

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Alarming personal radiation devices (PRDs) for the 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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62401:2017



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2017 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

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

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Alarming personal radiation devices (PRDs) for the 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 –

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-7945-8

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions, abbreviated terms and symbols, quantities and units.....	7
3.1 Terms and definitions.....	7
3.2 Abbreviated terms and symbols	10
3.3 Quantities and units	10
4 General characteristics and requirements	10
4.1 General.....	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 Data format.....	12
4.4 Explosive atmospheres	12
5 General test procedures	12
5.1 Nature of tests	12
5.2 Statistical fluctuations	13
5.3 General test information.....	13
5.4 Instrument setup	13
5.5 Speed of moving sources.....	14
5.6 Functionality test.....	14
5.6.1 General	14
5.6.2 Pre-test (preparation)	14
5.6.3 Post-test.....	14
6 Radiation detection requirements	15
6.1 Rate of false alarms.....	15
6.1.1 Requirements	15
6.1.2 Method of test.....	15
6.2 Gamma alarm	15
6.2.1 Requirements	15
6.2.2 Method of test.....	15
6.3 Personal protection alarm	16
6.3.1 Requirements	16
6.3.2 Method of test.....	16
6.4 Relative intrinsic error.....	16
6.4.1 Requirements	16
6.4.2 Method of test.....	16
6.5 Detection of gradually increasing radiation levels.....	16
6.5.1 Requirements	16
6.5.2 Method of test.....	16
6.6 Over-range	17

6.6.1	Requirements	17
6.6.2	Method of test.....	17
6.7	Detection of neutrons (if provided)	17
6.7.1	Requirements	17
6.7.2	Method of test.....	17
6.8	Gamma response of neutron detector (if provided).....	18
6.8.1	Requirements	18
6.8.2	Method of test.....	18
7	Environmental requirements	18
7.1	Ambient temperature.....	18
7.1.1	Requirements	18
7.1.2	Method of test.....	18
7.2	Relative humidity	19
7.2.1	Requirements	19
7.2.2	Method of test.....	19
7.3	Moisture and dust protection	19
7.3.1	Requirements	19
7.3.2	Method of test.....	19
8	Mechanical requirements.....	20
8.1	Drop test.....	20
8.1.1	Requirements	20
8.1.2	Method of test.....	20
8.2	Vibration test	20
8.2.1	Requirements	20
8.2.2	Method of test.....	20
9	Electric and electromagnetic requirements	20
9.1	Battery lifetime.....	20
9.1.1	Requirements	20
9.1.2	Method of test.....	20
9.2	Electrostatic discharge, radiofrequency immunity, radiated emissions and magnetic fields.....	21
9.2.1	Requirements	21
9.2.2	Method of test.....	21
10	Documentation	21
10.1	Type test report	21
10.2	Certificate	21
10.3	Operation and maintenance manuals	22
Annex A (informative)	Summary of performance requirements	23
Bibliography		25

Table 1 – IEC standards concerning instruments for the detection of illicit trafficking of
radioactive material 6

Table 2 – Standard test conditions 12

Table A.1 – Summary of the most important performance requirements 24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ALARMING PERSONAL
RADIATION DEVICES (PRDs) FOR THE 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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 62401 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 62401, issued in 2007. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) making the standard consistent with the new standards for detection of illicit trafficking of radioactive material (see the Introduction);
- b) changing some requirements:
 - removal of the 2 levels of background levels (high and low) needed for the different tests. Only one background level (laboratory) remains,
 - the gamma alarm is tested using moving sources and not statically (6.2),

- relative intrinsic error,
 - over-range,
 - detection of neutrons;
- c) creating a uniform functionality test for all environmental, electromagnetic and mechanical tests and a requirement for the coefficient of variation of each nominal mean reading;
- d) reference to IEC 62706 for the environmental, electromagnetic and mechanical test conditions.

The text of this International Standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45B/881/FDIS	45B/888/RVD

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

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

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

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

A bilingual version of this publication may be issued at a later date.

INTRODUCTION

Illicit and inadvertent movement of radioactive materials has become a problem of increasing importance. Radioactive sources out of regulatory control, so-called “orphan sources”, have frequently caused serious radiation exposures and widespread contamination. Although illicit trafficking in nuclear and other radioactive materials is not a new phenomenon, concern about a nuclear “black market” has increased in the last few years, particularly in view of its terrorist potential.

In response to the technical policy of the International Atomic Energy Agency (IAEA), the World Customs Organization (WCO) and the International Criminal Police Organization (Interpol) related to the detection and identification of special nuclear materials and security trends, nuclear instrumentation companies are developing and manufacturing radiation instrumentation to assist in the detection of illicit movement of radioactive and special nuclear materials. This type of instrumentation is widely used for security purposes at nuclear facilities, border control checkpoints, and international seaports and airports.

However, to ensure that measurement results made at different locations are consistent, it is imperative that radiation instrumentation be designed to rigorous specifications based upon agreed performance requirements stated in international standards. Several IEC standards have been developed to address body-worn, hand-held and portal instruments, see Table 1.

Table 1 – IEC standards concerning instruments for the detection of illicit trafficking of radioactive material

Type of instrumentation	IEC number	Title of the standard
Body-worn	62401	Radiation protection instrumentation – Alarming Personal Radiation Devices (PRDs) for the detection of illicit trafficking of radioactive material
	62618	Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-Based Alarming Personal Radiation Devices (SPRD) for detection of illicit trafficking of radioactive material
	62694	Radiation protection instrumentation – Backpack-type radiation detector (BRD) for detection of illicit trafficking of radioactive material
Portable or hand-held	62327	Radiation protection instrumentation – Hand-held instruments for the detection and identification of radionuclides and for the estimation of ambient dose equivalent rate from photon radiation
	62533	Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for photon detection of radioactive material
	62534	Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for neutron detection of radioactive material
Portal	62244	Radiation protection instrumentation – Installed radiation portal monitors (RPMs) for the detection of illicit trafficking of radioactive and nuclear materials
	62484	Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-based portal monitors used for the detection and identification of illicit trafficking of radioactive material
Data format	62755	Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials

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

1 Scope

This document 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 gamma radiation fields. Neutron detection may also be provided.

Personal Radiation Devices (PRDs) 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 the ambient or personal dose equivalent rate.

The object of this document is to describe design and functional criteria along with testing methods for evaluating the performance of the PRDs used for detection of illicit trafficking of radioactive material (e. g., for border radiation monitoring).

This document does not apply to the ambient or personal dose equivalent rate meters which are covered in IEC 60846-1 or IEC 61526, respectively. If the manufacturer states that the PRD can be used for radiation protection purposes, compliance with IEC 60846-1 or IEC 61526 will be needed.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-395, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 395: Nuclear instrumentation: Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60068-2-11, *Basic environmental testing procedures – Part 2-11: Tests – Test Ka: Salt mist*

IEC 62706:2012, *Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical performance requirements*

IEC 62755, *Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials*

3 Terms and definitions, abbreviated terms and symbols, quantities and units

3.1 Terms and definitions

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

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

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

quality which characterizes the ability of a measuring instrument to provide an indicated value close to a true value of the measurand

3.1.3

alarm

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

3.1.4

background

radiation field in which there are no external sources present other than those in the natural radiation field at the location of the measurements

3.1.5

coefficient of variation

COV

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

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

3.1.6

conventionally true value of a quantity

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

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 document

3.1.8

false alarm

alarm not caused by a radioactive source under the specified background conditions

3.1.9

fluence

quotient of dN by da , where dN is the number of particles incident on a sphere of cross-sectional area da (unit: m^{-2})

3.1.10

fluence rate

quotient of $d\Phi$ by dt , where $d\Phi$ is the increment of the fluence in the time interval dt (unit: $m^{-2} \cdot s^{-1}$)

3.1.11

point of measurement

place at which the conventionally true value is determined

3.1.12**reference point**

defined position on instrument to be used to position it at a point where the conventionally true value of the quantity to be measured is known

3.1.13**relative intrinsic error** ε_{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 when subjected to a specified reference quantity under specified reference conditions

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

3.1.14**response**

reading or indication of the PRD

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

3.1.17**type test**

test for conformity evaluation on the basis of one or more specimens of a product representative of the production

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

3.1.19**acceptance test**

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

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

Note 1 to entry: 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 2 to entry: 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.

3.1.21 variance σ^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 Abbreviated terms and symbols

COV	coefficient of variation
EMC	Electromagnetic Compatibility
ESD	electrostatic discharge
IP	degree of ingress protection
LED	light-emitting diode
PRD	personal radiation device
RF	radio frequency

3.3 Quantities and units

In the present document, units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-395.

Nevertheless, the following units may also be used:

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

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

4 General characteristics and requirements

4.1 General

PRDs tested using this document are carried on the body and are used to detect and indicate the presence and general magnitude of the gamma radiation fields (e.g., $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, counts per second, numerical display without units (1-9), LEDs). PRDs are not intended to provide a measurement of the ambient or personal dose equivalent rate. However, the manufacturer may provide an optional display of the ambient or personal dose equivalent rate from gamma radiation.

The following are important design features:

- quickly alert the user to small increases of radiation levels with a low occurrence of false alarms;
- simple to use for personnel not expert in radiation measurements;
- separate gamma and neutron radiation alarms (if neutron response is provided), with visual and audible alerts;

¹ International Bureau of Weights and Measures: The international System of Units (SI), 8th edition, 2014.

- audible and/or visual indication that corresponds to the magnitude of the radiation field (e.g., increasing frequency or pitch of beep tone with increasing radiation signal);
- the visual display is readable in low light levels (< 150 lx) and high light levels (>10 000 lx);
- small, rugged, shock-resistant, water-resistant and dust resistant;
- protection of the setting of all operational parameters;
- self-diagnostic capabilities (e.g., detector fault);
- indication of battery status;
- vibration alarm and/or earphone with user-adjustable volume;
- personal protection alarm with pre-settable level;
- the operating parameters and the recorded data are not lost if there is a loss of power.

4.2 Mechanical requirements

4.2.1 Size

The overall dimensions of the PRD, excluding any clip, retaining device or external alarm, should not exceed 15 cm in length, 10 cm in width and 5 cm in thickness.

4.2.2 Mass

The mass of the complete instrument including battery, clip, etc., should not exceed 400 g.

4.2.3 Alarm characteristics

- a) Indicator – The PRD shall alert the user when an alarm occurs (e.g., visual indicator that enables the operator to view without removal of the device from its wearing position, vibration alarm intensity that can be sensed by the user, etc.).
- b) Alarm type – The PRD shall have audible, visual and vibratory alarms. The frequency of an audible alarm should be within the range of 1 kHz to 4 kHz. 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. If the PRD provides neutron detection, the neutron alarm shall be different from the gamma alarm.
- c) The personal protection alarm shall be distinguishable from the other alarms.
- d) The PRD audible and vibratory alarms shall be capable of being acknowledged and silenced by the PRD user.

4.2.4 Case construction

The PRD 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, holster or ring), with attention given to the necessary orientation of the detector, alarm type and display. See 7.3 for the IP classification.

4.2.5 Reference point marking

The reference point of the PRD shall be marked or described in the manual.

4.2.6 Switches

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

4.3 Data format

If the PRD is capable of transferring data, the data format should meet the IEC 62755 requirements. As a minimum the data shall contain the following information:

- manufacturer name;
- instrument model;
- serial number;
- software version;
- gamma detector kind (e.g., CsI(Tl), NaI(Tl));
- date and time of measurement;
- measured radiation levels (e.g., count rate, dose rate, unit-less level);
- gamma-ray alarm indication;
- personal protection alarm.

If the PRD is equipped with a neutron detector, in addition the data shall contain the following information:

- neutron detector kind (e.g., ^3He , Lithium Glass, BF_3);
- neutron level (e.g., count rate);
- neutron alarm indication.

The data transfer protocol shall be fully described by the manufacturer. Consideration should be given to data security when using wireless data transfer techniques.

4.4 Explosive atmospheres

The manufacturer shall state whether or not the PRD is certified for use in explosive atmospheres and its category. Proof of certification shall be provided when claimed. Certification should be based on IEC 60079-11 or equivalent standard (e.g. UL-913).

5 General test procedures

5.1 Nature of tests

The required standard test conditions for environmental quantities, such as temperature and humidity, as well as those for other quantities that may influence the performance of the PRDs, are given in Table 2. Acceptable testing ranges for these quantities shall be met, except where the effect of the condition or quantity itself is being tested.

Table 2 – Standard test conditions

Influence quantities	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Ambient temperature	18 °C to 25 °C ^a
Relative humidity	≤ 75 % ^a
Atmospheric pressure	96 kPa to 106 kPa ^a
Gamma radiation background	Less than ambient dose equivalent rate of 0,15 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Neutron radiation background	Neutron fluence rate less than 200 $\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-2}$
^a The values 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.	

The tests in this document are to be considered as type tests, unless otherwise stated. The user may employ parts of the document as acceptance tests.

All tests using this document shall be performed in the configuration of intended use. Functional settings used by the PRD shall not be changed during the different tests if this is not specified in the corresponding method of test.

Where no method of test is described for a requirement, it is understood to mean that either the information for the method of test is contained in the requirement or the characteristic requirement can be verified by observation or by consultation of the manufacturer's specifications.

5.2 Statistical fluctuations

When performing environmental, electromagnetic or mechanical tests, the coefficient of variation (COV) of the readings shall be less than or equal to 12 %. If the COV is larger than 12 %, then the radiation field or the number of readings should be increased to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient accuracy to demonstrate compliance with the test in question.

For neutron or gamma background measurements, attaining a COV to meet this requirement may not be possible. Therefore, testing with neutrons or gammas at background levels (i.e., testing without radioactive source present) may be performed even when the COV is larger than 12 %.

The requirement concerning the COV does not apply for the PRDs with unit-less display.

5.3 General test information

The reference point of the PRD 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}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co . For neutrons, the test source shall be ^{252}Cf moderated by being surrounded by a spherical shell with 4 cm wall thickness of high density polyethylene or equivalent moderator and inner cavity diameter of not more than 3 cm.

When performing the radiation tests in Clause 6, the PRD shall be mounted on the centre of a phantom to simulate the human torso. The phantom shall be made of polymethyl methacrylate (PMMA). The phantom dimensions shall be 30 cm wide, 30 cm high and 15 cm thick. The reference point of the PRD shall be placed at a height of at least 1 m from the floor.

5.4 Instrument setup

The PRD to be tested shall be placed under standard test conditions, switched on, set up following instructions from the manufacturer, and allowed a stabilisation and background detection period specified by the manufacturer's recommendations. The entire process from the time the PRD is turned on until it is ready for normal operation should not exceed 1 min.

5.5 Speed of moving sources

For dynamic tests, the source or PRD shall be moved in a configuration that provides no shielding around the source other than that required for the specific test. The source speed shall be $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ (average walking speed). The nominal distance of closest approach $d_0 = 1,5 \text{ m}$, unless otherwise required in a test. If the distance of closest approach, d (expressed in m), is adjusted in order to maintain the same ambient dose equivalent rate at the reference point of the PRD then the passage speed, v (expressed in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), shall be adjusted to:

$$v = v_0 \times d/d_0$$

where

$v_0 = 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and

$d_0 = 1,5 \text{ m}$.

It is recommended that the testing distance of closest approach is kept between 1 m and 3 m.

During the dynamic tests, there shall be a 10 s minimum delay between each trial with the source either positioned at a distance where it does not affect the background surrounding the PRD or shielded during the delay.

5.6 Functionality test

5.6.1 General

The functionality test consists of comparing the PRD functionality before (pre-test) and during or after (post-test) an environmental, mechanical or electromagnetic disturbance described in Clauses 7, 8 and 9.

5.6.2 Pre-test (preparation)

The pre-test or preparation includes the stabilisation of the PRD in normal test conditions and verification of its correct functioning (alarming at an increase of at least $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation). Then, the radiation field should be set using a gamma source in order to obtain a COV of the readings less than or equal to 12 % (see 5.2). Record at least 10 gamma indications (if provided). Calculate the mean value of the PRD gamma readings.

The PRD indication can be a unit indication (e.g., $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, counts/s, etc.) or a unit-less indication (e.g., display 1-9, LEDs, etc.).

If neutron detection is provided, place a neutron source at a position where the PRD alarms. For this, place first the neutron source at a position where the PRD does not alarm and bring closer progressively the neutron source until you find a position where the PRD alarms.

5.6.3 Post-test

The test has two parts:

a) alarm check

In the appropriate part of Clauses 7, 8 or 9, it is stated whether the functionality test is performed during or after the environmental, mechanical or electromagnetic disturbance. Thus, during or after a disturbance (e.g., the low and high temperature extremes), the PRD shall be exposed to a gamma source producing an ambient dose equivalent rate of at least $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation. The instrument shall alarm. If the neutron indication is provided, place the neutron source at the same position determined according to 5.6.2 and check that the neutron alarm activates.

There shall be no alarm during the test when radioactive sources are not present, unless otherwise specified.

b) indication check

Place the gamma source at the same position as in the pre-test and take the same number of readings as in the pre-test. The mean value of the post-test readings shall be calculated and compared to the mean value of the pre-test readings. The mean value shall not change by more than:

- ± 30 % (for the unit indications),
- or one neighbouring indication change (for the unit-less indication).

NOTE An example of an accepted neighbour change of the unit-less indication is the display change from 5 to 6 (or 4) or turning on/off of one LED.

There shall be no visible external damage after the environmental, mechanical or electromagnetic disturbance and the instrument shall function correctly as prior to these tests.

6 Radiation detection requirements

6.1 Rate of false alarms

6.1.1 Requirements

The number of false alarms shall be not greater than 1 alarm in 1 h. If the PRD has neutron detection capabilities the same maximum number of neutron false alarms applies.

6.1.2 Method of test

The PRD shall be monitored at the background radiation level for 8 h. The number of gamma false alarms during this period shall not exceed 3.

NOTE This corresponds to 95 % one-sided upper confidence bound for 1 false alarm for 1 h in Poisson distribution.

If the PRD has neutron detection capabilities, the same maximum number of neutron false alarms applies.

6.2 Gamma alarm

6.2.1 Requirements

The PRD shall alarm within 2 s after exposure to an increase in the ambient dose equivalent rate level of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0 %, $+20$ %) above background for ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co sources when moving at a speed of $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (± 10 %) at a distance of closest approach of 1,5 m.

6.2.2 Method of test

The PRD shall be switched on and allowed to stabilise as described in the manufacturer's manual without any radiation sources present in the testing area.

Move the ^{137}Cs source towards and past the PRD as described in 5.5. The speed of $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ shall be scaled using the information provided in this subclause, if the distance of closest approach is different from 1,5 m.

The ambient dose equivalent rate at the reference point of the PRD shall be increased by $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0 %, $+20$ %) above background when the ^{137}Cs source is at the distance of closest approach.

The gamma alarms shall activate not later than 2 s after the source passes through the point that is closest to the PRD. The response is also acceptable if the gamma alarm is activated before the maximum radiation field is reached (i.e., before reaching the required test position). The radiation field shall be reduced (see 5.5) and the test repeated 19 additional times for a total of 20 trials.

The entire process shall be repeated using ^{241}Am and ^{60}Co sources, each producing an ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (+20 %) above background at the reference point of the PRD at the distance of closest approach.

The test results are acceptable if the PRD alarms in at least 19 out of 20 trials for each source.

6.3 Personal protection alarm

6.3.1 Requirements

The PRD shall alarm within 2 s of exposure to an increase in the ambient radiation level greater than personal protection alarm threshold.

6.3.2 Method of test

For this test, set the personal protection alarm threshold to at least $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Using a ^{137}Cs source, increase the ambient dose equivalent rate at the reference position to 30 % above the personal protection threshold. This shall trigger a personal protection alarm in less than or equal to 2 s.

6.4 Relative intrinsic error

6.4.1 Requirements

This only applies where the PRD has an ambient dose equivalent rate display.

Under standard test conditions, the relative intrinsic error in the response of the instrument to the reference photon radiation from ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co shall not exceed ± 50 % for all ambient dose equivalent rates over the manufacturer's stated range.

6.4.2 Method of test

The test shall be performed using ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co sources for at least 3 ambient dose equivalent rates: one at approximately $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, one at approximately $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ and one at approximately 50 % of the maximum stated range of indication. The relative intrinsic error of the instrument's mean response shall not exceed ± 50 % for each of the 3 radionuclides.

6.5 Detection of gradually increasing radiation levels

6.5.1 Requirements

The PRD'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.

6.5.2 Method of test

The PRD shall be switched on and allowed to stabilise as described in the manufacturer's manual without any radiation sources present in the testing area.

From a distance of 5 m away from the PRD, move the ^{137}Cs source towards the PRD as described in 5.5. The speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10$ % shall be scaled using the information provided in 5.5, if the distance of closest approach is different from 1,5 m.

The ambient dose equivalent rate at the reference point of the PRD shall be increased by $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($-0 \%, +20 \%$) above background when the ^{137}Cs source is at the distance of closest approach.

The gamma alarms shall activate not later than 2 s after the source passes through the point that is closest to the PRD. The response is also acceptable if the gamma alarm is activated before the maximum radiation field is reached (i.e., before reaching the required test position). The field shall be reduced (see 5.5) and the test repeated 2 additional times for a total of 3 trials. Wait at least 100 s between the different trials.

The test results are acceptable if the PRD alarms in 3 out of 3 trials.

6.6 Over-range

6.6.1 Requirements

The manufacturer shall state the ambient dose equivalent rate at which the PRD indicates the over-range condition. The PRD shall indicate that an over-range condition exists when the ambient dose equivalent rate is greater than the manufacturer-stated over-range. During the over-range condition, the alarm indication shall stay activated. The PRD shall recover within 1 min after removing the over-range exposure.

6.6.2 Method of test

Using a gamma source, apply a step change in the ambient dose equivalent rate, from background to 2 times the value that triggers the over-range condition, as stated by the manufacturer, and expose the PRD for 5 min.

The PRD shall indicate an over-range condition within 5 s after the step change. The PRD shall stay in that condition for the entire exposure period.

After removing the source, the PRD shall return to the state prior to the test within 1 min.

6.7 Detection of neutrons (if provided)

6.7.1 Requirements

The PRD shall trigger a neutron alarm within 5 s when exposed to a moderated ^{252}Cf source (see 5.3) with an emission rate (N_R) of $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ ($\pm 20 \%$) at a distance (D_R) of 25 cm from the instrument's reference point.

6.7.2 Method of test

Using the test method described in 6.2.2, move the moderated ^{252}Cf source specified in the requirement at a speed of $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ towards the PRD and stop at the distance of closest approach of 25 cm.

Neutron alarms shall activate not later than 5 s after the source stops at the point that is closest to the PRD. The response is also acceptable if the neutron alarm is activated before the maximum radiation field is reached (i.e., before reaching the required test position). The source shall be removed and the test repeated 9 additional times for a total of 10 trials. Wait 100 s between trials. The test result is acceptable if the neutron alarm activates in at least 8 of 10 exposures.

If a source with emission rate of $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ ($\pm 20 \%$) is not available, a moderated ^{252}Cf source (see 5.3) with an emission rate N_T placed at a distance D_T ranging between 20 cm and 50 cm may be used. In order to obtain the same neutron fluence rate at the point of measurement ($2,55 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), the testing distance shall be calculated as:

$$D_T = D_R \sqrt{N_T/N_R}$$

Gamma alarms are allowed during this test, but they will not be considered.

NOTE 1 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 $2,55 \text{ cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

NOTE 2 The distance range from 20 cm to 50 cm corresponds to a N_T of between $1,28 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ and $8 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$.

6.8 Gamma response of neutron detector (if provided)

6.8.1 Requirements

The PRD shall not trigger a neutron alarm when exposed to a ^{137}Cs gamma ray source producing an ambient dose equivalent rate at the reference point of the instrument of $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ($\pm 20 \%$) for duration of 100 s. The neutron response shall not be affected by the presence of gamma radiation.

6.8.2 Method of test

Expose the PRD for 100 s to a ^{137}Cs radiation source producing an ambient dose equivalent rate of $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ at the reference point of the instrument. The distance between the source and the instrument shall be not less than 25 cm. No neutron alarms should be observed during the test.

Repeat the neutron alarm test in 6.7 while the PRD is being exposed to the gamma radiation field. The test result is acceptable if the neutron alarm activates in at least 8 trials out of 10.

If the PRD over-ranges at the above dose rate value and the neutron alarm cannot be verified, then the ambient dose equivalent rate should be reduced to the maximum value for which the over-range condition is no longer present and the test should be carried out as described above.

7 Environmental requirements

7.1 Ambient temperature

7.1.1 Requirements

Over the temperature range specified in IEC 62706:2012 for body worn devices (from -10°C to $+40^\circ\text{C}$), the PRD shall function correctly and alarm at an increase of the ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$. As a result of the temperature change, the variation of the indication of the magnitude of the radiation field or of the ambient dose equivalent rate (if provided) shall be within the values described in the functionality test.

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

7.1.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

Follow the ambient temperature method of test specified in IEC 62706:2012 for both ramp (7.2.2) and shock change (7.3.2).

Following the temperature equilibrium time, at the low and high temperature extremes perform the functionality post-test as described in 5.6.3.

7.2 Relative humidity

7.2.1 Requirements

Over the range of relative humidity specified in IEC 62706:2012 for body worn devices (40 % to 93 % at 35 °C, currently), the PRD shall function correctly and alarm at an increase of the ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. As a result of the humidity change, the indication of the magnitude of the radiation field or of the ambient dose equivalent rate (if provided) shall not change as described in the functionality test.

7.2.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

Follow the relative humidity method of test specified in IEC 62706:2012, 7.4.2.

Following the temperature and relative humidity equilibrium time, at the low and high relative humidity extremes perform the functionality post-test as described in 5.6.3.

7.3 Moisture and dust protection

7.3.1 Requirements

The PRD case design shall meet the IP classification requirements stated in IEC 62706:2012 for body worn devices (IP 54, currently).

After the dust and moisture tests, the instrument shall function correctly and alarm at an increase of the ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. The indication of the magnitude of the radiation field or of the ambient dose equivalent rate (if provided) shall not change as described in the functionality test.

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

7.3.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

The method of test shall follow the IP requirements stated in IEC 62706:2012, 7.6.2.

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.

For instruments that are designed for use in salt water spray environments, the PRD shall exhibit the same performance after being subjected to a salt water spray as defined in IEC 60068-2-11 using a conditioning duration of 16 h. The PRD does not have to be powered during the test.

Perform the functionality post-test after the above disturbances as described in 5.6.3.

8 Mechanical requirements

8.1 Drop test

8.1.1 Requirements

The PRD shall withstand drops as specified in the drop test part of IEC 62706:2012, 8.2 for body worn instruments (drops from 1 m onto a concrete surface on each of their six sides). After the drops, the PRD shall function correctly and alarm at an increase of the ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

8.1.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

Follow the drop requirement and method of test specified in IEC 62706:2012, 8.2 for body worn instruments.

Perform the functionality post-test after the drops as described in 5.6.3. The PRD is allowed to alarm during the drop.

8.2 Vibration test

8.2.1 Requirements

The PRD shall withstand vibration as specified in IEC 62706:2012, 8.3 for body worn instruments (random vibration with spectral density of $0,01 \text{ g}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz). After vibrations, the instrument shall function correctly and alarm at an increase of the ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

8.2.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

Follow the vibration requirement and method of test specified in IEC 62706:2012, 8.3 for body worn instruments.

Perform the functionality post-test after the vibration as described in 5.6.3.

9 Electric and electromagnetic requirements

9.1 Battery lifetime

9.1.1 Requirements

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

9.1.2 Method of test

Perform the functionality post-test as described in 5.6.3 after 100 h under no alarm conditions (16 h for units with rechargeable batteries) or after the manufactured stated maximal battery

life time, whichever is greater. With new or recharged batteries activate all alarms (i.e., visual, audible, vibration) and observe the PRD for 30 min. The PRD should alarm continuously for at least 30 min.

Verify whether a low battery indicator is provided.

9.2 Electrostatic discharge, radiofrequency immunity, radiated emissions and magnetic fields

9.2.1 Requirements

9.2.1.1 Electrostatic discharge

The PRD shall function properly during and after exposure to ESD at 6 kV (contact discharge for conductive surfaces) or 8 kV (air discharge for non-conductive or insulating surfaces).

9.2.1.2 Radiofrequency immunity

The PRD shall function properly when exposed to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 GHz at $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ and 1,4 GHz to 2,5 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave.

9.2.1.3 Radiated emissions

The electromagnetic fields emitted by the PRD at 3 m shall be less than what is shown in IEC 62706:2012, 9.4.1 concerning the radiated emissions up to 2,5 GHz.

9.2.1.4 Magnetic fields

The PRD shall be fully functional when exposed to a $100 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ 50 Hz or 60 Hz magnetic field.

9.2.2 Method of test

For each of the requirements listed in 9.2.1, perform the functionality pre-test as described in 5.6.2.

Follow each of the requirements and methods of tests specified in IEC 62706:2012, Clause 9 for electrostatic discharge, radiofrequency immunity, radiated emissions and magnetic fields concerning body worn instruments.

Perform the functionality post-test as described in 5.6.3 after each test as follows: the indication check during the above EMC disturbances and the alarm check after all of them.

10 Documentation

10.1 Type test report

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

10.2 Certificate

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

- contacts for the manufacturer including name, address, phone number and email address;
- type of instrument, detector and types of radiation the instrument is designed to measure;

- if pressurized detectors are used (e.g. ^3He), the manufacturer shall state the dimensions, the pressure and the active volume of the detector;
- range of gamma count rate and/or dose rate the instrument is designed to indicate;
- if applicable, range of neutron count rate and/or dose rate the instrument is designed to indicate;
- reference point and reference orientation for radiation sources used for calibration;
- location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors;
- response of the instrument to different appropriate radiation energies;
- mass and dimensions of the instrument;
- power supply (battery) requirements, including battery lifetime;
- inclusion of any hazardous material that may be subject to regulation (such as radionuclide check source, pressurized gases, corrosive materials);
- declaration of conformity with respect to this document, IEC 62401.

10.3 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.
- Trouble-shooting guide.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62401:2017

Annex A (informative)

Summary of performance requirements

The summary of the most important performance requirements is shown in Table A.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62401:2017

Table A.1 – Summary of the most important performance requirements

Parameter	Performance requirement or specification	Sub-clause
Maximum size	15 cm x10 cm x 5 cm	4.2.1
Maximum mass	400 g	4.2.2
Acoustical alarm	A-weighted sound level between 85 dB(A) and 100 dB(A) at 30 cm from the alarm source.	4.2.3
Rate of false alarms	Up to 1 alarm in 1 h	6.1
Gamma alarm	Alarm within 2 s after exposure to an increase in the ambient dose equivalent rate level of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (–0 %, +20 %) above background for ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co when moving at a speed of $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (± 10 %) at a distance of closest approach of 1,5 m.	6.2
Personal protection alarm	Alarm within 2 s of exposure to an increase in the ambient radiation level greater than personal protection alarm threshold.	6.3
Relative intrinsic error	No more than ± 50 % at $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ and 50 % of the maximum stated range of indication for ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co .	6.4
Detection of gradually increasing radiation	The alarm threshold shall not be affected by slowly increasing radiation ($0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$).	6.5
Over-range	Indication of an over-range condition when the ambient dose equivalent rate is greater than 2 times of the manufacturer-stated over-range condition.	6.6
Detection of neutrons (if provided)	Neutron alarm within 5 s when exposed to a moderated ^{252}Cf source with an emission rate of $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ (± 20 %) at a distance of 25 cm from the instrument's reference point.	6.7
Gamma response of neutron detector (if provided)	Shall not trigger a neutron alarm when exposed to a ^{137}Cs gamma ray source producing an ambient dose equivalent rate at the reference point of the instrument of up to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (± 20 %) for duration of 100 s.	6.8
COV for environmental, electromagnetic and mechanical tests	COV of each nominal mean reading ≤ 12 %.	5.2
Functionality test for environmental, electromagnetic and mechanical tests	a) Alarm at an increase of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ over the ambient background level of radiation at least 19 times out 20 trials. b) The mean value shall not change by more than ± 30 % (for the unit indications) or one neighbouring indication change (for the unit-less indication).	5.6
Ambient temperature	Functionality test from -10 °C to $+40$ °C for ramp and shock change.	7.1
Relative humidity range	Functionality test from 40 % to 93 % at 35 °C.	7.2
Moisture and dust	IP 54	7.3
Mechanical drop	Withstand drops from 1 m onto a concrete surface on each of their six sides.	8.1
Vibration	Withstand random vibration with spectral density of $0,01 \text{ g}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz.	8.2
Battery lifetime	At least 100 h for non-rechargeable and 16 h for rechargeable batteries	9.1
Electrostatic discharge	6 kV (contact discharge) or 8 kV (air discharge)	9.2.1.1
RF immunity	Function properly when exposed to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 GHz at $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ and 1,4 GHz to 2,5 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave.	9.2.1.2
Radiated emissions	Emitted electromagnetic fields at 3 m shall be less than what is shown in IEC 62706 up to 2,5 GHz.	9.2.1.3
Magnetic fields	PRD shall be fully functional when exposed to a $100 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ 50 Hz or 60 Hz magnetic field.	9.2.1.4

Bibliography

IEC 60079-11, *Explosive atmospheres – Part 11: Equipment protection by intrinsic safety "i"*

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

IEC 61526, *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*

IEC 62327, *Radiation protection instrumentation – Hand-held instruments for the detection and identification of radionuclides and for the estimation of ambient dose equivalent rate from photon radiation*

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

International Bureau of Weights and Measures, *The international System of Units (SI)*, 8th (updates to the 8th edition of the SI Brochure) edition, 2014

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62401:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	28
INTRODUCTION.....	30
1 Domaine d'application	31
2 Références normatives	31
3 Termes et définitions, termes abrégés et symboles, grandeurs et unités.....	31
3.1 Termes et définitions	31
3.2 Termes abrégés et symboles	34
3.3 Grandeurs et unités	34
4 Exigences et caractéristiques générales	35
4.1 Généralités	35
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	36
4.2.5 Marquage du point de référence	36
4.2.6 Boutons de commutation	36
4.3 Format de données	36
4.4 Atmosphères explosives	36
5 Procédure générale d'essai	37
5.1 Nature des essais	37
5.2 Fluctuations statistiques	37
5.3 Informations générales pour les essais	38
5.4 Préparation de l'instrument	38
5.5 Vitesse des sources en mouvement	38
5.6 Essai de fonctionnalité	38
5.6.1 Généralités	38
5.6.2 Avant l'essai (préparation)	39
5.6.3 Après-essai	39
6 Exigences de détection de rayonnement.....	40
6.1 Taux de fausse alarme.....	40
6.1.1 Exigences.....	40
6.1.2 Méthode d'essai	40
6.2 Alarme gamma.....	40
6.2.1 Exigences.....	40
6.2.2 Méthode d'essai	40
6.3 Alarme de protection individuelle	41
6.3.1 Exigences.....	41
6.3.2 Méthode d'essai	41
6.4 Erreur intrinsèque relative.....	41
6.4.1 Exigences.....	41
6.4.2 Méthode d'essai	41
6.5 Détection d'une augmentation graduelle des niveaux de rayonnement.....	41
6.5.1 Exigences.....	41
6.5.2 Méthode d'essai	41
6.6 Dépassement.....	42

6.6.1	Exigences.....	42
6.6.2	Méthode d'essai	42
6.7	Détection des neutrons (si fournie)	42
6.7.1	Exigences.....	42
6.7.2	Méthode d'essai	42
6.8	Réponse gamma du détecteur neutron (si fournie)	43
6.8.1	Exigences.....	43
6.8.2	Méthode d'essai	43
7	Exigences d'environnement	43
7.1	Température ambiante	43
7.1.1	Exigences.....	43
7.1.2	Méthode d'essai	44
7.2	Humidité relative	44
7.2.1	Exigences.....	44
7.2.2	Méthode d'essai	44
7.3	Protection contre l'humidité et la poussière	44
7.3.1	Exigences.....	44
7.3.2	Méthode d'essai	44
8	Exigences mécaniques	45
8.1	Essai de chute	45
8.1.1	Exigences.....	45
8.1.2	Méthode d'essai	45
8.2	Essai de vibration	45
8.2.1	Exigences.....	45
8.2.2	Méthode d'essai	45
9	Exigences électriques et électromagnétiques	46
9.1	Durée de vie des batteries	46
9.1.1	Exigences.....	46
9.1.2	Méthode d'essai	46
9.2	Décharge électrostatique, immunité aux radiofréquences, émissions rayonnées et champs magnétiques	46
9.2.1	Exigences.....	46
9.2.2	Méthode d'essai	46
10	Documentation	47
10.1	Rapport d'essai de type	47
10.2	Certificat	47
10.3	Manuel d'utilisation et de maintenance.....	47
	Annexe A (informative) Récapitulatif des exigences de performances	48
	Bibliographie.....	50

Tableau 1 – Normes IEC concernant les instruments de détection du trafic illicite de matières radioactives	30
Tableau 2 – Conditions normales d'essai	37
Tableau A.1 – Récapitulatif des exigences de performances les plus importantes.....	49

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 (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC - entre autres activités - publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62401 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 62401 parue en 2007. Elle constitue une révision technique.

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

- a) cohérence de la norme avec les nouvelles normes relatives à la détection du trafic illicite de matière radioactive (voir Introduction);
- b) modification de certaines exigences:
 - suppression des 2 niveaux de bruit de fond (élevé et faible) nécessaires pour les différents essais. Seul reste un niveau de bruit de fond (laboratoire);
 - l'alarme de rayonnement gamma est soumise à l'essai à l'aide de sources mobiles et non statiques (6.2);
 - erreur intrinsèque relative;
 - dépassement;
 - détection des neutrons;
- c) création d'un essai de fonctionnalité uniforme pour tous les essais environnementaux, électromagnétiques et mécaniques, et d'une exigence relative au coefficient de variation de chaque relevé de moyenne nominal;
- d) référence à l'IEC 62706 pour les conditions d'essais environnementaux, électromagnétiques et mécaniques.

La présente version bilingue (2020-03) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2017-12.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Le déplacement illicite et involontaire de matières radioactives est devenu un problème d'importance majeure. Les sources radioactives non soumises à un contrôle réglementaire (appelées "sources orphelines") ont souvent été à l'origine de graves expositions aux rayonnements et d'une contamination massive. Même si le trafic illicite de matières nucléaires et radioactives n'est pas un phénomène nouveau, les inquiétudes concernant le "marché noir" du nucléaire ont augmenté ces dernières années, compte tenu en particulier du contexte terroriste actuel.

En réponse à la politique technique menée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), le Conseil de coopération douanière (CCD) et l'Organisation internationale de police criminelle (Interpol) en relation avec la détection et l'identification des matières nucléaires spéciales et des tendances en matière de sécurité, les sociétés d'instrumentation nucléaire développent et fabriquent une instrumentation pour la radioprotection afin d'aider à la détection de tout déplacement illicite de matières radioactives et de matières nucléaires spéciales. Ce type d'instrumentation est largement utilisé pour les besoins de la sécurité dans les installations nucléaires, les postes-frontière et les ports et aéroports internationaux.

Toutefois, pour assurer la cohérence des résultats de mesurages réalisés en différents endroits, il est impératif de concevoir l'instrumentation pour la radioprotection selon des spécifications rigoureuses reposant sur des normes internationales établissant les exigences de performances convenues. L'IEC a développé plusieurs normes relatives aux instruments portés sur le corps, portatifs et de type portiques (voir Tableau 1).

Tableau 1 – Normes IEC concernant les instruments de détection du trafic illicite de matières radioactives

Type d'instrument	Référence IEC	Titre de la norme
Porté sur le corps	62401	Instrumentation pour la radioprotection – Dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
	62618	Instrumentation pour la radioprotection – Détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements (SPRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
	62694	Instrumentation pour la radioprotection – Détecteur de rayonnement de type sac à dos (BRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
Portable ou portatif	62327	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables pour la détection et l'identification des radionucléides et pour l'estimation du débit d'équivalent de dose ambiant pour le rayonnement de photons
	62533	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute sensibilité pour la détermination photonique de matières radioactives
	62534	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute sensibilité pour la détection neutronique de matières radioactives
Portique	62244	Instrumentation pour la radioprotection – Portiques de détection des rayonnements (RPM) installés pour la détection du trafic illicite de matières radioactives et nucléaires
	62484	Instrumentation pour la radioprotection – Moniteurs spectroscopiques pour portiques d'accès utilisés pour la détection et l'identification du trafic illicite des matières radioactives
Format de données	62755	Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials (disponible en anglais seulement)

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

1 Domaine d'application

Le présent document 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 champs de rayonnement gamma. La détection neutronique peut également être fournie.

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 moyenne mesurée du bruit de fond local de rayonnement. Ces dispositifs ne sont pas destinés à fournir une mesure du débit d'équivalent de dose ambiant ou individuel.

L'objet du présent document est la description des critères fonctionnels et de conception ainsi que des méthodes d'essai pour évaluer les performances des PRD utilisés pour la détection de trafic illicite de matières radioactives (par exemple à la surveillance des frontières).

Le présent document ne s'applique pas aux appareils de mesure du débit d'équivalent de dose ambiant ou individuel couverts par l'IEC 60846-1 ou l'IEC 61526, respectivement. Si le fabricant indique que le PRD peut être utilisé à des fins de radioprotection, la conformité à l'IEC 60846-1 ou l'IEC 61526 est nécessaire.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-395, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 395: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques, notions fondamentales, instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

IEC 60068-2-11, *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

IEC 62706:2012, *Instrumentation pour la radioprotection – Exigences de performances environnementales, électromagnétiques et mécaniques*

IEC 62755, *Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions, termes abrégés et symboles, grandeurs et unités

3.1 Termes et définitions

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

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

niveau d'alarme sonore

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

3.1.2

précision

qualité qui caractérise l'aptitude d'un appareil de mesure à donner une valeur indiquée proche d'une valeur vraie du mesurande

3.1.3

alarme

signal sonore, visuel ou autre activé lorsque la lecture de l'instrument dépasse une valeur fixée à l'avance ou se retrouve à l'extérieur d'une plage fixée à l'avance

3.1.4

bruit de fond

champ de rayonnement dans lequel il n'y a pas de sources externes présentes autres que celles du champ de rayonnement naturel à l'emplacement des mesures

3.1.5

coefficient de variation

COV

rapport entre l'écart-type s et la moyenne arithmétique $\bar{x}$ pour une série de n mesures x_i , donné par la formule suivante:

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

Note 1 à l'article: L'abréviation "COV" est dérivée du terme anglais développé correspondant "coefficient of variation".

3.1.6

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

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

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 du présent document

3.1.8

fausse alarme

alarme non provoquée par une source radioactive dans les conditions de bruit de fond spécifiées

3.1.9

fluence

quotient de dN par da , dN étant le nombre de particules incidentes qui pénètrent dans une sphère dont les grands cercles ont pour aire da (unité: m^{-2})

3.1.10**débit de fluence**

quotient de $d\Phi$ par dt , $d\Phi$ étant l'accroissement de fluence pendant le temps dt (unité: $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)

3.1.11**point de mesure**

point où est définie la valeur conventionnellement vraie

3.1.12**point de référence**

position définie, sur un instrument, qui doit permettre de le positionner en un point où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée est connue

3.1.13**erreur intrinsèque relative**

ε_{REL}

différence entre la lecture de l'instrument, M , et la valeur conventionnellement vraie, CTV , de la grandeur mesurée divisée par la valeur conventionnelle vraie lorsqu'elle est soumise à une grandeur de référence spécifiée dans des conditions de référence spécifiées

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

3.1.14**réponse**

lecture ou indication du PRD

3.1.15**écart-type**

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

3.1.17**essai de type**

essai effectué pour évaluer la conformité sur une ou plusieurs éprouvettes d'un produit, représentatives de la production

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

3.1.19**essai de réception**

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

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

Note 1 à l'article: 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 fondées sur l'expérience ou d'autres informations.

Note 2 à l'article: 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.

3.1.21

variance

σ^2

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

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

3.2 Termes abrégés et symboles

COV	coefficient of variation (coefficient de variation)
CEM	compatibilité électromagnétique
DES	décharge électrostatique
IP	degree of ingress protection (degré de protection contre la pénétration)
LED	light-emitting diode (diode électroluminescente)
PRD	personal radiation device (dispositif individuel de rayonnement)
RF	radiofréquence

3.3 Grandeurs et unités

Dans le présent document, les unités du Système International (SI) sont utilisées¹. Les définitions relatives aux grandeurs de rayonnement sont données dans l'IEC 60050-395.

Néanmoins, les unités suivantes peuvent également être utilisées:

- pour l'énergie: électronvolt (symbole: eV), 1 eV = 1,602 × 10⁻¹⁹ J;
- pour la durée: heures (symbole: h) et minutes (symbole: min).

Les multiples et sous-multiples d'unités SI sont utilisés, dans la mesure du possible, selon le système SI.

¹ Bureau International des Poids et Mesures: Le Système International d'unités (SI), 8e édition, 2014.

4 Exigences et caractéristiques générales

4.1 Généralités

Les PRD soumis aux essais selon le présent document sont portés par l'individu et sont utilisés pour détecter et indiquer la présence et l'intensité générale des champs de rayonnement gamma (par exemple, $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, comptages par seconde, affichage numérique sans unités (1-9), LED). Les PRD ne sont pas destinés à fournir une mesure du débit d'équivalent de dose ambiant ou individuel. Cependant, le fabricant peut fournir un affichage optionnel du débit d'équivalent de dose ambiant ou individuel du rayonnement gamma.

Les caractéristiques suivantes sont importantes pour la conception:

- alerte rapide de l'utilisateur en cas d'augmentation, même faible, des niveaux de rayonnement, et cela avec peu de fausses alarmes;
- simplicité d'utilisation par du personnel non expert en mesures de rayonnement;
- alarmes séparées pour les rayonnements gamma et neutrons (si la réponse aux neutrons est fournie), avec des alertes visuelles et sonores;
- indication sonore et/ou visuelle correspondant 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 visuel lisible en conditions de faible intensité lumineuse ($< 150 \text{ lx}$) et d'intensité lumineuse élevée ($> 10\,000 \text{ lx}$);
- petite taille, robustesse, résistance aux chocs, à l'eau et à la poussière;
- protection des réglages de tous les paramètres de fonctionnement;
- capacités d'autodiagnostic (par exemple, détecteur de défaut);
- indication d'état des batteries;
- alarme par vibration et/ou écouteur à volume réglable par l'utilisateur;
- alarme de protection individuelle à niveau pré-réglable;
- les paramètres de fonctionnement et les données enregistrées ne sont pas perdus en cas de perte d'alimentation.

4.2 Exigences mécaniques

4.2.1 Taille

Il convient que les dimensions globales du PRD, en excluant toute attache, tout dispositif de tenue ou toute alarme externe, ne dépassent pas 15 cm de longueur, 10 cm de largeur et 5 cm d'épaisseur.

4.2.2 Masse

Il convient que la masse de l'instrument complet (y compris batterie, attache, etc.) n'excède pas 400 g.

4.2.3 Caractéristiques de l'alarme

- a) Indicateur – Le PRD doit alerter l'utilisateur lorsqu'une alarme se déclenche (par exemple, indicateur visuel permettant la visualisation l'opérateur sans retirer le dispositif de sa position de port, intensité d'alarme par vibration pouvant être perçue par l'utilisateur, etc.).
- b) Type d'alarme – Le PRD doit disposer d'alarmes sonores, visuelles et vibratoires. Il convient que la fréquence d'une alarme sonore soit comprise dans la plage de 1 kHz à 4 kHz. 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 d'au moins 85 dB (A). Le niveau d'alarme sonore ne doit pas dépasser 100 dB(A) à

30 cm de la source. Si le PRD fournit la détection neutronique, l'alarme de rayonnement neutronique doit être différente de l'alarme de rayonnement gamma.

- c) L'alarme de protection individuelle doit se distinguer des autres alarmes.
- d) Les alarmes sonores et vibratoires du PRD doivent pouvoir être acquittées et mises sous silence par l'utilisateur du PRD.

4.2.4 Construction du boîtier

Il convient que le boîtier du PRD soit lisse, rigide, résistant aux chocs mécaniques, à la poussière et à l'eau. Des moyens doivent être fournis pour attacher fermement l'instrument à l'utilisateur (par exemple, une attache, un étui ou un anneau), en portant attention à l'orientation nécessaire du détecteur, au type d'alarme et à l'affichage. Voir 7.3 pour la classification IP.

4.2.5 Marquage du point de référence

Le point de référence du PRD doit être marqué ou décrit dans le manuel.

4.2.6 Boutons de commutation

Les boutons de commutation externes doivent être protégés de manière adéquate contre les accidents et les fonctionnements non autorisés.

4.3 Format de données

Si le PRD est capable de transférer des données, il convient que le format de données satisfasse aux exigences de l'IEC 62755. Les données doivent contenir au moins les informations suivantes:

- le nom du fabricant;
- le modèle de l'instrument;
- le numéro de série;
- la version du logiciel;
- le type de détecteur de rayonnement gamma (CsI(Tl), NaI(Tl), par exemple);
- la date et l'heure de la mesure;
- les niveaux de rayonnement mesurés (taux de comptage, débit de dose, niveau sans unité, par exemple);
- l'indication d'alarme de rayonnement gamma;
- l'alarme de protection individuelle.

Si le PRD est équipé d'un détecteur de neutrons, les données doivent contenir en outre les informations suivantes:

- le type de détecteur de rayonnement neutronique (^3He , verre Lithium, BF_3 , par exemple);
- le niveau de rayonnement neutronique (taux de comptage, par exemple);
- l'indication d'alarme de rayonnement neutronique.

Le protocole de transfert de données doit être intégralement décrit par le fabricant. Il convient de prendre en compte la sécurité des données lors de l'utilisation de techniques de transfert de données sans fil.

4.4 Atmosphères explosives

Le fabricant doit indiquer si le PRD est certifié ou non pour une utilisation dans des atmosphères explosives, ainsi que sa catégorie. Une preuve de certification doit être fournie

lorsqu'elle est demandée. Il convient que la certification repose sur l'IEC 60079-11 ou une norme équivalente (par exemple, UL-913).

5 Procédure générale d'essai

5.1 Nature des essais

Les conditions normales d'essai exigées pour les grandeurs environnementales, telles que la température et l'humidité, ainsi que celles d'autres grandeurs pouvant influencer les performances des PRD, sont indiquées dans le Tableau 2. Pour ces grandeurs, des plages d'essai acceptables doivent être respectées, sauf si l'effet de la condition ou de la grandeur est lui-même l'objet de l'essai.

Tableau 2 – Conditions normales d'essai

Grandeurs d'influence	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Température ambiante	18 °C à 25 °C _a
Humidité relative	≤ 75 % _a
Pression atmosphérique	96 kPa à 106 kPa ^a
Bruit de fond de rayonnement gamma	Inférieur au débit d'équivalent de dose ambiant de 0,15 µSv·h ⁻¹
Bruit de fond de rayonnement neutronique	Débit de fluence neutronique inférieur à 200 s ⁻¹ ·m ⁻²
^a Les valeurs sont fixées pour des essais réalisés sous des climats tempérés. Sous 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 admise à des altitudes supérieures.	

Les essais du présent document doivent être vus comme des essais de type, sauf indication contraire. L'utilisateur peut utiliser des parties du présent document pour des essais de réception.

Tous les essais suivant le présent document doivent être réalisés dans la configuration de l'usage prévu. Les réglages fonctionnels utilisés par le PRD ne doivent pas être modifiés pendant les différents essais, si cela n'est pas spécifié dans la méthode d'essai correspondante.

Lorsqu'aucune méthode d'essai n'est décrite pour une exigence, il est admis que soit les informations relatives à la méthode d'essai sont contenues dans l'exigence, soit l'exigence spécifique peut être vérifiée par observation ou par consultation des spécifications du fabricant.

5.2 Fluctuations statistiques

Lors d'essais environnementaux, électromagnétiques ou mécaniques, le coefficient de variation (COV) des relevés doit être inférieur ou égal à 12 %. Si le COV est supérieur à 12 %, il convient d'augmenter le champ de rayonnement ou le nombre de relevés pour s'assurer que la valeur moyenne de ces relevés peut être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité à l'essai en question.

Dans le cas des mesures du bruit de fond de rayonnement neutronique ou gamma, il peut ne pas être possible d'obtenir un COV satisfaisant à cette exigence. Par conséquent, des essais avec des neutrons ou des gamma aux niveaux du bruit de fond (c'est-à-dire des essais sans source radioactive présente) peuvent être réalisés même lorsque le COV est supérieur à 12 %.

L'exigence relative au COV ne s'applique pas aux PRD dont l'affichage est sans unité.

5.3 Informations générales pour les essais

Le point de référence du PRD 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 de rayonnement gamma: ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co . Pour les neutrons, la source d'essai doit être ^{252}Cf , modérée en étant entourée par une enveloppe sphérique en polyéthylène haute densité ou modérateur équivalent, d'une épaisseur de paroi de 4 cm et d'un diamètre de cavité interne ne dépassant pas 3 cm.

Lors des essais de rayonnement de l'Article 6, le PRD doit être monté au centre d'un fantôme pour simuler le torse humain. Le fantôme doit être en méthacrylate de polyméthyle (PMMA). Il doit avoir une largeur de 30 cm, une hauteur de 30 cm et une épaisseur de 15 cm. Le point de référence du PRD doit être placé à une hauteur d'au moins 1 m du sol.

5.4 Préparation de l'instrument

Le PRD à soumettre à l'essai doit être placé dans des conditions normales d'essai, 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 PRD est mis en marche jusqu'à ce qu'il soit prêt à fonctionner normalement, ne dépasse pas 1 min.

5.5 Vitesse des sources en mouvement

Pour les essais dynamiques, la source ou le DPR doit être déplacé selon une configuration ne fournissant blindage autour de la source autre que celui exigé pour l'essai spécifique. La vitesse de la source doit être de $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10\%$ (vitesse de marche moyenne). La distance nominale d'approche au plus près $d_0 = 1,5 \text{ m}$, sauf exigence contraire pour un essai. Si la distance d'approche au plus près, d (exprimée en m), est ajustée afin de maintenir le même débit d'équivalent de dose ambiant au point de référence du PRD, alors la vitesse de passage, v (exprimée en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), doit être ajustée de sorte que:

$$v = v_0 \times d/d_0$$

où

$v_0 = 1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; et

$d_0 = 1,5 \text{ m}$.

Il est recommandé de maintenir la distance d'essai d'approche au plus près entre 1 et 3 m.

Lors des essais dynamiques, il doit y avoir un délai minimal de 10 s entre chaque tentative, la source étant soit positionnée à une distance où elle n'influe pas sur le bruit de fond autour du PRD, soit blindée durant le délai.

5.6 Essai de fonctionnalité

5.6.1 Généralités

L'essai de fonctionnalité consiste à comparer la fonctionnalité du PRD avant (avant essai) et pendant ou après (après-essai) une perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique décrite aux Articles 7, 8 et 9.

5.6.2 Avant essai (préparation)

La préparation comprend la stabilisation du PRD dans les conditions normales d'essai et la vérification de son fonctionnement correct (déclenchement de l'alarme pour une augmentation d'au moins $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant). Ensuite, il convient de régler le champ de rayonnement à l'aide d'une source de rayonnement gamma afin d'obtenir un COV des relevés inférieur ou égal à 12 % (voir 5.2). Enregistrer au moins 10 indications de rayonnement gamma (le cas échéant). Calculer la valeur moyenne des relevés de rayonnement gamma du PRD.

L'indication du PRD peut être une indication unitaire (par exemple, $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, comptages/s, etc.) ou une indication sans unité (par exemple, affichage 1-9, LED, etc.).

Si la détection neutronique est fournie, placer une source de rayonnement neutronique à un endroit où l'alarme du PRD se déclenche. Pour cela, placer d'abord la source de rayonnement neutronique à un endroit où l'alarme du PRD ne déclenche pas, puis rapprocher progressivement la source de rayonnement neutronique jusqu'à ce que l'alarme du PRD se déclenche.

5.6.3 Après-essai

L'essai comporte deux parties:

a) Vérification de l'alarme

Il est indiqué, dans la partie pertinente de l'Article 7, 8 ou 9, si l'essai de fonctionnalité est effectué pendant ou après la perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique. Ainsi, pendant ou après une perturbation (les extrêmes de température supérieur et inférieur, par exemple), le PRD doit être exposé à une source de rayonnement gamma produisant un débit d'équivalent de dose ambiant d'au moins $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond ambiant. L'instrument doit déclencher l'alarme. Si l'indication neutronique est fournie, placer la source de rayonnement neutronique à l'endroit déterminé conformément au 5.6.2 et vérifier que l'alarme de rayonnement neutronique se déclenche.

Sauf indication contraire, l'alarme ne doit pas se déclencher lors de l'essai en l'absence de sources radioactives.

b) Vérification de l'indication

Placer la source de rayonnement gamma au même endroit que lors de la préparation et relever le même nombre de lectures que lors de la préparation. La valeur moyenne des relevés après essai doit être calculée et comparée à la valeur moyenne des relevés avant essai. La variation de la valeur moyenne ne doit pas être supérieure à:

- $\pm 30 \%$ (pour les indications unitaires);
- ou une variation voisine de l'indication (pour l'indication sans unité).

NOTE Un exemple de variation voisine acceptée de l'indication sans unité est le passage de l'affichage de 5 à 6 (ou 4) ou l'activation/la désactivation d'une LED.

Il ne doit y avoir aucun dommage extérieur visible après la perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique et l'instrument doit fonctionner correctement de la même façon qu'avant ces essais.

6 Exigences de détection de rayonnement

6.1 Taux de fausse alarme

6.1.1 Exigences

Le nombre de fausses alarmes ne doit pas dépasser 1 alarme en 1 h. Si le PRD dispose de capacités de détection neutronique, le même nombre maximal de fausses alarmes de rayonnement neutronique s'applique.

6.1.2 Méthode d'essai

Le PRD doit être surveillé pendant 8 h au niveau de rayonnement du bruit de fond. Le nombre de fausses alarmes de rayonnement gamma pendant cette période ne doit pas être supérieur à 3.

NOTE Cela correspond à une limite supérieure de confiance unilatérale de 95 % pour 1 fausse alarme en 1 h selon une distribution de Poisson.

Si le PRD dispose de capacités de détection neutronique, le même nombre maximal de fausses alarmes de rayonnement neutronique s'applique.

6.2 Alarme gamma

6.2.1 Exigences

Le PRD doit déclencher l'alarme dans les 2 s suivant l'exposition à une augmentation du niveau de débit d'équivalent de dose ambiant de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (–0 %, +20 %) au-dessus du bruit de fond pour des sources ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co en déplacement à une vitesse de $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (± 10 %) à une distance d'approche au plus près de 1,5 m.

6.2.2 Méthode d'essai

Le PRD doit être mis en marche et laissé se stabiliser comme décrit dans le manuel du fabricant, sans aucune source de rayonnement présente dans la zone d'essai.

Déplacer la source ^{137}Cs en direction et au-delà du PRD, comme décrit en 5.5. Si la distance d'approche au plus près est différente de 1,5 m, la vitesse de $1,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ doit être mise à l'échelle à l'aide des informations fournies dans le présent paragraphe.

Le débit d'équivalent de dose ambiant au point de référence du PRD doit être augmenté de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (–0 %, +20 %) au-dessus du bruit de fond lorsque la source ^{137}Cs se trouve à la distance d'approche au plus près.

Les alarmes de rayonnement gamma doivent s'activer au plus tard 2 s après le passage de la source par le point le plus proche du PRD. La réponse est également acceptable si l'alarme de rayonnement gamma est activée avant d'atteindre le champ de rayonnement maximal (c'est-à-dire avant d'atteindre la position d'essai exigée). Le champ de rayonnement doit être réduit (voir 5.5) et l'essai répété 19 fois de plus pour un total de 20 tentatives.

Le processus complet doit être répété à l'aide de sources ^{241}Am et ^{60}Co , produisant chacune un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (+20 %) au-dessus du bruit de fond au point de référence du PRD à la distance d'approche au plus près.

Les résultats de l'essai sont acceptables si l'alarme du PRD se déclenche lors d'au moins 19 tentatives sur 20 pour chaque source.

6.3 Alerte de protection individuelle

6.3.1 Exigences

Le PRD doit déclencher l'alarme dans les 2 s suivant l'exposition à une augmentation du niveau de rayonnement ambiant supérieure au seuil de l'alarme de protection individuelle.

6.3.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, fixer le seuil de l'alarme de protection individuelle à au moins $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. À l'aide d'une source ^{137}Cs , augmenter le débit d'équivalent de dose ambiant à la position de référence jusqu'à 30 % au-dessus du seuil de protection individuelle. Cela doit entraîner le déclenchement d'une alarme de protection individuelle en 2 s ou moins.

6.4 Erreur intrinsèque relative

6.4.1 Exigences

Cela ne s'applique que si le PRD affiche le débit d'équivalent de dose ambiant.

Dans des conditions normales d'essai, l'erreur intrinsèque relative dans la réponse de l'instrument au rayonnement de photons de référence du ^{241}Am , du ^{137}Cs et du ^{60}Co ne doit pas être supérieure à $\pm 50 \%$ de tous les débits d'équivalent de dose ambiant sur la plage établie par le fabricant.

6.4.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé à l'aide de sources ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co pour au moins 3 débits d'équivalent de dose ambiant: un à environ $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, un à environ $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et un à environ 50 % de la plage d'indication maximale établie. L'erreur intrinsèque relative de la réponse moyenne de l'instrument ne doit pas dépasser $\pm 50 \%$ pour chacun des 3 radionucléides.

6.5 Détection d'une augmentation graduelle des niveaux de rayonnement

6.5.1 Exigences

Le seuil de l'alarme du PRD 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.

6.5.2 Méthode d'essai

Le PRD doit être mis en marche et laissé se stabiliser comme décrit dans le manuel du fabricant, sans aucune source de rayonnement présente dans la zone d'essai.

À partir d'une distance de 5 m du PRD, déplacer la source ^{137}Cs en direction du PRD, comme décrit en 5.5. Si la distance d'approche au plus près est différente de 1,5 m, la vitesse de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ doit être mise à l'échelle à l'aide des informations fournies en 5.5.

Le débit d'équivalent de dose ambiant au point de référence du PRD doit être augmenté de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($-0 \%, +20 \%$) au-dessus du bruit de fond lorsque la source ^{137}Cs se trouve à la distance d'approche au plus près.