

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments
for neutron detection of radioactive material**

**Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute
sensibilité pour la détection neutronique de matières radioactives**





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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 – Highly sensitive hand-held instruments
for neutron detection of radioactive material**

**Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute
sensibilité pour la détection neutronique de matières radioactives**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-004-8

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
3.1 General.....	8
3.2 Definitions	8
3.3 Quantities and units	9
4 General requirements	9
4.1 General characteristics.....	9
4.2 Physical configuration	10
4.3 Basic information.....	10
4.3.1 Documentation supplied	10
4.3.2 Radiation detector	10
4.3.3 Size	10
4.3.4 Weight.....	10
4.4 Operating modes	10
4.4.1 Monitor mode	10
4.4.2 Search mode	10
4.4.3 Integration mode	10
4.5 Maintenance/Calibration.....	11
4.6 Communication interface	11
4.7 User interface.....	11
4.8 Markings	11
4.8.1 General	11
4.8.2 Exterior markings	11
4.9 Power supply.....	12
4.9.1 Requirements	12
4.9.2 External DC or AC power.....	12
4.10 Protection of switches	12
4.11 Display units	12
4.12 Effective range of measurement	12
4.13 Alarms.....	13
4.13.1 Source indication alarm	13
4.13.2 Personal protection alarm.....	13
4.14 Explosive atmospheres	13
4.15 Indication features.....	13
5 General test procedure	13
5.1 Nature of test	13
5.2 Reference conditions and standard test conditions	13
5.3 Statistical fluctuations	13
6 Radiation tests	14
6.1 Rate of false source indication alarm.....	14
6.1.1 Requirements	14
6.1.2 Test method	14
6.2 Alarm and response time.....	14
6.2.1 Requirements	14

6.2.2	Test method	14
6.3	Neutron alarm in the presence of photons	15
6.3.1	Requirements	15
6.3.2	Test method	15
6.4	Over-range characteristics for neutron alarm	15
6.4.1	Requirements	15
6.4.2	Test method	15
6.5	Personal protection alarm	15
6.5.1	Requirements	15
6.5.2	Test method	15
6.6	Warm-up time	16
6.6.1	Requirements	16
6.6.2	Test method	16
7	Environmental, mechanical and electrical performance requirements	16
7.1	Temperature	16
7.1.1	Requirements	16
7.1.2	Test method	16
7.2	Humidity	17
7.2.1	Requirements	17
7.2.2	Test method	17
7.3	Cold temperature start-up	17
7.3.1	Requirements	17
7.3.2	Test method	17
7.4	Dust and moisture resistance	17
7.4.1	Requirements	17
7.4.2	Test method – Dust	18
7.4.3	Test method – Moisture	18
7.5	Mechanical	18
7.5.1	Drop	19
7.5.2	Vibration	19
7.6	Impact (Microphonics)	19
7.6.1	Requirements	19
7.6.2	Test method	19
7.7	Battery requirements	20
7.7.1	Requirements	20
7.7.2	Test method	20
7.8	Electrostatic discharge	20
7.8.1	Requirements	20
7.8.2	Test method	20
7.9	Radio Frequency (RF)	21
7.9.1	Requirements	21
7.9.2	Test method	21
7.10	Radiated emissions	21
7.10.1	Requirement	21
7.10.2	Test method	21
7.11	Conducted immunity	21
7.11.1	Requirements	21
7.11.2	Test method	21
7.12	Magnetic fields	22

7.12.1	Requirements	22
7.12.2	Test method	22
8	Documentation	22
8.1	General	22
8.2	Type test report	22
8.3	Certificate	22
8.4	Operation and maintenance manual	23
	Bibliography	25
	Table 1 – Reference conditions and standard test conditions	24
	Table 2 – Radiated RF emission limits	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – HIGHLY SENSITIVE HAND-HELD INSTRUMENTS FOR NEUTRON DETECTION OF RADIOACTIVE MATERIAL

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 62534 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/639/FDIS	45B/653/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.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – HIGHLY SENSITIVE HAND-HELD INSTRUMENTS FOR NEUTRON DETECTION OF RADIOACTIVE MATERIAL

1 Scope and object

This International Standard applies to hand-held instruments used for the detection and localization of neutron emitting radioactive material. These instruments are highly sensitive meaning that they are designed to detect slight variations in the range of usual background that may be caused by illicit trafficking or inadvertent movement of radioactive material. This high sensitivity allows scanning of larger volume items such as vehicles and containers. These instruments may also be used in fixed or temporally fixed unattended mode to monitor check points or critical areas. Instruments addressed by this standard will also provide a means to detect photon radiation for personal protection.

This standard does not apply to the performance of radiation protection instrumentation which is covered in IEC 61005 and in IEC 61526.

The object of this standard is to establish performance requirements, provide examples of acceptable test methods, and to specify general characteristics, general test conditions, radiation characteristics, electrical safety, and environmental characteristics, that are used to determine if an instrument meets the requirements of this standard.

The results of tests performed provide information to government agencies and other users on the capability of radiation detection instruments for reliably detecting neutron sources.

Obtaining operating performance that meets or exceeds the specifications as stated in this standard depends upon properly establishing appropriate operating parameters, maintaining calibration, implementing a suitable response testing and maintenance program, auditing compliance with quality requirements, and providing proper training for operating personnel.

2 Normative references

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

IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – 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 60529:2001, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

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

IEC 61005:2003, *Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent (rate) meters*

IEC 61526:2005, *Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ for X, gamma, neutron and beta radiations – Direct reading personal dose equivalent meters and monitors*

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

3 Terms and definitions

3.1 General

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

NOTE Radiation quantities and dosimetric terms are from IEC 60050-393 and IEC 60050-394.

3.2 Definitions

3.2.1

acceptance test

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

[IEV 151-16-23, modified]

[IEV 394-40-05, modified]

3.2.2

alarm

audible, visual, or other signal activated when the instrument reading exceeds a preset value or falls outside of a preset range

[IEV 393-18-03, modified]

3.2.3

background level

radiation field in which the instrument is intended to operate which includes background produced by naturally occurring radioactive material

3.2.4

conventionally true value

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

NOTE Conventionally true value of a quantity is sometimes called assigned value, best estimate of the value, conventional value or reference value.

[IEV 394-40-10]

3.2.5

false alarm

alarm not caused by an increase in radiation level over background conditions

3.2.6

functionality test

test performed to verify that alarms activate and that radiation detection is acceptable

3.2.7

influence quantity

quantity that may have a bearing on the result of a measurement without being the subject of the measurement

3.2.8**manufacturer**

includes the designer of the equipment

3.2.9**point of measurement**

place at which the conventionally true values are determined and at which the reference point of the instrument is placed for calibration or test purposes

3.2.10**purchaser**

includes the user of the equipment

3.2.11**radioactive material**

in this standard, radioactive material includes special nuclear material, unless otherwise specifically noted

3.2.12**reference point of an instrument**

mark on the equipment at which the instrument is positioned for the purpose of calibration and testing

NOTE The point from which the distance to the source is measured.

[IEV 394-40-15, modified]

3.2.13**type test**

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

[IEV 151-16-16]

[IEV 394-40-02]

3.3 Quantities and units

In the present standard, units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-393, IEC 60050-394.

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: years (y), days (d), hours (h), minutes (min).

Multiples and submultiples of SI units will be used, when practicable, according to the SI system.

4 General requirements**4.1 General characteristics**

Instruments addressed by this standard are used for the detection of neutron emitting radioactive material. These instruments are hand-held and battery-powered. They have a significantly higher detection capability than pocket-sized devices which allows them to be used to search around larger volume items such as vehicles and containers.

¹ The International System of Units, 8th edition, 2006.

4.2 Physical configuration

The instrument case design shall meet the requirements stated for IP code 53 (see IEC 60529).

Controls and adjustments that may affect the operation of the instrument including setting of alarms shall be designed so that access to them is limited to authorized persons.

Provisions shall be made to permit testing of visual and/or sound warning indicators without the use of radiation sources.

Alarm threshold values shall be calculated by the instrument automatically using background measurements and user definable alarm factors.

4.3 Basic information

4.3.1 Documentation supplied

The manufacturer shall provide instrument performance specifications and instructions for operation. See Clause 8 for details.

4.3.2 Radiation detector

Manufacturer provided information shall describe the radiation detector types used for neutron detection and the personal protection alarm (e.g., ^3He , GM). For gas-filled counter tubes the internal pressure shall be stated by the manufacturer.

The instrument's fluence response to bare and moderated ^{252}Cf shall be stated by the manufacturer.

4.3.3 Size

The dimensions of the instrument shall be specified by the manufacturer with maximum dimensions of 350 mm × 200 mm × 150 mm excluding the handle.

4.3.4 Weight

The weight or mass of the instrument shall be specified by the manufacturer and should be less than 5 kg.

4.4 Operating modes

4.4.1 Monitor mode

The instrument shall have the ability to monitor the area surrounding the instrument for changes in radiation levels that may be caused by a source passing through the area. This shall be done without actions by the user and shall work autonomously. The user shall have the ability to select whether the alarm will be silent or audible, and visual or not.

4.4.2 Search mode

The instrument shall have a search function that is activated by the user. The instrument shall provide an audible and visual indication when operated in search mode. Audible and visual indications shall be related to the magnitude of the radiation field (e.g., increasing frequency or pitch of beep tone with increasing radiation signal) for eyes-free searching and localization.

4.4.3 Integration mode

The instrument shall have the ability to integrate counts for an extended period of time. The start and end of the integration time shall be user activated with the accumulated counts

displayed as the measurement proceeds. An alarm shall be provided based on the accumulated counts. The integrated mode alarm method shall be described by the manufacturer.

4.5 Maintenance/Calibration

The instrument shall have an access-controlled, menu-driven mode that will allow personnel to check and perform adjustments as needed to calibrate the instrument as well as make adjustments to factors that can control the response of the instrument.

4.6 Communication interface

The instrument shall have the ability to transfer data to another device such as a personal computer. The manufacturer shall provide a full description of the transfer data format. "XML" format based on ANSI N42.42 is recommended.

4.7 User interface

The following are considered essential or desirable:

- a) the following shall be provided:
 - simple to use for non-expert users and user-friendly controls for routine operation,
 - neutron radiation alarms with visual and audible alarms,
 - display that provides a method to track radiation levels when operating in the "search" mode,
 - display that provides a real-time radiation level indication that can be viewed when operating in the "monitor" mode,
 - audible and/or visual indication that is related to the magnitude of the radiation field (e.g., increasing frequency or pitch of beep tone with increasing radiation signal) for eyes-free searching and localization,
 - readable display in all lighting conditions including darkness,
 - protection of the setting of all operational parameters, if available,
 - controls and switches that are designed in a way to minimize accidental operation,
 - diagnostic capabilities,
 - indication of battery status, and
 - the capability to operate if the user is wearing gloves.
- b) the following should be provided:
 - silent alarms for covert operation such as vibration alarm and/or earphone connection with an adjustable volume to cope with the large variations in human hearing sensitivity and noise level.

4.8 Markings

4.8.1 General

All external instrument controls, displays, and adjustments shall be identified as to function. Internal controls needed for operation shall be identified through markings and identification in technical manuals. External markings shall be easily readable and permanently fixed under normal conditions of use.

4.8.2 Exterior markings

The following markings shall appear on the exterior of the instrument or each major assembly (e.g., detector probe) as appropriate:

- manufacturer and model number,

- unique serial number,
- location of the reference point, and
- function designation for controls, switches, and adjustments that are not menu or software driven.

Markings shall be easily readable and permanently fixed under normal conditions of use (including use of normal decontamination procedures).

4.9 Power supply

4.9.1 Requirements

Instruments shall be equipped with a test circuit or other visible direct indicator of battery condition for each battery circuit.

The manufacturer shall state the expected continuous operating time using the recommended batteries and the conditions (functional and environmental) used to determine this time.

The instrument shall be fully operational for a minimum of 8 h after warm-up under standard test conditions. The low-battery indication shall be no lower than the minimum voltage required for proper operation.

If operated using consumable batteries, the batteries shall be widely available, not unique to the instrument, and be field replaceable (e.g., AA) with no special tools. Battery chargers shall meet appropriate electrical standards.

4.9.2 External DC or AC power

The instrument should be capable of operating from an external DC or AC source. Adequate protection from reverse polarity, over-voltage, and electrical noise shall be provided. AC or DC power sources may include:

- a) 12 V DC as would be obtained from a 12-volt vehicle electrical system.
- b) A portable battery pack, such as one that can be worn, that supplies 4 V DC to 28 V DC.
- c) A regulated 12 V DC power supply operating from mains power.
- d) A single phase 100 V AC to 240 V AC 50 Hz – 60 Hz power supply.

Requirements are verified by observation of the instrument and review of manufacturer-provided information.

4.10 Protection of switches

Switches and other controls should be protected to minimize or prevent inadvertent deactivation or improper operation of the instrument.

4.11 Display units

Neutron indication shall be in counts per second.

4.12 Effective range of measurement

The neutron energy range shall be from thermal to fast neutrons with tests performed using moderated and unmoderated ^{252}Cf .

The manufacturer shall also state the range for neutron count rate indication.

4.13 Alarms

4.13.1 Source indication alarm

A source indication alarm shall be provided when the measured neutron field (count rate) is above the source indication alarm threshold. This alarm threshold shall be calculated by the instrument from the background measurement by adding a user-defined count rate increment or number of standard deviations (depending on instrument operating mode). The alarm shall be both audible and visual, and not be affected by slowly increasing radiation fields that could cause a slow change in the alarm threshold. It shall not be possible to switch off all alarm indications at the same time.

4.13.2 Personal protection alarm

Alarms shall be provided to alert the user when the measured neutron field (counts per second) or the photon radiation field intensity are above a user-selected threshold level (typically $100 \mu\text{Sv.h}^{-1}$). Each alarm shall be audible and visual, be different from the neutron source indication alarm, and adjustable through the restricted mode. For the personal protection photon radiation alarm, the alarm value shall be based on ^{137}Cs . For neutron, the alarm value shall be based on the spectrum from ^{252}Cf .

The personal protection alarm shall be functional over the stated range of the instrument.

4.14 Explosive atmospheres

The manufacturer shall state as to whether the instrument is certified for use in explosive atmospheres and its category. Proof of certification shall be provided when claimed.

4.15 Indication features

The instrument shall provide an indication of its operational status and alarm condition. The user shall have the ability to select the visibility of the status indication.

All alarm indicators shall automatically or manually reset as defined by the user.

5 General test procedure

5.1 Nature of test

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

When performing radiation tests as described in this standard, the reference point of the instrument shall be placed at the point of measurement and the instrument shall be oriented with respect to the direction of the radiation source as indicated by the manufacturer.

5.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in Table 1. Except where otherwise specified, tests shall be carried out under the standard test conditions in accordance with Table 1. For those tests carried out under standard test conditions, the values of temperature, pressure, and relative humidity shall be stated and the appropriate corrections made to give the response under reference conditions. The values of any corrections should be stated.

5.3 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 precision to determine whether the requirements for the characteristic under test are met.

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

6 Radiation tests

6.1 Rate of false source indication alarm

6.1.1 Requirements

The false alarm rate for the source indication alarm shall be less than or equal to 1 per 1 h of continuous use when operated in a stable background environment.

6.1.2 Test method

The alarm threshold shall be the same as used in 6.2 and 6.3.

Place the instrument in an area with a stable and controlled background radiation level and switch on the instrument. Observe the instrument for a period of 8 h and note the number of alarms during that time interval. The average false alarm rate during this period shall not exceed 1 alarm in 1 h.

6.2 Alarm and response time

6.2.1 Requirements

The instrument shall indicate the presence of neutron radiation when exposed separately to both an unmoderated and moderated neutron field within a period of not more than 2 s of the exposure.

6.2.2 Test method

Neutron tests should be made in a low scatter irradiation facility (see ISO 8529-1:2001) or with the instrument placed in an area where there is open space on all sides of at least 1 m around the instrument and source. The alarm set point shall be set to the same value as that used for the false alarm test.

Expose the instrument to a neutron fluence of $0,1 \text{ n/s.cm}^2$ ($\pm 20 \%$) from a ^{252}Cf source. Photons from the source shall be shielded with 1 cm of lead. The source to instrument distance shall be between 1 m and 2 m based on direct flux.

NOTE This fluence is approximately equivalent to an unmoderated ^{252}Cf source emitting 20 000 n/s placed 125 cm from the instrument. The distance chosen represents a point source placed in the center of a cargo container (short dimension of approximately 2,48 m). This is also based on comparison with a neutron alarm caused on a typical portal monitor.

For the test, the neutron field shall be increased to the required level within a period of not more than 2 s. The instrument shall indicate the presence of neutrons within a period of 2 s after the field increase. Reduce the field and repeat the test 60 additional times. The test result is acceptable if presence is indicated in at least 59 of 61 exposures.

The test shall be repeated with a moderated neutron field obtained by placing the ^{252}Cf source at the centre of a 30 cm diameter D_2O moderation sphere, or equivalent moderator. The use of an equivalent moderator shall be recorded.

6.3 Neutron alarm in the presence of photons

6.3.1 Requirements

The instrument should not trigger a neutron alarm when exposed to a gamma ambient dose equivalent rate of up to $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$.

The instrument shall indicate the presence of neutron radiation when exposed to a neutron source while being exposed to the increased level of photon radiation.

6.3.2 Test method

The instrument shall be exposed to photons from ^{60}Co at an ambient dose equivalent rate of $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$. Verify that that no additional neutron alarms relative to the false alarm rate are triggered within a continuous exposure time of 5 min. In order to eliminate dependence on the neutron detector geometry the distance between the ^{60}Co source and the detector should be at least 50 cm.

While the instrument is exposed to the elevated gamma field as stated above, expose the instrument to the neutron source as specified in 6.2. The instrument shall trigger a neutron alarm in 10 of 10 trials.

6.4 Over-range characteristics for neutron alarm

6.4.1 Requirements

The instrument shall indicate that an over range condition exists when the neutron radiation level is greater than the manufacturer's stated maximum.

6.4.2 Test method

Expose the instrument to a step change from ambient radiation background to at least 10 times that of the manufacturer-stated maximum. The instrument shall indicate that an over range condition exists within 3 s of the step change and shall remain in that condition for the entire exposure period (minimum of 5 min). After a minimum of 5 min exposure, reduce the radiation field to the pre-test value. The instrument shall operate normally within 5 min.

6.5 Personal protection alarm

6.5.1 Requirements

The requirements stated in 4.13.2 shall be met.

6.5.2 Test method

Expose the instrument to a step change from the ambient radiation background to an ambient radiation level that is 30 % greater than the personal protection alarm threshold. The instrument shall provide an alert indicating that the measured radiation level is greater than the personal protection alarm. The alarm shall activate within 2 s of the step change in the radiation intensity.

The alarm shall be tested separately for both gamma and neutron radiation. For gamma, the alarm shall be tested separately using ^{137}Cs and ^{60}Co . For neutron, the alarm shall be tested using moderated and unmoderated ^{252}Cf .

6.6 Warm-up time

6.6.1 Requirements

The manufacturer shall state the time required for the instrument to become fully functional. The maximum time shall be less than 2 min.

6.6.2 Test method

Switch on the instrument following the manufacturer's guidance and verify that the unit functions properly by doing an alarm test after the warm up time stated by the manufacturer or within two minutes, whichever is shorter.

7 Environmental, mechanical and electrical performance requirements

7.1 Temperature

7.1.1 Requirements

Over a temperature range from $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, the instrument shall function correctly and alarm for an increase in neutron radiation over ambient background. As a result of the temperature change, the indication of the magnitude of the radiation field from a neutron source (^{252}Cf or $^{241}\text{Am-Be}$) shall not change by more than $\pm 15\%$.

There shall be no visible external damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

If the manufacturer has stated a wider operational temperature range, the instrument's ability to perform correctly over that range shall be tested.

7.1.2 Test method

Before starting each test the instrument shall be placed in an environment with a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a period of 30 min. The relative humidity of the environment should be less than 65 % to prevent condensation during testing.

Shock and ramp temperature tests shall be performed once to the high temperature extreme of $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and once to the low temperature extreme of $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ applying the following procedure:

a) Shock tests – Room temperature to high and low temperature extreme

The instrument shall be either directly placed in an environmental chamber that has equilibrated to the extreme temperature (high or low) or it shall be introduced in the chamber at $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ and then the temperature in the chamber shall be changed to the extreme level within 5 min. Reading changes as a function of time shall be recorded for a period of 60 min. At the end of this part of the test, the instrument shall be placed in the same manner at a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ for a period of 60 min and the reading of the instrument at the end of interval shall be recorded. The reading shall not change by more than $\pm 15\%$ after the initial 15 min following the change. The alarm function shall be verified at each extreme temperature.

b) Temperature ramp tests – Room temperature to high and low temperature extreme

The instrument shall be placed in a test chamber at a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. The temperature shall then be linearly changed to the extreme temperature (high or low) at a rate of approximately $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$. Reading changes occurring during this time period shall be recorded. The temperature of the test chamber shall be maintained at the extreme temperature level for 8 h and the reading of the instrument shall be recorded. The reading

shall not change by more than $\pm 15\%$. The alarm function shall be verified at each extreme temperature.

7.2 Humidity

7.2.1 Requirements

Over the range of relative humidity from 40 % to 93 % at 35 °C, the instrument shall function correctly and alarm to an increase in neutron radiation over the ambient background radiation level. As a result of the humidity, the indication of the magnitude of the radiation field from a neutron source shall not change by more than $\pm 15\%$.

There shall be no visible external damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

7.2.2 Test method

The instrument shall be placed in an environmental chamber at a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and relative humidity of approximately 65 % and allowed to stabilize for 30 min. Any reading changes occurring during this time period shall be recorded. The temperature and relative humidity shall then be linearly increased to +35 °C and 93 %, respectively, at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour. The relative humidity and temperature in the test chamber shall be maintained for 16 h and the reading of the instrument shall be recorded. The relative humidity shall then be reduced to 40 %, at the rate given above, while maintaining the temperature at +35 °C. Reading changes occurring during this time period shall be recorded. The reading of the instrument shall not change by more than $\pm 15\%$. The alarm function shall be verified at the +35 °C and 93 % set point.

7.3 Cold temperature start-up

7.3.1 Requirements

The instrument shall be able to operate when switched on at the cold temperature limit (-20 °C). The indication of the magnitude of the radiation field from a neutron source (^{252}Cf or $^{241}\text{Am-Be}$) shall not change by more than $\pm 15\%$.

7.3.2 Test method

The instrument shall be placed in a test chamber at a temperature of $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Switch on the instrument and after the manufacturer's stated warm up time, record the response obtained from a the neutron source, then switch off the instrument.

The temperature shall then be linearly changed to the cold temperature limit of -20 °C at a rate of approximately 10 °C.h^{-1} . Allow the temperature to stabilize for a minimum of 2 h.

Switch on the instrument, and after the manufacturer's stated warm-up time, re-expose the instrument to the same radiation field that was used prior to the test. Verify the alarm function of the instrument. The instrument shall function properly and the reading shall be within $\pm 15\%$ of the reading obtained prior to the test.

7.4 Dust and moisture resistance

7.4.1 Requirements

The instrument case design shall meet the requirements stated for IP code 53 (see IEC 60529), which means that the instrument shall be protected from the ingress of dust and spraying water. For IP53, the ingress of dust is not totally prevented, but dust shall not penetrate in a quantity to interfere with satisfactory operation of the instrument or to impair safety, and water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects.

Following the dust and moisture tests, the instrument shall function correctly and alarm for an increase of the neutron radiation level over the alarm threshold. The indication of the magnitude of the radiation field from a neutron source (^{252}Cf or $^{241}\text{Am-Be}$) shall not change by more than $\pm 15\%$. There shall be no visible damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

Instruments that are specified to be resistant to salt water spray shall exhibit this same performance after being subjected to a salt water spray.

7.4.2 Test method – Dust

The test shall be made using a dust chamber (IEC 60529, category 2) where the powder circulation pump may be replaced by other means suitable to maintain the talcum powder in suspension in a closed test chamber. The amount of powder to be used should be 2 kg/m^3 of the test chamber volume. The powder shall not have been used for more than 20 tests.

The instrument shall then be exposed to the dust environment for a period of 1 h. After exposure, the reading of the instrument shall not change by more than $\pm 15\%$ from the pre-exposure values.

Following exposure, the alarm function shall be verified followed by an inspection to determine the extent of dust ingress. Particular attention shall be made to the battery compartment and any other easily accessed portions of the instrument. The protection is satisfactory if, on inspection, powder has not accumulated in a quantity or location such that, as with any other kind of dust, it could interfere with the correct operation of the instrument or impair safety.

7.4.3 Test method – Moisture

The test shall be made using a suitable nozzle (see IEC 60529, spray nozzle) with the water pressure adjusted to give a flow rate of $10\text{ l.min}^{-1} \pm 5\%$, which should be kept constant during the test. The water temperature should not differ by more than 5°C from the temperature of the instrument under test. The test duration is 5 min.

The instrument shall be exposed to the water spray. The spray nozzle should be located approximately 2 m from the instrument. The instrument shall be positioned such that the nozzle is directly pointed at the display. During the exposure, the orientation shall be changed by $+60^\circ$ and -60° in two orthogonal planes. The reading of the instrument shall not change by more than $\pm 15\%$ from the pre-exposure values.

Following exposure, the alarm function shall be verified followed by an inspection of the instrument including the battery compartment to ensure that moisture did not penetrate into the instrument.

For instruments that are designed for use in salt water spray environments, this test shall be conducted using salt water with a specific mass of approximately $1\,025\text{ kg.m}^{-3}$ at $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

7.5 Mechanical

The requirements in Clause 4 regarding size, mass, case construction, reference point marking and switch protection can be verified by inspection of the instrument. The following tests are intended to determine the effect of mechanical handling of the instrument on its response.

7.5.1 Drop

7.5.1.1 Requirements

The instrument shall function properly after being dropped from a height of 0,3 m onto a hardwood surface and from a height of 1 m in its shipping case.

7.5.1.2 Test method

The instrument shall be dropped from a height of 0,3 m onto a hardwood surface on each of its surfaces. The response of the instrument after the drops shall not change by more than $\pm 15\%$ from the original reading before all drops. The instrument shall then be exposed to a neutron field to verify alarm functionality. There shall be no visible external damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

The drop test shall be repeated from a height of 1 m with the instrument in its shipping case.

7.5.2 Vibration

7.5.2.1 Requirements

The instrument shall withstand exposure to vibrations associated with the operation of handheld or hand-carried equipment. The physical condition and functionality of the instrument shall not be affected by the vibration exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

7.5.2.2 Test method

Conduct a visual inspection and verify that the instrument is functioning properly. Subject the instrument to a random vibration at $0,01 \text{ g}^2\text{Hz}^{-1}$ (spectral density) using 5 Hz and 500 Hz for the frequency endpoints for a period of 1 h in each of three orthogonal orientations. After each 1 h vibration interval, perform a functionality test including alarm activation.

After the test, inspect the instrument for mechanical damage and loose components. If internal inspection is not possible, check for loose components by gently shaking the instrument.

The instrument's response shall be unaffected (remain within $\pm 15\%$ of the pre-test values) after the vibration test.

7.6 Impact (Microphonics)

7.6.1 Requirements

The instrument's response shall be unaffected by microphonic conditions such as those that may occur from low intensity impacts from sharp contact with hard surfaces. The indication of the magnitude of the radiation field shall not change by more than $\pm 15\%$.

7.6.2 Test method

Prior to the test, perform a functionality test.

Using an appropriate test device (e.g., spring hammer), expose the instrument case to 3 impacts at an intensity of 0,2 J. The test shall be performed on each side of the instrument case while observing the response. The instrument's response shall remain within $\pm 15\%$ of the pre-test values.

After the test, inspect the instrument for mechanical damage and loose components. If internal inspection is not possible, check for loose components by gently shaking the instrument.

7.7 Battery requirements

7.7.1 Requirements

- a) The instrument should operate on standard rechargeable and/or non-rechargeable batteries.
- b) With new or fully charged batteries of the type recommended by the manufacturer, the battery life shall be at least 8 h under no alarm conditions.
- c) Under continuous alarm conditions, the battery lifetime should be greater than 30 min.
- d) A low battery indicator shall be provided to inform the user that the batteries need to be replaced or recharged. The instrument shall be fully operational until the low battery indication is activated.

7.7.2 Test method

Requirement a) shall be verified through review of the technical manual and direct observation of the batteries.

To verify requirement b), ensure that the batteries are fully charged and after allowing the instrument to warm up, expose the instrument to neutron radiation and note the reading. Leave the instrument on and after a period of 8 h repeat the measurement. The average reading from the second exposure shall be within $\pm 15\%$ of the initial average reading.

To verify requirement c), ensure that the batteries are fully charged and after allowing the instrument to warm up, expose the instrument to a neutron radiation field that activates the alarm. The alarm shall remain functional for a minimum of 30 min exposure in this field.

To verify requirement d), replace the batteries with a DC power supply and appropriate series resistor to simulate a battery near the end of its life. Reduce the applied voltage to the level that activates the low-battery indication. Increase the voltage until the low-battery indicator just turns off. Verify that the instrument operates by exposing the instrument to the same neutron field as used for the verification of requirement b). The average reading at the test voltage shall be within $\pm 15\%$ of the average reading at full voltage and that the alarms function as required.

7.8 Electrostatic discharge

7.8.1 Requirements

The instrument shall function properly during and after exposure to contact discharges at intensities of up to 6 kV. The indication of the magnitude of the radiation field shall not change by more than $\pm 15\%$.

7.8.2 Test method

The "contact discharge" technique shall be used. Discharge points shall be selected based on user accessibility (see IEC 61000-4-2). There shall be ten discharges per discharge point with a one-second-recovery time between each discharge. The maximum intensity of each discharge is 6 kV. An alarm can occur at the time of discharge.

The instrument shall then be exposed to a neutron radiation field to verify that the instrument functions normally, including alarm activation. There shall be no visible external damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

7.9 Radio Frequency (RF)

7.9.1 Requirements

The instrument should not be affected when exposed to RF fields from 80 MHz to 1 000 MHz and from 1,4 GHz to 2,5 GHz at 10 V.m^{-1} . The indication of the magnitude of the radiation field shall not change by more than $\pm 15 \%$. No alarms or other response or functional changes shall occur due to the RF exposure alone.

7.9.2 Test method

Place the instrument in an RF controlled environment and expose it in only one orientation to an RF field of 20 V.m^{-1} over a frequency range from 80 MHz to 1 000 MHz and from 1,4 GHz to 2,5 GHz measured without an instrument present in the irradiation area. The test should be performed using an automated sweep at a frequency change rate not greater 1 % of the fundamental (previous) frequency for the first range and 0,1 GHz for the second range. Dwell time should be chosen based on the instrument's response time, but should not be less than 3 s. If susceptibilities are observed, the test shall be repeated over the frequencies showing susceptibility at 10 V.m^{-1} in three orthogonal orientations. No alarms or other response or functional changes shall occur due to the RF exposure alone.

The instrument shall then be exposed to a neutron source while being exposed to the RF scan. The reading of the instrument shall not change by more than $\pm 15 \%$. The same guidance stated previously shall be followed if susceptibilities are observed at 20 V.m^{-1} .

There shall be no visible external damage to the instrument, and all control functions shall be verified to be operating correctly.

7.10 Radiated emissions

7.10.1 Requirement

RF emissions from an instrument shall be less than that which can interfere with other equipment located in the area of use. RF emissions when measured at 3 m shall be less than those shown in Table 2.

7.10.2 Test method

Place the instrument in a shielded room or chamber, as appropriate. Place an antenna 3 m from the assembly. With the instrument off, collect a background spectrum using a bandwidth of 50 kHz.

Switch the instrument on and perform a RF scan. RF emissions shall be less than the limits shown in Table 2 throughout the test.

7.11 Conducted immunity

7.11.1 Requirements

The instrument should not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument through an external conducting cable. The indication of the magnitude of the radiation field shall not change by more than $\pm 15 \%$.

Instruments that do not have at least one external conducting cable are excluded.

7.11.2 Test method

Without the addition of radiation test sources, expose the instrument to a conducted RF field over the frequency range from 150 kHz to 80 MHz at an intensity of 140 dB (μV) 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave.

The test should be performed using an automated sweep at a frequency change rate not greater 1 % of the fundamental (previous) frequency. Dwell time should be chosen based on the instrument's response time, but should not be less than 3 s.

The results are acceptable if no alarms, spurious indications, or reproducible changes in response occur that exceed ± 15 % of the initial indicated value.

7.12 Magnetic fields

7.12.1 Requirements

The instrument shall be fully functional when exposed to a 1 mT (10 gauss) DC magnetic field. The indication of the magnitude of the radiation field shall not change by more than ± 15 %.

7.12.2 Test method

Expose the instrument to a 1 mT DC magnetic field. The exposure shall be done in two orientations (0° and 90°) relative to the field lines. The mean reading of the instrument shall not change by more than ± 15 %. No alarms or other response or functional changes shall occur due to the magnetic field alone.

The instrument shall then be exposed to a neutron source while being exposed to the magnetic field. The mean reading of the instrument shall not change by more than ± 15 %.

8 Documentation

8.1 General

This section specifies the requirements for documentation.

8.2 Type test report

The manufacturer shall provide a report covering the type tests performed in accordance with the requirements of this standard.

8.3 Certificate

The manufacturer shall provide a certificate or other documentation containing at least the following information:

- Contacts for the manufacturer including name, address, telephone number, fax number, and email address
- Type of instrument (model number, serial number, and software version), detector and types of radiation the instrument is designed to measure, range of count rates the instrument is designed to indicate
- Reference point and reference orientation for radiation sources used for calibration
- Location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors
- Warm-up time
- Response of the instrument to moderated and unmoderated ^{252}Cf
- Results of tests for accuracy, linearity and lower limit of detection
- Mass and dimensions of the instrument
- Power supply (battery) requirements
- Results of radiation tests
- Results of tests under environmental conditions

- Results of electrical and mechanical tests
- Certification of compliance with explosive atmosphere requirements, if applicable
- Declaration of conformity with respect to this standard

8.4 Operation and maintenance manual

Each instrument shall be supplied with operating instructions, maintenance, and technical documentation.

The manufacturer shall supply an operational and maintenance manual containing at least the following information for the user:

- Operating instructions and restrictions
- Orientation for use
- Spare parts list and special tool list (if required)
- Maintenance instructions and restrictions
- Troubleshooting guide

Table 1 – 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 Reference neutron radiation source	^{137}Cs and ^{60}Co ^{252}Cf (D_2O moderated and unmoderated) ^{a)}	^{137}Cs and ^{60}Co ^{252}Cf (D_2O moderated and unmoderated) ^{a)} $^{241}\text{Am-Be}$ may be used for tests where changes in relative response are measured.
Warm-up time	1 min	≤ 1 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ^{b)}
Background ambient dose equivalent rate – photon	0,1 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$	≤ 0,2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
Background ambient neutron fluence	~0,015 $\text{s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$	0,015 $\text{s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ (± 50 %)
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^{a)}
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa ^{a)}
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
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radionuclides	Negligible	Negligible
^{a)} The neutron source is encapsulated in 1 cm steel and 0,5 cm lead. ^{b)} The values in the table are intended for tests performed in temperate climates. In other climates, the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at higher altitudes.		

Table 2 – Radiated RF emission limits

Emission frequency range MHz	Field strength $\mu\text{V/m}$
30–88	100
88–216	150
216–960	200
Above 960	500

Bibliography

- IEC 60068-2-18:2000, *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 60068-2-75:1997, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Eh: Hammer tests*
- IEC 60086-1:2006, *Primary batteries – Part 1: General*
- IEC 60721-3-7:2002, *Classification of environmental conditions – Part 3-7: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Portable and non-stationary use*
- IEC 61000-4-1:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-1: Testing and measurement techniques – Overview of IEC 61000-4 series*
- IEC 61000-4-3:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
- IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*
- IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measuring techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*
- IEC 61000-4-8:2009, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*
- IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*
- IEC 62022:2004, *Installed monitors for the control and detection of gamma radiations contained in recyclable or non-recyclable materials transported by vehicles*
- IEC 62244:2006, *Radiation protection instrumentation – Installed radiation monitors for the detection of radioactive and special nuclear materials at national borders*
- IEC 62327:2006, *Radiation protection instrumentation – Hand-held instruments for the detection and identification of radionuclides and for the indication of ambient dose equivalent rate from photon radiation*
- IEC 62401:2007, *Radiation protection instrumentation – Alarming personal radiation devices for detection of illicit trafficking of radioactive material*
- 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 8529-2:2000, *Reference neutron radiations – Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field*

International Atomic Energy Agency (IAEA) RS-G-1.9, "Categorization of Radioactive Sources"

IAEA, Nuclear Security Series No.1 "Technical and Functional Specifications for Border Monitoring Equipment" Reference Manual, IAEA Vienna 2006.

International Bureau of Weights and Measures: The international System of Units (SI), Eighth edition, 2006

ANSI N42.42-2006, *American National Standard Data Format Standard for Radiation Detectors Used for Homeland Security*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	31
1 Domaine d'application et objet.....	33
2 Références normatives.....	33
3 Termes et définitions.....	34
3.1 Généralités.....	34
3.2 Définitions.....	34
3.3 Grandeurs et unités.....	35
4 Exigences générales.....	36
4.1 Caractéristiques générales.....	36
4.2 Configuration physique.....	36
4.3 Information de base.....	36
4.3.1 Documentation fournie.....	36
4.3.2 Détecteur de rayonnement.....	36
4.3.3 Dimensions.....	36
4.3.4 Poids.....	36
4.4 Modes de fonctionnement.....	37
4.4.1 Mode "Moniteur".....	37
4.4.2 Mode "Recherche".....	37
4.4.3 Mode "Intégration".....	37
4.5 Maintenance/Etalonnage.....	37
4.6 Interface de communication.....	37
4.7 Interface utilisateur.....	37
4.8 Marquage.....	38
4.8.1 Généralités.....	38
4.8.2 Marquages externes.....	38
4.9 Alimentation électrique.....	38
4.9.1 Exigences.....	38
4.9.2 Alimentations externes cc ou ca.....	39
4.10 Protection des commutateurs.....	39
4.11 Unités d'affichage.....	39
4.12 Etendue effective de mesure.....	39
4.13 Alarmes.....	39
4.13.1 Alarme d'indication de source.....	39
4.13.2 Alarme de protection personnelle.....	39
4.14 Atmosphères explosives.....	40
4.15 Caractéristiques des indications.....	40
5 Procédure générale d'essai.....	40
5.1 Nature de l'essai.....	40
5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	40
5.3 Fluctuations statistiques.....	40
6 Essais d'irradiation.....	40
6.1 Taux de fausses alarmes de l'indication de source.....	40
6.1.1 Exigences.....	40
6.1.2 Méthode d'essai.....	41
6.2 Alarme et temps de réponse.....	41
6.2.1 Exigences.....	41

6.2.2	Méthode d'essai	41
6.3	Alarme neutronique en présence de photons	41
6.3.1	Exigences.....	41
6.3.2	Méthode d'essai	41
6.4	Caractéristiques de dépassement pour l'alarme neutronique	42
6.4.1	Exigences.....	42
6.4.2	Méthode d'essai	42
6.5	Alarme de protection personnelle	42
6.5.1	Exigences.....	42
6.5.2	Méthode d'essai	42
6.6	Temps de chauffage.....	42
6.6.1	Exigences.....	42
6.6.2	Méthode d'essai	42
7	Exigences d'aptitudes environnementales, mécaniques et électriques	43
7.1	Température.....	43
7.1.1	Exigences.....	43
7.1.2	Méthode d'essai	43
7.2	Humidité.....	43
7.2.1	Exigences.....	43
7.2.2	Méthode d'essai	44
7.3	Démarrage à basse température	44
7.3.1	Exigences.....	44
7.3.2	Méthode d'essai	44
7.4	Résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau	44
7.4.1	Exigences.....	44
7.4.2	Méthode d'essai – Poussières	45
7.4.3	Méthode d'essai – Humidité.....	45
7.5	Mécaniques.....	45
7.5.1	Essai de chute.....	46
7.5.2	Vibrations	46
7.6	Impact (essai microphonique).....	46
7.6.1	Exigences.....	46
7.6.2	Méthode d'essai	46
7.7	Exigences relatives aux batteries	47
7.7.1	Exigences.....	47
7.7.2	Méthode d'essai	47
7.8	Décharges électrostatiques	47
7.8.1	Exigences.....	47
7.8.2	Méthode d'essai	47
7.9	Radiofréquences (RF)	48
7.9.1	Exigences.....	48
7.9.2	Méthode d'essai	48
7.10	Emissions rayonnées	48
7.10.1	Exigences.....	48
7.10.2	Méthode d'essai	48
7.11	Immunité aux rayonnements conduits.....	49
7.11.1	Exigences.....	49
7.11.2	Méthode d'essai	49
7.12	Champs magnétiques.....	49

7.12.1	Exigences.....	49
7.12.2	Méthode d'essai	49
8	Documentation	49
8.1	Généralités.....	49
8.2	Rapport d'essais de type	49
8.3	Certificat	49
8.4	Manuel d'utilisation et de maintenance	50
	Bibliographie.....	52
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	51
	Tableau 2 – Limites des émissions RF.....	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS PORTABLES DE HAUTE SENSIBILITÉ POUR LA DÉTECTION NEUTRONIQUE DE MATIÈRES RADIOACTIVES

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 62534 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/639/FDIS	45B/653/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. A cette date, la publication sera

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

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS PORTABLES DE HAUTE SENSIBILITÉ POUR LA DÉTECTION NEUTRONIQUE DE MATIÈRES RADIOACTIVES

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux instruments portables utilisés pour la détection et la localisation des substances radioactives émettant des neutrons. Ces instruments sont à haute sensibilité, ce qui signifie qu'ils sont conçus pour détecter de faibles variations dans le domaine de l'environnement habituel, lesquelles peuvent avoir pour origine le transport illicite ou des mouvements fortuits de substances radioactives. Cette haute sensibilité permet le balayage d'objets de grand volume, tels que des véhicules et des conteneurs. Ces instruments peuvent être également utilisés en mode fixe ou temporairement fixe à fonctionnement autonome, pour surveiller des points de contrôle ou des zones critiques. Les instruments qui font l'objet de la présente Norme seront aussi un moyen de détection des rayonnements photoniques pour la protection individuelle des personnes.

La présente Norme ne s'applique pas aux performances de l'instrumentation de radio protection, qui sont couvertes par les normes CEI 61005 et CEI 61526.

L'objet de la présente Norme est d'établir des exigences d'aptitude à la fonction, de fournir des exemples de méthodes d'essai acceptables et de spécifier des caractéristiques générales, des conditions générales d'essai, des caractéristiques de rayonnement, des caractéristiques de sécurité électriques et environnementales, qui sont utilisées pour déterminer si un instrument est conforme aux exigences de la présente Norme.

Les résultats des essais réalisés informent les agences gouvernementales et les autres utilisateurs sur la capacité des instruments de détection de rayonnement à détecter de façon fiable des sources de neutrons.

L'obtention de performances opérationnelles répondant ou dépassant les spécifications établies dans la présente Norme dépend de l'établissement correct des paramètres opérationnels appropriés, d'un étalonnage entretenu, de la mise en œuvre de programmes d'essais et de maintenance adéquats, de l'audit de conformité aux exigences de qualité et de l'allocation d'une formation correcte aux opérateurs.

2 Références normatives

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

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – 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 60529:2001, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

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

CEI 61005:2003, *Instrumentation pour la radioprotection – Appareils de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)*

CEI 61526:2005, *Instrumentation pour la radioprotection – Mesure des équivalents de dose individuels $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta – Appareils de mesure à lecture directe et moniteurs de l'équivalent de dose individuel*

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

3 Termes et définitions

3.1 Généralités

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

NOTE Les grandeurs de rayonnement et les termes dosimétriques sont ceux de la CEI 60050-393 et de la CEI 60050-394.

3.2 Définitions

3.2.1

essai de réception

essai contractuel destiné à prouver au client que l'appareil remplit certaines conditions de ses spécifications

[VEI 151-16-23, modifiée]

[VEI 394-40-05, modifiée]

3.2.2

alarme

signal sonore, visuel ou autre, activé quand la lecture de l'instrument excède une valeur préétablie ou tombe hors d'une étendue prédéfinie

[VEI 393-18-03, modifiée]

3.2.3

niveau de bruit de fond

champ de rayonnement dans lequel l'instrument est destiné à fonctionner et qui inclut le bruit de fond produit par la présence naturelle de matière radioactive

3.2.4

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

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

NOTE La valeur conventionnellement vraie d'une grandeur est quelquefois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, valeur convenue ou valeur de référence.

[VEI 394-40-10]

3.2.5

fausse alarme

alarme non provoquée par une augmentation du niveau de rayonnement au dessus des conditions de bruit de fond

3.2.6**essai fonctionnel**

essai réalisé pour vérifier que les alarmes fonctionnent et que la détection de rayonnement est acceptable

3.2.7**grandeur d'influence**

grandeur qui peut avoir un effet sur le résultat d'une mesure alors qu'elle n'est pas l'objet de la mesure

3.2.8**constructeur**

inclut le concepteur de l'équipement

3.2.9**point de mesure**

point où sont définies les valeurs conventionnellement vraies et où le point de référence de l'instrument est placé pour les étalonnages ou essais

3.2.10**client**

inclut l'utilisateur de l'équipement

3.2.11**matière/substance radioactive**

dans la présente Norme, les matières (ou substances) radioactives incluent les matières nucléaires spéciales, sauf indication contraire

3.2.12**point de référence d'un instrument**

repère physique d'un équipement sur lequel l'instrument est positionné pour les besoins d'étalonnage ou d'essai

NOTE Le point à partir duquel la distance à la source est mesurée.

[VEI 394-40-15]

3.2.13**essai de type**

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

[VEI 151-16-16]

[VEI 394-40-02]

3.3 Grandeurs et unités

Les unités du Système International (SI) sont utilisées dans cette Norme internationale¹. Les définitions des grandeurs relatives aux rayonnements sont données dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394.

Les unités suivantes peuvent également être utilisées:

- pour l'énergie: électron-volt (eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- pour le temps: années (y), jours (d), heures (h), minutes (min).

¹ Le Système International des unités (SI), 8^e édition, 2006.

On utilisera les multiples et sous-multiples des unités SI, en fonction de la commodité d'emploi dans le cadre du système SI.

4 Exigences générales

4.1 Caractéristiques générales

Les instruments dont traite la présente Norme sont utilisés pour la détection des substances radioactives émettant des neutrons. Ces instruments sont portés en main et alimentés par batterie. Ils possèdent une capacité de détection significativement plus élevée que les dispositifs de poche, leur permettant d'être utilisés pour des recherches autour d'objets de grand volume tels que des véhicules et des conteneurs.

4.2 Configuration physique

La conception du boîtier de l'instrument doit être conforme aux exigences établies pour un degré IP 53 (voir la CEI 60529).

Les commandes et les réglages pouvant affecter le fonctionnement de l'instrument, y compris le réglage des alarmes, doivent être conçus de sorte que leur accès soit restreint aux personnes autorisées.

Des dispositions doivent être prises pour permettre l'essai des indicateurs d'avertissement visuels et/ou sonores sans avoir à utiliser des sources de rayonnement.

Les valeurs des seuils d'alarme doivent être calculées automatiquement par l'instrument en utilisant les mesures du bruit de fond et les facteurs d'alarme définissables par l'utilisateur.

4.3 Information de base

4.3.1 Documentation fournie

Le constructeur doit fournir les spécifications d'aptitude à la fonction de l'instrument, ainsi que des instructions pour son fonctionnement. Pour plus de détails, voir l'Article 8.

4.3.2 Détecteur de rayonnement

Les informations fournies par le constructeur doivent décrire les types de détecteur de rayonnement utilisés pour la détection des neutrons et l'alarme pour la protection des personnes (par exemple, ^3He , GM). Pour les tubes des compteurs remplis de gaz, la pression interne doit être établie par le constructeur.

La réponse à la fluence de l'instrument à ^{252}Cf non-modéré et modéré doit être établie par le constructeur.

4.3.3 Dimensions

Les dimensions de l'instrument doivent être spécifiées par le constructeur et elles ne doivent pas dépasser 350 mm × 200 mm × 150 mm, les poignées étant exclues.

4.3.4 Poids

Le poids (ou la masse) de l'instrument doit être spécifié par le constructeur et il convient qu'il soit inférieur à 5 kg.

4.4 Modes de fonctionnement

4.4.1 Mode "Moniteur"

L'instrument doit avoir la capacité à surveiller l'aire l'entourant quant aux variations de niveaux de rayonnement qui peuvent être provoquées par une source passant dans cette aire. Ceci doit être réalisé sans aucune intervention de l'utilisateur et doit fonctionner automatiquement. L'utilisateur doit avoir la possibilité de sélectionner le mode d'alarme, de manière qu'elle soit silencieuse ou sonore, et visuelle ou non.

4.4.2 Mode "Recherche"

L'instrument doit posséder une fonction "recherche" qui est activée par l'utilisateur. L'instrument doit fournir une indication sonore et visuelle lorsqu'il fonctionne en mode "recherche". Les indications sonores et visuelles doivent être fonction de l'intensité du champ de rayonnement (par exemple, accroissement de la fréquence, ou du rythme des bips lorsque le signal du rayonnement augmente) pour libérer la vue et permettre ainsi la recherche et la localisation.

4.4.3 Mode "Intégration"

L'instrument doit avoir la capacité à intégrer les comptages sur une durée étendue. Le début et la fin de la période d'intégration doivent être activés par l'utilisateur, les coups accumulés étant affichés pendant que la mesure est effectuée. Une alarme, basée sur les comptages accumulés, doit être fournie. La méthode d'alarme du mode "Intégration" doit être décrite par le constructeur.

4.5 Maintenance/Etalonnage

L'instrument doit posséder un accès aux commandes, sous la forme de menus, permettant au personnel de contrôler et d'effectuer les réglages nécessaires pour étalonner l'instrument, ainsi que pour régler les facteurs qui peuvent commander la réponse de l'instrument.

4.6 Interface de communication

L'instrument doit posséder la capacité de transférer des données vers un autre dispositif, tel qu'un ordinateur personnel. Le constructeur doit fournir une description complète du format de transfert des données. Le format "XML", basé sur l'ANSI N42.42, est recommandé.

4.7 Interface utilisateur

Les points suivants sont considérés comme étant essentiels ou souhaitables:

a) L'instrument doit être doté des caractéristiques suivantes:

- simplicité d'utilisation pour des utilisateurs non spécialistes et commandes intuitives pour les fonctionnements usuels,
- alarmes de rayonnement neutronique avec signal visuel et sonore,
- affichage fournissant une méthode pour rechercher les niveaux de rayonnement lors du fonctionnement en mode "Recherche",
- affichage fournissant une information en temps réel sur le niveau de rayonnement, pouvant être visualisée en mode "Moniteur",
- signal visuel et/ou sonore qui est fonction de l'intensité du champ de rayonnement (par exemple, accroissement de la fréquence, ou du rythme des bips lorsque le signal du rayonnement augmente) pour libérer l'utilisateur de l'observation de l'affichage et permettre ainsi la recherche et la localisation,
- affichage lisible dans toutes les conditions d'éclairage, y compris dans l'obscurité,
- protection des réglages de tous les paramètres fonctionnels, si disponibles,

- commandes et commutateurs conçus de sorte à minimiser les fonctionnements accidentels,
- capacités de diagnostics,
- indication de l'état des batteries, et
- l'aptitude à fonctionner lorsque l'utilisateur porte des gants.

b) Il convient que l'instrument soit doté des caractéristiques suivantes:

- alarmes silencieuses pour les fonctionnements muets, telle qu'une alarme par vibration et/ou une connexion à un écouteur avec volume réglable, afin de suppléer à la grande diversité de sensibilité de l'oreille humaine et au niveau de bruit ambiant.

4.8 Marquage

4.8.1 Généralités

Toutes les commandes externes, affichages et réglages doivent être identifiés par leur fonction. Les commandes internes dont l'accès est nécessaire au fonctionnement doivent être identifiées par leur marquage et dans le manuel technique. Les marquages externes doivent être aisément lisibles et permanents dans les conditions normales d'utilisation.

4.8.2 Marquages externes

Les marquages suivants doivent paraître à l'extérieur de l'instrument ou de chaque partie principale (exemple, sonde de détection), le cas échéant:

- constructeur et numéro de modèle,
- numéro unique de série,
- emplacement du point de référence, et
- désignation des fonctions pour les commandes, les commutateurs et les réglages qui n'appartiennent pas à des menus ou qui ne sont pas pilotés par logiciel.

Les marquages externes doivent être aisément lisibles et permanents dans les conditions normales d'utilisation (y compris après application des procédures normales de décontamination).

4.9 Alimentation électrique

4.9.1 Exigences

L'instrument doit être équipé d'un circuit de contrôle ou de toute autre indication de l'état des batteries pour chaque circuit de batterie.

Le constructeur doit établir la durée de fonctionnement en continu prévue avec les batteries recommandées et les conditions (fonctionnelles et environnementales) considérées pour cette durée.

L'instrument doit être complètement opérationnel pendant au moins 8 h, après le temps de chauffage et dans les conditions normales d'essai. L'indication d'état de charge faible des batteries ne doit pas être inférieure à la tension minimale requise pour le fonctionnement correct.

Lorsque des piles sont utilisées, celles-ci doivent pouvoir être approvisionnées sans difficultés, non spécifiques à l'instrument et remplaçables en exploitation (par exemple du type AA) sans aucun outil spécial. Les chargeurs de batterie doivent être conformes aux normes électriques applicables.

4.9.2 Alimentations externes cc ou ca

Il convient que l'instrument soit capable de fonctionner avec une source électrique externe en courant continu (cc) ou en courant alternatif (ca). Une protection adaptée contre l'inversion de polarité, les surtensions et le bruit électrique doit être fournie. Les sources cc ou ca peuvent être entre autres:

- 12 V courant continu tel qu'obtenu à partir du système électrique 12 V d'un véhicule.
- Une batterie portable, telle que celles qui peuvent être portées en sacoche, fournissant 4 V courant continu à 28 V courant continu.
- Une alimentation régulée 12 V courant continu fonctionnant à partir du réseau.
- Une alimentation électrique monophasée 100 V courant alternatif à 240 V courant alternatif 50 Hz – 60 Hz.

La conformité aux exigences peut être vérifiée par l'observation de l'instrument et par la revue des informations fournies par le constructeur.

4.10 Protection des commutateurs

Il convient que les commutateurs et autres commandes soient protégés, afin de réduire ou d'empêcher les désactivations intempestives ou le fonctionnement incontrôlé de l'instrument.

4.11 Unités d'affichage

L'indication de la présence de neutrons doit être en coups par seconde.

4.12 Etendue effective de mesure

L'étendue de l'énergie des neutrons doit aller des neutrons thermiques aux neutrons rapides, les essais étant effectués avec ^{252}Cf modéré et non modéré.

Le constructeur doit aussi établir l'étendue de l'indication pour le taux de comptage des neutrons.

4.13 Alarmes

4.13.1 Alarme d'indication de source

Une alarme d'indication de source doit être fournie lorsque le champ de neutrons mesuré (taux de comptage) est supérieur au seuil d'alarme d'indication de source. Ce seuil d'alarme doit être calculé par l'instrument à partir de la mesure du bruit de fond, en ajoutant un incrément de taux de comptage défini par l'utilisateur ou un nombre d'écart type (en fonction du mode de fonctionnement de l'instrument). L'alarme doit être à la fois visuelle et sonore et ne pas être perturbée par des champs de rayonnement augmentant lentement et qui pourraient ainsi modifier lentement le seuil d'alarme. Il ne doit pas être possible d'arrêter toutes les indications d'alarmes, en même temps.

4.13.2 Alarme de protection personnelle

Des alarmes doivent être fournies pour avertir l'utilisateur quand l'intensité du champ de neutrons mesuré (comptage par seconde) ou du champ de rayonnement photonique est supérieure au niveau de seuil sélectionné par l'utilisateur (typiquement $100 \mu\text{Sv.h}^{-1}$). Chaque alarme doit être visuelle et sonore, être différente de l'alarme d'indication de source de neutrons et être réglable dans le mode restreint. Pour ce qui concerne l'alarme de protection personnelle vis à vis du champ de rayonnement photonique, la valeur d'alarme doit être basée sur ^{137}Cs . Pour ce qui concerne l'alarme de l'intensité du champ de neutrons, la valeur d'alarme doit être basée sur le spectre de ^{252}Cf .

L'alarme de protection personnelle doit être fonctionnelle sur l'étendue établie pour l'instrument.

4.14 Atmosphères explosives

Le constructeur doit établir si l'instrument est certifié pour fonctionner dans une atmosphère explosive et dans l'affirmative, il doit établir sa catégorie. La preuve de la certification doit être fournie sur demande.

4.15 Caractéristiques des indications

L'instrument doit fournir une indication de son état opérationnel et de la condition d'alarme. L'utilisateur doit avoir la possibilité de sélectionner la visibilité de l'indication d'état.

Les indicateurs d'alarme doivent être réinitialisés automatiquement ou manuellement, selon le choix de l'utilisateur.

5 Procédure générale d'essai

5.1 Nature de l'essai

Sauf spécification contraire exprimée dans les étapes individuelles, tous les essais énumérés dans la présente Norme sont des essais de type. Certains essais peuvent être considérés comme essais de réception, par accord entre le client et le constructeur.

Lors de la réalisation des essais d'irradiation, tels que décrit dans la présente Norme, le point de référence doit être placé au point de mesure et l'instrument doit être orienté par rapport à la direction de la source de rayonnement telle que l'indique le constructeur.

5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans le Tableau 1. Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés conformément aux conditions normalisées d'essai données au Tableau 1. Pour ces essais réalisés dans les conditions normalisées, les valeurs de température, de pression et d'humidité relative doivent être établies et les corrections appropriées doivent être apportées pour donner la réponse sous les conditions de référence. Il convient d'établir les valeurs de toutes les corrections.

5.3 Fluctuations statistiques

Si, pour tout essai impliquant l'utilisation d'un rayonnement, l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication, dues uniquement à la nature aléatoire du rayonnement, représente une fraction significative de la variation de l'indication permise lors de l'essai, alors on doit effectuer un nombre suffisant de lectures pour s'assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une incertitude suffisamment faible pour démontrer la conformité aux exigences de la caractéristique à l'essai.

L'intervalle entre deux lectures doit être suffisant pour que celles-ci soient statistiquement indépendantes.

6 Essais d'irradiation

6.1 Taux de fausses alarmes de l'indication de source

6.1.1 Exigences

Le taux de fausses alarmes de l'indication de source doit être inférieur ou égal à 1 pour 1 h de fonctionnement continu, dans des conditions stables de bruit de fond.

6.1.2 Méthode d'essai

Le seuil d'alarme doit être identique à celui utilisé en 6.2 et 6.3.

L'instrument doit être placé dans un endroit ayant un niveau de bruit de fond de rayonnement stable et contrôlé, et l'instrument doit être mis en marche. Observer l'instrument pendant une durée de 8 h et noter le nombre d'alarmes pendant cette durée. Le taux moyen de fausses alarmes sur cette durée ne doit pas être supérieur à 1 par heure.

6.2 Alarme et temps de réponse

6.2.1 Exigences

L'instrument doit indiquer la présence d'un champ de rayonnement neutronique lorsqu'il est exposé tour à tour à un champ de rayonnement neutronique non modéré et modéré pendant une durée ne dépassant pas 2 s.

6.2.2 Méthode d'essai

Il convient que les essais d'exposition au champ de rayonnement neutronique soient réalisés dans une installation à faible diffusion (voir l'ISO 8529-1:2001) ou avec l'instrument placé dans un endroit où existe un espace ouvert d'au moins 1 m sur tous les côtés autour de l'instrument et de la source. Le point de consigne de l'alarme doit être fixé à la valeur utilisée pour l'essai de fausse alarme.

Exposer l'instrument à une fluence neutronique de $0,1 \text{ n/s.cm}^2 (\pm 20 \%)$ à partir d'une source ^{252}Cf . Le rayonnement photonique de la source doit être blindé par 1 cm de plomb. La distance de l'instrument à la source doit être entre 1 m et 2 m et basée sur le flux direct.

NOTE Cette fluence est approximativement équivalente à une source ^{252}Cf non modérée, émettant 20 000 n/s, placée à 125 cm de l'instrument. La distance choisie représente une source ponctuelle placée au centre d'un conteneur cargo (dimension courte d'environ 2,48 m). Ceci est aussi fondé sur la comparaison avec une alarme neutronique provoquée par un portique de surveillance typique.

Pour l'essai, le champ neutronique doit croître jusqu'au niveau requis pendant une durée n'excédant pas 2 s. L'instrument doit indiquer la présence de neutrons dans les 2 s suivant l'augmentation du champ. Réduire le champ et répéter l'essai 60 fois supplémentaires. Le résultat est acceptable si l'alarme se déclenche 59 fois sur les 61 tentatives.

L'essai doit être répété dans un champ neutronique modéré, obtenu en plaçant la source ^{252}Cf au centre d'une sphère de modération D_2O , de 30 cm de diamètre, ou dans un modérateur équivalent. L'utilisation d'un modérateur équivalent doit être consignée.

6.3 Alarme neutronique en présence de photons

6.3.1 Exigences

Il convient que l'instrument ne déclenche pas une alarme neutronique quand il est exposé à une source de rayonnement gamma produisant un débit d'équivalent de dose jusqu'à $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$.

L'instrument doit indiquer la présence de rayonnement neutronique quand il est exposé à une source de neutrons, tout en étant aussi exposé à un champ de rayonnement gamma de niveau croissant.

6.3.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être exposé aux photons d'une source ^{60}Co d'un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,1 \text{ mSv.h}^{-1}$. Vérifier qu'aucune alarme neutronique supplémentaire au taux de fausses alarmes n'est déclenchée pendant une exposition continue de 5 min. Afin d'éliminer

la dépendance par rapport à la géométrie du détecteur de neutrons, il convient que la distance entre la source ^{60}Co et le détecteur soit au moins de 50 cm.

L'instrument étant exposé au champ gamma élevé comme établi ci-dessus, l'exposer à une source de neutrons comme spécifié en 6.2. L'instrument doit déclencher son alarme neutronique pour chacune des 10 tentatives.

6.4 Caractéristiques de dépassement pour l'alarme neutronique

6.4.1 Exigences

L'instrument doit indiquer qu'il existe des conditions de dépassement quand le niveau de rayonnement neutronique est supérieur au maximum établi par le constructeur.

6.4.2 Méthode d'essai

Exposer l'instrument à une variation échelonnée du bruit de fond de rayonnement ambiant d'au moins 10 fois le maximum établi par le constructeur. L'instrument doit indiquer qu'il existe une condition de dépassement dans les 3 s suivant la variation en échelon et doit rester dans cette condition pour toute la durée d'exposition (au minimum 5 min). Après une exposition d'au moins 5 min, réduire le champ de rayonnement à la valeur d'avant essai. L'instrument doit fonctionner normalement dans un délai de 5 min.

6.5 Alarme de protection personnelle

6.5.1 Exigences

Les exigences énoncées en 4.13.2 doivent être satisfaites.

6.5.2 Méthode d'essai

Exposer l'instrument à une variation échelonnée du bruit de fond de rayonnement ambiant d'un niveau supérieur de 30 % au seuil d'alarme de protection personnelle. L'instrument doit fournir une alerte indiquant que le niveau de rayonnement mesuré est supérieur à l'alarme de protection personnelle. L'alarme doit déclencher dans les 2 s suivant la variation en échelon de l'intensité du rayonnement.

L'alarme doit être soumise à l'essai d'une part avec le rayonnement gamma et d'autre part avec le rayonnement neutronique. Pour le rayonnement gamma, l'alarme doit être soumise à l'essai d'une part avec la source ^{137}Cs et d'autre part avec la source ^{60}Co . Pour le rayonnement neutronique, l'alarme doit être soumise à l'essai avec la source ^{252}Cf modérée et non modérée.

6.6 Temps de chauffage

6.6.1 Exigences

Le constructeur doit établir le temps nécessaire pour que l'instrument devienne complètement opérationnel. Ce temps maximal doit être inférieur à 2 min.

6.6.2 Méthode d'essai

Mettre en marche l'instrument en suivant les recommandations du constructeur et vérifier qu'il fonctionne correctement en effectuant un essai d'alarme après le temps de chauffage établi par le constructeur, ou dans les 2 minutes, la valeur la plus faible prévalant.

7 Exigences d'aptitudes environnementales, mécaniques et électriques

7.1 Température

7.1.1 Exigences

Sur l'étendue des températures de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour un accroissement du rayonnement neutronique au dessus du bruit de fond ambiant. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement issu de la source de neutrons (^{252}Cf ou $^{241}\text{Am-Be}$) ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ du fait d'une variation de la température.

Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quant à leur fonctionnement correct.

Si le constructeur a établi une étendue de température de fonctionnement plus importante, l'aptitude de l'instrument à fonctionner correctement sur cette étendue doit être soumise à l'essai.

7.1.2 Méthode d'essai

Avant le début de chaque essai, l'instrument doit être placé pendant 30 min dans un environnement dont la température est de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Il convient que l'humidité relative (HR) de l'environnement soit inférieure à 65 %, afin d'éviter toute condensation pendant l'essai.

Les essais de choc et montée/descente progressive en température doivent être réalisés une fois à la température haute extrême de $+50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ et une fois à la température basse extrême de $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, en appliquant la procédure suivante:

a) Essais de choc – De la température ambiante aux températures extrêmes haute et basse

L'instrument doit être placé, soit directement dans la chambre d'essai dont l'équilibre est à la température extrême (haute ou basse), soit être introduit dans la chambre à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ et ensuite la température de la chambre doit être portée à la valeur extrême en moins de 5 min. Les variations de lecture en fonction du temps doivent être enregistrées sur une durée de 60 min. A la fin de cette partie de l'essai, l'instrument doit être placé, de la même manière, à la température de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant une durée de 60 min et la lecture de l'instrument à la fin de cette durée doit être enregistrée. Les lectures ne doivent pas varier de plus de $\pm 15\%$ dans les 15 min suivant la variation. Le fonctionnement de l'alarme doit être vérifié à chaque température extrême.

b) Essais montée/descente progressive en température – De la température ambiante aux températures extrêmes haute et basse

L'instrument doit être placé dans une chambre d'essai à la température de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. La température doit alors être portée linéairement jusqu'à la température extrême (haute ou basse) à une vitesse d'approximativement $10\text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{h}^{-1}$. Les variations de lecture apparaissant pendant cette durée doivent être enregistrées. La température de la chambre d'essai doit être maintenue au niveau de la température extrême pendant 8 h et les lectures de l'instrument doivent être enregistrées. Les lectures ne doivent pas varier de plus de $\pm 15\%$. Le fonctionnement de l'alarme doit être vérifié à chaque température extrême.

7.2 Humidité

7.2.1 Exigences

Sur l'étendue d'humidité relative de 40 % à 93 % à $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour un accroissement du rayonnement neutronique au dessus du niveau du bruit de fond du rayonnement ambiant. L'indication de l'intensité du

champ de rayonnement issu de la source de neutrons ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ du fait d'une variation de l'humidité.

Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quant à leur fonctionnement correct.

7.2.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être placé dans une chambre d'essai à la température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et sous une humidité relative d'approximativement 65% , et laissé en stabilisation pendant une durée de 30 min. Toute variation de lecture apparaissant lors de cette durée doit être enregistrée. La température et l'humidité relative doivent alors être portées linéairement à respectivement 35 °C et 93% HR à une vitesse d'environ 10% d'humidité par heure. L'humidité relative et la température dans la chambre d'essai doivent être maintenues pendant 16 h, et la lecture de l'instrument doit être enregistrée. L'humidité relative doit alors être réduite à 40% à la vitesse indiquée ci-dessus, tandis que la température est maintenue à 35 °C . Les variations de lecture apparaissant pendant cette durée doivent être enregistrées. Les lectures de l'instrument ne doivent pas varier de plus de $\pm 15\%$. Le fonctionnement de l'alarme doit être vérifié au point de consigne $+35\text{ °C } 93\%$ HR.

7.3 Démarrage à basse température

7.3.1 Exigences

L'instrument doit pouvoir fonctionner quand il est mis en marche à la limite inférieure de sa gamme de température de fonctionnement (-20 °C). L'indication de l'intensité du champ de rayonnement issu de la source de neutrons (^{252}Cf ou $^{241}\text{Am-Be}$) ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

7.3.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être placé dans une chambre d'essai à la température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. Il est alors mis en marche et après le temps de chauffage établi par le constructeur, la réponse obtenue à partir d'une source de neutrons est notée, et l'instrument est arrêté.

La température doit alors être abaissée linéairement jusqu'à la température limite inférieure de -20 °C à une vitesse d'environ 10 °C.h^{-1} . Laisser la température se stabiliser pendant une durée d'au moins 2 h.

L'instrument est mis en marche et après le temps de chauffage établi par le constructeur, l'instrument est exposé à nouveau au même champ de rayonnement que celui utilisé avant l'essai. Le fonctionnement de l'alarme est vérifié. L'instrument doit fonctionner correctement et la lecture ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 15\%$ de la lecture obtenue avant l'essai.

7.4 Résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau

7.4.1 Exigences

La conception du boîtier de l'instrument doit répondre aux exigences établies pour le degré IP 53 (voir la CEI 60529), ce qui signifie que l'instrument doit être protégé contre la pénétration de poussières et contre les projections d'eau. Pour l'IP 53, la pénétration de poussières n'est pas totalement évitée, mais les poussières ne doivent pas pénétrer en quantité telle que le fonctionnement correct de l'instrument puisse être compromis ou que la sécurité puisse être dégradée, et les projections d'eau, avec un angle jusqu'à 60° sur chaque côté vertical, ne doivent pas avoir d'effet néfaste.

Après chacun des essais de poussières ou de pénétrations d'eau, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour une augmentation du niveau de rayonnement neutronique au dessus du seuil d'alarme. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement issu de la source de neutrons (^{252}Cf ou $^{241}\text{Am-Be}$) ne doit pas varier de plus de

$\pm 15\%$. Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quant à leur fonctionnement correct.

Les instruments spécifiés comme étant résistants aux projections d'eau saline (brouillard salin) doivent montrer les mêmes performances après avoir été soumis à des projections d'eau saline.

7.4.2 Méthode d'essai – Poussières

L'essai doit être effectué en utilisant une chambre à poussières (CEI 60529, catégorie 2), où la pompe de circulation de la poudre peut être remplacée par tout autre moyen adéquat pour maintenir la poudre de talc en suspension dans la chambre d'essai fermée. Il convient que la charge de poudre utilisée soit de 2 kg par m³ de volume de la chambre d'essai. La poudre ne doit pas avoir été utilisée auparavant pour plus de 20 essais.

L'instrument doit alors être exposé à l'environnement de poussières pendant une durée de 1 h. Après cette exposition, la lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ par rapport aux valeurs relevées avant l'exposition.

Après l'exposition, la fonction d'alarme doit être vérifiée et l'instrument soumis à une inspection pour déterminer l'étendue de la pénétration de poussières. Une attention particulière doit être accordée au compartiment des batteries et à toute autre partie accessible de l'instrument. La protection est jugée satisfaisante si, lors de l'inspection, la poudre ne s'est pas accumulée en quantité ou à un emplacement tel qu'avec une poudre d'une autre nature le fonctionnement ou la sécurité de l'instrument serait altéré.

7.4.3 Méthode d'essai – Humidité

L'essai doit être réalisé avec une seringue adéquate (voir CEI 60529, seringue de projection) avec une pression d'eau ajustée pour un débit de 10 l.min⁻¹ $\pm 5\%$, qu'il convient de maintenir constant pendant l'essai. Il convient que la température de l'eau ne diffère pas de plus de 5 °C de la température de l'instrument sous essai. La durée de l'essai est de 5 min.

L'instrument doit être exposé à la projection d'eau. Il convient que la seringue de projection soit positionnée à environ 2 m de l'instrument. L'instrument doit être positionné de telle sorte que la seringue pointe directement sur l'afficheur. Pendant l'exposition, l'orientation doit varier entre +60° et -60° dans deux plans orthogonaux. Les lectures ne doivent pas varier de plus de $\pm 15\%$ par rapport aux valeurs relevées avant l'exposition.

A la suite de l'exposition, la fonction de l'alarme doit être vérifiée et une inspection de l'instrument, compartiment de batteries inclus, doit être effectuée pour s'assurer que l'eau n'a pas pénétré dans l'instrument.

Pour les instruments qui sont conçus pour une utilisation en environnement de projections d'eau saline, cet essai doit être réalisé en utilisant de l'eau saline de masse spécifique d'approximativement 1 025 kg.m⁻³ à 20 °C ± 5 °C.

7.5 Mécaniques

Les exigences de l'Article 4 relatives aux dimensions, à la masse, la construction du boîtier, le marquage du point de référence et la protection des commutateurs peuvent être vérifiées par inspection de l'instrument. Les essais suivants sont destinés à déterminer l'effet des manipulations mécaniques de l'instrument sur sa réponse.

7.5.1 Essai de chute

7.5.1.1 Exigences

L'instrument doit fonctionner correctement après avoir été soumis à des chutes sur une surface de bois dur d'une hauteur de 0,3 m et d'une hauteur de 1 m dans son conteneur de transport.

7.5.1.2 Méthode d'essai

On doit laisser tomber l'instrument sur une surface de bois dur, à partir d'une hauteur de 0,3 m, et sur chacune de ses faces. La réponse de l'instrument après les différentes chutes ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ par rapport à la lecture initiale avant toutes les chutes. L'instrument doit alors être exposé à un champ de neutrons pour vérifier le fonctionnement des alarmes. Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quant à leur fonctionnement correct.

L'essai de chute doit être répété avec une hauteur de 1 m, l'instrument étant dans son conteneur de transport.

7.5.2 Vibrations

7.5.2.1 Exigences

L'instrument doit supporter l'exposition aux vibrations associées au fonctionnement des matériels tenus en main ou portables. L'état physique et la fonctionnalité de l'instrument ne doivent pas être perturbés par l'exposition aux vibrations (par exemple, les joints de soudure doivent résister, les écrous et les vis ou boulons ne doivent pas se desserrer).

7.5.2.2 Méthode d'essai

Une inspection visuelle doit être effectuée et le fonctionnement correct de l'instrument doit être vérifié. L'instrument doit être soumis à des vibrations aléatoires à $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ (densité spectrale) avec un balayage de fréquence allant de 5 Hz à 500 Hz pendant une durée de 1 h, dans chacune des trois directions orthogonales. Après chaque période de vibration de 1 h, un essai fonctionnel, incluant l'activation de l'alarme, est réalisé.

Après l'essai, l'instrument est inspecté pour vérifier qu'il n'y a aucun dommage mécanique ou composant desserré. Si une inspection interne n'est pas possible, vérifier qu'il n'y a pas de composant desserré en secouant modérément l'instrument.

La réponse de l'instrument ne doit pas être perturbée par l'essai de vibration (ne pas varier de plus de $\pm 15\%$ par rapport aux lectures avant l'essai).

7.6 Impact (essai microphonique)

7.6.1 Exigences

La réponse de l'équipement ne doit pas être perturbée par des conditions microphoniques telles que celles qui peuvent résulter d'impacts de faible intensité lors d'un contact brutal avec une surface dure. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

7.6.2 Méthode d'essai

Un essai fonctionnel doit être réalisé avant l'essai.

En utilisant un dispositif d'essai approprié (par exemple, un marteau à ressort), exposer le boîtier de l'instrument à trois chocs d'une énergie de 0,2 J. L'essai doit être réalisé sur

chacune des faces du boîtier de l'instrument tandis que sa réponse est observée. La réponse de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ par rapport à la valeur avant l'essai.

Après l'essai, l'instrument est inspecté pour vérifier qu'il n'y a aucun dommage mécanique ou composant desserré. Si une inspection interne n'est pas possible, vérifier qu'il n'y a pas de composant desserré en secouant modérément l'instrument.

7.7 Exigences relatives aux batteries

7.7.1 Exigences

- a) Il convient que l'instrument fonctionne sur des batteries rechargeables ou non, normalisées.
- b) Avec des batteries neuves ou complètement rechargées du type recommandé par le constructeur, la durée de vie de ces batteries doit être d'au moins 8 h dans des conditions de fonctionnement sans alarme.
- c) Dans des conditions d'alarme continues, il convient que la durée de vie des batteries soit supérieure à 30 min.
- d) Un indicateur de charge faible des batteries doit être fourni pour informer l'utilisateur que les batteries doivent être remplacées ou rechargées. L'instrument doit être complètement fonctionnel tant que l'indicateur de charge faible des batteries n'est pas activé.

7.7.2 Méthode d'essai

L'exigence a) doit être vérifiée en parcourant le manuel technique et par l'observation des batteries.

Pour vérifier l'exigence b), il faut s'assurer que les batteries sont complètement chargées et après avoir laissé à l'instrument le temps de chauffer, l'exposer à un rayonnement neutronique et noter la lecture. Laisser l'instrument en marche et après une période de 8 h, répéter la mesure. La lecture moyenne de la seconde exposition doit rester dans les $\pm 15\%$ par rapport à la lecture moyenne initiale.

Pour vérifier l'exigence c), il faut s'assurer que les batteries sont complètement chargées et après avoir laissé à l'instrument le temps de chauffer, l'exposer à un champ de rayonnement neutronique qui active l'alarme. L'alarme doit rester fonctionnelle pendant une durée d'exposition à ce champ de rayonnement d'au moins 30 min.

Pour vérifier l'exigence d), remplacer les batteries par une alimentation à courant continu et une résistance appropriée, pour simuler une batterie proche de sa fin de vie. Réduire la tension appliquée au niveau qui active l'indication de charge faible des batteries. Accroître la tension jusqu'à ce que l'indicateur de charge faible s'arrête. Vérifier que l'instrument fonctionne en l'exposant au même champ de rayonnement neutronique que pour la vérification de l'exigence b). La lecture moyenne à la tension d'essai doit rester dans les $\pm 15\%$ par rapport à la lecture moyenne à tension complète et à celle nécessaire pour que l'alarme fonctionne comme exigé.

7.8 Décharges électrostatiques

7.8.1 Exigences

L'instrument doit fonctionner correctement pendant et après l'exposition à des décharges au contact, d'intensités jusqu'à 6 kV. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

7.8.2 Méthode d'essai

La technique de décharge au contact doit être utilisée. Les points de décharge doivent être sélectionnés en prenant pour base l'accessibilité à l'utilisateur (voir la CEI 61000-4-2). 10

décharges doivent être effectuées par point de décharge, avec un temps de récupération de 1 s entre chaque décharge. L'intensité maximale de chaque décharge est de 6 kV. Une alarme peut se produire pendant le temps de décharge.

L'instrument doit alors être exposé à un champ de neutrons pour vérifier qu'il fonctionne correctement, en incluant l'activation des alarmes. Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quant à leur fonctionnement correct.

7.9 Radiofréquences (RF)

7.9.1 Exigences

Il convient que l'instrument ne soit pas perturbé quand il est exposé à des champs RF de 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 2,5 GHz à 10 V.m^{-1} . L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ne doit pas varier de plus de $\pm 15 \%$. Aucune alarme ou autre réponse ou variation fonctionnelle ne doit se produire du fait de la seule exposition aux champs RF.

7.9.2 Méthode d'essai

Placer l'instrument dans un environnement (champ) contrôlé de radiofréquences et l'exposer dans une seule orientation à un champ RF de 20 V.m^{-1} , mesuré en l'absence de l'instrument dans la zone d'exposition, dans les étendues de fréquences de 80 MHz à 1 000 MHz et de 1,4 GHz à 2,5 GHz. Il convient que l'essai soit réalisé par un balayage automatique dont le taux de variation de la fréquence ne soit pas supérieur à 1 % de la fréquence fondamentale (précédente) pour la première étendue de fréquence et de 0,1 GHz pour la seconde. Il convient que le temps de palier soit basé sur le temps de réponse de l'instrument, mais qu'il ne soit pas inférieur à 3 s. Si des susceptibilités sont observées, l'essai doit être répété dans trois orientations orthogonales sur les fréquences montrant une susceptibilité à 10 V.m^{-1} . Aucune alarme ou autre réponse ou variation fonctionnelle ne doit se produire du fait de la seule exposition aux champs RF.

L'instrument doit alors être exposé à un champ de neutrons alors qu'il est exposé au balayage RF. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 15 \%$. Les mêmes recommandations que les précédentes doivent être suivies si des susceptibilités sont observées à 20 V.m^{-1} .

Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées quand à leur fonctionnement correct.

7.10 Emissions rayonnées

7.10.1 Exigences

Les émissions RF de l'instrument doivent être inférieures à celles pouvant interférer avec d'autres équipements situés dans l'emplacement d'utilisation. Lorsqu'elles sont mesurées à 3 m, les émissions RF doivent être inférieures à celles exposées au Tableau 2.

7.10.2 Méthode d'essai

Placer l'instrument dans une chambre blindée. Placer une antenne à 3 m du dispositif. L'instrument étant à l'arrêt, recueillir le spectre du bruit de fond sur une largeur de bande de 50 kHz.

Mettre l'instrument en marche et réaliser un balayage RF. Les émissions RF pendant l'essai doivent être inférieures à celles exposées au Tableau 2.

7.11 Immunité aux rayonnements conduits

7.11.1 Exigences

Il convient que l'instrument ne soit pas perturbé par des champs RF pouvant être conduits dans l'instrument par un câble conducteur externe. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

Les instruments ne possédant pas de câble externe ne sont pas concernés par cet essai.

7.11.2 Méthode d'essai

En l'absence de sources d'essai de rayonnement, exposer l'instrument à un champ RF conduit sur l'étendue des fréquences de 150 kHz à 80 MHz à une intensité de 140 dB (μV) l'amplitude étant modulée à 80 % avec une onde sinusoïdale à 1 kHz.

Il convient que l'essai soit réalisé par un balayage automatique dont le taux de variation de la fréquence ne soit pas supérieur à 1 % de la fréquence fondamentale (précédente). Il convient que le temps de palier soit basé sur le temps de réponse de l'instrument, mais qu'il ne soit pas inférieur à 3 s.

Les résultats sont acceptables si aucune alarme, indication parasite ou variation reproductible de la réponse n'est supérieure à $\pm 15\%$ de la valeur initiale indiquée.

7.12 Champs magnétiques

7.12.1 Exigences

L'instrument doit être complètement fonctionnel quand il est exposé à un champ magnétique continu de 1 mT (10 gauss). L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

7.12.2 Méthode d'essai

Exposer l'instrument à un champ magnétique continu de 1 mT. L'exposition doit être faite dans deux orientations (0° et 90°) par rapport aux lignes de champ. La lecture moyenne de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$. Aucune alarme ou autre réponse ou variation fonctionnelle ne doit se produire du fait du seul champ magnétique.

L'instrument doit alors être exposé à un champ de neutrons alors qu'il est exposé au champ magnétique. La lecture moyenne de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$.

8 Documentation

8.1 Généralités

Cet Article spécifie les exigences pour la documentation.

8.2 Rapport d'essais de type

Le constructeur doit fournir un rapport couvrant les essais de type effectués en accord avec les exigences de la présente Norme.

8.3 Certificat

Le constructeur doit fournir un certificat ou toute autre documentation contenant au moins les informations suivantes:

- Identité du constructeur, permettant de le contacter, incluant nom, adresse, numéro de téléphone, numéro de fax, et adresse de courrier électronique
- Type de l'instrument (numéro de modèle, numéro de série et version du logiciel), type du détecteur, et les types de rayonnements pour la mesure desquels l'instrument est conçu et l'étendue des taux de comptage indiqués par l'instrument pour laquelle celui-ci est conçu
- Point de référence et orientation de référence pour les sources de rayonnement utilisées pour l'étalonnage
- Position et dimensions des volumes sensibles des détecteurs
- Temps de chauffage
- Réponse de l'instrument à une source ^{252}Cf modérée et non modérée
- Résultats des essais pour l'exactitude, la linéarité et la limite inférieure de détection
- Masse et dimensions de l'instrument
- Exigences d'alimentation (batteries)
- Résultats des essais de rayonnement
- Résultats des essais dans les conditions d'environnement
- Résultats des essais électriques et mécaniques
- Le cas échéant, certificat de conformité aux exigences pour les atmosphères explosives
- Déclaration de conformité à la présente Norme

8.4 Manuel d'utilisation et de maintenance

Chaque instrument doit être accompagné d'une documentation technique d'utilisation et de maintenance.

Le constructeur doit fournir un manuel d'utilisation et de maintenance contenant au moins les informations suivantes pour l'utilisateur:

- Instructions de fonctionnement et restrictions
- Orientation lors de l'utilisation
- Liste des pièces de rechange et si nécessaire liste des outils spéciaux
- Instructions et restrictions de maintenance
- Guide pour la résolution des anomalies

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

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du constructeur)	Conditions normalisées d'essai (sauf indication contraire du constructeur)
Source de rayonnement gamma de référence	^{137}Cs et ^{60}Co	^{137}Cs et ^{60}Co
Source de rayonnement de neutrons de référence	^{252}Cf (D_2O modéré et non modéré) ^{a)}	^{252}Cf (D_2O modéré et non modéré) ^{a)} $^{241}\text{Am-Be}$, peut être utilisé pour les essais pour lesquels les variations de réponse relative sont mesurées.
Temps de chauffage	1 min	≤ 1 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C ^{b)}
Débit d'équivalent de dose ambiant du bruit de fond - photon	0,1 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$	≤ 0,2 $\mu\text{Sv.h}^{-1}$
Fluence neutronique ambiante du bruit de fond	~0,015 $\text{s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$	0,015 $\text{s}^{-1}.\text{cm}^{-2}$ (±50 %)
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % ^{a)}
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106 kPa ^{a)}
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible créant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à deux fois la valeur de l'induction du champ magnétique terrestre
Commandes de l'ensemble	Réglage en fonctionnement normal	Réglage en fonctionnement normal
Contamination par des radionucléides	Négligeable	Négligeable
^{a)} La source de neutrons est encapsulée dans 1 cm d'acier et 0,5 cm de plomb. ^{b)} Les valeurs dans le Tableau sont fixées pour des essais réalisés dans des climats tempérés. Dans d'autres climats, les valeurs réelles des grandeurs au moment de l'essai doivent être indiquées. De même, une limite de pression inférieure à 70 kPa peut être autorisée à des altitudes plus élevées.		

Tableau 2 – Limites des émissions RF

Etendue des fréquences d'émission MHz	Intensité du champ $\mu\text{V/m}$
30–88	100
88–216	150
216–960	200
Au dessus de 960	500

Bibliographie

- CEI 60068-2-18:2000, *Essais d'environnement – Partie 2-18: Essais – Essai R et guide: Eau*
- CEI 60068-2-27:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-27: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*
- CEI 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*
- IEC 60086-1:2006, *Piles électriques – Partie 1: Généralités*
- CEI 60721-3-7:2002, *Classification des conditions d'environnement – Partie 3-7: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Utilisation en déplacement*
- CEI 61000-4-1:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-1: Techniques d'essai et de mesure – Vue d'ensemble de la série CEI 61000-4*
- CEI 61000-4-3:2008, *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 61000-4-6:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*
- CEI 61000-4-8:2009, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*
- CEI 61187:1993, *Equipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*
- CEI 62022:2004, *Moniteurs fixes de contrôle et de détection d'émetteurs de rayonnements gamma contenus dans des matériaux recyclables ou non recyclables, transportés dans des véhicules*
- CEI 62244:2006, *Instrumentation pour la radioprotection – Moniteurs de rayonnement installés pour la détection des matériaux nucléaires radioactifs et spéciaux aux frontières nationales*
- CEI 62327:2006, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables pour la détection et l'identification des radionucléides et pour l'indication du débit d'équivalent de dose ambiant pour le rayonnement de photons*
- CEI 62401:2007, *Instrumentation pour la radioprotection – Dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements pour la détection du trafic illicite des matières radioactives*
- 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 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*

International Atomic Energy Agency (IAEA) RS-G-1.9, "Categorization of Radioactive Sources".

IAEA, Nuclear Security Series No.1 "Technical and Functional Specifications for Border Monitoring Equipment" Reference Manual, IAEA Vienna 2006.

Bureau International des Poids et Mesures: Le Système International des unités (SI), 8e édition, 2006

ANSI N42.42-2006, *American National Standard Data Format Standard for Radiation Detectors Used for Homeland Security*

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