

**INTERNATIONAL  
STANDARD  
NORME  
INTERNATIONALE**

**IEC  
CEI**

**62401**

First edition  
Première édition  
2007-07

---

---

**Radiation protection instrumentation –  
Alarming personal radiation devices (PRD)  
for detection of illicit trafficking  
of radioactive material**

**Instrumentation pour la radioprotection –  
Dispositifs individuels d’alarme aux  
rayonnements pour la détection du trafic  
illicite des matières radioactives**



Reference number  
Numéro de référence  
IEC/CEI 62401:2007



## **THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**

**Copyright © 2007 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](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://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](http://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](http://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.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://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](mailto: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](http://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](http://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.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://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](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**INTERNATIONAL  
STANDARD**

**IEC  
CEI**

**NORME  
INTERNATIONALE**

**62401**

First edition  
Première édition  
2007-07

---

---

**Radiation protection instrumentation –  
Alarming personal radiation devices (PRD)  
for detection of illicit trafficking  
of radioactive material**

**Instrumentation pour la radioprotection –  
Dispositifs individuels d’alarme aux  
rayonnements pour la détection du trafic  
illicite des matières radioactives**



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE  
CODE PRIX

**T**

*For price, see current catalogue  
Pour prix, voir catalogue en vigueur*

## CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope and object.....	6
2 Normative references .....	6
3 Terms, definitions, quantities and units.....	7
3.1 Terms and definitions .....	7
3.2 Quantities and units .....	10
4 Design requirements .....	10
4.1 General requirements.....	10
4.2 Mechanical requirements.....	11
4.2.1 Size.....	11
4.2.2 Mass .....	11
4.2.3 Alarm characteristics .....	11
4.2.4 Case construction.....	11
4.2.5 Reference point marking.....	11
4.2.6 Switches.....	11
4.3 Electromagnetic requirements .....	12
5 Performance tests .....	12
5.1 General test conditions.....	12
5.1.1 Nature of tests.....	12
5.1.2 Reference conditions and standard test conditions .....	12
5.1.3 Tests performed under standard test conditions .....	12
5.1.4 Tests performed with variation of influence quantities.....	12
5.1.5 Statistical fluctuations.....	13
5.2 Radiation tests .....	13
5.2.1 General test information .....	13
5.2.2 Instrument setup.....	13
5.2.3 Gamma response .....	13
5.2.4 Rate of false alarms .....	14
5.2.5 Detection of gradually increasing radiation levels .....	14
5.2.6 Over-range .....	14
5.2.7 Detection of neutrons (if provided).....	15
5.2.8 Gamma response of neutron detector.....	15
5.3 Environmental tests.....	15
5.3.1 Temperature tests .....	15
5.3.2 Humidity tests.....	16
5.3.3 Dust and moisture resistance tests .....	17
5.4 Mechanical tests .....	18
5.4.1 General .....	18
5.4.2 Drop test .....	18
5.4.3 Vibration test.....	19
5.5 Electrical tests.....	19
5.5.1 General .....	19
5.5.2 Battery requirements .....	19
5.5.3 Electromagnetic and electrostatic interference tests .....	19
6 Documentation .....	20

- 6.1 General ..... 20
- 6.2 Type test report ..... 20
- 6.3 Certificate ..... 21
- 6.4 Operation and maintenance manuals ..... 21
  
- Bibliography ..... 25
  
- Table 1 – Reference conditions and standard test conditions ..... 22
- Table 2 – Summary of performance requirements ..... 23

.....

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –  
ALARMING PERSONAL RADIATION DEVICES (PRD) FOR DETECTION  
OF ILLICIT TRAFFICKING 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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62401 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/540/FDIS	45B/545/RVD

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

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

.....

# RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ALARMING PERSONAL RADIATION DEVICES (PRD) FOR DETECTION OF ILLICIT TRAFFICKING OF RADIOACTIVE MATERIAL

## 1 Scope and object

This International Standard applies to alarming radiation detection instruments that are pocket-sized, carried on the body and used to detect and indicate the presence and general magnitude of penetrating ionizing radiation, including photons and/or neutrons.

Personal Radiation Devices (PRD) alert the user to the presence of a source of radiation that is distinctly above the measured average local background radiation level. They are not intended to provide a measurement of dose equivalent rate.

The object of this standard is to describe design and functioning criteria along with testing methods for evaluating the performance of instruments for detection of illicit trafficking of radioactive material (for example, for border radiation monitoring). These instruments may be used in extreme environmental conditions.

This standard does not apply to the performance of radiation protection instrumentation covered in IEC 60846, IEC 61526, and IEC 62327.

The performances of the PRD with respect to neutrons may be degraded and not warranted when they are used in other conditions than on the body.

## 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 60050-394:1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation – Instrument*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*  
Amendment 1 (1999)<sup>1</sup>

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*  
Amendment 1 (1998)  
Amendment 2 (2000)<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> There exists a consolidated edition 2.1 (2001) that includes edition 2.0 and its amendment.

<sup>2</sup> There exists a consolidated edition 1.2 (2001) that includes edition 1.0 and its amendments.



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

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*

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

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

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

International Bureau of Weights and Measures: *The International System of Units (SI)*, Seventh edition, 1998

### **3 Terms, definitions, quantities and units**

#### **3.1 Terms and definitions**

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

##### **3.1.1**

##### **A-weighted sound level**

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**

##### **accuracy**

closeness of the agreement between the result of a measurement and the conventionally true value of the measurand

[IEV 394-20-39, modified]

##### **3.1.3**

##### **alarm**

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

[IEV 393-18-03, modified]

### **3.1.4**

#### **background level**

radiation field in which the instrument is intended to operate

### **3.1.5**

#### **conventionally true value of a quantity**

*CTV*

best estimate of the value of a quantity used for a given purpose

NOTE 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 394-20-10]

### **3.1.6**

#### **device**

radiation detector with its associated electronics

### **3.1.7**

#### **effective range of measurement**

range of values of the quantity to be measured over which the performance of a device meets the requirements of this standard

[IEV 394-20-16, modified]

### **3.1.8**

#### **false alarm**

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

### **3.1.9**

#### **influence quantity**

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

### **3.1.10**

#### **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

### **3.1.11**

#### **readout**

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

### **3.1.12**

#### **reference point of an assembly**

physical mark on a piece of equipment or assembly to be used in order to position it at a point where the conventionally true value of the quantity to be measured is known

[IEV 394-20-15]

**3.1.13****relative intrinsic error** $\varepsilon_{\text{REL}}$ 

difference between the instrument's reading,  $M$ , and the conventionally true value,  $CTV$ , of the quantity being measured divided by the conventionally true value multiplied by 100 % when subjected to a specified reference quantity under specified reference conditions

$$\varepsilon_{\text{REL}} = \frac{M - CTV}{CTV} \times 100 \%$$

[IEV 394-20-12, modified]

**3.1.14****response** $R$ 

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

**3.1.15****standard deviation**

positive square root of the variance.

**3.1.16****standard test conditions**

prescribed range for influence quantities to be used during testing of a measuring instrument

[IEV 394-20-26, modified]

**3.1.17****type test**

conformity testing on the basis of one or more specimens of a product representative of the production

[IEV 394-20-28]

**3.1.18****routine test**

test to which an individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[IEV 394-20-08]

**3.1.19****acceptance test**

contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specification

[IEV 394-20-09]

**3.1.20****uncertainty (of measurement)**

parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

[VIM 3.9]

NOTE 1 The parameter may be, for example, a standard deviation (or a given multiple of it), or the half-width of an interval having a stated level of confidence.

NOTE 2 Uncertainty of measurement comprises, in general, many components. Some of these components may be evaluated from statistical distribution of the results of series of measurements and can be characterized by experimental standard deviations. The other components, which can also be characterized by experimental standard deviations, are evaluated from assumed probability distributions based on experience or other information.

NOTE 3 It is understood that the result of the measurement is the best estimate of the value of the measurand and that all components of uncertainty, including those arising from systematic effects, such as components associated with corrections and reference standards, contribute to the dispersion.

[IEV 394-20-40]

### 3.1.21 variance $\sigma^2$

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 Quantities and units

In the present standard, units of the International System (SI) are used<sup>3</sup>. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-393 and 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<sup>-19</sup> 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.

## 4 Design requirements

### 4.1 General requirements

Instruments tested using this standard are carried on the body and are used to detect and indicate the presence and general magnitude of radiation fields. These devices are not intended to provide a measurement of dose-equivalent rate. However, the manufacturer may provide an optional display of the air kerma rate from photon radiation. Alternative quantities such as ambient dose equivalent rate expressed in Sieverts per hour are acceptable, provided corrections are made by the manufacturer.

The instruments to be tested using this standard shall quickly alert the user to small increases of radiation levels with a low occurrence of false alarms.

The following features are considered essential or desirable for the proper usability of personal radiation detectors:

- a) the following features *shall* be provided:
  - simple to use for non-expert users;
  - separate photon and neutron radiation alarms (if neutron response is provided), with visual and acoustical alerts;

<sup>3</sup> International Bureau of Weights and Measures: *The international System of Units (SI)*, Seventh edition, 1998.

- audible and/or visual indication that corresponds to the magnitude of the radiation field (for example, increasing frequency or pitch of beep tone with increasing radiation signal);
  - readable display in all lighting conditions including darkness;
  - small, rugged packaging, shock-resistant and water-resistant;
  - protection of the setting of all operational parameters, if available;
  - diagnostic capabilities;
  - indication of battery status;
- b) the following features *should* be provided:
- separate indication of the type of radiation detected (photon and/or neutron);
  - 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;
  - high air kerma rate alarm with pre-settable level.

## 4.2 Mechanical requirements

### 4.2.1 Size

The overall dimensions of the instrument, excluding any clip, retaining device or external alarm, should not exceed 200 mm in length, 100 mm in width and 50 mm in thickness, unless it is incorporated into another device.

### 4.2.2 Mass

The mass of the complete instrument should not exceed 400 g.

### 4.2.3 Alarm characteristics

- a) *Location* – The device shall be worn on the body in such a manner that the alarm can always alert the wearer.
- b) *Alarm type* – The frequency of an audible alarm should be within the range of 1 000 to 4 000 Hz. Where an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s. The alarm volume at a distance of 30 cm from the alarm source shall be at least 85 dB(A). The A-weighted sound level shall not exceed 100 dB(A) at 30 cm from the alarm source. Where ambient noise levels would make the alarm inaudible or when a silent alarm is necessary, a visual, vibratory or other additional signal shall be provided.

### 4.2.4 Case construction

The instrument case should be smooth, rigid, resistant to mechanical shock, dust-resistant and water-resistant. Means shall be provided to securely affix the instrument to the user (for example, a clip or ring), with attention given to the necessary orientation of the detector, alarm type and display.

### 4.2.5 Reference point marking

The instrument shall be clearly marked to indicate the position of the reference point for calibration and test purposes.

### 4.2.6 Switches

Any external switches shall be adequately protected to prevent accidental or unauthorized operation.

### **4.3 Electromagnetic requirements**

Special precautions shall be taken in the design of the instrument to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances, particularly radiofrequency fields.

## **5 Performance tests**

### **5.1 General test conditions**

#### **5.1.1 Nature of tests**

The required standard test conditions for environmental quantities, such as temperature and pressure, as well as those for other quantities that may influence the performance of instruments, are given in Table 1. Acceptable testing ranges for these quantities shall be met, except where the effect of the condition or quantity itself is being tested. Environmental quantities, such as temperature and humidity are referred to as influence quantities. Measurements or calibrations should be carried out under reference conditions. Since this is not always achievable or convenient, a small interval around the reference values can be used. In this case, corrections to the reference conditions shall be made.

The tests in this standard are to be considered as type tests (see Table 1) unless otherwise stated. The specifications given are evaluated by the tests given in the appropriate subclauses. All tests using this standard shall be performed using the same conditions with any accessories included with the instruments. Where no test is specified, it is understood to mean that the characteristic can be verified by observation or consultation of the manufacturer's specifications. The user may employ certain parts of the standard as acceptance tests.

#### **5.1.2 Reference conditions and standard test conditions**

Reference and standard test conditions are given in Table 1. Reference conditions are those conditions to which the performances of the instrument are valid and standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be performed under the standard test conditions given in the third column of Table 1.

#### **5.1.3 Tests performed under standard test conditions**

Tests, which are performed under standard test conditions, are listed in Table 2 which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the subclause where the corresponding test method is described. For these tests, the value of temperature, pressure and relative humidity at the time of the test shall be stated and the appropriate corrections made to give the response under reference conditions.

#### **5.1.4 Tests performed with variation of influence quantities**

For those tests, intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 2, all other influence quantities shall be maintained within the limits for the standard test conditions given in Table 1 unless otherwise specified in the test procedure concerned.

### 5.1.5 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations of the indication, arising from the random nature of radiation alone, is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient accuracy to demonstrate compliance with the test in question.

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

## 5.2 Radiation tests

### 5.2.1 General test information

The reference point of the instrument shall be placed at the point of measurement. The instrument shall be oriented with respect to the direction of the radiation field as indicated by the manufacturer.

The following radionuclides shall be used for gamma testing:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ . For neutron, the test source shall be  $^{252}\text{Cf}$ .

### 5.2.2 Instrument setup

The instrument to be tested shall be placed under standard test conditions, switched on, set up following instructions from the manufacturer, and allowed a stabilization and background detection period specified by the manufacturer's recommendations. The entire process from the time the detector is turned on should not exceed the stabilization time of 1 minute (see Table 1). When the detector is moved for ambient air kerma rate background verifications and adjustments, it should be allowed a similar setup and stabilization period if required.

### 5.2.3 Gamma response

#### 5.2.3.1 Requirement

##### a) Relative intrinsic error

NOTE This only applies where the instrument has an air kerma rate display.

Under standard test conditions the relative intrinsic error in the response of the instrument to the reference photon radiation from  $^{137}\text{Cs}$  shall not exceed  $\pm 30\%$  for all air kerma rates over the manufacturer's stated indicated display range.

##### b) Photon alarm

The PRD shall trigger a gamma alarm within 2 s when the air kerma rate is increased by  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) in a period of no more than 0,5 s at the reference point of the detector. This requirement should be fulfilled in the continuous gamma ray energy range from 60 keV to 1 330 keV. This requirement shall be fulfilled at the background air kerma rates of approximately  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $0,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ .

The air kerma rate shall be measured at the reference point of the instrument. A  $^{137}\text{Cs}$  source shall be used to increase the natural background radiation level to be within  $\pm 30\%$  of the required background air kerma rate.

#### 5.2.3.2 Method of test

##### a) Relative intrinsic error

NOTE This only applies where the instrument has an air kerma rate display.

The test shall be performed using sources of  $^{137}\text{Cs}$  for at least 3 air kerma rates. One at approximately  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ , one at approximately 90 % of the maximum stated range of indication and one at approximately 50 % of the maximum stated range of indication.

#### b) Photon alarm

The test is performed using the following sources:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  and  $^{60}\text{Co}$ . The air kerma rate produced at the point of measurement shall be known with an uncertainty less than 20 % ( $k = 2$ ). The entire instrument shall be within the homogenous radiation field for the test.

An alarm shall be triggered within 2 s after the ambient air kerma rate is raised by  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  from a background level of  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $0,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ , respectively, and with 95 % confidence level.

### 5.2.4 Rate of false alarms

The mean time to false alarm shall be greater than 1 h in all ambient radiation levels stated in 5.2.3.

With any number of instruments of the same construction in the appropriate background air kerma rate, the detectors shall be exposed to the background radiation levels specified in 5.2.3 and monitored for at least 30 instrument hours (for example, three instruments operating for 10 h each). The number of alarms during this period shall not exceed 30.

### 5.2.5 Detection of gradually increasing radiation levels

#### 5.2.5.1 Requirement

The instrument's alarm threshold shall not be affected by slowly increasing radiation levels that may be caused when a wearer is slowly approaching or is being approached by a radiation source.

#### 5.2.5.2 Method of test

The test point is located at 1 m ( $\pm 0,3$  m) from a  $^{137}\text{Cs}$  source and the air kerma at this point is  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  above the background at the reference point of the instrument. From a distance of 5 m away from the test point, move the instrument at the speed of about  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  and stop at the test point. The alarm shall activate within 2 s after the instrument reaches the test point. Return the instrument to the original point, allow the instrument to stabilize, and repeat the process 9 additional times. The test result is acceptable if the alarm occurs for 8 of 10 trials.

### 5.2.6 Over-range

#### 5.2.6.1 Requirement

The instrument shall indicate that an over-range condition exists when the ambient air kerma rate is greater than the manufacturer-stated maximum ambient air kerma rate up to 50 times the maximum air kerma rate or  $1 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , whichever is greater. During the *over-range* condition, the alarm indication shall stay activated.

#### 5.2.6.2 Method of test

Expose the instrument for 5 min to a step change in the ambient air kerma from background to 50 times the manufacturer's stated maximum air kerma rate or  $1 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , whichever is greater. The instrument shall stay in the alarm condition and indicate an over-range condition within 5 s of the step change and shall remain in that condition for the entire exposure period.



## 5.2.7 Detection of neutrons (if provided)

### 5.2.7.1 Requirement

The PRD shall trigger a neutron alarm when exposed to a  $^{252}\text{Cf}$  source with an emission rate of  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) at 25 cm from the instrument's reference point and within 5 s of the exposure time.

### 5.2.7.2 Method of test

Neutron tests should be made in a low scatter irradiation facility (see ISO 8529-1) or with the instrument placed in an area where there is open space on all sides of at least 1 m.

Place the instrument at the centre of the front plexiglas face of a  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  standard water slab phantom or alternative phantom, as defined in ISO 8529-3, facing the radiation source. Gamma rays from the source shall be shielded with 1 cm of lead. Then increase the neutron field to the required level  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) at 25 cm within a period of not more than 2 s. The instrument shall indicate the presence of neutrons within a period of 5 s after the field increase. Reduce the field and repeat the test 9 additional times. The test result is acceptable if presence is indicated in 8 of 10 exposures.

NOTE The emission rate of  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  at 25 cm is approximately equivalent to a neutron fluence rate at the point of measurement of  $2,55 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ .

## 5.2.8 Gamma response of neutron detector

### 5.2.8.1 Requirements

The instrument shall not trigger a neutron alarm when exposed to a  $^{60}\text{Co}$  gamma ray source producing an air kerma rate at the reference point of the instrument up to  $100 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) for a duration of 100 s.

NOTE This air kerma rate has been chosen as the highest value permissible for law enforcement at a 1 m distance according to the recommendations of IAEA for operational response. It is also the highest permissible air kerma rate at 1 m distance (transport index 10) according to IAEA transport regulations.

### 5.2.8.2 Method of test

Response of instrument to gamma rays is tested by exposing the PRD for 100 s to a  $^{60}\text{Co}$  radiation source producing an air kerma rate of  $100 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) at the reference point of the instrument. The distance between the source and the instrument shall be not less than 50 cm.

No neutron alarms should be observed during the test.

## 5.3 Environmental tests

### 5.3.1 Temperature tests

#### 5.3.1.1 Requirements

Over the range of temperature from  $-20 \text{ }^\circ\text{C}$  to  $+50 \text{ }^\circ\text{C}$ , the instrument shall function correctly and alarm at an increase in ambient background of  $0,5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$ . As a result of the temperature change, the indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the air kerma rate (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater.

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 shall be tested over that range.

### 5.3.1.2 Method of test

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

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

#### a) Shock tests – room temperature to high and low temperature extreme

The instrument shall be either placed direct in an environmental chamber that has equilibrated to the extreme temperature (high or low) or it shall be introduced in the chamber at  $20\text{ °C}$ , 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 30 min. At the end of this part of the test, the instrument shall be placed in the same manner at a temperature of  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  for a period of 30 min, and the reading of the instrument at the end of interval shall be recorded. The reading (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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

The instrument shall be placed in a test chamber at a temperature of  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ . The temperature shall then be linearly changed to the extreme temperature (high or low) at a rate of approximately  $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$ . Reading changes occurring during this time period shall be recorded. The temperature of the test chamber shall be maintained at the extreme temperature level for 30 min and the reading of the instrument shall be recorded. The reading (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

## 5.3.2 Humidity tests

### 5.3.2.1 Requirements

Over the range of relative humidity from 40 % to 93 % at  $35\text{ °C}$ , the instrument shall function correctly and alarm at an increase in ambient background of  $0,5\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ . As a result of the humidity change, the indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the air kerma rate (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater.

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

### 5.3.2.2 Method of test

The humidity tests may be performed along with the temperature tests, if the environmental chamber can provide the appropriate settings for both tests.

The instrument shall be placed in an environmental chamber at a temperature of  $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and relative humidity of approximately 65 % and allowed to stabilize for 30 min. Any reading changes occurring during this time period shall be recorded. The temperature and relative humidity shall then be linearly increased to  $35 ^\circ\text{C}$  and 93 %, respectively, at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour. The relative humidity and temperature in the test chamber shall be maintained for 30 min and the reading of the instrument shall be recorded. The relative humidity shall then be reduced to 40 %, at the rate given above, while maintaining the temperature at  $35 ^\circ\text{C}$ . Reading changes occurring during this time period shall be recorded. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30$  % or one unit of indication, whichever is greater.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

## 5.3.3 Dust and moisture resistance tests

### 5.3.3.1 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 a quantity to interfere with satisfactory operation of the instrument or to impair safety, and water sprayed at an angle up to  $60^\circ$  on either side of the vertical shall have no harmful effects.

As a result of each of the dust and moisture tests, the indication of the magnitude of the radiation field or the indication of the air kerma rate (if provided) shall not change by more than  $\pm 30$  % or one unit of indication, whichever is greater. 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 resistance to salt water shall exhibit this same performance after being subjected to a salt water spray.

### 5.3.3.2 Method of test – 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 (or Portland cement) in suspension in a closed test chamber. The amount of powder to be used should be  $2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  of the test chamber volume. The powder shall not have been used for more than 20 tests.

If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

The instrument shall then be exposed to the dust environment for a period of 1 h. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30$  % or one unit of indication, whichever is greater.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

Following exposure, an inspection shall be performed 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.

### 5.3.3.3 Test method – Moisture

The test shall be made using a suitable nozzle (see IEC 60529, spray nozzle) with the water pressure adjusted to give flow rate of  $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1} \pm 5 \%$ , 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  $1 \text{ min}\cdot\text{m}^{-2}$  of the calculated surface area of the instrument with a minimum duration of 5 min.

If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

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 in such a way that the nozzle is pointed direct at the display. During the exposure, the orientation shall be changed by  $+60^\circ$  and  $-60^\circ$  in two orthogonal planes. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30 \%$  or one unit of indication, whichever is greater.

Following exposure, the instrument including the battery compartment shall be inspected to ensure that moisture did not penetrate into the instrument.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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  $1\,025 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  at  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5.4 Mechanical tests

### 5.4.1 General

The requirements in 4.2 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.

### 5.4.2 Drop test

The instrument shall be dropped from a height of 1 m onto a concrete surface on each of its six surfaces. The reading of the device (if provided) after different drops shall not change by more than  $\pm 30 \%$  or one unit of indication, whichever is greater, from the original reading before all drops. If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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

### 5.4.3 Vibration test

The instrument shall be subjected to vibration with a frequency that is swept from 10 Hz to 500 Hz and a maximum acceleration of  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  applied in each of three orthogonal directions. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30 \%$  or one unit of indication, whichever is greater. If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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

## 5.5 Electrical tests

### 5.5.1 General

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

### 5.5.2 Battery requirements

Each instrument should operate on standard rechargeable and (or) non-rechargeable batteries. With new batteries of the type recommended by the manufacturer, the battery life shall be greater than 100 h under no alarm conditions for instruments with non-rechargeable batteries and greater than 16 h for units with rechargeable batteries. 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.

### 5.5.3 Electromagnetic and electrostatic interference tests

#### 5.5.3.1 General

The instrument shall be exposed to a photon air kerma rate of  $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  and (if applicable) to a  $^{252}\text{Cf}$  source with an emission rate of  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) at 10 cm distance to verify that the instrument functions properly.

#### 5.5.3.2 Electrostatic discharge

The “contact discharge” technique shall be used. Discharge points shall be selected on the basis of user accessibility (see IEC 61000-4-2).

There shall be 10 discharges per discharge point with a 1 s recovery time between each discharge. The maximum intensity of each discharge is 6 kV. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30 \%$  or one unit of indication, whichever is greater. If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity. An alarm can occur at the time of discharge.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an ambient air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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

### 5.5.3.3 Radiofrequency

Place the instrument in an r.f. controlled environment and expose it in only one orientation to an r.f. field of  $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$  in the frequency range of 80 MHz to 1 000 MHz by step of 1 % of the fundamental and from 1,4 GHz to 2,5 GHz by step of 0,1 GHz (see IEC 61000-4-3), measured without an instrument present in the irradiation area. At each frequency, the test shall be performed for 6 min or the result corrected for a 6 min measuring time. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater. If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an ambient air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and shall alarm.

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

### 5.5.3.4 Magnetic fields

Expose the instrument to a  $30 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  50 Hz magnetic field. The exposure shall be done in at least two orientations ( $0^\circ$  and  $90^\circ$ ) relative to the field lines. The reading of the device (if provided) shall not change by more than  $\pm 30\%$  or one unit of indication, whichever is greater. If the intensity of the natural background radiation is not enough to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings, the device should be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source of suitable intensity.

The instrument shall then be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  source producing an ambient air kerma rate of  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  over the ambient background level of radiation. The instrument shall function correctly and alarm.

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

NOTE 1  $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$  is equivalent to a free space induction of 1,26 mT.

## 6 Documentation

### 6.1 General

This clause specifies the requirements for documentation.

### 6.2 Type test report

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

### 6.3 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, email address.
- Type of instrument, detector and types of radiation the instrument is designed to measure.
- Range of the instrument indication.
- 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.
- Mass and dimensions of the instrument.
- Power supply (battery) requirements.
- Results of tests under environmental conditions.
- Results of electrical and mechanical tests.
- Declaration of conformity with respect to this standard, IEC 62401.

### 6.4 Operation and maintenance manuals

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.
- Schematic electrical diagrams plus spare parts list and specifications.
- Trouble shooting guide.

**Table 1 – Reference conditions and standard test conditions**

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference gamma radiation source	<sup>137</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs, <sup>241</sup> Am, <sup>60</sup> Co
Reference neutron radiation source	<sup>252</sup> Cf	<sup>252</sup> Cf
Stabilization time	1 min	≤1 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C <sup>a</sup>
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % <sup>a</sup>
Atmospheric pressure	101,3 kPa	96 kPa to 106 kPa <sup>a</sup>
Gamma radiation background	Air kerma rate 0,1 μGy·h <sup>-1</sup> (10 μrad·h <sup>-1</sup> )	Less than air kerma rate of 0,25 μGy·h <sup>-1</sup> (25 μrad·h <sup>-1</sup> )
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
<sup>a</sup> The values in Table 1 are intended for tests performed in temperate climates. In other climates, the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly, a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at higher altitudes.		
<b>NOTE</b> The characteristics of, and dosimetry methods for, the reference photon radiations are given in ISO 4037-1, ISO 4037-2 and ISO 4037-3, and the characteristics of, and dosimetry methods for, the reference neutron radiations are given in ISO 8529-1, ISO 8529-2 and ISO 8529-3.		



**Table 2 – Summary of performance requirements**

Parameter	Performance requirement or specification	Relevant subclause
Maximum size	20 cm × 10 cm × 5 cm	4.2.1
Maximum mass	400 g	4.2.2
Alarm, acoustical	Audible frequency 1 000 Hz to 4 000 Hz. Signal interval less than, or equal to, 2 s for intermittent alarm. Volume at 30 cm > 85 dB(A) A-weighted sound level ≤100 dB(A) at 30 cm	4.2.3
Time to alarm	≤ 2 s	5.2.3
Accuracy of indication when tested	The reading shall not change by more than ±30 % of the air kerma rate or one unit of indication, whichever is greater	Many, see below
Relative intrinsic error	The relative intrinsic error in the response of the instrument to the reference photon radiation from <sup>137</sup> Cs shall not exceed ± 30 % for all air kerma rates over the manufacturer's stated indicated display range if such a display is provided	5.2.3
Alarm radiation level	0,5 μGy·h <sup>-1</sup> above background air kerma rates of 0,1 μGy·h <sup>-1</sup> and 0,3 μGy·h <sup>-1</sup> using <sup>241</sup> Am, <sup>137</sup> Cs and <sup>60</sup> Co	5.2.3
Rate of false alarms	Mean time to false alarm >1 h	5.2.4
Gradually increasing radiation	Alarm within 2 s when gradually increasing radiation	5.2.5
Over-range	Indication of an over-range condition and alarm when the air kerma rate is greater than manufacturer-stated maximum ambient air kerma rate up to 50 times the maximum air kerma rate, at least 1 mGy·h <sup>-1</sup>	5.2.6
Neutron detection	Trigger a neutron alarm when exposed to a <sup>252</sup> Cf source with an emission rate of 2 × 10 <sup>4</sup> s <sup>-1</sup> (0,01 μg) at 25 cm distance to reference point within 5 s exposure time	5.2.7
Gamma response of neutron detector	No trigger of a neutron alarm when exposed to a <sup>60</sup> Co gamma ray source producing a air kerma rate at the reference point of the instrument of 100 μGy·h <sup>-1</sup> for a duration of 100 s	5.2.8
Ambient temperature range	Stable response from –20 °C to +50 °C, unless specified differently by manufacturer. Temperature shock and ramp tests. Alarm at an increase in ambient background of 0,5 μGy·h <sup>-1</sup>	5.3.1
Relative humidity range	Stable response from 40 % to 93 % at 35 °C of relative humidity, unless specified differently by manufacturer. Alarm at an increase in ambient background of 0,5 μGy·h <sup>-1</sup>	5.3.2
Dust and moisture resistance	Stable response after 1 h exposure in dust chamber with 2 kg powder per m <sup>3</sup> of the chamber and after water spraying with flow rate of 10 l·min <sup>-1</sup> for at least 5 min. Salt water spray, if expected in use. Alarm at an increase in ambient background of 0,5 μGy·h <sup>-1</sup>	5.3.3
Mechanical drop	Stable response after drop from 1 m onto a concrete surface on each of its six surfaces. No visible damage and controls will operate correctly. Alarm at an increase in ambient background of 0,5 μGy·h <sup>-1</sup>	5.4.2
Mechanical vibration	Stable response after vibration with a frequency swept from 10 Hz to 500 Hz and a maximum acceleration of 10 m·s <sup>-2</sup> applied in each of three orthogonal directions. No visible damage and controls will operate correctly. Alarm at an increase in ambient background of 0,5 μGy·h <sup>-1</sup>	5.4.3

**Table 2** (continued)

Parameter	Performance requirement or specification	Relevant subclause
Battery lifetime	Non-rechargeable battery lifetime greater than 100 h without alarm. Rechargeable battery lifetime greater than 16 h without alarm. Under continuous alarm conditions battery lifetime greater than 30 min	5.5.2
Electrostatic discharge	Stable response after 10 discharges per discharge point with a 1 s recovery time between each discharge with maximum intensity 6 kV. No visible damage and controls will operate correctly. Alarm at an increase in ambient background of $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$	5.5.3.2
RF Interference	Stable response and correct operation while exposed to r.f. field of $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ in the frequency range of 80 MHz to 1 000 MHz by step of 1 % of the fundamental and from 1,4 GHz to 2,5 GHz by step of 0,1 GHz	5.5.3.3
Magnetic field	Stable response and correct operation while exposed in at least two orientations to $30 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ 50 Hz magnetic field	5.5.3.4

## Bibliography

IEC 60846:2002, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation*

IEC 61516:2005, *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*

---

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	28
1 Domaine d'application et objet.....	30
2 Références normatives.....	30
3 Termes, définitions, grandeurs et unités.....	31
3.1 Termes et définitions.....	31
3.2 Grandeurs et unités.....	34
4 Exigences.....	34
4.1 Exigences générales.....	34
4.2 Exigences mécaniques.....	35
4.2.1 Taille.....	35
4.2.2 Masse.....	35
4.2.3 Caractéristiques de l'alarme.....	35
4.2.4 Construction du boîtier.....	35
4.2.5 Marquage du point de référence.....	35
4.2.6 Boutons de commutation.....	35
4.3 Exigences électromagnétiques.....	36
5 Essais de performance.....	36
5.1 Conditions générales d'essai.....	36
5.1.1 Nature des essais.....	36
5.1.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	36
5.1.3 Essais effectués dans des conditions normales d'essai.....	36
5.1.4 Essais effectués avec des variations de grandeurs d'influence.....	36
5.1.5 Fluctuations statistiques.....	37
5.2 Essais d'irradiation.....	37
5.2.1 Information générale pour les essais.....	37
5.2.2 Préparation de l'instrument.....	37
5.2.3 Réponse gamma.....	37
5.2.4 Taux de fausse alarme.....	38
5.2.5 Détection d'une augmentation graduelle des niveaux de rayonnement.....	38
5.2.6 Dépassement.....	38
5.2.7 Détection des neutrons (si fournie).....	39
5.2.8 Réponse gamma du détecteur neutron.....	39
5.3 Essais d'environnement.....	39
5.3.1 Essais en température.....	39
5.3.2 Essais d'humidité.....	40
5.3.3 Essai de résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau.....	41
5.4 Essais mécaniques.....	42
5.4.1 Généralités.....	42
5.4.2 Essai de chute.....	42
5.4.3 Essai de vibration.....	43
5.5 Essais électriques.....	43
5.5.1 Généralités.....	43
5.5.2 Exigences relatives aux piles et batteries.....	43
5.5.3 Essais d'interférences électromagnétiques et électrostatiques.....	43
6 Documentation.....	44

6.1	Généralités.....	44
6.2	Rapport d'essai de type.....	45
6.3	Certificat .....	45
6.4	Manuel d'utilisation et de maintenance .....	45
	Bibliographie.....	49
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	46
	Tableau 2 – Résumé des exigences de performance .....	47

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –  
DISPOSITIFS INDIVIDUELS D'ALARME AUX RAYONNEMENTS  
POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES 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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62401 a été préparée 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/540/FDIS	45B/545/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 maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

# INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DISPOSITIFS INDIVIDUELS D'ALARME AUX RAYONNEMENTS POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES MATIÈRES RADIOACTIVES

## 1 Domaine d'application et objet

Cette Norme internationale s'applique aux instruments de détection de rayonnement avec alarme qui sont portables en poche, ou sur l'individu et qui sont utilisés pour détecter et signaler la présence et l'ordre de grandeur des rayonnements ionisants pénétrant, incluant les photons et/ou les neutrons.

Les Dispositifs Individuels de Rayonnement (PRD – Personal Radiation Devices) alertent l'utilisateur de la présence d'une source de rayonnement qui est distinctement au-dessus du niveau de la valeur mesurée du bruit de fond local de rayonnement. Ces dispositifs ne sont pas destinés à fournir une mesure du débit d'équivalent de dose.

L'objet de cette norme est la description des critères de conception et de fonctionnement ainsi que des méthodes d'essai pour évaluer la performance des instruments de détection de trafic illicite de matières radioactives (par exemple à la surveillance des frontières). Ces instruments peuvent être utilisés dans des conditions environnementales extrêmes.

Cette norme ne s'applique pas à la performance des instruments de radioprotection couverte par les normes CEI 61526, CEI 60846 et CEI 62327.

La performance des PRD par rapport aux neutrons peut être dégradée et non garantie quand ils sont utilisés autrement que portés sur l'individu.

## 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 60050-394:1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*  
Amendement 1 (1999)<sup>1</sup>

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure - Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*  
Amendement 1 (1998)  
Amendement 2 (2000)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Il existe une édition consolidée 2.1 (2001) comprenant l'édition 2 et son amendement.

<sup>2</sup> Il existe une édition consolidée 1.2 (2001) comprenant l'édition 1 et ses amendements.



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*

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: Étalonage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

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

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

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

Bureau International des Poids et Mesures: *Le Système International des unités (SI)*, 7<sup>e</sup> édition, 1998

### **3 Termes, définitions, grandeurs et unités**

#### **3.1 Termes et définitions**

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394, ainsi que ce qui suit, sont applicables.

##### **3.1.1**

##### **niveau d'alarme sonore**

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**

##### **précision**

degré d'accord entre le résultat d'une mesure et la valeur conventionnellement vraie du mesurande

[VEI 394-20-39, modifiée]

##### **3.1.3**

##### **alarme**

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

[VEI 393-08-03, modifiée]

#### **3.1.4**

##### **niveau de bruit de fond**

champ de rayonnement dans lequel l'instrument est destiné à fonctionner

#### **3.1.5**

##### **valeur conventionnellement vraie d'une grandeur**

*CTV*

meilleure estimation de la valeur d'une grandeur utilisée pour un but donné

NOTE 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 394-20-10]

#### **3.1.6**

##### **dispositif**

détecteur de radiation avec son électronique associée

#### **3.1.7**

##### **domaine de mesure**

domaine des valeurs de la grandeur à mesurer, à l'intérieur duquel les performances du dosimètre satisfont aux exigences de la présente norme

[VEI 394-20-16, modifiée]

#### **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**

##### **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

#### **3.1.10**

##### **point de mesure**

point où est définie la valeur conventionnellement vraie et où le point de référence de l'instrument est placé pour les étalonnages ou essais

#### **3.1.11**

##### **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

#### **3.1.12**

##### **point de référence d'un ensemble de mesure**

repère physique, sur un équipement ou un ensemble, qui doit permettre de le positionner en un point où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée est connue

[VEI 394-20-15]

**3.1.13****erreur intrinsèque relative** $\varepsilon_{\text{REL}}$ 

la différence entre la lecture,  $M$ , de l'instrument et la valeur conventionnellement vraie,  $CTV$ , de la grandeur mesurée, divisée par la valeur conventionnellement vraie, et multipliée par 100 % quand elle est relative à une grandeur de référence spécifiée dans des conditions de référence spécifiées

$$\varepsilon_{\text{REL}} = \frac{M - CTV}{CTV} \times 100 \%$$

[VEI 394-20-12, modifiée]

**3.1.14****réponse** $R$ 

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

**3.1.15****écart type**

la racine carrée positive de la variance

**3.1.16****conditions normales d'essai**

étendue prescrite pour les grandeurs d'influence, devant être utilisée pendant les essais d'un instrument de mesure

[VEI 394-20-26, modifiée]

**3.1.17****essai de type**

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier qu'elle répond aux spécifications prescrites

[VEI 394-20-28]

**3.1.18****essai individuel de série**

essai auquel chaque appareil est soumis individuellement, pendant ou après sa fabrication, pour s'assurer qu'il est conforme à certains critères

[VEI 394-20-08]

**3.1.19****essai de réception**

essai contractuel pour prouver au client que l'appareil remplit certaines conditions de ses spécifications.

[VEI 394-20-09]

**3.1.20****incertitude (de mesure)**

paramètre associé à un résultat de mesure qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent raisonnablement être attribuées au mesurande [VIM 3.9]

NOTE 1 Le paramètre peut être par exemple, un écart type (ou un multiple donné de celui-ci) ou la demi largeur d'un intervalle ayant un niveau de confiance établi.

NOTE 2 L'incertitude de mesure a en général plusieurs composantes. Certaines de ces composantes peuvent être évaluées à partir d'une distribution statistique des résultats de séries de mesures et peuvent être caractérisées par des écarts types expérimentaux. Les autres composantes, qui peuvent aussi être caractérisées par des écarts types expérimentaux, sont évaluées à partir d'hypothèses des distributions de probabilité basées sur l'expérience ou d'autres informations.

NOTE 3 Il est admis que le résultat de la mesure est la meilleure estimation de la valeur du mesurande et que toutes les composantes de l'incertitude, y compris celles provenant d'effets systématiques, tels que les composantes associées aux corrections et aux étalons de référence, contribuent à la dispersion.

[VEI 394-20-40]

### 3.1.21 variance $\sigma^2$

une 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 1 moins le nombre d'observations  $n$

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

## 3.2 Grandeurs et unités

Les unités du Système International (SI) sont utilisées dans cette norme <sup>3</sup>. 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.

Néanmoins, les unités suivantes peuvent être utilisées:

- pour l'énergie: electron-volt (symbole: eV =  $1,602 \times 10^{-19}$  J) ;
- pour le temps: années (symbole: y), jours (symbole: d), 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

### 4.1 Exigences générales

Les instruments soumis aux essais selon cette norme sont portés par l'individu et sont utilisés pour détecter et indiquer la présence et l'intensité générale des champs de rayonnement. Ces dispositifs ne sont pas destinés à fournir une mesure du débit d'équivalent de dose. Cependant, le fabricant peut fournir un affichage optionnel du débit de kerma dans l'air du rayonnement de photons. Autrement, des grandeurs telles que le débit équivalent de dose ambiant exprimé en Sievert par heure, sont acceptables pourvu que les corrections soient faites par le fabricant.

L'instrument à essayer selon la présente norme doit alerter rapidement l'utilisateur de toute augmentation même faible des niveaux de rayonnement, et cela avec peu de fausses alarmes,

Les caractéristiques suivantes sont essentielles ou souhaitables pour une utilisation correcte des détecteurs individuels de rayonnement:

- a) les caractéristiques suivantes *doivent* être fournies:
- simplicité d'utilisation pour des utilisateurs non experts;
  - alarmes séparées pour les rayonnements photons et neutrons (si la réponse aux neutrons est fournie), avec des alertes visuelles et sonores;

<sup>3</sup> Bureau International des Poids et Mesures: *Le Système International des unités (SI)*, 7<sup>e</sup> édition, 1998.

- indication sonore et/ou visuelle qui correspond à l'intensité du champ de rayonnement (par exemple, augmentation de la fréquence ou de l'intensité du bip émis en fonction de l'augmentation du signal du rayonnement);
  - affichage lisible dans toutes les conditions d'éclairage y compris dans l'obscurité;
  - petite taille, d'enveloppe robuste, résistant aux chocs et à l'eau;
  - protection des réglages de tous les paramètres de fonctionnement;
  - aptitude à effectuer des diagnostics;
  - indication d'état des batteries.
- b) il convient que les caractéristiques suivantes soient fournies:
- indication séparée pour le type de rayonnement détecté (photon et /ou neutron);
  - alarmes silencieuses telles qu'alarme par vibration et/ou d'écouteur à volume réglable, afin de couvrir la large plage de sensibilité de l'ouïe humaine et le niveau de bruit;
  - alarme pour débit de kerma dans l'air élevé avec niveau préréglable.

## 4.2 Exigences mécaniques

### 4.2.1 Taille

Les dimensions globales de l'instrument, en excluant toute attache ou dispositif de tenue ou alarme externe ne devraient pas excéder 200 mm en longueur, 100 mm en largeur et 50 mm d'épaisseur, à moins qu'il soit incorporé dans un autre dispositif.

### 4.2.2 Masse

La masse de l'instrument complet ne devrait pas excéder 400 g.

### 4.2.3 Caractéristiques de l'alarme

- a) *Localisation* – Le dispositif doit être porté sur l'individu de telle sorte que l'alarme puisse toujours alerter le porteur du dispositif.
- b) *Type d'alarme* – Il convient que la fréquence d'une alarme sonore soit dans l'étendue de 1 000 à 4 000 Hz. Dans le cas d'une alarme intermittente, l'intervalle entre les signaux ne doit pas dépasser 2 s. Le volume de l'alarme à une distance de 30 cm de la source de l'alarme doit être au moins 85 dB (A). Le volume sonore ne doit pas dépasser 100 dB(A) à 30 cm de la source. Lorsque le niveau de bruit ambiant peut rendre inaudible l'alarme ou quand une alarme silencieuse est nécessaire, un signal visuel, vibratoire ou autre doit être délivré.

### 4.2.4 Construction du boîtier

Il convient que le boîtier soit lisse, rigide, résistant aux chocs mécaniques, aux poussières et à l'eau. Le nécessaire doit être fourni pour attacher fermement l'instrument à l'utilisateur (par exemple, une barrette ou un anneau), en portant attention à l'orientation nécessaire du détecteur, au type d'alarme et à l'affichage.

### 4.2.5 Marquage du point de référence

Le marquage de l'instrument doit clairement indiquer la position du point de référence pour l'étalonnage et les essais.

### 4.2.6 Boutons de commutation

Tous les boutons de commutations externes doivent être protégés contre les accidents et les fonctionnements non autorisés.

### 4.3 Exigences électromagnétiques

Des précautions particulières doivent être prises lors de la conception de l'instrument pour assurer un fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques, particulièrement vis-à-vis des champs de radiofréquence.

## 5 Essais de performance

### 5.1 Conditions générales d'essai

#### 5.1.1 Nature des essais

Les conditions d'essai normales exigées pour les grandeurs expérimentales, telles que la température et la pression, ainsi que celles d'autres grandeurs peuvent influencer la performance des instruments, comme cela est indiqué dans le Tableau 1. Pour ces grandeurs, des domaines d'essai acceptables doivent être respectés, sauf quand l'effet de la condition ou de la grandeur est lui-même l'objet de l'essai. Les grandeurs environnementales telles que la température et l'humidité sont référencées comme grandeur d'influence. Il convient que les mesures ou étalonnages soient effectués dans des conditions de référence. Comme ce n'est pas toujours réalisable ou pratique, un petit écart autour des valeurs de référence peut être toléré. Dans ce cas, des corrections pour les conditions de référence doivent être faites.

Les essais de cette norme doivent être considérés comme des essais de type (voir Tableau 1) sauf indication contraire. Les spécifications données sont évaluées par les essais donnés dans les paragraphes appropriés. Tout essai selon cette norme doit être effectué dans les mêmes conditions avec tous les accessoires incorporés dans les instruments. Quand aucun essai n'est spécifié, il est admis que la caractéristique peut être vérifiée par observation ou consultation des spécifications du fabricant. L'utilisateur peut utiliser certaines parties de cette norme pour des essais d'acceptation.

#### 5.1.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence et les conditions normales sont données dans le Tableau 1. Les conditions de référence sont les conditions pour lesquelles les performances de l'instrument sont valides et les conditions normales d'essai indiquent les tolérances pour les essais dans la pratique. Sauf indication contraire, les essais de cette norme doivent être effectués dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 1.

#### 5.1.3 Essais effectués dans des conditions normales d'essai

Les essais qui sont effectués dans les conditions normales d'essai sont présentés au Tableau 2 qui indique pour chaque caractéristique soumise à essai, les exigences en conformité avec le paragraphe dans lequel est décrite la méthode d'essai correspondante. Pour ces essais, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doivent être notées et les corrections appropriées apportées pour donner la réponse dans les conditions de référence.

#### 5.1.4 Essais effectués avec des variations de grandeurs d'influence

Pour ces essais, ayant pour but de déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence, présentés au Tableau 2, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normales d'essai données dans le Tableau 1, sauf spécifications contraires dans la méthode d'essai utilisée.

### 5.1.5 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 avec l'essai en question.

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

## 5.2 Essais d'irradiation

### 5.2.1 Information générale pour les essais

Le point de référence de l'instrument doit être placé au point de mesure. L'instrument doit être orienté par rapport à la direction du champ de rayonnement comme indiqué par le fabricant.

Les radionucléides suivants doivent être utilisés pour les essais gamma:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ . Pour les neutrons, la source d'essai doit être  $^{252}\text{Cf}$ .

### 5.2.2 Préparation de l'instrument

L'instrument à soumettre à l'essai doit être placé dans des conditions d'essai normales, mis en marche, préparé selon les instructions du fabricant et laissé pour stabilisation et détection du bruit de fond, pour une durée spécifiée par les recommandations du fabricant. Il convient que le processus complet à partir de l'instant où le détecteur est mis sur «Marche» ne dépasse pas de plus de 1 min le temps de stabilisation (voir Tableau 1). Lorsque le détecteur est déplacé pour des vérifications de débit de kerma dans l'air ambiant du bruit de fond, il convient qu'une durée de préparation et de stabilisation similaire soit respectée.

### 5.2.3 Réponse gamma

#### 5.2.3.1 Exigence

##### a) Erreur intrinsèque relative

NOTE Cela s'applique uniquement quand l'instrument possède un affichage du débit de kerma dans l'air.

Dans des conditions d'essai normales, l'erreur intrinsèque relative dans la réponse de l'instrument au rayonnement de photons de référence du  $^{137}\text{Cs}$  ne doit pas être supérieure à  $\pm 30\%$  de tous les débits de kerma dans l'air sur le domaine d'affichage indiqué et établi par le fabricant.

##### b) Alarme pour les photons

Le PRD doit déclencher une alarme gamma dans les 2 s quand le débit de kerma dans l'air augmente de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $\pm 20\%$ ) dans un laps de temps ne dépassant pas 0,5 s au point de référence du détecteur. Il convient que cette exigence soit tenue dans toute l'étendue d'énergie de rayonnement gamma de 60 keV à 1330 keV. Cette exigence doit être respectée aux débits de kerma dans l'air du bruit de fond à approximativement  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $0,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Le débit de kerma dans l'air doit être mesuré au point de référence de l'instrument. Pour augmenter le niveau de rayonnement de bruit de fond afin qu'il soit dans les  $\pm 30\%$  du débit de kerma dans l'air du bruit de fond requis, une source  $^{137}\text{Cs}$  doit être utilisée.

#### 5.2.3.2 Méthode d'essai

##### a) Erreur intrinsèque relative

NOTE Cela s'applique uniquement quand l'instrument possède un affichage du débit de kerma dans l'air.

L'essai doit être réalisé en utilisant des sources de  $^{137}\text{Cs}$  pour au moins trois débits de kerma dans l'air. Une à approximativement  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ , une à approximativement 90 % de l'indication maximale du domaine établi et une à approximativement 50 % de l'indication maximale du domaine établi.

b) Alarme pour les photons.

L'essai est réalisé en utilisant les sources suivantes:  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  et  $^{60}\text{Co}$ . Le débit de kerma dans l'air au point de mesure doit être connu avec une incertitude inférieure à 20 % ( $k=2$ ). Pour cet essai, l'instrument doit être entièrement placé dans le champ de rayonnement homogène.

Une alarme doit déclencher dans les 2 s après que le débit de kerma dans l'air ambiant a augmenté de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  par rapport à un niveau du bruit de fond de  $0,1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  et  $0,3 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  respectivement et avec un niveau de confiance de 95 %.

#### 5.2.4 Taux de fausse alarme

Le temps moyen avant fausse alarme doit être supérieur à 1 h pour tous les niveaux de rayonnement ambiant établis en 5.2.3.

Avec un nombre aléatoire d'instruments de même construction et pour un débit de kerma dans l'air du bruit de fond approprié, les détecteurs doivent être exposés aux niveaux de bruit de fond spécifiés en 5.2.3 et surveillés, pendant au moins 30 instruments  $\times$  heures (par exemple 3 instruments pendant 10 h chacun). Le nombre d'alarmes pendant cette durée ne doit pas dépasser 30.

#### 5.2.5 Détection d'une augmentation graduelle des niveaux de rayonnement

##### 5.2.5.1 Exigence

Le seuil de l'alarme de l'instrument ne doit pas être affecté par des niveaux de rayonnement augmentant lentement qui peuvent être provoqués quand une personne s'approche lentement ou est approchée par une source de rayonnement.

##### 5.2.5.2 Méthode d'essai

Le point d'essai est situé à 1 m ( $\pm 0,3$  m) d'une source  $^{137}\text{Cs}$  et le kerma dans l'air en ce point est  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au dessus du bruit de fond au point de référence de l'instrument. A une distance de 5 m du point d'essai, déplacer l'instrument à la vitesse d'environ  $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  et s'arrêter au point d'essai. L'alarme doit se déclencher dans les 2 s après que l'instrument a atteint le point d'essai. Rapporter l'instrument à son point de départ, lui permettre de se stabiliser et répéter le processus 9 autres fois. Le résultat est acceptable si l'alarme se déclenche 8 fois sur les 10 tentatives.

#### 5.2.6 Dépassement

##### 5.2.6.1 Exigence

L'instrument doit indiquer qu'il existe des conditions de dépassement quand le débit de kerma dans l'air ambiant est supérieur au débit de kerma dans l'air ambiant établi par le fabricant jusqu'à 50 fois le débit de kerma dans l'air maximum ou  $1 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , la valeur la plus haute étant à considérer. Pendant les conditions de dépassement, l'indication d'alarme doit rester activée.

##### 5.2.6.2 Méthode d'essai

Exposer l'instrument pendant 5 min à une variation échelonnée du kerma dans l'air ambiant du bruit de fond à 50 fois le débit de kerma dans l'air maximum ou  $1 \text{ mGy}\cdot\text{h}^{-1}$ , la valeur la plus grande devant être considérée. L'instrument doit rester dans les conditions d'alarme et indiquer une condition de dépassement dans les 5 s suivant la variation en échelon et doit rester dans cette condition pour toute la durée d'exposition.



## 5.2.7 Détection des neutrons (si fournie)

### 5.2.7.1 Exigence

Le PRD doit déclencher une alarme neutron quand il est exposé à une source  $^{252}\text{Cf}$  avec un taux d'émission de  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) à une distance de 25 cm du point de référence de l'instrument et dans les 5 s de temps d'exposition.

### 5.2.7.2 Méthode d'essai

Il convient que les essais pour les neutrons soient réalisés dans une installation d'exposition à faible diffusion (voir l'ISO 8529-1) ou avec l'instrument placé dans un emplacement où existe un espace ouvert d'au moins 1 m sur tous les côtés.

Placer l'instrument au centre de la face frontale en plexiglas de  $30 \text{ cm} \times 30 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$  d'un fantôme plaque à eau normalisé ou d'un autre fantôme comme défini dans l'ISO 8529-3, faisant face à la source de rayonnement. Les rayonnements gamma de la source doivent être protégés par 1 cm de plomb. Augmenter alors le champ neutronique jusqu'au niveau requis de  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) à 25 cm pendant une durée n'excédant pas 2 s. L'instrument doit indiquer la présence de neutrons dans les 5 s suivant l'augmentation du champ. Réduire le champ et répéter 9 autres fois l'essai. Le résultat est acceptable si l'alarme se déclenche 8 fois sur les 10 tentatives.

NOTE Le débit d'émission de  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  à 25 cm est approximativement équivalent à un débit de fluence de neutrons de  $2,55 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$  au point de mesure.

## 5.2.8 Réponse gamma du détecteur neutron

### 5.2.8.1 Exigences

L'instrument ne doit pas déclencher une alarme neutron quand il est exposé à une source de rayonnement gamma  $^{60}\text{Co}$  produisant un débit de kerma dans l'air au point de référence de l'instrument jusqu'à  $100 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) pendant une durée de 100 s.

NOTE Ce débit de kerma dans l'air a été choisi comme la plus haute valeur permise pour application réglementaire à une distance de 1 m en accord avec les recommandations de l'AIEA pour une réponse opérationnelle. C'est aussi le débit de kerma dans l'air le plus élevé à une distance de 1 m (index de transport 10) en accord avec les règles de l'AIEA relatives au transport.

### 5.2.8.2 Méthode d'essai

La réponse de l'instrument aux rayonnements gamma est essayée en exposant le PRD pendant 100 s à une source de rayonnement  $^{60}\text{Co}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $100 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) au point de référence de l'instrument. La distance entre la source et l'instrument ne doit pas être inférieure à 50 cm.

Il convient qu'aucune alarme ne soit observée pendant l'essai.

## 5.3 Essais d'environnement

### 5.3.1 Essais en température

#### 5.3.1.1 Exigences

Sur l'étendue de température de  $-20^\circ \text{C}$  à  $+50^\circ \text{C}$ , l'instrument doit fonctionner correctement ainsi que l'alarme pour une augmentation de  $0,5 \mu\text{Gy} \cdot \text{h}^{-1}$  du bruit de fond ambiant. Une variation de la température ne doit pas provoquer une variation de l'intensité de champ de rayonnement ou du débit de kerma dans l'air (si indiqué), de plus de  $\pm 30 \%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

-----

Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les onctions de commande doivent être vérifiées pour un fonctionnement correct.

Si le fabricant a établi une étendue de températures de fonctionnement plus large, l'aptitude de l'instrument à fonctionner correctement doit faire l'objet d'un essai sur cette étendue.

### 5.3.1.2 Méthode d'essai

Avant le début de chaque essai, l'instrument doit être placé dans un environnement à la température de  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  pendant une durée de 30 min. 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  $+50\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  et une fois à la température basse extrême de  $-20\text{ °C} \pm 3\text{ °C}$  en appliquant la procédure suivante:

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

L'instrument doit être placé soit directement dans la chambre d'essai dont l'équilibre est à la température extrême (haute ou basse), soit introduit dans la chambre à  $20\text{ °C}$  et ensuite la température de la chambre est 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 30 min. A la fin de cette partie de l'essai, l'instrument doit être placé de la même manière à la température de  $20\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$  pour une durée de 30 min et la lecture de l'instrument à la fin de cette durée doit être enregistrée. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5\text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

L'instrument doit être placé dans une chambre d'essai à 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  $10\text{ °C}\cdot\text{h}^{-1}$ . 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 30 min et les lectures de l'instrument doivent être enregistrées. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5\text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

## 5.3.2 Essais d'humidité

### 5.3.2.1 Exigences

Sur l'étendue d'humidité relative de 40 % à 93 % à  $35\text{ °C}$ , l'instrument doit fonctionner correctement ainsi que l'alarme pour une augmentation de  $0,5\text{ }\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  du bruit de fond ambiant. Une variation de la température ne doit pas provoquer une variation de l'intensité de champ de rayonnement ou du débit de kerma dans l'air indiqué (s'il est fourni), de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

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

### 5.3.2.2 Méthode d'essai

Les essais d'humidité doivent être réalisés avec les essais en température si la chambre d'essai peut fournir les réglages appropriés pour les deux essais.

L'instrument doit être placé dans une chambre d'essai à la température de  $(20 \pm 2)$  °C et sous une humidité relative d'approximativement 65 %, et laissé pour stabilisation pendant une durée de 30 min. Toute variation de lecture apparaissant lors de cette durée doit être enregistrée. La température et l'humidité relative doivent alors être portées linéairement à respectivement 35 °C et 93 % RH à une vitesse d'environ 10 % d'humidité par heure. L'humidité relative et la température dans la chambre d'essai doivent être maintenues pendant 30 min, et la lecture de l'instrument doit être enregistrée. L'humidité relative doit alors être réduite à 40 % à la vitesse indiquée ci-dessus, tandis que la température est maintenue à 35 °C. Les variations de lecture apparaissant pendant cette durée doivent être enregistrées. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30$  % ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

### 5.3.3 Essai de résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau

#### 5.3.3.1 Exigences

La conception de l'enveloppe de l'instrument doit répondre aux exigences établies pour l'IP53 (voir la CEI 60529), ce qui signifie que l'instrument doit être protégé contre la pénétration de poussière et de projections d'eau. Pour l'IP53, 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 °C sur chaque coté vertical ne doivent pas avoir d'effet dangereux.

Pour chacun des essais de poussière ou à la pénétration de l'eau, une variation de la température ne doit pas provoquer une variation de l'intensité de champ de rayonnement ou du débit de kerma dans l'air indiqué (s'il est fourni), de plus de  $\pm 30$  % ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Il ne doit pas y avoir de dégradation visible de l'instrument et toutes les fonctions de commande doivent être vérifiées pour un fonctionnement correct.

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

#### 5.3.3.2 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 le poudre de talc (ou le ciment portland) en suspension dans une chambre d'essai fermée. Il convient que la charge de poudre utilisée soit de  $2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  de volume de la chambre d'essai. La poudre ne doit pas avoir été utilisée auparavant pour plus de 20 essais.

Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

L'instrument doit alors être exposé à l'environnement de poussière pour une durée de 1 h. La lecture du dispositif (si elle est fournie) ne doit pas varier de plus de  $\pm 30$  % ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau du bruit de fond de rayonnement. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit se déclencher.

À la suite de l'exposition, une inspection doit être effectuée pour déterminer l'amplitude de la pénétration de la poussière. Une attention particulière doit être portée au compartiment des batteries et à toute autre partie de l'instrument aisément accessible. La protection est satisfaisante si lors de l'inspection, la poudre ne s'est pas accumulée en une quantité ou en un lieu tel que, comme pour toute autre sorte de poussière, il pourrait y avoir une incidence sur le fonctionnement correct de l'instrument ou une dégradation de la sécurité.

### 5.3.3.3 Méthode d'essai – Pénétration de l'eau

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  $10 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1} \pm 5\%$ , qu'il convient de maintenir constant pendant l'essai. Il convient que la température de l'eau ne diffère pas de plus de  $5^\circ\text{C}$  de la température de l'instrument sous essai. La durée de l'essai est  $1 \text{ min}\cdot\text{m}^{-2}$  de la surface calculée de l'instrument, avec un minimum de 5 min.

Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

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  $-60^\circ$  dans deux plans orthogonaux. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.

À la suite de l'exposition, l'instrument, compartiment de batteries inclus, doit être inspecté pour assurer que l'eau n'a pas pénétré dans l'instrument.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

Pour les instruments qui sont conçus pour une utilisation en environnement de projections d'eau saline, cet essai doit être réalisé en utilisant de l'eau saline de masse spécifique approximativement  $1,025 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  à  $20^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{C}$ .

## 5.4 Essais mécaniques

### 5.4.1 Généralités

Les exigences de 4.2 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.

### 5.4.2 Essai de chute

L'instrument doit être lâché sur une surface en béton, à partir d'une hauteur de 1 m, et sur chacune des ses six faces. Les lectures du dispositif (si elles sont fournies) après les différentes chutes ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

### 5.4.3 Essai de vibration

L'instrument doit être soumis à des vibrations avec un balayage de fréquence allant de 10 Hz à 500 Hz et une accélération maximale de  $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$  appliquée dans chacune des trois directions orthogonales. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30 \%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

L'instrument doit alors être exposé à une source  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

## 5.5 Essais électriques

### 5.5.1 Généralités

Les essais suivants sont destinés à déterminer les propriétés électriques et électroniques de l'instrument et les effets sur sa réponse.

### 5.5.2 Exigences relatives aux piles et batteries

Il convient que chaque instrument fonctionne sur des piles ou batteries normalisées rechargeables et (ou) non rechargeables. Avec des batteries neuves du type recommandé par le fabricant, la durée de vie des batteries doit être supérieure à 100 h, hors conditions d'alarme pour les instruments avec des batteries non rechargeables et supérieure à 16 h avec des batteries rechargeables. Dans des conditions d'alarme continue, il convient que la durée de vie des batteries soit supérieure à 30 min.

Un indicateur de batterie faible doit être fourni pour informer l'utilisateur que les batteries nécessitent d'être remplacées ou rechargées. Le dispositif doit être totalement opérationnel jusqu'à l'indication de batteries faibles.

### 5.5.3 Essais d'interférences électromagnétiques et électrostatiques

#### 5.5.3.1 Généralités

L'instrument doit être exposé à un débit de kerma de photons dans l'air de  $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  et (si c'est applicable) à une source ayant un débit d'émission de  $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$  ( $\pm 20 \%$ ) ( $0,01 \mu\text{g}$ ) à 10 cm de distance afin de vérifier que l'instrument fonctionne correctement.

#### 5.5.3.2 Décharge électrostatique

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).

10 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. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30 \%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Si l'intensité de rayonnement du bruit

de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source de  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée. Une alarme peut se déclencher au moment de la décharge.

L'instrument doit alors être exposé à une source de  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air ambiant de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

### 5.5.3.3 Radiofréquences

Placer l'instrument dans un champ contrôlé de radiofréquences et l'exposer dans une seule orientation à un champ RF de  $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ , mesuré en l'absence de l'instrument dans la zone d'exposition, dans l'étendue de fréquences de 80 MHz à 1 000 MHz par pas de 1 % de la fréquence fondamentale et de 1,4 GHz à 2,5 GHz par pas de 0,1 GHz (voir la CEI 61000-4-3). Pour chaque fréquence, l'essai doit durer 6 min ou le résultat doit être ramené à un temps de mesure de 6 min. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source de  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

L'instrument doit alors être exposé à une source de  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air ambiant de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

### 5.5.3.4 Champs magnétiques

Exposer l'instrument à un champ magnétique de  $30 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$  50 Hz. L'exposition doit être faite dans au moins deux orientations ( $0^\circ$  et  $90^\circ$ ) par rapport aux lignes de champ. Les lectures (si elles sont fournies) ne doivent pas varier de plus de  $\pm 30\%$  ou d'une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée. Si l'intensité de rayonnement du bruit de fond naturel n'est pas suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques de l'instrument lors des lectures, il convient d'exposer celui-ci à une source de  $^{137}\text{Cs}$  d'intensité adaptée.

L'instrument doit alors être exposé à une source de  $^{137}\text{Cs}$  produisant un débit de kerma dans l'air ambiant de  $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$  au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit fonctionner correctement et l'alarme doit être déclenchée.

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

NOTE  $\text{A}\cdot\text{m}^{-1}$  est équivalent à une induction en espace libre de 1,26 mT.

## 6 Documentation

### 6.1 Généralités

Cet article spécifie les exigences pour la documentation.

## 6.2 Rapport d'essai de type

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

## 6.3 Certificat

Le fabricant doit fournir un certificat ou toute autre documentation contenant au moins les informations suivantes.

- Identité du fabricant incluant nom, adresse, numéro de téléphone, numéro de fax, adresse e-mail.
- Type de l'instrument, du détecteur et types de rayonnement pour la mesure desquels l'instrument est conçu.
- Etendue de l'indication de l'instrument.
- 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.
- Masse et dimensions de l'instrument.
- Exigences d'alimentation (batteries).
- Résultats des essais dans les conditions d'environnement.
- Résultats des essais électriques et mécaniques.
- Déclaration de conformité à la présente norme, CEI 62401.

## 6.4 Manuel d'utilisation et de maintenance

Le fabricant 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.
- Diagrammes des schémas électriques, liste des pièces de rechange et spécifications.
- Guide pour la résolution des anomalies.

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

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Source de rayonnement gamma de référence	$^{137}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$ , $^{241}\text{Am}$ , $^{60}\text{Co}$
Source de rayonnement neutron de référence	$^{252}\text{Cf}$	$^{252}\text{Cf}$
Temps de stabilisation	1 min	$\leq 1$ min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C <sup>a)</sup>
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % <sup>a)</sup>
Pression atmosphérique	101,3 kPa	96 kPa à 106 kPa <sup>a)</sup>
Bruit de fond de rayonnement gamma	Débit de kerma dans l'air 0,1 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ (10 $\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ )	Débit de kerma dans l'air inférieur à 0,25 $\mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ (25 $\mu\text{rad}\cdot\text{h}^{-1}$ )
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible créant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à deux fois la valeur de l'induction du champ magnétique terrestre
Commandes de l'ensemble	Réglage en fonctionnement normal	Réglage en fonctionnement normal
Contamination par des radionucléides	Négligeable	Négligeable
<sup>a)</sup> Les valeurs dans le Tableau sont fixées pour des essais réalisés dans des climats tempérés. Dans d'autres climats, les valeurs réelles des grandeurs au moment de l'essai doivent être indiquées. De même, une limite de pression inférieure à 70 kPa peut être autorisée à des altitudes plus élevées.		
Les caractéristiques des rayonnements photons de référence et leurs méthodes de dosimétrie sont données dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2 et l'ISO 4037-3, et les caractéristiques des rayonnements neutron et leurs méthodes de dosimétrie sont données dans l'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2 et l'ISO 8529-3.		



**Tableau 2 – Résumé des exigences de performance**

Paramètre	Exigence de performance ou spécification	Paragraphe correspondant
Dimensions maximales	20 cm × 10 cm × 5 cm	4.2.1
Masse maximale	400 g	4.2.2
Alarme, sonore	Fréquence sonore (1 000 à 4 000) Hz. Pour les alarmes intermittentes, intervalle entre signaux ≤ 2 s. Volume à 30 cm > 85 dB(A) Niveau d'alarme sonore ≤ 100 dB(A) à 30 cm	4.2.3
Délai d'alarme	≤ 2 s	5.2.3
Précision de l'indication pendant les essais	La variation de la lecture ne doit pas excéder ±30 % du débit de kerma dans l'air ou une unité d'indication, la valeur la plus élevée étant considérée.	plusieurs; voir ci-dessous
Erreur intrinsèque relative	L'erreur intrinsèque relative dans la réponse de l'instrument au rayonnement de photons de référence du <sup>137</sup> Cs ne doit pas être supérieure à ±30 % pour tous les débits de kerma dans l'air sur le domaine d'affichage indiqué et établi par le fabricant, si un tel affichage est fourni.	5.2.3
Niveau de rayonnement déclenchant l'alarme	0,5 µGy·h <sup>-1</sup> au-dessus des débits de kerma dans l'air du bruit de fond de 0,1 µGy·h <sup>-1</sup> et 0,3 µGy·h <sup>-1</sup> en utilisant <sup>241</sup> Am, <sup>137</sup> Cs et <sup>60</sup> Co.	5.2.3
Taux de fausse alarme	Temps moyen avant une fausse alarme > 1 h	5.2.4
Augmentation graduelle du rayonnement	Alarme dans les 2 s quand le rayonnement augmente graduellement.	5.2.5
Dépassement	L'indication des conditions de dépassement et alarme quand le débit de kerma dans l'air est supérieur au débit de kerma dans l'air maximal établi par le fabricant jusqu'à 50 fois le débit de dose maximal, au moins 1 mGy·h <sup>-1</sup> .	5.2.6
Détection des neutrons	Déclenchement d'une alarme neutron lors d'une exposition à une source de <sup>252</sup> Cf avec un taux d'émission de 2×10 <sup>4</sup> s <sup>-1</sup> (0,01 µg) à une distance de 25 cm du point de référence et dans les 5 s de temps d'exposition.	5.2.7
Réponse gamma du détecteur neutron	Pas de déclenchement d'alarme neutron lors d'une exposition à une source de rayonnement gamma <sup>60</sup> Co produisant un débit de kerma dans l'air au point de référence de l'instrument de 100 µGy·h <sup>-1</sup> pendant une durée de 100 s.	5.2.8
Etendue de température ambiante	Réponse stable de -20 °C à + 50 °C, sauf spécification contraire du fabricant. Essais de choc et de montée/descente en température. Alarme pour une montée du bruit de fond ambiant de 0,5 µGy·h <sup>-1</sup> .	5.3.1
Etendue de l'humidité relative	Réponse stable ente 40 % et 93 % d'humidité relative à 35 °C, sauf si spécification différente par le fabricant. Alarme pour une augmentation de 0,5 µGy·h <sup>-1</sup> du bruit de fond ambiant.	5.3.2
Résistance à la poussière et à la pénétration de l'eau	Réponse stable après 1 h d'exposition dans une chambre à poussières avec 2 kg de poudre par chambre et après une projection d'eau avec un débit de 10 l/m pour au moins 5 min. Projection d'eau saline, si prévu en utilisation. Alarme pour une augmentation de 0,5 µGy·h <sup>-1</sup> du bruit de fond ambiant.	5.3.3
Chute mécanique	Réponse stable après une chute de 1 m sur une surface en béton, sur chacune de ses six surfaces. Pas de dégradation visible et contrôle du fonctionnement correct. Alarme pour une augmentation de 0,5 µGy·h <sup>-1</sup> du bruit de fond ambiant.	5.4.2
Vibrations mécaniques	Réponse stable après soumission à des vibrations avec un balayage de fréquence allant de 10 Hz à 500 Hz et une accélération maximale de 10 m·s <sup>-2</sup> appliquée dans chacune des trois directions orthogonales. Pas de dégradation visible et contrôle du fonctionnement correct. Alarme pour une augmentation de 0,5 µGy·h <sup>-1</sup> du bruit de fond ambiant.	5.4.3

**Tableau 2 (suite)**

Paramètre	Exigence de performance ou spécification	Paragraphe correspondant
Durée de vie des batteries	Durée de vie des batteries non rechargeables > 100 h, sans alarme. Durée de vie des batteries rechargeables > 16 h, sans alarme. Dans des conditions d'alarme continue, durée de vie des batteries > 30 min.	5.5.2
Décharge électrostatique	Réponse stable après 10 décharges par point de décharge avec un temps de recouvrement de 1 s entre chaque décharge et une intensité maximale de 6 kV. Pas de dégradation visible et contrôle du fonctionnement correct. Alarme pour une augmentation de $0,5 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ du bruit de fond ambiant.	5.5.3.2
Interférence avec des radiofréquences	Réponse stable et fonctionnement correct pendant l'exposition à un champ RF de $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ dans l'étendue de fréquence de 80 MHz à 1 000 MHz par pas de 1 % de la fréquence fondamentale et de 1,4 GHz à 2,5 GHz par pas de 0,1 GHz.	5.5.3.3
Champs magnétiques	Réponse stable et fonctionnement correct lors de l'exposition dans au moins deux orientations, à un champ magnétique de $30 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ à 50 Hz.	5.5.3.4

## Bibliographie

CEI 60846:2002, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments pour la mesure et/ou la surveillance de l'équivalent de dose (ou de débit d'équivalence de dose) ambiant et/ou directionnel pour les rayonnements bêta, X et gamma*

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*

---

www.intellectual-property.com

ISBN 2-8318-9196-5



9 782831 891965

---

**ICS 13.280**

---

Typeset and printed by the IEC Central Office  
GENEVA, SWITZERLAND