

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute
sensibilité pour la détection photonique 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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



IEC 62533

Edition 1.0 2010-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

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

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-003-1

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references	6
3 Terms, definitions, abbreviations, quantities and units	7
3.1 Terms and definitions	7
3.2 Abbreviations	10
3.3 Quantities and units	10
4 General requirements.....	11
4.1 General characteristics.....	11
4.2 Physical configuration	11
4.3 Basic information.....	11
4.4 Communication interface	11
4.5 User interface.....	11
4.6 Warm-up time.....	12
4.7 Markings	12
4.8 Power supply.....	12
4.9 Protection of controls	13
4.10 Photon ambient dose equivalent rate indication.....	13
4.11 Alarms.....	13
4.12 Effective range of measurement	13
4.13 Angular dependence	13
4.14 Explosive atmospheres	13
4.15 Indication features.....	13
5 General test procedure.....	14
5.1 Nature of test	14
5.2 Reference conditions and standard test conditions	14
5.3 Reference gamma radiation background.....	14
5.4 Statistical fluctuations	15
6 Radiation tests	15
6.1 Rate of false alarms (source indication).....	15
6.2 Source alarm and response time	15
6.3 Personal protection alarm and response time	16
6.4 Ambient dose equivalent rate indication	16
6.5 Over range characteristics for ambient dose equivalent rate indication.....	16
7 Additional functions	17
7.1 General.....	17
7.2 Rejecting natural background variation encountered when used in movement.....	17
7.3 Source categorization.....	17
8 Environmental, mechanical and electrical performance requirements	18
8.1 Temperature tests	18
8.2 Humidity tests	19
8.3 Dust and moisture resistance tests.....	19
8.4 Mechanical tests	20
8.5 Impact (microphonics) tests.....	21
8.6 Electrical tests.....	22
8.7 Radiated emissions	23

8.8	Conducted disturbances	24
8.9	Magnetic fields	24
9	Documentation	25
9.1	General	25
9.2	Type test report	25
9.3	Certificate	25
9.4	Operation and maintenance manual	25
	Bibliography.....	26
	Table 1 – Reference conditions and standard test conditions	14
	Table 2 – Radiated RF emission limits	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
HIGHLY SENSITIVE HAND-HELD INSTRUMENTS
FOR PHOTON 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 62533 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/640/FDIS	45B/654/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 amendment and the base 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 PHOTON DETECTION OF RADIOACTIVE MATERIAL

1 Scope and object

This International Standard applies to hand-held instruments used for the detection and localization of radioactive photon emitting materials. These instruments are highly sensitive meaning that they are designed to detect slight variations in the range of usual photon background caused mainly by illicit trafficking or inadvertent movement of radioactive material. Compared to pocket devices (see IEC 62401), this highly sensitive instrument allows the scanning of larger volume items such as vehicles or containers. They may also be used in fixed or temporarily fixed unattended mode to monitor check points or critical areas.

These instruments also provide an indication of the ambient dose equivalent rate from photon radiation. However, this standard does not apply to the performance of radiation protection instrumentation which is covered in IEC 60846-1 and IEC 61526.

These instruments may provide additional functions as described below without including all features of specialized portable identification devices as defined by IEC 62327:

- rejecting natural background variation encountered when used in movement;
- sorting alarms of interest from naturally occurring radioactive material (NORM) or medical radionuclides originated alarms;
- provide source categorization data (including limited photon spectra) to a remote location.

The object of this standard is to establish performance requirements including physical characteristics, general test conditions, radiation characteristics, electrical safety, and environmental conditions. This standard provides examples of acceptable test methods to determine if an instrument meets the requirements of this standard. The results of tests performed provide information to users on the capability of radiation detection instruments for reliably detecting photon 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, providing proper training for operating personnel and developing operating procedures that address the instrument limitations and capabilities.

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 (IEV) – Part 394: Nuclear Instrumentation – Instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60068-2-75:1997, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

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

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

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

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

ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate 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 doserate 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 doserate 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*

International Bureau of Weights and Measures: The international System of Units (SI), 8th edition, 2006

3 Terms, definitions, abbreviations, quantities and units

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions, as well as those given in IEC 60050-393 and IEC 60050-394 apply.

3.1.1

A-weighted sound level

the frequency weighting of an acoustic spectrum according to a standardized frequency response curve based on the frequency response of the human ear

3.1.2

alarm

an 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]

3.1.3

ambient dose equivalent, $H_x(10)$

dose equivalent at a point in a radiation field, produced by the corresponding aligned and expanded field, in the ICRU sphere at a depth of 10 mm, on the radius opposing the direction of the aligned field

[ICRU Report 39]

NOTE 1 In defining these quantities, it is useful to stipulate certain radiation fields that are derived from the actual radiation field. The terms "expanded" and "aligned" are used to characterise these derived radiation fields. In the expanded field, the fluence and its angular and energy distribution have the same values throughout the

volume of interest as in the actual field at the point of reference. In the aligned and expanded field, the fluence and its energy distribution are the same as in the expanded field but the fluence is unidirectional.

NOTE 2 The ICRU sphere (see ICRU Report 33) is a 30 cm diameter, tissue-equivalent sphere with a density of 1 g/cm³ and a mass composition of tissue equivalent material (see IEC 393-14-78).

NOTE 3 The recommended depth *d*, for environmental monitoring in terms of *H_x(d)* is 10 mm, and *H_x(d)* may then be written as *H_x(10)*.

NOTE 4 An instrument that has an isotropic response and is calibrated in terms of *H_x(d)* will measure *H_x(d)* in radiation fields that are uniform over the dimensions of the instrument.

NOTE 5 The definition of *H_x(d)* requires the design of the instrument to take account of backscatter.

[IEV 393-14-95]

3.1.4

ambient dose equivalent rate, $\dot{H}_x(10)$

the quotient of the ambient dose equivalent at the recommended depth for environmental monitoring of 10 mm *dH_x(10)* by *dt*, where *dH_x(10)* is the increment of ambient dose equivalent in the time interval *dt*

$$\dot{H}_x(10) = \frac{dH_x(10)}{dt}$$

3.1.5

background level

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

3.1.6

conventionally true value of a quantity

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

NOTE 1 "Conventionally true value of a quantity" is sometimes called assigned value, best estimate of the value, conventional value or reference value.

NOTE 2 A conventionally true value is, in general, regarded as sufficiently close to the true value for the difference to be insignificant for the given purpose. For example, a value determined from a primary or secondary standard or by a reference instrument, may be taken as the conventionally true value.

[IEV 394-40-10, modified]

3.1.7

effective range of measurement

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

NOTE In some fields of knowledge, the difference between the greatest and smallest values is called range.

[IEV 394-40-16]

3.1.8

false alarm

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

3.1.9

functionality test

test performed to verify that alarm activation and radiation detection are acceptable

3.1.10

influence quantity

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

3.1.11**manufacturer**

includes the designer of the equipment

3.1.12**point of measurement**

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

3.1.13**purchaser**

includes the user of the equipment

3.1.14**radioactive material**

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

3.1.15**readout**

displayed value, with units, displayed and/or recorded by the instrument as a result of the instrument's response to some influence quantity

3.1.16**reference point of an instrument**

mark on the equipment that represents the position of the instrument for the purpose of calibration and testing

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

[IEV 394-40-15, modified]

3.1.17**relative error, $\varepsilon_{REL}(\%)$**

error of measurement divided by a true value of the measurand

NOTE Since a true value cannot be determined, in practice a conventionally true value is used.

[IEV 394-40-11]

3.1.18**response, R**

ratio of the instrument reading to the conventionally true value of the measured quantity

3.1.19**restricted (or expert) mode**

advanced operating mode used by an expert user to access and control the parameters that can affect the result of a measurement (for example alarm thresholds). Access to this mode should be limited through password protection or other similar methods.

NOTE This mode may also be called "advanced" or "protected" mode.

3.1.20**standard deviation**

the positive square root of the variance

3.1.21**type test**

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

[IEV 394-40-02]

3.1.22

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[IEV 394-40-03]

3.1.23

acceptance test

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

[IEV 394-40-05]

3.1.24

variance, σ^2

a measure of dispersion, which is the sum of the squared deviation of observations x_i from their mean \bar{x} divided by one less than the number of observations n

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

3.2 Abbreviations

3.2.1

HEU

highly enriched uranium

3.2.2

NORM

naturally occurring radioactive material

3.2.3

RF

radio frequency

3.2.4

WGPu

weapons grade plutonium

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 corresponding old units (non SI) are indicated in brackets.

Nevertheless, the following units may also be used:

- for energy: electron-volt (symbol: eV), 1 eV = 1,602 × 10⁻¹⁹ J;
- for time: years (symbol: y), days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min).

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

¹ International Bureau of Weights and Measures: *The international System of Units (SI)*, 8th edition, 2006.

4 General requirements

4.1 General characteristics

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

4.2 Physical configuration

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 the instrument case in such 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.

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

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

4.3 Basic information

4.3.1 Documentation supplied

The manufacturer shall provide instrument performance specifications and instructions for operation.

4.3.2 Type of radiation detector

The manufacturer shall provide information describing the radiation detector types used (e.g., NaI(Tl)).

4.3.3 Size

The dimensions of the instrument shall be specified by the manufacturer.

4.3.4 Weight

The weight or mass of the instrument shall be specified by the manufacturer and should not exceed 3 kg.

4.4 Communication interface

The instrument shall have the ability to transfer data, such as ambient dose equivalent rate indication, count rate, source categorization and possibly limited photon spectra to another device such as a personal computer. The manufacturer shall provide a specification of the transfer data format.

4.5 User interface

The following features are considered essential or desirable:

- a) the following features shall be provided:
 - simple to use for non-expert users and user-friendly controls for routine operation;
 - photon radiation alarms, with visual and audible signals;

- source indicator: 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;
 - controls and switches that are designed in a way to minimize accidental operation;
 - diagnostic capabilities;
 - indication of battery status;
 - capability to operate if the user is wearing gloves (typically gloves used for thermal protection).
- b) the following feature should be provided:
- silent alarms for covert operation such as vibration alarm and/or earphone with user adjustable earphone volume to cope with the large variations in human hearing sensitivity and noise level.

4.6 Warm-up time

The manufacturer shall state the time required for the instrument to become fully functional. The maximum time shall be less than 2 min. If the device includes limited spectrometric features, up to 5 min is allowed for stabilization. An indication shall be provided to the user during the period the instrument is not fully ready.

4.7 Markings

4.7.1 General

All external instrument controls, displays, and adjustments shall be identified as to their 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.

4.7.2 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.

4.8 Power supply

4.8.1 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.

4.8.2 External DC or AC power

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

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

4.9 Protection of controls

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

4.10 Photon ambient dose equivalent rate indication

The instrument shall provide an indication of the ambient dose equivalent rate.

4.11 Alarms

4.11.1 Source indication alarm

A source indication alarm shall be provided when the measured ambient dose equivalent rate or count rate is above the instrument alarm threshold. This alarm threshold shall be calculated by the instrument automatically from background measurements using techniques such as a user definable dose equivalent rate increment, count rate increment or a multiplier value applied to the standard deviation of the measured background. The alarm shall be visual and/or audible (or by vibration). It shall not be possible to switch off all alarm indicators at the same time.

4.11.2 Personal protection alarm

An alarm shall be provided to alert the user that the indicated ambient dose equivalent rate is above a user-selected threshold level. The alarm shall be both visual and audible (or by vibration), and shall be adjustable through the restricted mode. The alarm shall have an “acknowledge” or other similar control to silence the audible function. It shall not be possible to switch off all alarm indicators at the same time. This alarm shall be different or distinguishable from the source indication alarm.

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

4.12 Effective range of measurement

The effective photon energy response range shall be stated by the manufacturer, and shall include the range from 45 keV to 1,5 MeV.

The manufacturer shall also state the range for photon ambient dose equivalent rate measurement. The range shall be at least from 0,02 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$.

4.13 Angular dependence

The manufacturer shall state the angular dependence of the instrument.

4.14 Explosive atmospheres

The manufacturer shall state as to whether the instrument is certified for use in explosive atmospheres. The manufacturer shall provide a certificate to show compliance when certification is 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 be 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 as type tests. Certain tests may be considered as acceptance tests by agreement between the customer and the manufacturer.

When performing radiation tests described in this standard the reference point of the instrument shall be placed at the point of measurement, and 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 shown in Table 1. For those tests performed outside the 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 shall be stated.

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	¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ^{a)}
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^{a)}
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa ^{a)}
Gamma radiation background	"Low" background: 0,05 µSv h ⁻¹ "High" background: 0,15 µSv h ⁻¹	"Low" background: 0,05 µSv h ⁻¹ ±50 % "High" background: 0,15 µSv h ⁻¹ ±20 %
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
NOTE The characteristics of, and dosimetry methods for, the reference photon radiations are given in ISO 4037-1, ISO 4037-2, and ISO 4037-3.		
^{a)} 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.		

5.3 Reference gamma radiation background

The instruments addressed by this standard are able to detect small variations in the range of the natural background. Special care should be taken to check the performances over levels of background commonly encountered.

For the purpose of some tests 2 levels of background are considered:

- "low" background level of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($\pm 50 \%$);
- "high" background level of $0,15 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($\pm 20 \%$).

It is important that, for the limited spectrometric based function (see 7.1 and 7.3), the spectral distribution of the background shall be realistic and represents a wide range of areas where the instruments are likely to be used. The levels and appropriate spectra shape can be created for the testing purpose by, e.g., granite blocks, ceramic tiles, etc.

5.4 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 average 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 alarms (source indication)

6.1.1 Requirements

The number of source-indication false alarms shall not exceed 1 per hour. The length of each false alarm shall not exceed 3 s.

6.1.2 Test method

The alarm threshold settings used in this test and in 6.2 shall be the same.

Test shall be carried out at "low" and "high" background conditions with the instrument being monitored for 10 h.

The number of false source indication alarms during this period shall not exceed 10 for each instrument tested over the 10 h period. The length of each false alarm shall not exceed 3 s.

6.2 Source alarm and response time

6.2.1 Requirements

The instrument shall alarm when it is exposed to an increase of the ambient dose equivalent rate equal or greater than $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ within 3 s of the step change. In addition, the displayed ambient dose equivalent rate indication shall be within $\pm 30 \%$ of the changed ambient dose equivalent rate within 5 s of the change. The requirement should be met for ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co sources.

6.2.2 Test method

This test shall be made after the false alarm test (6.1) and using the same settings as for the false alarm test.

Turn on the instrument in the "high" background condition. Increase the dose equivalent rate by $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ within 1 s using the ^{137}Cs source. Observe the instrument's response. The alarm shall be activated within 3 s of the step change, and the indicated ambient dose equivalent rate shall be within $\pm 30 \%$ of the radiation level within 5 s of the change. The alarm

shall then be acknowledged and the process repeated nine additional times. Results are acceptable when the alarm is activated at least 9 out of 10 exposures.

The test shall be repeated with the ^{241}Am and ^{60}Co sources.

The test shall be repeated for the “low” background condition.

6.3 Personal protection alarm and response time

6.3.1 Requirements

The instrument shall alarm when it is exposed to an increase in the ambient radiation level greater than personal protection alarm threshold within 2 s of the step change.

6.3.2 Test method

Using a ^{137}Cs source, increase the ambient dose equivalent rate at the reference position to 30 % above the personal-protection threshold (e.g., threshold of $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$). This shall trigger a personal protection alarm in less than 2 s.

6.4 Ambient dose equivalent rate indication

6.4.1 Requirements

Under standard test conditions, the response of the instrument to the reference photon radiation shall not exceed $\pm 30 \%$ for all ambient dose equivalent rates from $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ up to the upper stated limit.

6.4.2 Test method

Before and after the tests, take the instrument's background reading and determine the mean background reading. Expose the instrument to ambient dose equivalent rates from test sources of $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$, $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$, $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ and 80 % of stated upper limit and determine the response subtracting the mean background. Verify that the response for all exposures are within the stated requirement.

The test shall be performed with ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co reference sources.

6.5 Over range characteristics for ambient dose equivalent rate indication

6.5.1 Requirements

The instrument shall indicate that an over range condition exists when the ambient dose equivalent rate is greater than the manufacturer's stated maximum ambient dose equivalent rate.

6.5.2 Test method

Using a ^{137}Cs source, expose the instrument to a step change in the ambient dose equivalent rate from ambient radiation levels to 10 times that of the manufacturer-stated maximum ambient dose equivalent rate or 1 mSv h^{-1} , whichever is greater. 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.

7 Additional functions

7.1 General

All tests in Clause 7 are optional, but shall be done if the instrument has these functions.

7.2 Rejecting natural background variation encountered when used in movement

7.2.1 Objective and general requirements

The purpose of this function is to avoid alarms caused by sudden natural background level changes that may occur for example upon entering a building, walking on a granite pavement, or coming into close proximity of a ceramic tile wall.

This function shall not restrict the detection capability as stated in 6.2.

The user shall have the option to disable this function.

7.2.2 Test method

Using the same settings as for the false alarm test and response time test, expose the device to “low” background condition during the warm-up (and/or setup) time stated by the manufacturer. Change to “high” background condition within 2 s. No alarm shall occur for at least 8 out of 10 trials.

Verify that the reference isotopes detection capability remains unchanged by repeating the source alarm and response time test from 6.2 with this function enabled.

7.3 Source categorization

7.3.1 Requirements

The purpose of this function is to allow the user to discriminate NORM and medical radionuclides from all other possible types of radioactive materials. If the device has this capability then it shall indicate the categorization as NORM or medical and give a warning message such as “other - need additional investigation” for all other cases.

The manufacturer shall list the claimed radionuclides of each category. The list should include:

Medical: ^{99m}Tc , ^{67}Ga , ^{131}I , ^{111}In , ^{201}Tl

NORM: ^{40}K , ^{232}Th and daughters, ^{226}Ra and daughters

7.3.2 Test method

In the “high background” condition expose the instrument to each of the radionuclides stated by the manufacturer and verify that the radionuclides are categorized correctly. Repeat this measurement using WGPu, HEU, ^{137}Cs , ^{60}Co to verify these radionuclides are not confused with NORM and medical sources. The ambient dose equivalent rate at the detector from each source shall be $0,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($\pm 30\%$) above background. The acquisition duration should be as stated by the manufacturer or as self-indicated by the device.

The test shall consist of 10 trials for each radionuclide. The performance is acceptable if the instrument correctly indicates the category for each trial.

NOTE For this standard:

– HEU has an enrichment of approximately 93,5 % ^{235}U ,

- WGPu has an enrichment ≤ 6 % of ^{240}Pu .

8 Environmental, mechanical and electrical performance requirements

8.1 Temperature tests

8.1.1 Requirements

Over the range of temperature from -20 °C to $+50$ °C, the instrument shall function correctly and alarm for an increase of $0,05$ $\mu\text{Sv h}^{-1}$ over ambient background. As a result of the temperature change, the indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the dose equivalent rate shall not change by more than ± 30 %.

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.

8.1.2 Test method

Before starting each test the instrument shall be placed in an environment with a temperature of 20 °C ± 2 °C for a period of 1 h. 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 $+50$ °C ± 2 °C and once to the low temperature extreme of -20 °C ± 2 °C applying the following procedure:

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

During the test the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05$ $\mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm (this should be verified periodically throughout the test if the verification is not possible all the time). If the radionuclide identification is available it shall correctly identify the source.

The instrument shall be either directly placed in an environmental chamber that has been equilibrated to the extreme temperature (high or low) or it shall be introduced in the chamber at 20 °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 1 h. At the end of this part of the test, the instrument shall be placed in the same manner at a temperature of 20 °C ± 2 °C for a period of 1 h and the reading of the instrument at the end of that interval shall be recorded. The reading shall not change by more than ± 30 %.

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

During the test the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05$ $\mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm (this should be verified periodically throughout the test if the verification is not possible all the time). If the radionuclide identification is available it shall correctly identify the source.

The instrument shall be placed in an environmental chamber at a temperature of 20 °C ± 2 °C. The temperature shall then be linearly changed to the extreme temperature (high or low) at a rate of approximately 10 °C 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 ± 30 %.

8.2 Humidity tests

8.2.1 Requirements

Over the range of relative humidity from 40 % up to 93 % at 35 °C, the instrument shall function correctly and alarm for an increase of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over ambient background. As a result of the humidity change, the indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the dose equivalent rate shall not change by more than ± 30 %.

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

8.2.2 Test method

During the test the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm (this should be verified periodically throughout the test if the verification is not possible all the time). If the radionuclide identification is available it shall correctly identify the source.

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 1 h. Any reading changes occurring during this time period shall be recorded. The temperature and relative humidity shall then be linearly increased to $+35 \text{ °C}$ and 93 %, respectively, at a rate of approximately 10 % relative humidity per h. 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 reading of the device shall not change by more than ± 30 %.

The relative humidity shall then be reduced to 40 %, at the rate given above, while maintaining the temperature at $+35 \text{ °C}$. Reading changes occurring during this time period shall be recorded. The reading of the device shall not change by more than ± 30 %.

8.3 Dust and moisture resistance tests

8.3.1 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 such a quantity to interfere with satisfactory operation of the instrument or to impair safety. Water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects.

As a result of each of dust and moisture tests, the instrument shall function correctly and alarm for an increase of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over ambient background. The indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the dose equivalent rate shall not change by more than ± 30 %. There shall be no visible external 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.

8.3.2 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.

The instrument shall then be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30 \%$.

After the exposure, the alarm function shall be verified followed by an inspection to determine the extent of dust ingress. Particular attention shall be paid 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.

8.3.3 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 $5 \text{ }^\circ\text{C}$ 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 instrument shall then be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30 \%$ from the pre-exposure values. An inspection of the instrument including the battery compartment shall be carried out in order to ensure that moisture did not penetrate 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 $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$.

8.4 Mechanical tests

8.4.1 General

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 upon its response.

8.4.2 Drop test

8.4.2.1 Requirements

The instrument shall withstand dropping from a height of 0,3 m onto a hardwood surface. The physical condition and functionality of the instrument shall not be affected by the dropping.

8.4.2.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

The instrument shall then be dropped from a height of 0,3 m onto a hardwood surface on each of its six surfaces.

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

The instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30 \%$ from the values of the original reading prior to the test.

8.4.3 Vibration test

8.4.3.1 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 exposure (e.g., solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

8.4.3.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

Conduct an external examination (visual inspection) and ensure 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.

The instrument shall be subjected to the vibration for a period of 1 h in each of three orthogonal orientations. After each 1 h vibration interval, the instrument shall alarm and the reading of the device shall not change by more than $\pm 30 \%$ from the values of the original reading prior to the test when exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation.

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 shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30 \%$ from the values of the original reading prior to the test.

8.5 Impact (microphonics) tests

8.5.1 Requirements

The instrument's response shall be unaffected by microphonic conditions such as those arising from low intensity impacts resulting from sharp contact with hard surfaces.

8.5.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

Using an appropriate test device (e.g., spring hammer), expose the instrument case to 3 impacts at an intensity of 0,2 J. 0,2 J is equivalent to a mass of 0,2 kg moving at $1,4 \text{ m s}^{-1}$ or falling over a distance of 0,1 m (IEC 60068-2-75). The test shall be performed on each side

of the instrument case while observing the response. The instrument's response shall be unaffected (remain within $\pm 30\%$ of the pre-test values) by the impacts and shall not alarm.

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 shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05\ \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30\%$ from the values of the original reading prior to the test.

8.6 Electrical tests

The following tests are intended to determine the electrical and electronic properties of the instrument and effects upon its response.

8.6.1 Battery test

8.6.1.1 Requirements

- Each instrument should operate on standard rechargeable and/or non-rechargeable batteries.
- With new or fully charged batteries of the type recommended by the manufacturer, the battery life shall be greater than 16 h under no alarm conditions.
- Under continuous alarm conditions the battery lifetime should be greater than 30 min.
- A low battery indicator shall be provided to inform the user that the batteries need to be replaced or recharged. The device shall be fully operating until low-battery indication is activated.

8.6.1.2 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 a ^{137}Cs source and note the reading. Leave the instrument on and after a period of 16 h repeat the measurement. The average reading from the second exposure shall be within $\pm 30\%$ of the initial average reading. The instrument shall not display the low-battery indication at the end of the 16 h period.

To verify requirement "c", ensure that the batteries are fully charged and after allowing the instrument to warm up, expose the instrument to a ^{137}Cs source field that activates the alarm. The alarm shall remain functional for a minimum of 30 min. The instrument shall not display the low-battery indication at the end of the 30 min period.

To verify requirement "d", replace the batteries with a DC power supply with the correct impedance. Reduce the applied voltage to the level that activates the low-battery indicator. Increase the voltage until the low-battery indication fades away. Expose the instrument to a ^{137}Cs source and note the reading. This shall be within 30% of the initial reading taken at "b" above.

8.6.2 Electrostatic discharge test

8.6.2.1 Requirements

The instrument shall function properly after exposure to contact discharges at intensities of up to 6 kV.

8.6.2.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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 1 s 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 be exposed to a ^{137}Cs source producing an ambient dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30\%$ of the pre-test values.

8.6.3 Radio frequency

8.6.3.1 Requirements

The instrument shall 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 20 V m^{-1} (or 10 V m^{-1} at 3 orthogonal orientations).

8.6.3.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing a dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

Place the instrument in an RF controlled environment and expose it in only one orientation to an RF field of 20 V m^{-1} in the frequency range from 80 MHz to 1 000 MHz by steps of 1 % of the fundamental frequency and from 1,4 GHz to 2,5 GHz by steps of 0,1 GHz (see IEC 61000-4-3), measured without an instrument present in the irradiation area. No alarms or other response or functional changes shall occur due to the RF exposure alone. If the initial test at a single orientation at 20 V m^{-1} fails, an additional testing at 3 orthogonal orientations at 10 V m^{-1} is permitted.

After the test the control functions shall be verified to be operating correctly.

The instrument shall be exposed to a ^{137}Cs source producing an ambient dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30\%$ of the pre-test values.

8.7 Radiated emissions

8.7.1 Requirements

RF emissions from an instrument shall be such that the emissions do not 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.

Table 2 – Radiated RF emission limits

Emission frequency range MHz	Field strength μV/m
30–88	100
88–216	150
216–960	200
Above 960	500

8.7.2 Test method

Place the instrument in a shielded room or chamber, as appropriate. Place an antenna at 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 those limits given in Table 2.

8.8 Conducted disturbances

8.8.1 Requirements

The instrument shall not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument through an external conducting cable. Instruments that do not have any external conducting cable are excluded.

8.8.2 Test method

Without the addition of radiation test sources, expose the instrument to a RF field, 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave, over the frequency range of 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 (for details, see IEC 61000-4-6).

If susceptibilities are indicated by substantial changes in the indicated readings (deviations exceeding ±30 % of the initial average gamma-ray readings) or other operational changes such as alarm activation, the RF exposure shall be repeated over the range of susceptibility.

The results are acceptable if no alarms, spurious indications, or reproducible changes in response occur that exceed ±30 % of the initial indicated value.

8.9 Magnetic fields

8.9.1 Requirements

The instrument shall be fully functional when exposed to a 30 A m⁻¹ 50 Hz – 60 Hz magnetic field.

8.9.2 Test method

Prior to the test, the instrument shall be exposed to a ¹³⁷Cs source producing a dose equivalent rate of 0,05 μSv h⁻¹ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

Expose the instrument to a 30 A m^{-1} 50 Hz (or 60 Hz if applicable) magnetic field. The exposure shall be done in at least two orientations (0° and 90°) relative to the field lines. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30\%$.

After the test, the control functions shall be verified to be operating correctly.

The instrument shall then be exposed to a ^{137}Cs source producing an ambient dose equivalent rate of $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm. The reading of the device shall not change by more than $\pm 30\%$ of the pre-test values.

9 Documentation

9.1 General

This Clause specifies the requirements for documentation.

9.2 Type test report

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

9.3 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 e-mail address
- Type of instrument (model number and serial number), type of detector, types of radiation the instrument is designed to measure and software version
- Range of dose equivalent 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
- Response of the instrument to different appropriate radiation energies
- Results of tests for accuracy, linearity and lower limit of detection
- Mass and dimensions of the instrument
- Power supply (battery) requirements
- Results of tests under radiation, environmental, electrical and mechanical tests conditions
- Declaration of conformity with respect to this standard, IEC 62533.

9.4 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
- Trouble shooting guide.

Bibliography

IEC 60846-1:2009, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors*

IEC 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*

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 (PRD) for detection of illicit trafficking of radioactive material*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	30
1 Domaine d'application et objet.....	32
2 Références normatives.....	32
3 Termes, définitions, abréviations, grandeurs et unités.....	33
3.1 Termes et définitions.....	33
3.2 Abréviations.....	36
3.3 Grandeurs et unités.....	37
4 Exigences générales.....	37
4.1 Caractéristiques générales.....	37
4.2 Configuration physique.....	37
4.3 Informations de base.....	37
4.4 Interface de communication.....	38
4.5 Interface utilisateur.....	38
4.6 Temps de chauffage.....	38
4.7 Marquages.....	39
4.8 Alimentation électrique.....	39
4.9 Protection des commandes.....	39
4.10 Indication du débit d'équivalent de dose ambiant photonique.....	39
4.11 Alarmes.....	40
4.12 Gamme effective de mesures.....	40
4.13 Dépendance angulaire.....	40
4.14 Atmosphères explosives.....	40
4.15 Caractéristiques de l'indication.....	40
5 Procédure générale d'essai.....	40
5.1 Nature de l'essai.....	40
5.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	41
5.3 Bruit de fond du rayonnement gamma de référence.....	41
5.4 Fluctuations statistiques.....	42
6 Essais de rayonnement.....	42
6.1 Taux de fausses alarmes (indication de présence de source).....	42
6.2 Alarme de présence de source et temps de réponse.....	42
6.3 Alarme de protection des personnes et temps de réponse.....	43
6.4 Indication du débit d'équivalent de dose ambiant.....	43
6.5 Caractéristiques de surcharge de l'indication de débit d'équivalent de dose ambiant.....	43
7 Fonctions supplémentaires.....	44
7.1 Généralités.....	44
7.2 Elimination des variations du bruit de fond naturel rencontrées lors d'une utilisation pendant un déplacement.....	44
7.3 Catégorisation des sources.....	44
8 Exigences d'aptitudes environnementales, mécaniques et électriques.....	45
8.1 Essais en température.....	45
8.2 Essais d'humidité.....	46
8.3 Essais de résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau.....	46
8.4 Essais mécaniques.....	48
8.5 Impact (essai microphonique).....	49

8.6	Essais électriques	49
8.7	Emissions rayonnées	51
8.8	Perturbations conduites	51
8.9	Champs magnétiques	52
9	Documentation	52
9.1	Généralités.....	52
9.2	Rapport d'essais de type	52
9.3	Certificat	52
9.4	Manuels d'utilisation et de maintenance	53
	Bibliographie.....	54
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	41
	Tableau 2 – Limites d'émissions RF rayonnées.....	51

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS PORTABLES DE HAUTE SENSIBILITÉ POUR LA DÉTECTION PHOTONIQUE 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 62533 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/640/FDIS	45B/654/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 PHOTONIQUE 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 photons. Ces instruments sont très sensibles, ce qui signifie qu'ils sont conçus pour détecter de faibles variations dans le domaine du bruit de fond photonique habituel, qui peuvent avoir pour origine principale un transport illicite ou des mouvements involontaires de substances radioactives. En comparaison avec les dispositifs de poche (voir la CEI 62401), ces instruments à haute sensibilité permettent le balayage d'objets de plus grand volume tels que des véhicules ou des conteneurs. Ces instruments peuvent aussi être utilisés de manière fixe ou temporairement fixe pour surveiller des points de contrôle ou des emplacements critiques.

Ces instruments fournissent aussi une indication du débit d'équivalent de dose ambiant d'un rayonnement photonique. Cependant, la présente norme ne s'applique pas aux performances de l'instrumentation de radioprotection, qui est couverte par les CEI 60846-1 et CEI 61526.

Ces instruments peuvent fournir des fonctions supplémentaires telles que décrites ci-dessous, sans posséder toutes les caractéristiques des dispositifs d'identification portables et spécialisés, tels que définis dans la CEI 62327:

- élimination des variations du bruit de fond naturel, rencontrées lors d'une utilisation pendant un déplacement;
- discrimination des alarmes selon leur intérêt, entre alarmes provoquées par une matière radioactive présente dans la nature (NORM, en anglais *naturally occurring radioactive material*), ou alarmes provoquées par un radionucléide d'origine médicale;
- fourniture de données de catégorisation de source (y compris des spectres photoniques limités) à un emplacement éloigné.

L'objet de la présente norme est d'établir des exigences d'aptitude à la fonction incluant les caractéristiques physiques, les conditions générales d'essai, les caractéristiques de rayonnement, les caractéristiques de sécurité électrique et les conditions environnementales. La présente norme fournit des exemples de méthodes d'essai acceptables, permettant de déterminer si un instrument est conforme aux exigences de la présente norme. Les résultats des essais donnent des informations aux utilisateurs sur l'aptitude des instruments de détection de rayonnement à détecter de manière fiable des sources photoniques.

L'obtention de performances opérationnelles qui répondent ou dépassent les spécifications établies dans la présente norme dépend de l'établissement correct des paramètres opérationnels appropriés, d'un étalonnage maintenu, de la mise en œuvre d'un programme adéquat d'essai de réponse et d'un programme de maintenance, de la formation pertinente des opérateurs et du développement de procédures opératoires établissant les limitations et l'aptitude de l'instrument.

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 (VEI) – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

CEI 60068-2-75:1997, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

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

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

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

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

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*

Bureau International des Poids et Mesures: Le Système international d'unités (SI), 8^{ème} édition, 2006

3 Termes, définitions, abréviations, grandeurs et unités

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants, ainsi que ceux qui sont donnés dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394, s'appliquent.

3.1.1

niveau acoustique pondéré A

fréquence pondérée d'un spectre acoustique, en accord avec la courbe normalisée de réponse en fréquence basée sur la réponse en fréquence de l'oreille humaine

3.1.2

alarme

signal sonore, visuel ou autre, activé lorsque la lecture de l'instrument excède une valeur prééglée ou sortant d'un domaine déterminé

[VEI 393-18-03, modifiée]

3.1.3

équivalent de dose ambiant, $H_x(10)$

équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement, produit par le champ unidirectionnel et expansé correspondant, dans la sphère de la CIUR à une profondeur de 10 mm, sur le rayon opposé à la direction du champ unidirectionnel

[Rapport CIUR 39]

NOTE 1 Lors de la définition de ces grandeurs, il est utile de spécifier certains champs de rayonnement qui sont dérivés du champ de rayonnement réel. Les termes "expansé" et "unidirectionnel" sont utilisés pour caractériser ces champs de rayonnement dérivés. Dans le champ expansé, la fluence et ses distributions angulaire et énergétique ont, dans tout le volume étudié, les mêmes valeurs que dans le champ réel au point de référence. Dans le champ unidirectionnel et expansé, la fluence et sa distribution énergétique sont les mêmes que dans le champ expansé, mais la fluence est unidirectionnelle.

NOTE 2 La sphère de la CIUR (voir Rapport CIUR 33) est une sphère en matériau équivalent au tissu, de masse volumique 1 g/cm^3 et de 30 cm de diamètre, dont la composition massique est celle du tissu équivalent (voir VEI 393-14-78).

NOTE 3 La profondeur recommandée d , pour la surveillance environnementale en termes de $H_x(d)$ est 10 mm, et $H_x(d)$ peut alors s'écrire $H_x(10)$.

NOTE 4 Un instrument qui a une réponse isotrope et qui est étalonné en termes de $H_x(d)$ mesurera $H_x(d)$ dans des champs de rayonnement qui sont uniformes par rapport aux dimensions de l'instrument.

NOTE 5 La définition de $H_x(d)$ exige que la conception de l'instrument tienne compte de la rétrodiffusion.

[VEI 393-14-95]

3.1.4

débit d'équivalent de dose ambiant, $\dot{H}_x(10)$

quotient de l'équivalent de dose ambiant à la profondeur recommandée pour la surveillance environnementale de 10 mm $dH_x(10)$ par dt , où $dH_x(10)$ est l'incrément de l'équivalent de dose ambiant dans l'intervalle de temps dt

$$\dot{H}_x(10) = \frac{dH_x(10)}{dt}$$

3.1.5

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

3.1.6

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

valeur attribuée à une grandeur particulière et acceptée parfois par convention, ayant une incertitude appropriée à un usage donné

NOTE 1 La "valeur conventionnellement vraie d'une grandeur" est parfois appelée "valeur assignée", "meilleure estimation de la valeur", "valeur conventionnelle" ou "valeur de référence".

NOTE 2 Une valeur conventionnellement vraie est, en général, considérée comme suffisamment proche de la valeur vraie pour que la différence soit insignifiante pour le but donné. Par exemple, une valeur déterminée à partir d'un étalon primaire ou secondaire ou à partir d'un instrument de référence, peut être prise égale à la valeur conventionnellement vraie.

[VEI 394-40-10, modifiée]

3.1.7

étendue effective de mesure

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

NOTE Dans certains domaines, la différence entre les valeurs la plus grande et la plus petite est appelée gamme.

[VEI 394-40-16]

3.1.8

fausse alarme

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

3.1.9

essai fonctionnel

essai réalisé pour vérifier que l'activation de l'alarme et la détection de rayonnement sont acceptables

3.1.10

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

3.1.11

constructeur

inclut le concepteur du matériel

3.1.12

point de mesure

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

3.1.13

client

inclut l'utilisateur du matériel

3.1.14

matière/substance radioactive

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

3.1.15

lecture

valeur affichée et/ou enregistrée avec ses unités, par l'instrument comme un résultat de la réponse de l'instrument à une grandeur d'influence donnée

3.1.16

point de référence d'un instrument

repère physique, sur un équipement, qui représente l'emplacement de l'instrument pour la réalisation de l'étalonnage et des essais

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

[VEI 394-40-15, modifiée]

3.1.17

erreur relative, $\varepsilon_{REL}(\%)$

erreur de la mesure divisée par la valeur vraie du mesurande

NOTE Puisque la valeur vraie ne peut être déterminée, on utilise en pratique une valeur conventionnellement vraie.

[VEI 394-40-11]

3.1.18

réponse, R

rapport de la lecture de l'instrument sur la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée

3.1.19

mode restreint (ou expert)

mode de fonctionnement avancé utilisé par un expert pour avoir accès et contrôler les paramètres qui peuvent affecter le résultat d'une mesure (par exemple des seuils d'alarme). Il convient que l'accès à ce mode soit restreint par une protection par mot de passe ou autres méthodes similaires

NOTE Ce mode peut aussi être appelé "mode avancé" ou "mode protégé".

3.1.20

écart type

racine carrée positive de la variance

3.1.21

essai de type

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

[VEI 394-40-02]

3.1.22

essai individuel de série

essai de conformité auquel chaque appareil est soumis individuellement, pendant ou après sa fabrication

[VEI 394-40-03]

3.1.23

essai de réception

essai contractuel pour prouver au client que l'appareil est conforme à certaines spécifications

[VEI 394-40-05]

3.1.24

variance, σ^2

mesure de la dispersion, qui est la somme des carrés des écarts des observations x_i par rapport à leur moyenne \bar{x} , divisée par le nombre d'observations n moins 1

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

3.2 Abréviations

3.2.1

HEU

uranium fortement enrichi (en anglais *highly enriched uranium*)

3.2.2

NORM

matière radioactive présente dans la nature

3.2.3

RF

radiofréquence

3.2.4 WGPu

plutonium enrichi de grade "militaire" (en anglais *weapons grade plutonium*)

3.3 Grandeurs et unités

Les unités du Système International (SI) sont utilisées dans la présente norme¹. Les définitions des grandeurs relatives aux rayonnements sont données dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre parenthèses.

Cependant, les unités suivantes peuvent également être utilisées:

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

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 photons. Ces instruments sont portables et alimentés par batterie. Ils possèdent une capacité de détection significativement plus élevée que les dispositifs de poche, qui leur permet d'être utilisés pour des recherches autour d'objets de plus grand volume, tels que des véhicules et des conteneurs.

4.2 Configuration physique

La conception de l'enveloppe 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 de projections d'eau. Pour l'IP 53, la pénétration de poussières n'est pas totalement évitée, mais les poussières ne doivent pas pénétrer dans l'enveloppe de l'instrument 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 dangereux.

Les commandes et les réglages qui peuvent 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 visuels et/ou sonores sans avoir à utiliser des sources de rayonnement.

4.3 Informations 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.

¹ Bureau International des Poids et Mesures: *Le Système international d'unités (SI)*, 8^{ème} édition, 2006.

4.3.2 Type de détecteur de rayonnement

Le constructeur doit fournir les informations décrivant les types de détecteur de rayonnement utilisés (par exemple, NaI(Tl)).

4.3.3 Dimensions

Les dimensions de l'instrument doivent être spécifiées par le constructeur.

4.3.4 Poids

Le poids ou la masse de l'instrument doit être spécifié(e) par le constructeur, et il convient de ne pas excéder 3 kg.

4.4 Interface de communication

L'instrument doit posséder la capacité de transférer des données, telles que l'indication de débit d'équivalent de dose ambiant, le taux de comptage, la catégorisation de la source et les spectres photoniques limités éventuels, vers un autre dispositif tel qu'un ordinateur personnel. Le constructeur doit fournir une spécification du format de transfert des données.

4.5 Interface utilisateur

Les caractéristiques suivantes sont essentielles ou souhaitables:

a) les caractéristiques suivantes doivent être effectives:

- simplicité d'utilisation pour des utilisateurs non spécialistes, et commandes intuitives pour les fonctionnements usuels;
- alarmes de rayonnement photonique avec signal visuel et sonore;
- indicateur de source: signal visuel et/ou sonore qui est fonction de l'intensité du champ de rayonnement (par exemple, accroissement de la fréquence, ou du nombre de bips lorsque le signal du rayonnement augmente pour libérer la vue et permettre ainsi la recherche et la localisation);
- affichage lisible dans toutes les conditions d'éclairage, y compris dans l'obscurité;
- commandes et commutateurs qui sont conçus de sorte à minimiser les fonctionnements accidentels;
- capacités de diagnostic;
- indication de l'état des batteries;
- aptitude à fonctionner lorsque l'utilisateur porte des gants (généralement les gants utilisés pour une protection thermique).

b) il convient que les caractéristiques suivantes soient fournies:

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

4.6 Temps de chauffage

Le constructeur doit établir la durée nécessaire pour que l'instrument devienne pleinement fonctionnel. La durée maximale doit être inférieure à 2 min. Si le dispositif inclut des caractéristiques de spectrométrie limitées, une durée de stabilisation jusqu'à 5 min est permise. Une indication doit être fournie à l'utilisateur pendant la durée où l'instrument n'est pas totalement prêt.

4.7 Marquages

4.7.1 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 identifiées dans le manuel technique. Les marquages externes doivent être aisément lisibles et permanents dans les conditions normales d'utilisation.

4.7.2 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.

4.8 Alimentation électrique

4.8.1 Exigences

L'instrument doit être équipé d'un circuit d'essai ou de toute autre indication directe visible 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 déterminer cette durée.

4.8.2 Alimentation externe c.c. ou c.a.

L'instrument doit être capable de fonctionner avec une source électrique externe cc ou 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:

- a) Une alimentation nominale de 12 V courant continu, telle qu'obtenue à partir du système électrique 12 V d'un véhicule.
- b) Une batterie portable, telles que celles qui peuvent être portées en sacoche, qui fournit 4 V à 28 V courant continu.
- c) Une alimentation régulée 12 V courant continu fonctionnant à partir du réseau.
- d) Une alimentation électrique monophasée 100 V à 240 V courant alternatif et 50 Hz à 60 Hz.

4.9 Protection des commandes

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

4.10 Indication du débit d'équivalent de dose ambiant photonique

L'instrument doit fournir une indication du débit d'équivalent de dose ambiant.

4.11 Alarmes

4.11.1 Alarme d'indication de présence de source

Une alarme d'indication de présence de source doit être fournie lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant ou le taux de comptage est supérieur au seuil d'alarme de l'instrument. Ce seuil d'alarme doit être calculé automatiquement par l'instrument à partir de la mesure du bruit de fond, en utilisant des techniques telles qu'un incrément du débit d'équivalent de dose, un incrément de taux de comptage ou une valeur multiplicative appliquée à l'écart type du bruit de fond mesuré, définis par l'utilisateur. L'alarme doit être visuelle et/ou sonore (ou par des vibrations). Il ne doit pas être possible de commuter en position "arrêt" et en même temps, toutes les indications d'alarmes.

4.11.2 Alarme de protection des personnes

Une alarme doit être fournie pour alerter l'utilisateur quand le débit d'équivalent de dose ambiant indiqué est supérieur au niveau de seuil sélectionné par l'utilisateur. L'alarme doit être visuelle et sonore (ou par des vibrations), et elle doit être réglable dans le mode restreint. L'alarme doit posséder un acquittement ou une commande similaire pour contrôler la fonction sonore. Il ne doit pas être possible de commuter en position "arrêt" et en même temps, toutes les indications d'alarmes. Cette alarme doit être différente et différenciable de l'alarme d'indication de présence de source.

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

4.12 Gamme effective de mesures

La gamme effective de réponse aux énergies photoniques doit être établie par le constructeur, et elle doit inclure l'étendue allant de 45 keV à 1,5 MeV.

Le constructeur doit aussi établir la gamme de mesures du débit d'équivalent de dose ambiant photonique. La gamme doit être au moins étendue de $0,02 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$.

4.13 Dépendance angulaire

Le constructeur doit établir la dépendance angulaire de 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 de l'indication

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

Tous les indicateurs d'alarme doivent être réinitialisés automatiquement ou manuellement, comme défini par 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 doivent être considérés comme 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 de rayonnement tels que décrits dans la présente norme, le point de référence de l'instrument doit être placé au point de mesure, et l'instrument doit être orienté par rapport à la direction de la source de rayonnement, comme indiqué par 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 dans les conditions normales d'essai données au Tableau 1. Pour les essais réalisés hors des conditions normales d'essai, les valeurs de température, de pression et d'humidité relative doivent être établies, et les corrections appropriées doivent être apportées pour donner la réponse dans les conditions de référence. Les valeurs de toutes les corrections doivent être établies.

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

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du constructeur)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du constructeur)
Source de rayonnement gamma de référence	^{137}Cs	^{137}Cs
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C ^{a)}
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % ^{a)}
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à 106 kPa ^{a)}
Bruit de fond du rayonnement gamma	Bruit de fond "faible": 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ Bruit de fond "élevé": 0,15 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	Bruit de fond "faible": 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ± 50 % Bruit de fond "élevé": 0,15 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ± 20 %
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Moins que la plus faible valeur qui produit des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Commandes de l'ensemble	Réglées pour un fonctionnement normal	Réglées pour un fonctionnement normal
Contamination par des radionucléides	Négligeable	Négligeable
NOTE Les caractéristiques ainsi que les méthodes de dosimétrie pour les rayonnements photoniques de référence sont données dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, et l'ISO 4037-3.		
^{a)} Les valeurs du tableau sont destinées aux essais réalisés dans des climats tempérés. Sous d'autres climats, les valeurs réelles des grandeurs au moment de l'essai doivent être établies.		

5.3 Bruit de fond du rayonnement gamma de référence

Les instruments couverts par la présente norme sont capables de détecter des faibles variations dans l'étendue du bruit de fond naturel. Il convient de prendre des précautions particulières pour contrôler les performances pour des niveaux de bruit de fond communément rencontrés.

Pour cela, 2 niveaux d'essai sont considérés pour certains essais:

- niveau "faible" de bruit de fond de 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (± 50 %);
- niveau "élevé" de bruit de fond de 0,15 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ (± 20 %).

Il importe que, pour la fonction de spectrométrie limitée (voir 7.1 et 7.3), la distribution spectrale du bruit de fond doit être réaliste et représente une large étendue d'emplacements où les instruments sont susceptibles d'être utilisés. Les niveaux et les formes spectrales appropriées peuvent être créés pour les essais, par exemple par des blocs de granite, des tuiles en céramique, etc.

5.4 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 pour la caractéristique objet de l'essai.

L'intervalle entre deux lectures doit être suffisant pour que ces lectures soient statistiquement indépendantes.

6 Essais de rayonnement

6.1 Taux de fausses alarmes (indication de présence de source)

6.1.1 Exigences

Le taux de fausses alarmes d'indication de présence de source doit être inférieur ou égal à 1 par heure. La durée de chaque fausse alarme ne doit pas excéder 3 s.

6.1.2 Méthode d'essai

Les réglages du seuil d'alarme utilisés dans cet essai doivent être identiques à ceux utilisés en 6.2.

L'essai doit être réalisé dans les conditions de bruit de fond "faible" et "élevé", en surveillant l'instrument pendant 10 h.

Le taux de fausses alarmes d'indication de présence de source doit être inférieur ou égal à 10 pour chaque instrument essayé sur une durée de 10 h. La durée de chaque fausse alarme ne doit pas excéder 3 s.

6.2 Alarme de présence de source et temps de réponse

6.2.1 Exigences

L'instrument doit indiquer la présence d'un champ de rayonnement pour un accroissement du débit d'équivalent de dose ambiant supérieur ou égal à $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ dans les 3 s suivant l'échelon d'accroissement. De plus, l'indication affichée de débit d'équivalent de dose ambiant doit être à $\pm 30\%$ du débit d'équivalent de dose ambiant modifié dans les 5 s suivant la modification. Il convient que cette exigence soit tenue pour les sources ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co .

6.2.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être effectué après l'essai de fausse alarme (6.1) et en utilisant les mêmes réglages que pour l'essai de fausse alarme.

Mettre l'instrument en marche dans les conditions de bruit de fond "élevé". Augmenter le débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ en 1 s en utilisant la source ^{137}Cs . Observer la réponse de l'instrument. L'alarme doit déclencher dans les 3 s suivant l'échelon de modification, et le débit d'équivalent de dose ambiant indiqué doit être dans les $\pm 30\%$ du niveau de rayonnement dans les 5 s suivant la modification. L'alarme doit alors être interrompue et le

processus doit être répété encore neuf fois. Les résultats sont acceptables si l'alarme est déclenchée pour au moins 9 des 10 expositions.

L'essai doit être répété avec les sources ^{241}Am et ^{60}Co .

L'essai doit être répété dans les conditions de bruit de fond "faible".

6.3 Alarme de protection des personnes et temps de réponse

6.3.1 Exigences

Quand l'instrument est exposé à une augmentation du niveau de rayonnement ambiant supérieure au seuil de l'alarme de protection des personnes, l'alarme de l'instrument doit déclencher dans les 2 s suivant l'échelon d'augmentation.

6.3.2 Méthode d'essai

En utilisant une source ^{137}Cs , augmenter le débit d'équivalent de dose ambiant de la position de référence jusqu'à 30 % au-dessus du seuil de protection des personnes (par exemple, seuil de $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$). Cela doit déclencher l'alarme de protection des personnes en moins de 2 s.

6.4 Indication du débit d'équivalent de dose ambiant

6.4.1 Exigences

Dans les conditions normalisées d'essai, la réponse de l'instrument au rayonnement photonique de référence ne doit pas être supérieure à $\pm 30\%$ pour tous les débits d'équivalents de dose ambiants entre $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ et la limite supérieure établie par le constructeur.

6.4.2 Méthode d'essai

Avant et après les essais, noter la lecture du bruit de fond donnée par l'instrument et déterminer la moyenne du bruit de fond. Exposer l'instrument à des débits d'équivalents de dose ambiants à partir des sources d'essai de $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$, $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$, $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ et 80 % de la limite supérieure établie par le constructeur, et déterminer la réponse en soustrayant la valeur moyenne du bruit de fond. Vérifier que la réponse pour toutes les expositions est conforme aux exigences établies.

L'essai doit être effectué avec les sources de référence ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co .

6.5 Caractéristiques de surcharge de l'indication de débit d'équivalent de dose ambiant

6.5.1 Exigences

L'instrument doit indiquer que l'état de surcharge existe quand le débit d'équivalent de dose ambiant est supérieur à la valeur maximale pour cette grandeur établie par le constructeur.

6.5.2 Méthode d'essai

En utilisant une source ^{137}Cs , exposer l'instrument à un échelon de modification du débit d'équivalent de dose ambiant à partir des niveaux de rayonnement ambiants, et jusqu'à 10 fois la valeur maximale établie par le constructeur ou 1mSv h^{-1} , la valeur la plus élevée prévalant. L'instrument doit indiquer que l'état de surcharge existe dans les 3 s suivant l'échelon de modification, et doit rester dans cet état pour toute la durée d'exposition (au minimum 5 min). Après au minimum 5 min d'exposition, réduire le champ de rayonnement à sa valeur d'avant essai. L'instrument doit fonctionner normalement dans les 5 min.

7 Fonctions supplémentaires

7.1 Généralités

Tous les essais de l'Article 7 sont optionnels, mais doivent être réalisés si l'instrument possède les fonctions considérées.

7.2 Elimination des variations du bruit de fond naturel rencontrées lors d'une utilisation pendant un déplacement

7.2.1 Objectifs et exigences générales

L'objet de cette fonction est d'éviter des alarmes provoquées par des variations soudaines du niveau du bruit de fond naturel, qui peuvent être rencontrées par exemple en entrant dans un bâtiment, en marchant sur un sol en pavés de granit ou à proximité d'un mur en tuiles de céramique.

Cette fonction ne doit pas restreindre l'aptitude de détection établie en 6.2.

L'utilisateur doit avoir la possibilité de désactiver cette fonction.

7.2.2 Méthode d'essai

En utilisant les mêmes réglages que pour l'essai de fausse alarme et l'essai de temps de réponse, exposer le dispositif à une condition de bruit de fond "faible" pendant le temps de chauffage (et/ou de réglage) établi par le constructeur. Passer en condition de bruit de fond "élevé" en moins de 2 s. Aucune alarme ne doit déclencher pour au moins 8 tentatives sur 10.

Vérifier que l'aptitude de détection des isotopes de référence est inchangée en répétant l'alarme de présence de source et l'essai de temps de réponse de 6.2, la fonction d'élimination étant active.

7.3 Catégorisation des sources

7.3.1 Exigences

L'objet de cette fonction est de permettre à l'utilisateur la discrimination des NORM et des radionucléides d'origine médicale des autres types possibles de matières radioactives. Si le dispositif a cette aptitude, il doit alors indiquer la catégorisation en NORM ou médical, et donner un message d'avertissement tel que "Autres - Nécessite une investigation complémentaire" pour tous les autres cas.

Le constructeur doit lister les radionucléides déclarés dans chaque catégorie. Il convient que cette liste inclue:

Médical: ^{99m}Tc , ^{67}Ga , ^{131}I , ^{111}In , ^{201}Tl

NORM: ^{40}K , ^{232}Th et filiation, ^{226}Ra et filiation

7.3.2 Méthode d'essai

Dans l'état de bruit de fond "élevé", exposer l'instrument à chacun des radionucléides établis par le constructeur, et vérifier que les radionucléides sont catégorisés correctement. Répéter cette mesure en utilisant WGPu, HEU, ^{137}Cs , ^{60}Co pour vérifier que ces radionucléides ne sont pas confondus avec des NORM ou des isotopes d'origine médicale. Pour chaque source, le débit d'équivalent de dose ambiant au niveau du détecteur doit être $0,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($\pm 30\%$) au-dessus du bruit de fond. Il convient que le temps d'acquisition soit établi par le constructeur ou indiqué par le dispositif lui-même.

L'essai doit consister en 10 tentatives pour chaque radionucléide. L'aptitude à la fonction est acceptable si l'instrument indique correctement la catégorie pour chaque tentative.

NOTE Pour la présente norme:

- HEU a un enrichissement d'environ 93,5 % ^{235}U ,
- WGPu a un enrichissement ≤ 6 % de ^{240}Pu .

8 Exigences d'aptitudes environnementales, mécaniques et électriques

8.1 Essais en température

8.1.1 Exigences

Sur la gamme de températures de -20 °C à $+50$ °C, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour un accroissement du rayonnement photonique de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du bruit de fond ambiant. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ou l'indication du débit d'équivalent de dose ne doit pas varier de ± 30 % du fait d'une variation de la température.

Il ne doit pas y avoir de dégradation externe visible de l'instrument, et le fonctionnement correct de toutes les fonctions de commande doit être vérifié.

Si le constructeur a établi une gamme de températures de fonctionnement plus étendue, l'aptitude de l'instrument à fonctionner correctement sur cette gamme étendue doit être essayée.

8.1.2 Méthode d'essai

Avant le début de chaque essai, l'instrument doit être placé dans un environnement à la température de 20 °C ± 2 °C pendant une durée de 1 h. Il convient que l'humidité relative de l'environnement soit inférieure à 65 %, afin d'éviter la condensation pendant l'essai.

Les essais de choc et montée/descente progressive en température doivent être réalisés une fois à la température élevée extrême de $+50$ °C ± 2 °C et une fois à la température basse extrême de -20 °C ± 2 °C, en appliquant la procédure suivante:

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

Pendant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et doit déclencher l'alarme (il convient que ceci soit vérifié périodiquement tout au long de l'essai, si la vérification n'est pas possible en permanence). Si l'identification du radionucléide est disponible, elle doit identifier correctement la source.

L'instrument doit être placé soit directement dans l'enceinte climatique dont l'équilibre est à la température extrême (haute ou basse), soit introduit dans l'enceinte à 20 °C, et ensuite la température de l'enceinte 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 1 h. A la fin de cette partie de l'essai, l'instrument doit être placé de la même manière à la température de 20 °C ± 2 °C pour une durée de 1 h, et la lecture de l'instrument à la fin de cette durée doit être enregistrée. Les lectures ne doivent pas varier de plus de ± 30 %.

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

Pendant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et doit déclencher l'alarme (il

convient que ceci soit vérifié périodiquement tout au long de l'essai, si la vérification n'est pas possible en permanence). Si l'identification du radionucléide est disponible, elle doit identifier correctement la source.

L'instrument doit être placé dans une enceinte climatique à une température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. La température doit alors être portée linéairement jusqu'à la température extrême (haute ou basse) à une vitesse d'approximativement 10 °C h^{-1} . Les variations de lecture apparaissant pendant la durée de la montée 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 $\pm 30\%$.

8.2 Essais d'humidité

8.2.1 Exigences

Sur la gamme d'humidité relative de 40 % à 93 % à 35 °C, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour un accroissement du rayonnement photonique de $0,05\text{ }\mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du bruit de fond ambiant. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ou l'indication du débit d'équivalent de dose ne doit pas varier de $\pm 30\%$ du fait d'une variation de l'humidité.

Il ne doit pas y avoir de dégradation externe visible de l'instrument, et le fonctionnement correct de toutes les fonctions de commande doit être vérifié.

8.2.2 Méthode d'essai

Pendant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05\text{ }\mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et doit déclencher l'alarme (il convient que ceci soit vérifié périodiquement tout au long de l'essai, si la vérification n'est pas possible en permanence). Si l'identification du radionucléide est disponible, elle doit identifier correctement la source.

L'instrument doit être placé dans une enceinte climatique à la température de $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ et sous une humidité relative d'approximativement 65 %, et laissé pour stabilisation pendant une durée de 1 h. 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 $+35\text{ °C}$ et 93 % HR, à une vitesse d'environ 10 % d'humidité relative 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. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30\%$.

L'humidité relative doit alors être réduite à 40 % à la vitesse indiquée ci-dessus, tandis que la température est maintenue à $+35\text{ °C}$. Les variations de lecture apparaissant pendant cette durée doivent être enregistrées. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30\%$.

8.3 Essais de résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau

8.3.1 Exigences

La conception de l'enveloppe 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 de 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 dangereux.

Après chacun des essais de poussière ou à la pénétration de l'eau, l'instrument doit fonctionner correctement et produire une alarme pour une augmentation du niveau de rayonnement photonique de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du bruit de fond ambiant. L'indication de l'intensité du champ de rayonnement ou l'indication du débit d'équivalent de dose ne doit pas varier de plus de $\pm 30\%$. Il ne doit pas y avoir de dégradation externe visible de l'instrument, et le fonctionnement correct de toutes les fonctions de commande doit être vérifié.

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

8.3.2 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 (ou de ciment portland) en suspension dans une chambre d'essai fermée. Il convient que la charge de poudre à utiliser soit de 2 kg m^{-3} 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 poussière pendant une durée de 1 h.

L'instrument doit alors être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La lecture moyenne de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30\%$.

Après l'exposition, la fonction d'alarme doit être vérifiée et suivie d'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 altérée.

8.3.3 Méthode d'essai – Humidité

L'essai doit être réalisé avec une seringue adéquate (voir CEI 60529, seringue de projection), avec une pression de l'eau ajustée pour un débit de $10 \text{ l min}^{-1} \pm 5\%$, 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 à l'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 $+60^\circ$ et -60° dans deux plans orthogonaux.

L'instrument doit alors être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. Les lectures du dispositif ne doivent pas varier de plus de $\pm 30\%$ par rapport aux valeurs avant exposition. Une inspection de l'instrument, compartiment de batteries inclus, doit être effectuée pour assurer que l'eau n'a pas pénétré dans l'instrument.

Pour les instruments qui sont conçus pour être utilisés dans des environnements de pulvérisation d'eau salée, cet essai doit être effectué en utilisant de l'eau salée avec une masse spécifique approximativement de $1,025 \text{ kg m}^{-3}$ à $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$.

8.4 Essais mécaniques

8.4.1 Généralités

Les exigences de l'Article 4 relatives à la taille, la masse, la construction de l'enveloppe, le marquage du point de référence et la protection du bouton de commutation, 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.

8.4.2 Essai de chute

8.4.2.1 Exigences

L'instrument doit résister à une chute d'une hauteur de 0,3 m sur une surface de bois dur. La condition physique et la fonctionnalité de l'instrument ne doivent pas être affectées par la chute.

8.4.2.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

L'instrument doit ensuite être lâché sur une surface de bois dur, à partir d'une hauteur de 0,3 m, et sur chacune de ses six faces.

Il ne doit pas y avoir de dégradation externe visible de l'instrument, et le fonctionnement correct des fonctions de commande doit être vérifié.

L'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La réponse de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30 \%$ par rapport à la lecture initiale avant l'essai.

8.4.3 Essai de vibration

8.4.3.1 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 verrous ne doivent pas être desserrés).

8.4.3.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

Un examen externe (inspection visuelle) doit être effectué, et le fonctionnement correct de l'instrument doit être vérifié. L'instrument doit être soumis à des vibrations aléatoires à $0,01 \text{ g}^2 \text{ Hz}^{-1}$ (densité spectrale), avec un balayage de fréquence allant de 5 Hz à 500 Hz.

L'instrument doit être soumis aux vibrations pendant une durée de 1 h dans chacune des trois directions orthogonales. Après chaque durée de vibration de 1 h, l'instrument doit déclencher l'alarme, et la lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30 \%$ par rapport à la lecture initiale avant l'essai, lorsqu'il est exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement.

Après l'essai, l'instrument doit être 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.

L'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La réponse de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30 \%$ par rapport à la lecture initiale avant l'essai.

8.5 Impact (essai microphonique)

8.5.1 Exigences

La réponse de l'équipement ne doit pas être perturbée par des conditions microphoniques telles que celles résultant d'impacts pointus de faible intensité sur une surface dure.

8.5.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

En utilisant un dispositif d'essai approprié (c'est-à-dire un marteau à ressort /dynamométrique), exposer l'instrument à 3 chocs d'une énergie de 0,2 J. 0,2 J est équivalent à une masse de 0,2 kg se déplaçant à une vitesse de $1,4 \text{ m s}^{-1}$, ou à une chute d'une hauteur de 0,1 m (CEI 60068-2-75). L'essai doit être réalisé sur chacune des faces de l'équipement, tandis que sa réponse est observée. La réponse de l'instrument ne doit pas être affectée (varier de plus de $\pm 30 \%$ par rapport à la valeur avant l'essai) par les impacts, et aucune alarme ne doit déclencher.

Après l'essai, l'instrument doit être 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.

L'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La réponse de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30 \%$ par rapport à la lecture initiale avant l'essai.

8.6 Essais électriques

Les essais suivants sont destinés à la détermination des propriétés électriques et électroniques de l'instrument et des effets sur sa réponse.

8.6.1 Essais de batteries

8.6.1.1 Exigences

- a) Il convient que chaque instrument fonctionne sur des batteries normalisées rechargeables et/ou non rechargeables.
- 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 16 h, dans des conditions de fonctionnement sans alarme.
- c) Dans des conditions d'alarme continue, 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.

8.6.1.2 Méthode d'essai

L'exigence "a" doit être vérifiée par une revue du manuel technique et par l'observation directe 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 chauffage, exposer l'instrument à une source ^{137}Cs , et noter la lecture. Laisser l'instrument en état de marche et, après une durée de 16 h, répéter la mesure. La lecture moyenne de la seconde exposition doit rester dans les $\pm 30\%$ par rapport à la lecture moyenne initiale. L'instrument ne doit pas afficher l'indication de batterie faible à la fin de la période de 16 h.

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 chauffage, exposer l'instrument à une source ^{137}Cs qui active l'alarme. L'alarme doit rester fonctionnelle pendant au moins 30 min. L'instrument ne doit pas afficher l'indication de batterie faible à la fin de la période de 30 min.

Pour vérifier l'exigence "d", remplacer les batteries par une alimentation c.c., avec l'impédance correcte. 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 des batteries s'arrête. Exposer l'instrument à une source ^{137}Cs , et noter la lecture. Ceci doit rester dans les $\pm 30\%$ par rapport à la lecture initiale prise en "b" ci-dessus.

8.6.2 Essai de décharge électrostatique

8.6.2.1 Exigences

L'instrument doit fonctionner correctement après exposition à des décharges par contact d'intensités jusqu'à 6 kV.

8.6.2.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

La technique de « décharge par 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). Dix décharges doivent être effectuées par point de décharge, avec un temps de recouvrement 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 être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30\%$ des valeurs avant essai.

8.6.3 Radiofréquence

8.6.3.1 Exigences

L'instrument ne doit pas être 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 20 V m^{-1} (ou 10 V m^{-1} dans 3 directions orthogonales).

8.6.3.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

Placer l'instrument dans un 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 par échelons de 1 % de la fréquence fondamentale et de 1,4 GHz à 2,5 GHz par échelons de 0,1 GHz (voir la CEI 61000-4-3). Aucune alarme ou autre réponse ou variation fonctionnelle ne doit se produire du fait de la seule exposition aux champs RF. Si l'essai initial dans une seule direction à 20 V m^{-1} échoue, un essai supplémentaire dans 3 directions orthogonales à 10 V m^{-1} est autorisé.

Après l'essai, le fonctionnement correct des fonctions de commande doit être vérifié.

L'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de $\pm 30 \%$ des valeurs avant essai.

8.7 Emissions rayonnées

8.7.1 Exigences

Les émissions RF de l'instrument doivent être telles que les émissions n'interfèrent pas avec d'autres équipements situés dans l'emplacement d'utilisation. Les émissions RF mesurées à 3 m doivent être inférieures à celles indiquées au Tableau 2.

Tableau 2 – Limites d'émissions RF rayonnées

Gamme de fréquences émises MHz	Intensité du champ $\mu\text{V/m}$
30–88	100
88–216	150
216–960	200
> 960	500

8.7.2 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 aux limites exposées au Tableau 2.

8.8 Perturbations conduites

8.8.1 Exigences

L'instrument ne doit pas être perturbé par des champs RF qui peuvent être conduits dans l'instrument par un câble conducteur externe. Les instruments qui ne possèdent pas de câble externe ne sont pas concernés par cet essai.

8.8.2 Méthode d'essai

En l'absence de sources d'essai de rayonnement, exposer l'instrument à un champ RF, l'amplitude étant modulée à 80 % avec une onde sinusoïdale à 1 kHz, sur la gamme de 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 n'est pas supérieur à 1 % de la fréquence fondamentale (précédente). Il convient que le temps de passage soit basé sur le temps de réponse de l'instrument, mais il convient qu'il ne soit pas inférieur à 3 s (pour de plus amples informations, voir la CEI 61000-4-6).

Si des susceptibilités sont indiquées par des variations substantielles dans les lectures indiquées (écarts dépassant ± 30 % des lectures gamma et X initiales moyennées), ou d'autres modifications du fonctionnement telles qu'un déclenchement d'alarme, l'exposition RF doit être répétée sur l'étendue de susceptibilité.

Les résultats sont acceptables si aucune alarme, indication polluée ou variation reproductible de la réponse n'est supérieure à ± 30 % de la valeur initiale indiquée.

8.9 Champs magnétiques

8.9.1 Exigences

L'instrument doit être complètement fonctionnel quand il est exposé à un champ magnétique continu de 30 A m^{-1} 50 Hz – 60 Hz.

8.9.2 Méthode d'essai

Avant l'essai, l'instrument doit être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme.

Exposer l'instrument à un champ magnétique continu de 30 A m^{-1} 50 Hz (ou 60 Hz si applicable). L'exposition doit être effectuée au moins 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 ± 30 %.

Après l'essai, le fonctionnement correct des fonctions de commande doit être vérifié.

L'instrument doit alors être exposé à une source ^{137}Cs produisant un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,05 \mu\text{Sv h}^{-1}$ au-dessus du niveau de bruit de fond ambiant du rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et déclencher l'alarme. La lecture de l'instrument ne doit pas varier de plus de ± 30 % des valeurs avant essai.

9 Documentation

9.1 Généralités

Le présent Article spécifie les exigences pour la documentation.

9.2 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.

9.3 Certificat

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

- Identité du constructeur incluant nom, adresse, numéro de téléphone, numéro de fax et adresse e-mail

- Type de l'instrument (numéro de modèle et numéro de série), type de détecteur, types de rayonnement pour la mesure desquels l'instrument est conçu, et version du logiciel
- Etendue du débit d'équivalent de dose ambiant pour laquelle l'instrument 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
- Réponse de l'instrument aux différentes énergies de rayonnement appropriées
- Résultats des essais pour la précision, la linéarité et la limite inférieure de détection
- Masse et dimensions de l'instrument
- Exigences d'alimentation (batteries)
- Résultats des essais de rayonnement, d'environnement, des essais électriques et mécaniques
- Déclaration de conformité à la présente norme, CEI 62533.

9.4 Manuels d'utilisation et de maintenance

Chaque instrument doit être accompagné d'instructions de fonctionnement, d'un manuel de maintenance et d'une documentation technique.

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
- Guide pour la résolution des anomalies.

Bibliographie

CEI 60846-1:2009, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments pour la mesure et/ou la surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit d'équivalent de dose) ambiant et/ou directionnel pour les rayonnements bêta, X et gamma – Partie 1: Instruments de mesure et de surveillance portables pour les postes de travail et l'environnement*

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*

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*

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