essai doit être exécuté avec une source de ^{137}Cs ou de ^{60}Co . L'utilisation de ^{60}Co est soumise aux exigences de 5.6.

La valeur vraie conventionnelle du débit de dose doit être connue et l'incertitude établie (voir NOTE en 3.12.5).

6.3.2.2 Essais à effectuer

Un essai de type doit être effectué sur des unités de surveillance comportant au moins un de chaque type d'ensemble de traitement, d'alarme et de détection.

Des essais individuels de série doivent être effectués sur chaque combinaison d'unités de traitement, unités d'alarme et ensembles de détection.

Tous les essais doivent être effectués en utilisant un champ de rayonnement, sauf convention contraire entre le constructeur et l'acheteur.

6.3.2.3 Essais de type

Pour les ensembles pourvus d'échelles linéaires, l'essai de type doit être effectué sur toutes les gammes et en au moins trois points de chaque gamme, c'est-à-dire à environ 25 %, 50 % et 75 % de la gamme de l'échelle.

Pour les ensembles pourvus d'une seule gamme et d'une graduation logarithmique, ou pour les affichages numériques, l'essai de type doit être effectué sur toutes les échelles d'ordre de grandeur de débit de dose et en au moins deux points sur chaque échelle d'ordre de grandeur. (La plus grande valeur de chaque décade doit être au moins égale à trois fois la plus petite et au moins égale à 70 % du maximum de cet ordre de grandeur.) Si un détecteur contient une source de contrôle, cela doit être pris en compte.

6.3.2.4 Essais individuels de série

Pour les ensembles pourvus d'une échelle linéaire, l'essai individuel de série doit être effectué en un point sur une valeur (entre 50 % et 75 %) dans la gamme dans laquelle est réglée l'alarme de plus haut niveau.

Pour les ensembles pourvus d'une seule gamme et d'une seule graduation logarithmique, ou pour les affichages numériques, l'essai doit être effectué sur une valeur (entre 10 % et 90 %) dans la gamme dans laquelle est réglée l'alarme de plus haut niveau. Si un détecteur contient une source de contrôle de bon fonctionnement, cela doit être pris en compte.

Pour les essais individuels de série, l'injection de courant ou d'impulsion à l'ensemble de traitement est acceptable. Lorsque l'injection de courant ou d'impulsion est utilisée, elle doit être fondée sur les résultats des essais de type des rayonnements.

6.4 Variation de la réponse avec l'énergie du rayonnement photonique

6.4.1 Exigences

La réponse dans la direction de référence à l'énergie photonique entre 80 keV et 1,5 MeV doit être comprise entre –25 % et +40 %.

Pour les ensembles destinés à être utilisés sous des énergies comprises entre 50 keV et 80 keV et/ou supérieures à 1,5 MeV, la variation doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Si le débitmètre de dose ambiant doit être utilisé au voisinage d'installations nucléaires, il convient que la réponse jusqu'à 7 MeV respecte l'exigence ci-dessus par accord entre l'acheteur et le fabricant.

En principe, il convient d'effectuer cet essai au même débit de dose pour chaque énergie de rayonnement. En pratique, cela peut ne pas être possible. Dans ce cas, il convient de corriger la non-linéarité (interpolée au besoin) du débit de dose indiqué pour chaque énergie de rayonnement au débit de dose indiqué et pour le rayonnement gamma de référence.

Dans le cas de plusieurs détecteurs, il convient de couvrir les différentes gammes de débits de dose pour chaque détecteur au débit de dose et à l'énergie appropriés.

6.4.2 Méthode d'essai

Il convient d'utiliser les énergies suivantes issues de la série ISO 4037, faible débit de kerma dans l'air:

- énergie moyenne (keV): qualité (tension de tube, kV);
- 83 keV(N-100) ou 87 keV(L-100);
- 100 keV(N-120) ou 109 keV(L-125);
- 118 keV(N-150);
- 164 keV(N-200) ou 149 keV(L-170);
- 208 keV(N-250) ou 211 keV(L-240);
- 662 keV(Cs-137);
- 1 250 keV(Co-60).

Lorsque l'instrument est destiné à être utilisé dans d'autres niveaux d'énergie:

- 48 keV(N-60) ou 48 keV(L-55);
- 65 keV(N-80) ou 60 keV(L-70) ou 59,5 keV(Am-241).

Pour 6,61 MeV, les remplacements suivants peuvent être utilisés:

- 6,61 MeV (R-F); ou
- 6,61 MeV (R-O); ou
- vérification par simulation de Monte Carlo notamment pour cette énergie.

L'essai pour cette énergie doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Les résultats doivent être exprimés sous la forme d'un rapport de l'indication par unité de débit de dose pour chaque source de rayonnement utilisée à la réponse par unité de débit de dose pour le rayonnement gamma de référence (^{137}Cs).

6.5 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence

6.5.1 Exigences

La réponse angulaire (d'incidence) par rapport à la direction d'étalonnage pour plus d'un plan de réponse doit être comprise dans les limites de variation suivantes (voir Figure 1):

Pour la gamme de 80 keV à 1,5 MeV :

- pour 661,6 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ \pm 20\%$;
- pour 83 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ$ à définir par le fabricant;
- pour 59,5 keV/60 keV $0^\circ, \pm 15^\circ, \pm 30^\circ, \pm 45^\circ, \pm 60^\circ \pm 30\%$ le cas échéant

Le fabricant doit indiquer la variation relative de la réponse pour $\pm 90^\circ$.

Il convient d'exprimer les résultats sous la forme d'un rapport de la réponse par unité de débit de dose pour chaque source de rayonnement utilisée à la réponse par unité de débit de dose pour un angle d'incidence de zéro degré.

En général, les ensembles de détection sont conçus pour être installés sur une surface plane telle qu'un mur. Donc, la gamme des angles devant être soumis à essai se limite à $\pm 60^\circ$ par rapport à la normale à la surface de montage (voir 6.5.2). Si une autre gamme d'angles est requise, la gamme d'angles devant être soumis à essai doit être choisie par accord entre le fabricant et l'acheteur.

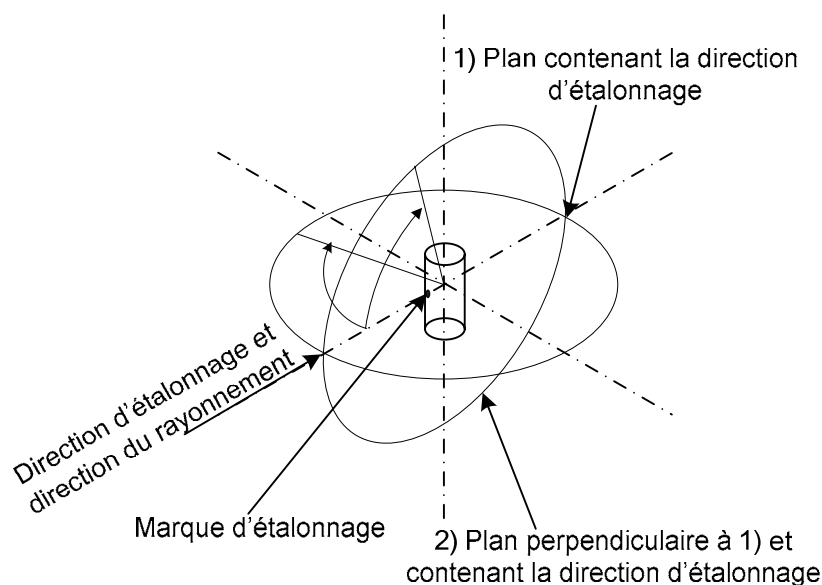
La nécessité d'utiliser des angles additionnels devant être soumis à essai pour d'autres expositions au rayonnement X ou gamma doit être décidée en fonction de l'accord entre le fabricant et l'acheteur.

- a) La direction du rayonnement doit être changée par pas de 15° dans un plan contenant la direction d'étalonnage spécifiée par le fabricant et la réponse doit être déterminée dans toute la gamme d'angles spécifiés en 6.5.1.
- b) La procédure a) ci-dessus doit être répétée pour un plan perpendiculaire à celui défini en a) et contenant toujours la direction d'étalonnage.

6.5.2 Méthode d'essai

L'ensemble doit être monté de façon à permettre d'effectuer le plus commodément possible les mesures aux angles prescrits.

Pour cet essai, le point de référence de l'ensemble de détection doit être placé en un point d'essai où l'on connaît (le débit de) la dose. Il convient d'utiliser, dans la mesure du possible, les qualités de rayonnement photonique de la série de spectre étroit et des sources gamma ^{137}Cs et ^{241}Am spécifiées par la série ISO 4037.



IEC 2041/10

Figure 1 – Exemple de rotation de l'ensemble de détection

6.6 Réponse au rayonnement bêta

6.6.1 Exigences

Lorsque l'ensemble de détection est utilisé pour mesurer une dose due au rayonnement gamma en présence de rayonnement bêta, les particules les plus énergétiques peuvent pénétrer dans le volume sensible du détecteur. La réponse de l'ensemble de détection au rayonnement bêta provenant d'une source Sr-90/Y-90 doit être établie par le fabricant, si l'ensemble de détection est destiné à être utilisé en présence de rayonnement bêta.

6.6.2 Méthode d'essai

Exposer l'ensemble de détection à l'angle d'incidence de rayonnement de 0° au rayonnement de référence bêta spécifié dans l'ISO 6980: Parties 1 à 3, de la qualité suivante:

– $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}$);

La valeur indiquée du débit de dose doit être inférieure à 10 % de la valeur de débit de dose d'exposition.

6.7 Réponse au rayonnement neutronique

6.7.1 Exigences

La réponse de l'ensemble de détection au rayonnement neutronique doit être établie par le fabricant si l'ensemble de détection est destiné à être utilisé en présence de rayonnement neutronique.

Par accord entre l'acheteur et le fabricant, les essais peuvent être omis si une analyse documentée démontre que l'instrument n'est pas sensible au rayonnement neutronique.

6.7.2 Méthode d'essai

Lorsqu'un essai est requis, la procédure suivante est recommandée.

L'ensemble de détection doit être exposé dans la direction d'étalonnage de référence au rayonnement provenant d'une source de ^{252}Cf ou de $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ telle que le relevé de lecture

soit de 70 % du maximum de la deuxième échelle d'ordre de grandeur la plus sensible. Si cela s'avère irréalisable dans la pratique, il convient d'appliquer une limite de 10 mSv/h.

L'indication $(n+\gamma)$ provenant de la source de neutrons doit être notée.

Le débit de dose photonique $\dot{H}^*(10)\gamma$ au niveau de l'instrument doit être déterminé (par calcul, ou en utilisant un instrument de référence) et l'indication $I(\gamma)$ établie à partir de ceci: $I(\gamma) = R\gamma \times \dot{H}^*(10)\gamma$ tenant compte de la réponse photonique au rayonnement de ^{60}Co . Pour ^{252}Cf , la fraction de la dose photonique à la dose neutronique est en général de 0,04 environ.

NOTE 1 L'énergie de photons émis d'une source de ^{252}Cf est similaire à l'énergie émise d'une source de ^{60}Co (environ 1,25 MeV).

D'une manière similaire, le débit de dose neutronique $\dot{H}^*(10)n$ doit être déterminé.

La réponse des neutrons doit être exprimée de la façon suivante:

$$R_n = \frac{I_{(n+\gamma)} - I(\gamma)}{H^*(10)_n}.$$

Les grandeurs de rayonnement neutronique sont spécifiées dans la série ISO 8529: Parties 1 à 3.

NOTE 2 Le fait d'enrober la source ^{252}Cf dans 1 mm de plomb réduira les émissions (photoniques) gamma.

NOTE 3 La grandeur débit de dose est choisie à $\dot{H}^*(10)$ car cette grandeur est définie de manière équivalente pour le rayonnement neutronique et photonique.

6.8 Caractéristiques de surcharge

6.8.1 Exigences

Pour des débits de dose plus grands que ceux correspondant à un maximum d'échelle, l'indication de l'ensemble de détection/unité de surveillance doit être hors échelle en fin d'échelle de la gamme la plus élevée et doit rester ainsi. Cette exigence doit s'appliquer à chaque gamme d'échelle où le changement d'échelle est commutable.

6.8.2 Méthode d'essai

Avant l'essai de surcharge, les relevés de lecture de référence doivent être établis. Les relevés de lecture doivent être obtenus de chaque échelle.

L'ensemble de détection doit alors être exposé pendant 5 min à un débit de dose de 10 fois le maximum de l'échelle. L'indication doit rester hors échelle, en fin d'échelle de la gamme la plus élevée, pendant tout ce temps.

Le temps mis par le moniteur pour retourner à la normale après que le débit de dose est retourné au niveau avant exposition ne doit pas être supérieur à 10 min. Le relevé de lecture après essai doit se situer dans les limites de $\pm 10\%$ des relevés de lecture de référence ou avant-essai.

6.9 Fluctuations statistiques

6.9.1 Exigences

Le coefficient de variation du débit de dose en raison des fluctuations aléatoires doit être inférieur à 20 % pour l'échelle la plus sensible et 10 % pour les autres échelles.

6.9.2 Méthode d'essai

L'ensemble de détection doit être exposé à une source de rayonnement donnant un débit de dose correspondant à une indication entre le tiers et la moitié du maximum de l'échelle de la gamme la plus sensible (échelle linéaire) ou de la décade la plus sensible (échelle logarithmique) ou de la deuxième décade la moins significative (indication numérique).

Un nombre suffisant de relevés de lecture doit être pris afin d'assurer que la valeur moyenne de ces relevés de lecture et le coefficient de variation peuvent être déterminés.

6.10 Temps de réponse

6.10.1 Exigences

Le temps de réponse doit être tel qu'en cas d'augmentation ou de diminution soudaine du débit de dose, l'indication atteindra la valeur suivante:

$$I_i + 0,9 (I_f - I_i)$$

où I_i est l'indication initiale et I_f est l'indication finale.

Le temps de réponse doit être inférieur à:

- pour un débit de dose inférieur à 60 µGy/h (µSv/h): 60 s;
- pour un débit de dose compris entre 60 µGy/h (µSv/h) et 1 000 µGy/h (µSv/h)

$$\left(60 - \frac{\text{Débit de dose} - 60 \text{ µGy/h (ou µSv/h)}}{940 \text{ µGy/h (ou µSv/h)}} \times 50 \right) \text{ s}$$

- pour un débit de dose supérieur à 1 000 µGy/h (µSv/h): 10 s.

Le nombre d'essais à effectuer doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Le temps de réponse doit être établi par le fabricant.

6.10.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué soit avec une source de rayonnement convenable, soit par injection d'un signal électrique équivalent à l'entrée de l'ensemble débitmètre de dose de mesure.

Les débits de dose initiaux et finaux devront être différents d'un facteur de 10 ou plus et les mesurages doivent être effectués pour une augmentation aussi bien que pour une diminution du débit de dose par ce facteur.

Les mesures doivent être effectuées sur chaque ordre de grandeur d'indication de débit de dose pour l'ensemble de détection débitmètres de dose pourvu d'un affichage numérique ou logarithmique, et sur chaque gamme d'échelles pour l'ensemble de détection débitmètres de dose pourvu d'un affichage linéaire.

Pour les débitmètres de dose à échelle linéaire, le débit de dose le plus faible peut être pris comme zéro ou fond et le plus élevé comme celui correspondant à au moins 80 % du maximum de l'échelle sur toutes les gammes.

Pour les débitmètres de dose avec gammes commutables, le temps de réponse doit être soumis à essai sur chaque gamme d'échelle.

Si la méthode d'essai électrique est employée, cela doit être établi dans les documents d'accompagnement. Les signaux injectés doivent correspondre aux exigences ci-dessus.

Pour l'essai en débit d'équivalent de dose croissant, l'ensemble de détection débitmètre de dose doit être soumis tout d'abord au débit de dose le plus élevé et l'indication I_f doit être notée. L'ensemble de détection débitmètre de dose doit ensuite être soumis au débit d'équivalent de dose le plus faible pendant un temps suffisant pour que l'indication I_i atteigne une valeur stable et cette indication doit être notée. Le débit de dose doit ensuite être modifié le plus rapidement possible (< 1 s) à celui correspondant à l'indication I_f et le temps mis pour atteindre la valeur donnée par la formule en 6.10.1 doit être mesuré.

L'essai en débit d'équivalent de dose décroissant est réalisé de la même façon.

6.11 Dérive du zéro

6.11.1 Exigences

Pour les unités de surveillance/ensembles de détection à échelle linéaire, la position du point zéro de l'indication de mesure d'un appareil dont le zéro a été aligné après que l'ensemble a été en service pendant 30 min dans des conditions normales d'essai ne doit pas dériver de plus de ± 2 % du maximum de l'échelle sur toutes les gammes dans les 24 h de fonctionnement continu qui suivent. Pour les échelles logarithmiques et affichages numériques, la dérive doit être inférieure à 5 % après 8 h, 25 % après 24 h et 50 % après 20 jours de l'échelle d'ordre de grandeur (logarithmique) la plus sensible ou de la deuxième échelle d'ordre de grandeur (numérique) la moins significative.

6.11.2 Méthode d'essai

Mettre sous tension l'ensemble de détection et ajuster la commande de réglage de zéro (le cas échéant) pour mettre l'indication sur zéro après 30 min. Pour certains ensembles de détection pourvus d'une échelle non linéaire, une telle commande est utilisée pour amener l'indication à une valeur de référence donnée, plutôt qu'à zéro. Dans ces cas, régler l'indication sur la valeur de référence, commuter sur un calibre de lecture, attendre 30 min et remettre à zéro.

Laisser l'ensemble de détection commuté sur un calibre de lecture. Noter l'indication toutes les heures pendant les huit premières heures puis de nouveau après 24 h.

Sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur, l'essai doit se poursuivre sur un total de 20 jours, les indications étant notées tous les quatre jours.

6.12 Exigences d'alarme

6.12.1 Exigences

La gamme des réglages d'alarme doit être conforme aux exigences de 4.2.4.2 et 4.2.4.3.

6.12.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être réalisé sur l'ensemble de détection/unité de traitement mais doit exclure le détecteur. La gamme de la sortie de détecteur doit être simulée à l'aide d'un équipement approprié d'injection de signal. Les alarmes doivent être ajustées dans les limites de 10 % de leur réglage le plus faible et le signal d'entrée doit être augmenté jusqu'à ce que les alarmes fonctionnent. L'indication de l'appareillage doit être notée. Les paramètres d'alarme doivent être réajustés à leurs réglages les plus élevés et la procédure répétée.

Pour les alarmes destinées à fonctionner sur des signaux décroissants, opérer comme ci-dessus, mais diminuer lentement le niveau du signal d'entrée.

6.12.3 Alarmes de panne d'appareillage

L'alarme de panne d'instrument doit normalement être soumise à essai conformément à 4.2.4.4.

Des essais d'alarmes en cas de défaillance contre les pannes de l'appareillage considéré doivent être effectués.

6.13 Temps de réponse et stabilité de l'alarme

6.13.1 Exigences

Les seuils d'alarme de rayonnement (niveau bas ou haut) ne doivent pas s'écarter de plus de $\pm 10\%$ du point de consigne d'alarme choisi et ils doivent être conformes aux exigences de 4.2.4.2 et 4.2.4.3.

6.13.2 Méthode d'essai

Le seuil d'alarme de niveau bas doit être ajusté à un niveau raisonnable de débit de dose pour permettre la poursuite de l'essai. Exposer l'ensemble de détection à un débit de dose qui est de 90 % du seuil bas. L'alarme ne doit pas s'activer pendant la durée de l'exposition (1 min). Augmenter le niveau de débit de dose à deux fois le seuil bas. L'alarme doit se déclencher immédiatement.

Exécuter le même essai pour l'alarme de niveau haut.

Pour vérifier la stabilité, répéter l'essai d'alarme de niveau bas et haut après une période de 24 h d'utilisation continue.

6.14 Préchauffage

6.14.1 Exigences

Le fabricant doit établir le temps de préchauffage. Le temps de préchauffage utilisé pour atteindre les conditions normales d'essai est indiqué au Tableau 3.

6.14.2 Méthode d'essai

L'ensemble de détection/unité de surveillance hors tension, exposer le détecteur à une source de rayonnement appropriée qui procurera une indication au moins égale à la moitié du maximum de l'échelle. Mettre sous tension l'ensemble et noter ses relevés de lecture toutes les 30 s après la mise sous tension jusqu'au temps de préchauffage établi.

Trente minutes après la mise sous tension, prendre au moins 10 relevés de lecture et utiliser leur moyenne comme «valeur finale» de l'indication. Sur un graphe de l'indication en fonction du temps, tracer une courbe lissée qui correspond à l'ajustement optimal. Le temps correspondant à 90 % de cette valeur est le temps de préchauffage.

7 Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales

7.1 Fonctionnement au secteur

7.1.1 Exigences

Il convient de concevoir les ensembles pour qu'ils fonctionnent à partir d'une tension d'alimentation alternative (c.a.) monophasée de l'une des catégories suivantes conformément à la CEI 60038:

- série I: 230 V c.a;

- série II: 100 V c.a.;
- série III: 120 V c.a. et/ou 240 V c.a.

La puissance nominale monophasée aux Etats-Unis d'Amérique et au Canada est de 117 V et/ou 234 V, 60 Hz. La puissance nominale monophasée de 110 V, 50 Hz est aussi utilisée au Royaume-Uni.

Néanmoins, les ensembles peuvent être conçus pour fonctionner à partir de 24 V c.c. (série IV). Il convient de concevoir les ensembles alimentés par le réseau pour qu'ils fonctionnent à partir d'une tension d'alimentation alternative monophasée de 100 V à 240 V et de 47 Hz à 63 Hz. L'équipement doit fonctionner avec une variation de l'alimentation de ± 10 %.

7.1.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. La tension alimentation étant à sa valeur nominale, déterminer et consigner le relevé moyen de lecture de chaque détecteur.

Prendre suffisamment de relevés de lecture avec la tension d'alimentation 10 % au-dessus de la valeur nominale et suffisamment de relevés de lecture avec la tension d'alimentation 10 % en dessous de la valeur nominale. La valeur moyenne ne doit pas différer de plus de 10 % de celles obtenues avec la tension d'alimentation nominale.

Les essais ci-dessus doivent être répétés mais au lieu de modifier la tension, c'est la fréquence qui doit être modifiée pour passer de 54 Hz à 66 Hz pour la tension d'alimentation de 60 Hz ou passer de 45 Hz à 55 Hz pour la tension d'alimentation de 50 Hz.

7.2 Compatibilité électromagnétique (CEM)

7.2.1 Généralités

Des précautions spéciales doivent être prises dans la conception des unités de surveillance pour assurer un fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques et surtout des champs de fréquences radioélectriques (voir CEI 61000-4-3). Les perturbations électromagnétiques peuvent provoquer des augmentations ou diminutions des relevés de lecture de rayonnements ou des modifications fonctionnelles du système de surveillance (par exemple l'activation d'alarmes). Pour chacun des essais CEM donnés en 7.2.3 à 7.2.10, l'ensemble de détection doit être réglé sur la gamme la plus sensible et irradié avec cinq fois l'extrémité basse de la gamme de mesure de l'ensemble de détection.

7.2.2 Emission de rayonnement électromagnétique

7.2.2.1 Exigences

Les limites d'émissions, mesurées à 30 m, doivent être inférieures à celles indiquées ci-dessous:

Tableau 2 – Bande de fréquences des émissions

MHz	Force (intensité) de champ dB
30 – 230	30
230 – 1 000	37

7.2.2.2 Méthode d'essai

Placer l'ensemble de surveillance dans une cage de Faraday ou chambre blindée contre les fréquences radioélectriques, selon le cas. L'essai doit être effectué comme décrit dans la CEI 61000-6-4. Les ensembles étant hors tension, recueillir un spectre du fond en utilisant

une largeur de bande d'exploration de 50 kHz. Mettre les ensembles sous tension et exécuter une exploration RF pour déterminer la force (intensité) de champ.

7.2.3 Décharge électrostatique

7.2.3.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par les décharges électrostatiques à la valeur montrée au Tableau 6. Les relevés de lecture doivent rester à ± 15 % des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux décharges électrostatiques, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des décharges seules.

7.2.3.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et en consignait les indications à l'affichage et aux éventuelles bornes de sortie de données tout en déchargeant un générateur d'essai approprié tel que décrit dans la CEI 61000-4-2 au moins cinq fois aux diverses parties externes de l'appareillage complet qui peuvent être touchées par l'opérateur au cours d'un mesurage normal, lorsque l'ensemble de détection (de débit) d'équivalent de dose/unité de traitement est sous tension et, si les gammes sont commutables, réglé sur la gamme la plus sensible.

La décharge électrostatique doit être effectuée comme décrit dans la CEI 61000-4-2 avec une tension de 4 kV. Lorsque des ensembles de détection appareils de mesure (de débit) d'équivalent de dose avec des surfaces isolées sont soumis à essai, la méthode de décharge dans l'air avec une tension de 8 kV (niveau de sévérité 3) doit être utilisée.

7.2.4 Champs électromagnétiques rayonnés généraux

7.2.4.1 Exigences

Les ensembles de surveillance ne doivent pas être affectés par l'exposition aux champs de fréquences radioélectriques de 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 2,5 GHz avec une intensité de 10 V/m (Tableau 4). Les relevés de lecture doivent rester à ± 15 % des relevés de lecture obtenus lorsqu'ils ne sont pas exposés au champ RF, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat du champ RF seul.

7.2.4.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et en consignait les indications de l'affichage et des éventuelles bornes de sortie de données de l'ensemble de traitement avec l'ensemble de détection (de débit) d'équivalent de dose réglé sur la gamme la plus sensible.

L'intensité du champ électromagnétique doit être de 10 V/m dans la gamme de fréquences de 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 2,5 GHz par échelons de 1 % (voir CEI 61000-4-3).

Afin de réduire la quantité de mesurages nécessaires pour montrer la conformité avec l'exigence ci-dessus, l'essai peut être réalisé à une intensité de champ de 20 V/m dans une orientation seulement. Si une indication de l'existence d'une susceptibilité est observée, des essais additionnels dans la gamme de ± 5 % autour de cette gamme de fréquences de susceptibilité avec une intensité de champ de 10 V/m doivent être réalisés avec l'ensemble de

détection appareil de mesure (de débit) d'équivalent de dose dans toutes les trois orientations telles que définies dans la CEI 61000-4-3.

7.2.5 Perturbations conduites induites par les transitoires rapides ou salves

7.2.5.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par les perturbations conduites induites par les transitoires rapides ou salves aux valeurs montrées dans le Tableau 6. Les relevés de lecture doivent rester à $\pm 15\%$ des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux perturbations, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des perturbations seules.

7.2.5.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

Il convient d'appliquer des transitoires rapides ou salves aux bornes d'alimentation secteur via un réseau de couplage/découplage ou appareillage équivalent. Le taux de répétition ne doit pas dépasser un par minute. La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et en consignait les indications de l'affichage et des éventuelles bornes de sortie de données de l'ensemble de traitement avec l'ensemble de détection (de débit) d'équivalent de dose réglé sur la gamme la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans la CEI 61000-4-4 avec une tension de crête de $\pm 2\text{ kV}$.

La sévérité de l'essai doit être la suivante:

- pour l'appareillage installé dans une salle protégée: niveau 2;
- pour les autres appareillages: niveau 3.

7.2.6 Perturbations conduites induites par des ondes de choc

7.2.6.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par les perturbations conduites induites par des ondes de choc aux valeurs montrées dans le Tableau 6. Les relevés de lecture doivent rester à $\pm 15\%$ des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux perturbations, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des perturbations seules.

7.2.6.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

Il convient d'appliquer des impulsions aux bornes d'alimentation secteur via un réseau de couplage/découplage ou appareillage équivalent. Le taux de répétition ne doit pas dépasser un par minute. La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et en consignait les indications de l'affichage et des éventuelles bornes de sortie de données de l'ensemble de traitement avec l'ensemble de détection (de débit) d'équivalent de dose réglé sur la gamme la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans la CEI 61000-4-5 avec une tension de $\pm 2\text{ kV}$ ou $\pm 1\text{ kV}$ comme donné dans le Tableau 4.

7.2.7 Perturbations conduites induites par les fréquences radioélectriques

7.2.7.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par les perturbations conduites induites par des fréquences radioélectriques montrées dans le Tableau 6. Les relevés de lecture

doivent rester, à $\pm 15\%$ des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux perturbations, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des perturbations seules.

7.2.7.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et consignant les indications de l'affichage de l'unité de traitement avec l'ensemble de détection dosimètre réglé sur la gamme la plus sensible.

La tension doit équivaloir à 10 V dans la gamme de fréquences de 150 kHz à 80 MHz par échelons de 1 % conformément à la CEI 61000-4-6.

7.2.8 Immunité à l'onde sinusoïdale amortie

7.2.8.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par les ondes oscillatoires injectées montrées au Tableau 6. Les relevés de lecture doivent rester à $\pm 15\%$ des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux perturbations, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des ondes oscillatoires seules.

Les procédures d'essai sont définies dans la CEI 61000-4-12, avec les détails suivants concernant l'onde oscillatoire amortie:

- fréquence d'oscillation: 1 MHz $\pm 10\%$;
- fréquence d'alimentation secteur comprise entre 50 Hz et 400 Hz et non synchronisée sur la fréquence du réseau.

7.2.8.2 Méthode d'essai

Placer une source de ^{137}Cs telle que définie en 5.6 au voisinage de l'ensemble de détection. Déterminer et consigner la valeur de la moyenne des relevés de lecture.

L'injection a lieu en mode commun en utilisant le réseau de couplage/découplage. Si les spécifications du fabricant stipulent qu'une connexion à la terre est requise pour l'un des conducteurs d'un circuit, l'essai de ce circuit doit être réalisé en mode différentiel tout en appliquant les sévérités spécifiées du mode commun.

La sévérité de l'essai doit être la suivante:

- pour les circuits se raccordant à la salle protégée: niveau 1;
- circuits sortant à un autre endroit: niveau 3.

A l'achèvement de cet essai, les performances du système doivent se conformer aux performances stipulées par le fabricant.

7.2.9 Champ magnétique de 50 Hz/60 Hz

7.2.9.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des champs magnétiques de 50 Hz ou de 60 Hz. Les relevés de lecture doivent rester à $\pm 15\%$ des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux champs magnétiques, aucune alarme ne doit s'activer et

aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat du champ magnétique seul.

7.2.9.2 Méthode d'essai

La conformité doit être vérifiée en observant et en consignant les indications de l'affichage et des éventuelles bornes de sortie de données de l'unité de traitement pendant que les mesurages sont effectués sur la gamme la plus sensible. L'ensemble de détection appareil de mesure (de débit) d'équivalent de dose doit être exposé à des champs continus de 30 A/m à une fréquence de 50 Hz ou de 60 Hz. Il convient d'exposer l'ensemble de détection (de débit) d'équivalent de dose dans un minimum de deux orientations (0° et 90°) par rapport aux lignes de champ.

7.2.10 Creux de tension et coupures brèves

7.2.10.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des creux de tension et des coupures brèves. Les relevés de lecture doivent rester à ± 15 % des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux variations de tension, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des creux de tension et coupures brèves seuls.

7.2.10.2 Méthode d'essai

Pour les ensembles de détection (de débit) d'équivalent de dose alimentés par le secteur, la conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée en observant et en consignant les indications à l'affichage et aux éventuelles bornes de sortie de données de l'unité de traitement pendant que les mesurages sont effectués sur la gamme la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans la CEI 61000-4-11 avec les réductions de tension telles que données au Tableau 6.

7.3 Caractéristiques mécaniques

7.3.1 Domaine d'application

L'appareillage utilisé en intérieur ne sera généralement pas exposé à des environnements mécaniques tels que chocs et vibrations si ce n'est au moment de l'expédition vers l'emplacement. Les unités de surveillance conçues pour des applications qui exigent de les monter sur d'autres dispositifs tels que grues ou véhicules seront les plus susceptibles d'être exposés à des chocs minimaux et/ou vibrations minimales.

Les ensembles de détection montés sur grue peuvent avoir des exigences supplémentaires qui ne sont pas traitées dans la présente norme.

7.3.2 Microphonique/impact

7.3.2.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des conditions microphoniques telles que celles qui peuvent se produire en cas de contact vif de faible intensité avec des surfaces dures. Les relevés de lecture doivent rester à ± 15 % des relevés de lecture obtenus lorsqu'il n'est pas exposé aux conditions microphoniques, aucune alarme ne doit s'activer et aucune modification fonctionnelle ne doit se produire comme résultat des conditions microphoniques.

7.3.2.2 Méthode d'essai

L'essai peut être effectué conformément à la CEI 60068-2-75 ou à la CEI 62262.

Mettre sous tension les ensembles et les laisser s'échauffer normalement. À l'aide du dispositif d'essai approprié (c'est-à-dire un marteau à ressort), exposer la caisse de l'ensemble de détection à 3 impacts d'une énergie de 1,0 joule (J). L'essai doit être effectué sur chaque côté de l'ensemble de détection tout en observant la réponse.

La réponse de l'unité de surveillance doit être inaltérée (rester à ± 15 % des valeurs avant l'essai) par les impacts.

7.4 Caractéristiques environnementales

7.4.1 Température ambiante

7.4.1.1 Exigences

L'ensemble de surveillance doit être capable de fonctionner sur une gamme de températures ambiantes de

- a) $+10$ °C à $+50$ °C dans des conditions d'utilisation en intérieur;
- b) -25 °C à $+40$ °C (ou $+55$ °C) pour l'utilisation en extérieur.

Si l'équipement est installé dans des armoires fermées, l'effet de l'élévation de température doit être considéré. En raison de cette possibilité de températures plus élevées, l'essai doit être réalisé sur une gamme de températures de -25 °C à $+55$ °C. La valeur indiquée doit rester à 15 % près de la valeur indiquée obtenue à $+20$ °C sur la gamme de températures de -25 °C à $+40$ °C. Sur la gamme de températures de $+40$ °C à $+55$ °C, la valeur indiquée doit être à 25 % près de la valeur obtenue à $+20$ °C.

7.4.1.2 Méthode d'essai

Cet essai doit inclure des mesures de débit de dose induit par le fond ambiant et des mesures de débit de dose induit par les sources radioactives gamma telles que définies en 6.3.2. La géométrie de l'essai doit rester la même pendant tout le cycle d'essai.

La température doit être maintenue à chacune de ses valeurs extrêmes pendant un minimum de 16 h et l'indication de l'ensemble mesurée toutes les 60 min pendant cette période. Il convient que les niveaux d'humidité soient suffisamment bas pour éviter la condensation (<50 %). Le taux de variation de la température ne doit pas dépasser 10 °C/h. Les limites de variation des indications doivent être comprises dans la valeur donnée au Tableau 4.

Les parties du système qui sont destinées pour une installation dans un environnement contrôlé peuvent être exclues de cet essai.

Si l'ensemble de surveillance comporte des dispositifs de régulation de température, ces ensembles doivent être soumis à essai comme des ensembles complets. Pour les ensembles de surveillance qui ne fournissent pas de régulation de température interne pour les ensembles individuels, il est permis de soumettre à essai chaque ensemble comme des composants groupés.

7.4.2 Humidité relative

7.4.2.1 Exigences

L'ensemble de surveillance doit être capable de fonctionner pendant et après l'exposition à des niveaux d'humidité relative jusqu'à 93 % à une température ambiante de $+35$ °C. Un fonctionnement acceptable est indiqué par un changement <15 % du taux de comptage du détecteur avec celui mesuré à $+20$ °C et 65 % HR à la fois pendant et après l'exposition. Il ne doit pas y avoir d'effets observables de l'exposition à une humidité élevée.

Une limite d'humidité plus élevée (93 % HR à +40 °C) peut être requise selon l'accord conclu entre l'acheteur et le fabricant. Dans un tel cas, l'essai doit être conduit pour ces conditions étendues

7.4.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé à une seule température de 35 °C en utilisant une chambre environnementale. Pour cet essai, l'unité de surveillance, y compris l'ensemble de détection, doit être mise sous tension et exposée au rayonnement gamma de référence telle que définie en 6.3.2. L'humidité doit être maintenue à ses valeurs extrêmes pendant un minimum de 24 h et les indications de l'ensemble notées toutes les 2 h pendant cette période. La variation permise des indications telles que spécifiées au Tableau 5 s'ajoute aux variations permises dues à la température seule. A la suite de l'exposition, chaque ensemble doit être examiné quant à la corrosion ou autres effets de l'humidité. Il ne doit pas y avoir d'effets observables de l'exposition.

Les parties du système qui sont destinées à une installation dans un environnement contrôlé peuvent être exclues de cet essai.

7.4.3 Etanchéité

7.4.3.1 Exigences

L'ensemble de surveillance doit être conçu pour empêcher la pénétration d'humidité. Le fabricant doit établir les précautions qui ont été prises pour empêcher la pénétration de l'humidité. Le fabricant doit établir l'indice de protection IP de l'unité conformément à la CEI 60529.

7.4.3.2 Méthode d'essai

Cet essai est requis si l'unité n'est pas conforme à la CEI 60529 et lorsqu'il a fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Tous les composants qui sont destinés à une utilisation en extérieur doivent être exposés à un essai de pluie avec une exposition basée sur une superficie de composant, 10 l/m pendant une durée basée sur la superficie mesurée du moniteur. Le temps est de 3 min/m² avec un minimum de 15 min (CEI 60068-2-18). Il convient que la buse de pulvérisation soit à environ 2 m du moniteur. Après l'exposition, chaque composant doit être examiné pour déterminer si l'humidité a pénétré les joints installés.

8 Documentation

8.1 Rapport d'essais de type

Le fabricant doit tenir à disposition, à la demande de l'acheteur, le rapport sur les essais de type effectués suivant les exigences de la présente norme.

8.2 Certificat

Un certificat doit être fourni avec chaque unité de surveillance et ensemble de détection, comportant au moins les renseignements suivants conformément à la CEI 61187:

- nom du constructeur ou marque déposée;
- type de l'ensemble et numéro de série;
- types de rayonnement que l'ensemble est destiné à mesurer;
- en cas d'essai pour son exploitation dans des champs de rayonnement pulsés, les débits de dose, les durées d'impulsion et le taux de répétitions d'impulsions utilisés;
- point de référence de l'ensemble;

- exigences relatives à l'alimentation électrique;
- gamme de températures de fonctionnement;
- déclaration de conformité à la présente norme.

8.3 Manuel d'exploitation et de maintenance

Un manuel d'exploitation et de maintenance contenant au moins les renseignements suivants conformément à la CEI 61187 doit être fourni:

- diagrammes électriques schématiques, y compris la liste des pièces de rechange;
- détails opérationnels, maintenance et procédures d'essais.

Les instructions d'utilisation du système doivent être données de façon non ambiguë dans le manuel. Ces instructions doivent être les mêmes pour toutes les parties de l'essai de type et pour une utilisation de routine.

Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Source de rayonnement gamma de référence	^{137}Cs	^{137}Cs
Temps de préchauffage	30 min	> 30 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation électrique	Tension nominale d'alimentation électrique	Tension nominale d'alimentation électrique ± 1 %
Fréquence de l'alimentation électrique	Fréquence nominale	Fréquence nominale ± 2 %
Forme d'onde de l'alimentation électrique	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion harmonique totale inférieure à 5 %
Fond de rayonnement gamma	Débit de kerma dans l'air $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	Inférieur à un débit de kerma dans l'air de $0,25 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$
Angle d'incidence de rayonnement	Direction d'étalonnage donnée par le fabricant	Direction donnée $\pm 10^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la plus faible valeur qui provoque une interférence
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à deux fois la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation de l'ensemble	À établir par le fabricant	Orientation déclarée $\pm 10^\circ$
Commandes d'ensemble	Installées pour le fonctionnement normal	Installées pour le fonctionnement normal
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable

Tableau 4 – Essais exécutés dans les conditions normales d'essai

Caractéristiques en essai	Exigences paragraphe	Méthode d'essai paragraphe
Effets de fond et fausse alarme	6.1.1	6.1.2
Linéarité	6.3.1 6.3.2.	6.3.2.2 6.3.2.3 6.3.2.4
Variation de la réponse avec l'énergie du rayonnement photonique	6.4.1	6.4.2
Variation de la réponse avec l'angle d'incidence	6.5.1	6.5.2
Détection de rayonnement bêta	6.6.1	6.6.2
Détection de rayonnement neutronique	6.7.1	6.7.2
Surcharge	6.8.1	6.8.2
Fluctuations statistiques	6.9.1	6.9.2
Temps de réponse	6.10.1	6.10.2
Dérive du zéro	6.11.1	6.11.2
Exigences d'alarme	6.12.1	6.12.2 6.12.3
Alarmes de panne d'appareillage	6.12.3	6.12.3
Temps de réponse et stabilité de l'alarme	6.13.1	6.13.2
Préchauffage	6.14.1	6.14.2
Effets des rayonnements pulsés	A.3.1	A.3.2

Tableau 5 – Essais exécutés avec variations de grandeurs d'influence

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Gamme de valeurs des grandeurs d'influence	Limites de variation des indications ou des réponses	Méthode d'essais paragraphe
Fonctionnement au secteur	– Tension d'alimentation électrique de 100 V à 240 V – De 45 Hz à 66 Hz	± 10 %	7.1.2
Microphonique/impact	Trois impacts à une intensité de 1,0 joule en différents emplacements sur l'ensemble de détection	La réponse ne doit pas être altérée par l'exposition ±15 %	7.3.2.2
Température ambiante	+10 °C à +55 °C pour l'utilisation en extérieur –25 °C à +40 °C (ou +55 °C) pour l'utilisation en extérieur	±15 % et ±25 %	7.4.1.2
Humidité relative	40 % à 93 % à +35 °C	±15 %	7.4.2.2
Étanchéité	3 mm par min/m ² pendant un minimum de 15 min	Pas de pénétration d'humidité	7.4.3.2

**Tableau 6 – Valeurs maximales des indications additionnelles
dues à des perturbations électromagnétiques**

Grandeur d'influence ou paramètre d'instrument	Gamme minimale assignée de la grandeur d'influence	Essai selon la norme de la CEI	Fréquence	Modification permise de la réponse à cinq fois l'extrémité basse de la gamme de mesure	Critère B*	Paragraphe
Émission de rayonnement électromagnétique	30 MHz à 230 MHz 230 MHz à 1000 MHz	6100-6-4		Moins de 30 dB 37 dB		7.2.2
Décharge électrostatique, tension de charge	Décharge dans l'air de 0 kV à ± 8 kV Décharge au contact de 0 kV à ± 4 kV	61000-4-2	5 perturbations	± 15 %	B	7.2.3
Champs électromagnétiques rayonnés, force (intensité) de champ et modulation	80 MHz à 1 000 MHz et 1,4 GHz 2,5 GHz 0 V/m à 10 V/m (efficace, démodulé) 80 % AM (1 kHz)	61000-4-3	10 % du temps	± 15 %	A	7.2.4
Perturbations conduites induites par les transitoires rapides/ salve, tension de crête	Accès de puissance: 0 kV à ± 2 kV Accès de signaux: 0 kV à ± 1 kV 5/50 ns (tr/th)	61000-4-4	10 perturbations par heure	± 15 %	B	7.2.5
Perturbations conduites induites par des ondes de choc, tension de crête et temps de montée	Accès de puissance c.a., phase-terre: 0 kV à ± 2 kV Accès de puissance c.a., entre phases: 0 kV à ± 1 kV Accès de signaux, phase-terre: 0 kV à ± 1 kV Accès de puissance c.c.: 0 kV à ± 2 kV 1,2/50 (8/20) μ s (tr/th)	61000-4-5	10 perturbations par heure	± 15 %	B	7.2.6
Perturbations conduites induites par les fréquences radioélectriques, fréquence et tension	150 kHz à 80 MHz 0 V à 10 V (efficace, démodulée) 80 % AM (1 kHz)	61000-4-6	10 % du temps	± 15 %	A	7.2.7
Immunité à l'onde sinusoïdale amortie	Fréquence d'oscillation: 1 MHz + 10 %, fréquence d'alimentation secteur comprise entre 50 Hz et 400 Hz et non synchronisée sur la fréquence du réseau	61000-4-12	10 % du temps	± 15 %	A	7.2.8
Champ magnétique à 50 Hz/60 Hz, force (intensité) de champ	0 A/m à 30 A/m	61000-4-8	10 % du temps	± 15 %	A	7.2.9
Creux de tension/coupures brèves, durée	1 cycle (100 % de réduction) (20 ms à 50 Hz 17 ms à 60 Hz)	61000-4-11	10 perturbations par heure	± 15 %	B	7.2.10
Creux de tension/coupures brèves, durée	500 ms (30 % de réduction) 200 ms (60 % de réduction) 5 000 ms (100 % de réduction)	61000-4-11	10 perturbations par heure	± 15 %	C	7.2.10

* Critères A, B et C selon la CEI 61000-6-2:

- A: L'appareillage doit continuer à fonctionner comme prévu pendant et après l'essai.
- B: L'appareillage doit continuer à fonctionner comme prévu après l'essai.
- C: Une perte temporaire de la fonction est permise, à condition que la fonction soit autorécupérable ou puisse être restaurée par la manœuvre des commandes.

Annexe A (informative)

Surveillance du rayonnement ionisant pulsé

A.1 Généralités

Certains ensembles de détection (de débit) de dose et d'équivalent de dose donneront des indications incorrectes lors de la surveillance de champs de rayonnement pulsés, tels que l'appareillage radiologique médical, certains autres équipements à rayons X, accélérateurs linéaires (LINAC), et cyclotrons.

Dans le cas des LINAC, par exemple, le rayonnement peut être des salves d'environ 1 μ s à une fréquence d'environ 400 à la seconde. Dans ce cas, le débit de dose réel au cours de l'impulsion est d'environ 2 500 fois le débit de dose moyen.

Les détecteurs compteurs d'impulsions tels que les compteurs Geiger, les compteurs à scintillation, et les semiconducteurs peuvent produire une impulsion unique pendant le temps de marche de la machine; mais parce que le temps mort du détecteur ou de l'électronique associée est supérieur ou égal à la durée de la salve de rayonnement, il peut ne pas y avoir plus d'une seule impulsion vue. Par conséquent, le taux de comptage sera de 400 par seconde, même pour un débit de dose infiniment grand. Cela veut dire que le taux de comptage maximal sera équivalent à celui dû à 400 impulsions par seconde, peut-être de quelques microsieverts par heure dans un champ réel de sieverts par heure. De même, dans le cas des dosimètres, l'accroissement de la lecture de dose se produira à un taux bien plus faible que la dose réelle reçue.

A.2 Systèmes de mesure au courant

Les ensembles de détection qui ne reposent pas sur le comptage d'impulsions issues des détecteurs, tels que les chambres d'ionisation et les détecteurs à scintillation et à semiconducteurs fonctionnant sur le mode courant, sont capables de mesurer des doses et des débits de dose provenant de sources pulsées. Par contre, il peut se poser des problèmes avec la saturation à des débits de dose très élevés. La comparaison à des chambres d'ionisation à différentes tensions doit être effectuée pour assurer que cela ne se produit pas.

A.3 Méthode d'essai

A.3.1 Généralités

Lorsqu'il est affirmé que le moniteur peut être utilisé dans des champs pulsés, il convient de réaliser les essais suivants au débit de dose le plus élevé auquel le fabricant prétend que le fonctionnement correct sera maintenu. Il convient que la durée et le taux de répétitions de l'impulsion de rayonnement soit similaire à ceux correspondant aux conditions d'utilisation prévue mais, dans tous les cas, ils doivent être spécifiés dans le rapport d'essai.

A.3.2 Débitmètres

Exposer le débitmètre au rayonnement spécifié en 5.6.1. Comparer le relevé de lecture obtenu avec celui d'un débitmètre dont le fonctionnement est réputé satisfaisant aux débits de dose moyens, débits de dose au cours de l'impulsion, durées d'impulsion, doses par impulsion et fréquences de répétitions spécifiés. La différence entre les relevés de lecture doit être fournie.

NOTE Afin d'être sûr que le débitmètre utilisé pour la comparaison ne souffre d'aucun effet de saturation, il convient de comparer sa performance à celle d'un instrument de chambre d'ionisation dans lequel l'indication du débit n'augmente pas de plus de 5 % lorsque la tension de polarisation appliquée à la chambre d'ionisation augmente de 50 % avec des débits de dose supérieurs ou égaux à ceux appliqués dans l'essai.

Bibliographie

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

CEI 60359:2001, *Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances*

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

CEI 60768, *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*

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

CEI 60951-1, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 1: Exigences générales*

CEI 60951-2, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 2: Matériels pour la surveillance des rayonnements en continu avec prélèvements dans les effluents gazeux et l'air de ventilation*

CEI 60951-3, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 3: Ensemble de surveillance locale en continu des rayonnements gamma à large gamme*

CEI 60951-4, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation importante pour la sûreté – Surveillance des rayonnements pour les conditions accidentelles et post-accidentelles – Partie 4: Equipement pour la surveillance en continu des rayonnements internes ou externes aux flux de procédé*

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

CEI 61000-4-14:1999, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-14: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux fluctuations de tension*

CEI 61000-4-28:1999, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-28: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à la variation de la fréquence d'alimentation*

CEI 61508-1, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 1: Exigences générales*

CEI 61508-2, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 2: Exigences pour les systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

CEI 61508-3, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 3: Exigences concernant les logiciels*

CEI 61508-4, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 4: Définitions et abréviations*

CEI 61508-5, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 5: Exemples de méthodes pour la détermination des niveaux d'intégrité de sécurité*

CEI 61508-6, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 6: Lignes directrices pour l'application de la CEI 61508-2 et de la CEI 61508-3*

CEI 61508-7, *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité – Partie 7: Présentation de techniques et mesures*

CEI 61559-1:2009, *Instrumentation pour la radioprotection dans les installations nucléaires – Ensembles centralisés pour la surveillance en continu des rayonnements et/ou des niveaux de radioactivité – Partie 1: Exigences générales*

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

CEI 62003:2009, *Centrales nucléaires de puissance – Instrumentation et contrôle-commande importants pour la sûreté – Exigences relatives aux essais de compatibilité électromagnétique*

IAEA Guide de Sûreté N° 50-C/SG-Q :1996, *Code de l'AIEA et les Guides de Sûreté sur l'Assurance Qualité dans les centrales nucléaires et autres installations nucléaires*

IAEA Guide de Sûreté N° NS-R-1, *Sûreté des Centrales Nucléaires: Conception*

IAEA Guide de Sûreté N° NS-G-1.3, *Systèmes d'instrumentation et de contrôle-commande importants pour la sûreté des centrales nucléaires*

ICRU Report 51, *Grandeurs et unités en dosimétrie de radioprotection*

ICRP Publication 57, *Protection radiologique des travailleurs dans la médecine et la dentisterie*

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