

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Warning equipment for criticality accidents

Instrumentation pour la radioprotection – Equipement de signalisation des accidents de criticité

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60860:2014



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Warning equipment for criticality accidents

Instrumentation pour la radioprotection – Equipement de signalisation des accidents de criticité

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

Q

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-1638-5

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions, quantities and units	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Quantities and units	8
4 General requirements	8
4.1 General characteristics	8
4.2 Detection criterion.....	8
4.3 Safety classification	8
4.4 False alarms	9
4.5 Failure of components	9
4.6 Ease of decontamination.....	9
4.7 Multiple function systems.....	9
4.8 Interconnection cables and connectors	9
4.8.1 Interconnecting cables.....	9
4.8.2 Connectors	10
4.9 Reliability.....	10
4.10 Functional testing	10
4.11 Interchangeability	10
4.12 Detection subassembly	10
4.13 Logic unit for signal treatment.....	10
4.14 Alarm signals unit	10
4.14.1 Alarm signals.....	10
4.14.2 Alarm set point	11
5 General test procedure	11
5.1 Nature of tests	11
5.2 Reference conditions and standard test conditions.....	11
5.3 Point of test.....	11
5.4 Reference radiation	12
6 Radiation detection requirements	12
6.1 General.....	12
6.2 Energy response.....	12
6.2.1 General	12
6.2.2 Gamma detectors	12
6.2.3 Neutron detectors	13
6.3 Response time.....	13
6.3.1 Requirements	13
6.3.2 Method of test.....	13
6.4 Alarm threshold of detection	13
6.4.1 Requirements	13
6.4.2 Method of test.....	14
6.5 Variation of response with angle of incidence.....	14
6.5.1 Requirements	14
6.5.2 Method of test.....	14

6.6	Overload characteristics	14
6.6.1	Requirements	14
6.6.2	Method of test.....	14
7	Environmental requirements	14
7.1	Temperature tests without source or injected electrical signal.....	14
7.1.1	Requirements	14
7.1.2	Method of test.....	14
7.2	Environmental test with source or injected electrical signal	15
7.2.1	Requirements	15
7.2.2	Method of test.....	15
8	Mechanical requirements	15
9	Electromagnetic requirements	15
10	Documentation	15
	Bibliography.....	17
	Table 1 – Reference and standard test conditions.....	11
	Table 2 – Summary of performance requirements	16

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60860:2014

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
WARNING EQUIPMENT FOR CRITICALITY ACCIDENTS**

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 60860 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 1987. It constitutes a technical revision.

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

- reference to IEC 61508 concerning the safety classification;
- introducing requirement for the alarm sound level (90 dBA and 115 dBA at a distance of 1 m from the alarm source);
- energy response requirement changes from (–35 %, +35 %) to (–35 %, +50 %);
- time period of 1 min is specified for the overload requirement (1 kGy·h^{–1} during a period of at least 1 min);
- updated EMC, mechanical and environmental requirements according to IEC 62706.

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

FDIS	Report on voting
45B/791/FDIS	45B/794/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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60860:2014

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – WARNING EQUIPMENT FOR CRITICALITY ACCIDENTS

1 Scope and object

This International Standard applies to equipment intended to provide warning of a criticality accident by the detection of gamma radiation, neutrons or both from such an event.

This standard is primarily intended to apply to equipment design and, therefore, does not address the need for placement of such equipment. The need for criticality alarm systems and the utilisation procedures are described in ISO 7753 and ISO 11320.

The primary purpose of the criticality alarm system is to detect radiation from criticality accidents and warn personnel. Suitable alarms shall be provided so that personnel present in the area involved and in adjacent effected areas (often the complete facility) can be warned in the event of a criticality accident occurring. These alarms are intended to activate an evacuation alarm to reduce the probability of serious exposure to personnel.

Such systems may also have secondary functions, such as providing a follow-up measurement of the radiation level during the accident. The systems should only be used for these secondary functions, provided that the secondary functions have no adverse effect on the criticality alarms and their essential characteristics (for example, reliability) described in this standard.

The object of this standard is to prescribe general, radiation detection, environmental, mechanical, electromagnetic and documentation requirements and to specify acceptance criteria for criticality accident warning equipment.

This standard is not applicable to photon or neutron dose equivalent (rate) meters or monitors covered by IEC 60532, IEC 60846 (all parts), IEC 61017 (all parts), and IEC 61005. This standard is not applicable either to equipment or assemblies used in control and safety systems of nuclear reactors.

2 Normative references

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

IEC 60050 (all parts): *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

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

IEC 62706, *Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements*

ISO 7753:1987, *Nuclear energy – Performance and testing requirements for criticality detection and alarm systems*

International Bureau of Weights and Measures: *The International System of Units, 8th edition, 2006*

3 Terms and definitions, quantities and units

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC 60050-395 apply.

3.1.1

acceptance test

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

3.1.2

alarm

method for notification of a criticality accident

3.1.3

alarm set point

minimum radiation dose and/or dose rate that will activate the alarm

3.1.4

conventional quantity value (dose)

quantity value attributed by agreement to a quantity for a given purpose

Note 1 to entry: The term "conventional true quantity value" is sometimes used for this concept, but its use is discouraged.

Note 2 to entry: Sometimes a conventional quantity value is an estimate of a true quantity value.

Note 3 to entry: A conventional quantity value is generally accepted as being associated with a suitably small measurement uncertainty, which might be zero.

Note 4 to entry: In this standard the quantity is the dose.

[SOURCE: VIM:2007, 2.12]

3.1.5

criticality accident

release of energy as a result of an accidentally produced self-sustained or divergent neutron chain reaction

3.1.6

criticality alarm system

all parts of the assembly, subassemblies, functional units and components that together make a workable system, including all circuitry, alarms, connections, cables, detectors, and auxiliary subassemblies. The criticality alarm system comprises at least the following subassemblies:

- detection subassembly, including associated electronics;
- warning subassembly including the logic unit and alarm unit

3.1.7

false alarm

activation of the alarm signal in the absence of a criticality accident

3.1.8

type test

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

3.2 Quantities and units

In the present standard, units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-395. The corresponding old units (non-SI) are indicated in brackets.

Nevertheless, the following units may also be used:

- for energy: electron-volt (symbol: eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- for time: hour (symbol: h) or minute (symbol: min).

4 General requirements

4.1 General characteristics

Criticality alarm systems are designed for the automatic and prompt detection of gamma radiation or neutrons from a criticality accident and to actuate immediate evacuation and warning alarms. The primary functions of the criticality alarm system shall be to:

- detect a criticality accident as soon as it occurs within the monitoring zone of the detector(s);
- actuate an alarm with minimal delay;
- achieve a high degree of reliability required by its safety classification and low probability of false alarm;
- fail safe by design and reveal failures (single failure shall be indicated but shall not disable the system and result in a potential non-detection of a criticality accident);
- be secured against unauthorised adjustment.

Secondary functions of the criticality alarm system should be established by agreement between the manufacturer and user. A recommended secondary function should include the ability to measure radiation levels during and following a criticality accident.

It shall be possible to test the response and performance of the criticality alarm system without causing personnel evacuation.

4.2 Detection criterion

The following detection criterion definition described in ISO 7753 is used. Criticality alarm systems shall be designed to detect promptly the minimum accident of concern. For this purpose, in typical unshielded process areas, the minimum accident may be assumed to deliver an equivalent absorbed neutron and gamma dose in free air of 0,2 Gy at a distance of 2 m from the reacting material within 60 s. Very slowly increasing excursions, while unlikely to occur, may not attain this value. Furthermore, excursions in unmoderated systems will probably occur much more rapidly.

In the design of radiation detectors, it may be assumed that the minimum duration of the radiation transient is 1 ms FWHM (Full Width Half Maximum). The criticality alarm system shall be designed so that instrument response and latched alarm occur as a result of transients of such duration.

4.3 Safety classification

The equipment covered in this standard may be installed in facilities such as nuclear fuel storages and processing sites.

¹ International Bureau of Weights and Measures: The International System of Units, 8th edition, 2006.

The basic safety standard IEC 61508 applies. The SIL (Safety Integrity Level) specification for equipment shall be SIL1 as a minimum. The requirement for higher SIL specification (SIL2-4) shall be agreed between manufacturer and purchaser. Compliance with IEC 61513 will facilitate consistency with the requirements of IEC 61508 as they have been interpreted for the nuclear industry.

4.4 False alarms

Particular consideration shall be given, during the design of the criticality alarm system, to minimize false alarms.

A redundant system, requiring response from at least two detector channels out of three (2003) is one of the methods used in minimising false alarms. If a redundant system is used, alarm or failure of any single channel shall not activate the alarm or render the criticality alarm system inoperative. A warning signal of a detected malfunction shall be provided in this case and the system shall continue to operate as a one out of two (1002) redundant system using the remaining healthy channels.

The maintenance requirements shall be kept to the minimum practicable and the equipment shall be designed to facilitate maintenance without causing false alarms.

4.5 Failure of components

For all criticality alarm systems, it is recommended that a failure modes and effects analysis (FMEA) in accordance with IEC 60812 is carried out to identify any potential failure modes, their causes and the effects on system performance. This will assist in the development of the design, and identify areas requiring modification or design improvement for mitigation against failure modes.

Failure of components which would directly affect the detection and warning capability of the criticality alarm system shall be designed to fail safe and reveal failures by visual and/or audible indication.

A revealed failure shall result in corrective action being immediately taken to return the system to full operational state. To avoid loss of confidence and disruption of work, warnings of instrument failure should be distinguishable, whenever possible, from warnings due to genuine radiological hazards.

4.6 Ease of decontamination

The assemblies shall be designed in such a manner as to facilitate decontamination.

4.7 Multiple function systems

If the system is to be used for secondary functions in addition to criticality accident detection, it shall be designed in such a manner as not to compromise its primary purpose of criticality accident detection and warning.

4.8 Interconnection cables and connectors

4.8.1 Interconnecting cables

The criticality alarm system shall include a device for self-verification to determine complete operability with its installed interconnecting cables. These cables shall be protected from spurious signals which could activate the warning subassembly or render the assembly inoperative.

4.8.2 Connectors

Cable connectors shall be mechanically secured.

4.9 Reliability

All assemblies shall be designed to the standard of reliability defined by the specified SIL (Safety Integrity Level), i.e. the Probability of Failure on Demand (PFD). The manufacturer shall specify the period between proof tests, when operational in the facility which is required to meet the specified SIL(PFD). The manufacturer shall specify the periods between the necessary maintenance operations, and provide full maintenance procedures. The maintenance requirements shall be kept to the minimum practicable.

4.10 Functional testing

It is recommended that individual subassemblies and units are capable of being functionally tested without being removed from the criticality alarm system.

4.11 Interchangeability

It is recommended that all subassemblies and units of similar function such as detectors, readout and display units, and power supplies be of modular construction enabling easy replacement of these items.

4.12 Detection subassembly

A detection subassembly refers to the equipment by which the radiation from a criticality accident is detected, and may consist of more than one radiation detector and auxiliary circuits. A detection subassembly shall:

- have suitable response to gamma radiation, neutrons or both produced by a criticality accident (see Clause 6);
- not be inhibited by gamma and/or neutron overload dose (see overload characteristics, 6.6).

4.13 Logic unit for signal treatment

This unit processes the information originating from the detection assemblies concerning gamma and/or neutron radiation. Failure of any one detector or any one component of the logic unit shall not result in the failure of the criticality alarm system.

A means shall be provided to check the proper functioning of each detector channel at any time without compromising the criticality alarm system or causing an evacuation.

4.14 Alarm signals unit

4.14.1 Alarm signals

Audible alarm signals shall be of distinctive tone, the acceptable level shall be established between the manufacturer and user, and shall give a clear warning above background noise. The sound level shall be between 90 dBA and 115 dBA at a distance of 1 m from the alarm source. The audible and visual alarms shall be continuous until manually reset. Manual activation means may also be provided, but with limited access. Manual reset should be external to the area to be evacuated. Automatic reset after a pre-defined period could be possible if this does not decrease the reliability of the system.

In areas with high background noise or required hearing protection, visual alarm signals or other alarm means should be considered in addition to those stated above.

4.14.2 Alarm set point

The alarm set point of the detection system should be adjustable. The setting controls shall be protected against unauthorized adjustment.

5 General test procedure

5.1 Nature of tests

Unless otherwise specified, all tests enumerated in this standard are to be considered type tests. Certain tests may be considered acceptance tests by agreement between the manufacturer and user.

5.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference and standard test conditions are given in Table 1. Reference conditions are those conditions to which the performance of the assembly is referred, whereas 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 1.

Table 1 – Reference and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by manufacturer)
Reference radiation sources	^{60}Co and ^{252}Cf	^{60}Co and ^{252}Cf
Warm-up time	To be specified by manufacturer	To be specified by manufacturer
Relative humidity	65 %	55 % to 75 %
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa
Power supply voltage	Nominal power supply voltage U_n	Nominal power supply $U_n \pm 5\%$
Power supply frequency (AC)	Nominal frequency	Nominal frequency -6% to $+10\%$.
Power supply waveform (AC)	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by manufacturer	Direction given $\pm 10^\circ$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than 0,5 times the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to the earth's magnetic field
Orientation of assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 10^\circ$
Assembly control devices	Set for normal operation	Set for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
Background noise level	Less than 60 dBA	Less than 60 dBA

5.3 Point of test

The point of test is the location at which the reference position of the detection subassembly is placed and at which the value of the appropriate quantity (for example, radiation dose equivalent rate) is known. To calibrate the detection subassembly, it shall be placed with its reference position at the point of test. Every effort shall be made to reduce the scatter

radiation at the point of test in the absence of the detection subassembly to less than 10 % of the desired dose rate at that point. Where this is not practicable, the appropriate correction shall be applied.

The manufacturer shall mark on (or state for) the detection subassembly the reference position that should correspond to the effective centre of the detector and give the direction for calibration.

5.4 Reference radiation

Reference radiation shall be provided by ^{60}Co and ^{252}Cf sources, unless the manufacturer and user agree upon the use of other sources (e.g., ^{137}Cs). ^{60}Co is preferred for gamma radiation source instead of ^{137}Cs since its energy is closer to the gamma energy radiated during a criticality accident.

6 Radiation detection requirements

6.1 General

The radiation detection requirements of the detector are determined to enable the user to install the criticality alarm system in compliance with the detection criterion in 4.2. Because of the wide variety of radiation detectors used in criticality alarm systems, only the general principles of testing can be given.

6.2 Energy response

6.2.1 General

The energy response of the detectors shall be such that the system will respond to any event of concern by the detection of radiation of a specified type.

6.2.2 Gamma detectors

6.2.2.1 Requirements

The measured dose over the energy range from at least 0,1 MeV to 3 MeV shall be within an interval (–35 %, +50 %) about the conventional dose.

6.2.2.2 Method of test

The energy response of the detector shall be determined using X or gamma reference radiations as given in ISO 4037.

At least three reference radiations shall be used:

- one shall be at, or below, 100 keV,
- one between 100 keV and 1 MeV,
- and one above 1 MeV.

Where appropriate, additional test equipment may be used to determine the response of the detector (for example, picoammeter for an ionising chamber). Expose the detector subassembly to known dose rates from the radiations used and note the indications provided by the detector. The energy response of the detector shall comply with the above requirements.

6.2.3 Neutron detectors

6.2.3.1 Requirements

Since widely differing types of neutron detectors (scintillators, ionisation chambers, self powered activation detectors in moderators and junction diodes) with different energy response characteristics may be used in criticality alarm systems, it is only possible to give general guidelines on their use.

The response of all neutron detectors shall be determined using the reference radiation (^{252}Cf fission neutrons or other appropriate source). In addition for those detectors to be installed in a moderated neutron radiation field the response of the detectors shall be determined for such fields.

The energy response of the detector may be measured using ISO standard neutron reference radiations (mono energetic radiations produced by an accelerator). The response of the detector to the moderated neutron field may then be assessed using published data on the neutron leakage spectrum for critical assemblies. Alternatively, the detector response may be directly determined by exposure in a moderated neutron field simulated by a critical assembly or reactor of known dose rate.

6.2.3.2 Method of test

The energy response of the detectors shall be determined using a ^{252}Cf neutron radiation source or other appropriate source (accelerator or reactor) with energy close to the energy radiated during a criticality accident. The energy response to other reference neutron radiations should be also determined.

The appropriate neutron energies as well as the criteria for acceptability should be specified upon agreement between manufacturer and user. In this case, expose the detection subassembly to known dose rates and note the indications provided by the detector. The energy response of the detector shall comply with the criteria for acceptability.

6.3 Response time

6.3.1 Requirements

The system shall be designed to produce the criticality alarm signal within 0,3 s after the detection of criticality event.

6.3.2 Method of test

Expose the equipment to an appropriate criticality excursion. The alarm signal shall be produced within 0,3 s.

6.4 Alarm threshold of detection

6.4.1 Requirements

The equipment shall respond to the direct gamma radiation, neutrons, or a combination of these radiations emitted during a criticality accident and shall meet the alarm threshold of detection specified by the purchaser. The alarm threshold of detection shall be such that when the equipment is installed, it will detect the equivalent of an absorbed neutron and gamma dose in free air of 0,2 Gy at a distance of 2 m from the reacting material within 60 s (see 4.2).

6.4.2 Method of test

The alarm threshold of detection, being the minimum dose to trigger the alarm, should be determined using an appropriate pulsed source of the test radiation. Tests should be made with a range of radiation pulses of duration of about 1 ms to 3 s.

6.5 Variation of response with angle of incidence

6.5.1 Requirements

The angular dependent response of the detection subassembly shall be determined.

6.5.2 Method of test

With a reference radiation source having a suitable activity and positioned at a given distance, the detection subassembly shall be rotated in steps of 30° as specified below in a) and b) and the response to the test radiation shall be recorded. The activity and the distance shall be specified by the manufacturer. The distance shall exceed ten times the maximum dimension of the detection subassembly.

- a) Detection subassembly rotated around a horizontal axis passing through the subassembly and orthogonal to the axis through the subassembly and the source.
- b) Detection subassembly rotated around a vertical axis passing through the subassembly.

Where appropriate, additional test equipment can be used to determine the response of the detector. The results should be presented in the form of a polar chart.

6.6 Overload characteristics

6.6.1 Requirements

For radiation doses or dose rates greater than those required to initiate the alarm, the warning subassembly shall be activated and remain so until reset. After the test the equipment shall function normally. Detection subassembly shall be tested to a dose rate of at least 1 kGy·h⁻¹ during a period of at least 1 min.

6.6.2 Method of test

This test shall be performed using a reactor or other appropriate source of radiation. The detection subassembly is exposed to the above dose rate and the alarm signal shall continue until reset. After the test the equipment shall function normally.

7 Environmental requirements

7.1 Temperature tests without source or injected electrical signal

7.1.1 Requirements

No false alarm is allowed during the temperature changes specified in IEC 62706 from –10 °C to 40 °C.

7.1.2 Method of test

The detection equipment shall undergo the temperature tests specified in IEC 62706 for installed instrumentation from –10 °C to 40 °C. No false shall be allowed.

These tests shall be done prior to the radiation tests.

7.2 Environmental test with source or injected electrical signal

7.2.1 Requirements

The alarm set point shall not vary by more than $\pm 10\%$ due to the environmental changes specified in IEC 62706 from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

7.2.2 Method of test

The detection equipment should undergo the environmental tests specified in IEC 62706 for installed instrumentation from $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. An appropriate source or an electrical injected signal should be used in order to test that the alarm set point at the temperature extremities shall not vary by more than $\pm 10\%$ compared to the alarm set point at $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8 Mechanical requirements

The equipment shall undergo the mechanical tests specified in IEC 62706 for installed instrumentation. No false alarm, mechanical damage or loose components shall be allowed.

These tests will be done prior to the radiation tests.

9 Electromagnetic requirements

The equipment shall undergo the electromagnetic tests specified in IEC 62706 for installed instrumentation. No false alarm shall be allowed.

Then, an appropriate source or an injected electric signal shall be used in order to put the equipment in alarm conditions. The audible alarm shall be switched off and only the output signal shall be monitored. Undergo the radio frequency immunity test as specified in IEC 62706 for installed instrumentation and check if there is a substantial decrease of the output signal at some frequency. The equipment shall remain in alarm condition during the whole test.

These tests shall be done prior to the radiation tests.

10 Documentation

The manufacturers shall make available at the request of the user a report on the type tests carried out according to the requirements of this standard.

The following documentation shall accompany each assembly:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of assembly and serial number;
- date of manufacture;
- radiation detected;
- type of detector;
- system design description including facility interfaces;
- name of independent testing body and date of tests where applicable;
- results of the tests according to this standard carried out by an independent testing body;
- range of alarm set point.

An instruction manual containing at least the following information shall be supplied:

- installation details;
- a statement of the radiation environment in which all assemblies of the system will continue to operate;
- operational details and maintenance procedures.

Table 2 provides a summary of performance requirements.

Table 2 – Summary of performance requirements

Parameter	Performance requirement or specification	Relevant clause/sub clause
Safety classification	SIL1 as a minimum.	4.3
Alarm sound level	Between 90 dBA and 115 dBA at a distance of 1 m from the alarm source.	4.14.1
Gamma response	The measured dose over the energy range from 0,1 MeV to 3 MeV shall be within an interval (–35 %, +50 %) about the conventional dose.	6.2.2
Neutron response	The energy response shall be determined using a ²⁵² Cf neutron radiation source or other appropriate source (accelerator or reactor) with energy close to the energy radiated.	6.2.3
Response time	Criticality alarm signal within 0,3 s after the detection of criticality event.	6.3
Alarm threshold of detection	Equivalent absorbed neutron and gamma dose in free air of 0,2 Gy at a distance of 2 m from the reacting material within 60 s.	6.4
Variation of response with angle of incidence	The angular dependent response of the detection subassembly shall be determined.	6.5
Overload characteristics	Detection subassembly shall be tested to a dose rate of at least 1 000 Gy·h ^{–1} during a period of at least 1 min.	6.6
Environmental requirements	Without source or injected signal: no false alarm for temperature change from –10 °C to 40 °C and other environmental changes according to IEC 62706. With source or injected signal: the alarm set point shall not vary by more than ± 10 % due to the environmental changes specified in IEC 62706 from –10 °C to 40 °C. Current IEC 62706 environmental changes for this standard include: ambient temperature change (modified from –10 °C to 40 °C), relative humidity (93 % at 35 °C), low/high temperature start-up, IP degree of 51.	7
Mechanical requirements	No false alarm, mechanical damage or loose components during undergoing the mechanical tests specified in IEC 62706. Current IEC 62706 mechanical requirements this standard include: vibrations 0,5 g _n from 10 Hz to 150 Hz.	8
Electromagnetic requirements	No false alarm during the EMC tests according to IEC 62706. Using an appropriate source or an injected electric signal to be in alarm condition and undergo the radio frequency immunity test as specified in IEC 62706. The equipment shall remain in alarm. Current IEC 62706 EMC disturbances for this standard include: electrostatic discharge (6 kV in contact or 8 kV in air), radio frequency immunity (exposure to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 to 6 GHz at 10 V·m ^{–1}), radiated emissions, magnetic fields (100 A/m (1,3 gauss)), AC line powered equipment requirements, immunity from conducted RF and surges and ring waves.	9

Bibliography

IEC 60050-395, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation: Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

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

IEC 60812, *Analysis techniques for system reliability – Procedure for failure mode and effects analysis (FMEA)*

IEC 60846-1, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors*

IEC 60846-2, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 2: High range beta and photon dose and dose rate portable instruments for emergency radiation protection purposes*

IEC 61005, *Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent (rate) meters*

IEC 61017-1, *Portable, transportable or installed X or gamma radiation ratemeters for environmental monitoring – Part 1: Ratemeters*

IEC 61017-2, *Radiation protection instrumentation – Portable, transportable or installed equipment to measure X or gamma radiation for environmental monitoring – Part 2: Integrating assemblies*

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

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO 4037 (all parts), *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy*

ISO 11320:2011, *Nuclear criticality safety – Emergency preparedness and response*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	20
1 Domaine d'application et objet.....	22
2 Références normatives.....	22
3 Termes et définitions, grandeurs et unités.....	23
3.1 Termes et définitions.....	23
3.2 Grandeurs et unités.....	24
4 Exigences générales.....	24
4.1 Caractéristiques générales.....	24
4.2 Critère de détection.....	24
4.3 Classification de sécurité.....	25
4.4 Fausses alarmes.....	25
4.5 Défaillance des composants.....	25
4.6 Facilité de décontamination.....	25
4.7 Systèmes à fonctions multiples.....	26
4.8 Câbles de raccordement et connecteurs.....	26
4.8.1 Câbles de raccordement.....	26
4.8.2 Connecteurs.....	26
4.9 Fiabilité.....	26
4.10 Essais de fonctionnement.....	26
4.11 Interchangeabilité.....	26
4.12 Sous-ensemble de détection.....	26
4.13 Unité logique de traitement du signal.....	26
4.14 Unité de signaux d'alarme.....	27
4.14.1 Signaux d'alarme.....	27
4.14.2 Point de consigne de l'alarme.....	27
5 Procédure générale d'essai.....	27
5.1 Nature des essais.....	27
5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	27
5.3 Point d'essai.....	28
5.4 Rayonnement de référence.....	28
6 Exigences de détection de rayonnement.....	28
6.1 Généralités.....	28
6.2 Réponse en énergie.....	29
6.2.1 Généralités.....	29
6.2.2 Détecteurs de rayonnements gamma.....	29
6.2.3 Détecteurs de neutrons.....	29
6.3 Temps de réponse.....	30
6.3.1 Exigences.....	30
6.3.2 Méthode d'essai.....	30
6.4 Seuil d'alarme de détection.....	30
6.4.1 Exigences.....	30
6.4.2 Méthode d'essai.....	30
6.5 Variation de la réponse en fonction de l'angle d'incidence.....	30
6.5.1 Exigences.....	30
6.5.2 Méthode d'essai.....	30

6.6	Caractéristiques de surcharge	31
6.6.1	Exigences.....	31
6.6.2	Méthode d'essai	31
7	Exigences environnementales	31
7.1	Essais de température sans source ou signal électrique injecté	31
7.1.1	Exigences.....	31
7.1.2	Méthode d'essai	31
7.2	Essais environnementaux avec source ou signal électrique injecté	31
7.2.1	Exigences.....	31
7.2.2	Méthode d'essai	31
8	Exigences mécaniques	31
9	Exigences électromagnétiques	32
10	Documentation	32
	Bibliographie.....	34
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	27
	Tableau 2 – Synthèse des exigences de performances	33

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60860:2014

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
ÉQUIPEMENT DE SIGNALISATION DES ACCIDENTS DE CRITICITÉ****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60860 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1987. Elle constitue une révision technique.

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

- référence à l'IEC 61508 pour la classification relative à la sécurité;
- introduction d'une exigence pour le niveau sonore d'alarme (90 dBA et 115 dBA à une distance de 1 m de la source d'alarme);
- l'exigence de réponse en énergie passe de (–35 %, +35 %) à (–35 %, +50 %);
- un laps de temps de 1 min est spécifié pour l'exigence de surcharge (1 kGy·h^{–1} pendant une durée d'au moins 1 min);

- mise à jour des exigences CEM, mécaniques et environnementales conformément à l'IEC 62706.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/791/FDIS	45B/794/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/IEC, 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 l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60860:2014

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉQUIPEMENT DE SIGNALISATION DES ACCIDENTS DE CRITICITÉ

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique à l'équipement destiné à la signalisation d'un accident de criticité par la détection des rayonnements gamma, de neutrons ou d'une combinaison de ces deux rayonnements émis au cours d'un tel événement.

La présente norme s'applique principalement à la conception de l'équipement et ne traite donc pas de la nécessité d'installer de tels matériels. Les besoins concernant les systèmes d'alarme de criticité et les procédures d'utilisation de ces systèmes sont décrits dans l'ISO 7753 et dans l'ISO 11320.

Les systèmes d'alarme de criticité ont pour principal objet de détecter les rayonnements émis au cours des accidents de criticité et d'alerter le personnel. Des alarmes appropriées doivent être prévues afin de pouvoir prévenir le personnel présent dans la zone concernée et dans les zones adjacentes affectées (souvent l'installation dans son ensemble) lorsqu'un accident de criticité se produit. Ces alarmes sont destinées à déclencher un signal d'alarme d'évacuation afin de limiter la probabilité d'une exposition grave du personnel.

Ces systèmes peuvent aussi avoir des fonctions secondaires, telles que la réalisation d'un mesurage de contrôle du niveau de rayonnement pendant l'accident. Il convient de n'utiliser les systèmes que pour les fonctions secondaires concernées, à condition qu'elles n'aient pas d'effet préjudiciable sur les alarmes de criticité et sur leurs caractéristiques essentielles (la fiabilité par exemple) décrites dans la présente norme.

La présente norme a pour objet de spécifier des exigences générales, de détection de rayonnements, environnementales, mécaniques, électromécaniques et de documentation ainsi que de spécifier les critères d'acceptation pour l'équipement de signalisation des accidents de criticité.

La présente norme n'est pas applicable aux moniteurs ni aux appareils de mesure (de débit) d'équivalent de dose de photons ou neutrons qui sont couverts par l'IEC 60532, l'IEC 60846 (toutes les parties), l'IEC 61017 (toutes les parties), et l'IEC 61005. La présente Norme n'est pas applicable aux instruments ou ensembles utilisés dans les systèmes de commande et de sécurité des réacteurs nucléaires.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à <http://www.electropedia.org>)

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

IEC 62706, *Instrumentation pour la radioprotection – Exigences de performances environnementales, électromagnétiques et mécaniques*

ISO 7753:1987, *Énergie nucléaire – Prescriptions relatives aux caractéristiques techniques et aux méthodes d'essai des systèmes de détection et d'alarme de criticité*

Bureau International des Poids et Mesures: *Système International d'Unités, 8ème édition, 2006*

3 Termes et définitions, grandeurs et unités

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux donnés dans l'IEC 60050-395, s'appliquent.

3.1.1

essai d'acceptation

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines spécifications

3.1.2

alarme

méthode de signalisation qu'un accident de criticité vient de se produire

3.1.3

point de consigne de l'alarme

valeur minimale de la dose de rayonnement et/ou du débit de dose qui déclenche l'alarme

3.1.4

valeur conventionnelle d'une grandeur (dose)

valeur attribuée à une grandeur par un accord pour un usage donné

Note 1 à l'article: Le terme «valeur conventionnellement vraie» est quelquefois utilisé pour ce concept, mais son utilisation est déconseillée.

Note 2 à l'article: Une valeur conventionnelle est quelquefois une estimation d'une valeur vraie.

Note 3 à l'article: Une valeur conventionnelle est généralement considérée comme associée à une incertitude de mesure convenablement petite, qui peut être nulle.

Note 4 à l'article: Dans la présente norme, la grandeur est la dose.

[SOURCE: VIM:2007, 2.12]

3.1.5

accident de criticité

libération fortuite d'énergie survenant à la suite d'une réaction neutronique en chaîne accidentelle, auto-entretenue ou divergente

3.1.6

système d'alarme de criticité

toutes les parties de l'ensemble, les sous-ensembles, les unités et les éléments fonctionnels constituant un système opérationnel, comprenant tous les circuits, dispositifs d'alarme, branchements, câbles, détecteurs et sous-ensembles auxiliaires. Le système d'alarme de criticité comprend au minimum les sous-ensembles suivants:

- le sous-ensemble de détection comprenant les dispositifs électroniques associés;
- le sous-ensemble de signalisation comprenant l'unité logique et l'unité d'alarme

3.1.7

fausse alarme

déclenchement du signal d'alarme en absence d'accident de criticité

3.1.8

essai de type

essai de conformité effectué sur un ou plusieurs articles représentatifs de la production

3.2 Grandeurs et unités

Les unités du Système International (SI) sont utilisées dans la présente norme¹. Les définitions des grandeurs relatives aux rayonnements sont données dans l'IEC 60050-395. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre parenthèses.

On peut néanmoins également utiliser les unités suivantes:

- pour l'énergie: électron-volt (symbole: eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- pour le temps: heure (symbole: h) ou minute (symbole: min).

4 Exigences générales

4.1 Caractéristiques générales

Les systèmes d'alarme de criticité sont conçus pour la détection rapide et automatique des rayonnements gamma ou des neutrons émis au cours d'un accident de criticité et pour le déclenchement des alarmes d'évacuation immédiate et des alarmes de signalisation. Les fonctions primaires du système d'alarme de criticité doivent consister à:

- détecter un accident de criticité dès qu'il survient dans la zone de surveillance du ou des détecteurs;
- déclencher une alarme dans les plus brefs délais;
- présenter un niveau élevé de fiabilité requis par sa classification de sécurité et une faible probabilité de fausse alarme;
- maintenir le système conforme aux normes de sécurité en cas de défaillance et détecter des défaillances (toute défaillance doit être indiquée mais ne doit pas désactiver le système ni donner lieu à une non-détection éventuelle d'un accident de criticité);
- protéger le système contre tout réglage non autorisé.

Il convient que les fonctions secondaires d'un système d'alarme de criticité soient établies par convention entre le fabricant et l'utilisateur. Il convient qu'une fonction secondaire recommandée comprenne la capacité à mesurer les niveaux de rayonnement pendant et après un accident de criticité.

Il doit être possible de vérifier par des essais la réponse et les performances du système d'alarme de criticité sans provoquer l'évacuation du personnel.

4.2 Critère de détection

La définition suivante du critère de détection décrit dans l'ISO 7753 est utilisée. Les systèmes d'alarme de criticité doivent être conçus pour détecter et répondre promptement à l'accident minimal envisageable. A cette fin, dans les zones où les dispositifs n'ont pas d'écran, on peut supposer que l'accident minimal produise un équivalent de dose absorbée de neutrons et de rayons gamma dans l'air libre de 0,2 Gy à une distance de 2 m de la source de rayonnements en l'espace de 60 s. Des excursions à temps de montée très lent, qui cependant ont peu de chance de se produire, peuvent ne pas parvenir à cette valeur. Par ailleurs, les excursions dans les systèmes qui n'ont pas de modérateur peuvent se produire de façon beaucoup plus rapide.

¹ Bureau International des Poids et Mesures: Système International d'Unités, 8^{ème} édition, 2006.

Lors de la conception des détecteurs de rayonnement, on peut supposer que la durée minimale du transitoire de rayonnement est de 1 ms FWHM (Full Width Half Maximum – largeur à mi-hauteur). Le système d'alarme de criticité doit être conçu de sorte que la réponse de l'instrument et l'enclenchement de l'alarme se produisent à la suite de transitoires de cette durée.

4.3 Classification de sécurité

L'équipement couvert par la présente norme peuvent être montés dans des installations telles que les unités de stockage et les sites de traitement de combustibles nucléaires.

La norme fondamentale de sécurité IEC 61508 s'applique. La spécification de niveau d'intégrité de sécurité, SIL, du matériel doit être de type SIL1 au minimum. L'exigence relative à une spécification SIL supérieure (SIL2-4) doit être convenue entre le fabricant et l'acheteur. La conformité à l'IEC 61513 facilite la cohérence avec les exigences de l'IEC 61508 telles qu'elles ont été interprétées pour l'industrie nucléaire.

4.4 Fausses alarmes

Une attention particulière doit être portée au cours de la conception du système d'alarme de criticité à la réduction des fausses alarmes.

L'une des méthodes utilisées pour limiter les fausses alarmes consiste à disposer d'un système redondant nécessitant la réponse d'au moins deux chaînes de détecteurs sur trois (2003). Si un système redondant est utilisé, l'alarme ou une défaillance survenant dans une des chaînes ne doit pas activer l'alarme ou rendre le système d'alarme de criticité inopérant. Une signalisation d'un dysfonctionnement détecté doit être prévue dans ce cas et le système doit continuer à fonctionner comme un système redondant un sur deux (1002) en utilisant les chaînes non défectueuses restantes.

Les exigences de maintenance doivent être réduites au minimum acceptable et l'équipement doit être conçu pour faciliter la maintenance sans provoquer de fausses alarmes.

4.5 Défaillance des composants

Pour tous les systèmes d'alarme de criticité, il est recommandé de réaliser une analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE) conformément à l'IEC 60812 afin d'identifier les modes de défaillances potentielles, leurs causes et leurs effets sur les performances du système. Cette analyse aide à l'élaboration de la conception et permet d'identifier les domaines nécessitant une modification ou une amélioration de la conception pour pallier les modes de défaillance.

Toute défaillance de composants susceptible d'affecter directement la détection et la signalisation du système d'alarme de criticité doit être considérée en termes de sécurité intrinsèque et détection de défaillance et doit se traduire par une indication visuelle et/ou sonore.

Une défaillance détectée doit donner lieu à la prise immédiate de mesures correctives pour remettre le système en état complet de fonctionnement. Pour éviter toute perte de confiance et interruption du travail, il convient que les signalisations de défaillance de l'instrument soient dans toute la mesure du possible différentes de celles dues à de véritables dangers radiologiques.

4.6 Facilité de décontamination

Les ensembles doivent être conçus de manière à faciliter la décontamination.

4.7 Systèmes à fonctions multiples

Si le système est à utiliser pour des fonctions secondaires en plus de la détection des accidents de criticité, il doit être conçu de manière à ne pas compromettre son objectif principal de détection et de signalisation des accidents de criticité.

4.8 Câbles de raccordement et connecteurs

4.8.1 Câbles de raccordement

Le système d'alarme de criticité doit comprendre un dispositif d'autovérification pour s'assurer du bon fonctionnement avec ses câbles de raccordement en place. Ces câbles doivent être protégés contre les signaux parasites pouvant provoquer le déclenchement du sous-ensemble de signalisation ou rendre l'ensemble inopérant.

4.8.2 Connecteurs

Les connecteurs de câbles doivent être solidement fixés par des moyens mécaniques.

4.9 Fiabilité

Tous les ensembles doivent être conçus conformément à norme de fiabilité définie par le SIL spécifié, c'est-à-dire la probabilité de défaillance sur sollicitation (PFD – Probability of Failure on Demand). Le fabricant doit spécifier l'intervalle de temps entre les essais de sécurité, lorsqu'ils s'appliquent au dispositif devant satisfaire au SIL spécifié (PFD). Le fabricant doit spécifier les durées entre les opérations de maintenance nécessaires et fournir une description complète de chaque procédure de maintenance. Les exigences de maintenance doivent être réduites au minimum acceptable.

4.10 Essais de fonctionnement

Il est recommandé de pouvoir vérifier en fonctionnement chaque sous-ensemble et unité, sans les retirer du système d'alarme de criticité.

4.11 Interchangeabilité

Il est recommandé que tous les sous-ensembles et toutes les unités ayant une fonction similaire, tels que les détecteurs, les unités de lecture et d'affichage et les alimentations soient de construction modulaire afin de faciliter leur remplacement.

4.12 Sous-ensemble de détection

Un sous-ensemble de détection désigne l'équipement permettant de détecter les rayonnements émis lors d'un accident de criticité, il peut être constitué de plusieurs détecteurs de rayonnement et de circuits auxiliaires. Un sous-ensemble de détection:

- doit présenter une réponse convenable aux rayonnements gamma, neutroniques ou aux deux produits lors d'un accident de criticité (voir Article 6);
- ne doit pas être inhibé par des doses ou des débits de dose de rayonnements gamma et/ou neutroniques supérieurs à la surcharge (voir caractéristiques de surcharge, 6.6).

4.13 Unité logique de traitement du signal

Cette unité traite les informations relatives aux rayonnements gamma et/ou neutroniques fournies par les ensembles de détection. Une défaillance survenant dans l'un des détecteurs ou dans l'un quelconque des composants de l'unité logique ne doit pas conduire à la défaillance du système d'alarme de criticité.

Un dispositif doit être prévu pour vérifier à tout moment le bon fonctionnement de chaque chaîne de détection sans pour autant compromettre le système d'alarme de criticité ou provoquer une évacuation.

4.14 Unité de signaux d'alarme

4.14.1 Signaux d'alarme

Les signaux d'alarme sonore doivent avoir des tonalités particulières. Le niveau sonore acceptable doit être établi entre le fabricant et l'utilisateur. Les signaux doivent donner un avertissement de façon très claire au-dessus du niveau du bruit de fond sonore. Le niveau sonore doit être compris entre 90 dBA et 115 dBA à une distance de 1 m de la source de l'alarme sonore. Les alarmes sonores et visuelles doivent se maintenir sans interruption jusqu'à l'arrêt manuel. Une commande manuelle de déclenchement peut également être prévue, mais avec accès limité. Il convient que la commande manuelle de l'arrêt se trouve à l'extérieur de la zone à évacuer. Une commande d'arrêt automatique après une période prédéfinie pourrait être possible si cela ne diminue pas la fiabilité du système.

Dans les zones caractérisées par un niveau de bruit de fond sonore élevé ou nécessitant une protection auriculaire, il convient de prendre en compte les signaux d'alarme visuelle ou autres dispositifs d'alarme en plus de ceux indiqués ci-dessus.

4.14.2 Point de consigne de l'alarme

Il convient que le point de consigne de l'alarme du système de détection soit réglable. Les commandes de réglage ne doivent être accessibles qu'au personnel dûment autorisé.

5 Procédure générale d'essai

5.1 Nature des essais

Sauf spécification contraire, tous les essais énumérés dans la présente norme sont à considérer comme des essais de type. Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation après accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Le Tableau 1 indique les conditions de référence et les conditions normales d'essai. Les conditions de référence sont les conditions qui définissent les caractéristiques de fonctionnement de l'ensemble, tandis que les conditions normales d'essai indiquent les tolérances nécessaires lors des essais pratiques. Sauf spécification contraire, les essais mentionnés dans la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai indiquées dans la troisième colonne du Tableau 1.

Tableau 1 – 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)
Sources de rayonnement de référence	^{60}Co et ^{252}Cf	^{60}Co et ^{252}Cf
Temps de préchauffage	A préciser par le fabricant	A préciser par le fabricant
Humidité relative	65 %	55 % à 75 %
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86 kPa à 106 kPa
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation nominale U_n	Tension d'alimentation nominale $U_n \pm 5\%$

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Fréquence d'alimentation (courant alternatif)	Fréquence nominale	Fréquence nominale –6 % à +10 %.
Forme d'onde de l'alimentation (courant alternatif)	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion harmonique totale inférieure à 5 %
Angle d'incidence du rayonnement	Direction d'étalonnage donnée par le fabricant	Direction donnée $\pm 10^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à 0,5 fois la valeur la plus basse créant une interférence
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure au double de la valeur de l'induction du champ magnétique terrestre
Orientation de l'ensemble	A préciser par le fabricant	Orientation définie $\pm 10^\circ$
Dispositifs de commande de l'ensemble	Réglés pour un fonctionnement normal	Réglés pour un fonctionnement normal
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
Niveau du bruit de fond sonore	Inférieur à 60 dBA	Inférieur à 60 dBA

5.3 Point d'essai

Le point d'essai est l'emplacement où la position de référence du sous-ensemble de détection est placée et pour lequel on connaît la valeur de la grandeur appropriée (par exemple, le débit d'équivalent de dose de rayonnement). Pour étalonner le sous-ensemble de détection, on doit placer sa position de référence au point d'essai. On doit prendre toutes les précautions nécessaires pour réduire le rayonnement diffusé au point d'essai, en l'absence du sous-ensemble de détection, à une valeur inférieure à 10 % du débit de dose souhaité en ce point-là. Lorsque cette condition n'est pas réalisable en pratique, on doit procéder aux corrections qui s'imposent.

Le fabricant doit marquer sur (ou déclarer) le sous-ensemble de détection la position de référence recommandée pour correspondre au centre effectif du volume sensible du détecteur et préciser la direction de l'étalonnage.

5.4 Rayonnement de référence

Le rayonnement de référence doit être fourni par des sources de ^{60}Co et ^{252}Cf , à moins que le fabricant et l'utilisateur conviennent de l'utilisation d'autres sources (par exemple, ^{137}Cs). La source de ^{60}Co est préférable pour le rayonnement gamma au lieu de la source de ^{137}Cs dans la mesure où son énergie est plus proche de l'énergie gamma rayonnée lors d'un accident de criticité.

6 Exigences de détection de rayonnement

6.1 Généralités

Les exigences de détection de rayonnement du détecteur sont déterminées afin de permettre à l'utilisateur de réaliser une installation du système d'alarme de criticité qui soit conforme au critère de détection de 4.2. En raison de la grande variété des détecteurs de rayonnements utilisés dans les systèmes d'alarme de criticité, on ne peut donner que des principes généraux pour les essais.