

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detectors (SPRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material

Instrumentation pour la radioprotection – Détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements (SPRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2013



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2013 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you 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It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 on-line and also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

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

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

Liens utiles:

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

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI 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.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detectors (SPRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material

Instrumentation pour la radioprotection – Détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements (SPRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

W

ICS 13.280

ISBN 978-2-83220-628-7

**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.....	5
1 Scope and object.....	7
2 Normative references	7
3 Terms, definitions, abbreviations, quantities, and units	8
3.1 Terms and definitions	8
3.2 Abbreviations	11
3.3 Quantities and units	11
3.4 Simplification of terms	12
4 General test procedure	12
4.1 Nature of tests	12
4.2 Reference conditions and standard test conditions	12
4.2.1 General	12
4.2.2 Tests performed under standard test conditions	12
4.2.3 Tests performed with variation of influence quantities	12
4.3 Statistical fluctuations	12
4.4 Radiation field requirements	13
4.4.1 Instrument orientation	13
4.4.2 Traceability.....	13
4.4.3 Field homogeneity	13
4.4.4 Neutron measurement	13
4.5 Radionuclide identification.....	13
4.5.1 Identification results	13
4.5.2 Radionuclide categorization.....	14
4.6 Functionality tests	14
4.6.1 General	14
4.6.2 Photon response	14
4.6.3 Neutron response	14
4.6.4 Field stability and reproducibility.....	14
4.6.5 Combination of functionality tests and performance tests.....	15
4.6.6 Performance of functionality tests.....	15
4.6.7 Spurious indications	15
5 General requirements	15
5.1 General characteristics.....	15
5.2 Physical configuration	16
5.3 Basic information.....	16
5.3.1 Documentation supplied	16
5.3.2 Radiation detector	16
5.3.3 Range of measurement – photons	16
5.3.4 Range of measurement – neutrons	16
5.3.5 Range for radionuclide identification.....	16
5.3.6 Warm-up time.....	16
5.3.7 Batteries and battery lifetime	16
5.3.8 Explosive atmospheres.....	17
5.4 Mechanical characteristics	17
5.4.1 Size	17
5.4.2 Mass	17

5.4.3	Case construction	17
5.4.4	Reference point marking	17
5.4.5	Switches	17
5.5	Data output	17
5.6	User interface	18
5.7	Markings	18
5.7.1	Properties and conditions	18
5.7.2	Exterior markings	18
5.8	Alarms	19
5.8.1	Photon source indication alarm	19
5.8.2	Photon safety alarm	19
5.8.3	Neutron source indication alarm	19
5.8.4	Neutron safety alarm	19
5.8.5	Audible indication rate for searching	19
6	Radiation detection requirements	19
6.1	False alarm rate	19
6.1.1	Requirements	19
6.1.2	Method of test	20
6.2	Photon source indication alarm	20
6.2.1	Requirements	20
6.2.2	Method of test	20
6.3	Photon indication – detection of gradually increasing radiation levels	21
6.3.1	Requirements	21
6.3.2	Method of test	21
6.4	Photon safety alarm	21
6.4.1	Requirements	21
6.4.2	Method of test	21
6.5	Neutron source indication alarm	22
6.5.1	Requirements	22
6.5.2	Method of test	22
6.6	Neutron indication and response in the presence of photons	22
6.6.1	Requirements	22
6.6.2	Method of test	22
6.7	Neutron safety alarm	23
6.7.1	Requirements	23
6.7.2	Method of test	23
6.8	Photon dose rate – response	23
6.8.1	Requirements	23
6.8.2	Method of test	23
6.9	Photon dose rate – over range	23
6.9.1	Requirements	23
6.9.2	Method of test	24
6.10	Identification of single radionuclides	24
6.10.1	Requirements	24
6.10.2	Method of test	24
6.11	Identification of unknown radionuclides	24
6.11.1	Requirements	24
6.11.2	Method of test	25
6.12	Simultaneous radionuclide identification	25

6.12.1	Requirements	25
6.12.2	Method of test	25
6.13	Masking.....	25
6.13.1	Requirements	25
6.13.2	Method of test	26
6.14	Range of dose rate for radionuclide identification	26
6.14.1	Requirements	26
6.14.2	Method of test	26
7	Environmental requirements	26
7.1	General requirements	26
7.2	Functionality test	27
7.3	Environmental test matrix	27
7.3.1	General	27
7.3.2	Temperature range	27
7.3.3	Equilibrium time	28
7.3.4	Temperature shock	28
8	Mechanical requirements	28
8.1	General requirements	28
8.2	Functionality test	28
8.3	Mechanical test matrix	28
9	Electromagnetic requirements	29
9.1	General requirements	29
9.2	Functionality test	29
9.3	Electromagnetic test matrix	29
10	Documentation	29
10.1	General	29
10.2	Type test report or certificate	29
10.3	Certificate	30
10.4	Operation and maintenance manuals	30
Annex A (normative)	Test conditions	31
Annex B (normative)	Performance	32
Annex C (informative)	Test geometry	34
Annex D (informative)	SNM categorization	35
Annex E (informative)	List of expected daughters and impurities	36
Bibliography		38
Figure C.1	– Geometry for testing photon source indication alarm.....	34
Table 1	– Environmental test matrix	27
Table 2	– Mechanical test matrix	28
Table 3	– Electromagnetic test matrix	29
Table A.1	– Reference conditions and standard test conditions	31
Table B.1	– Summary of tests and performance requirements	32
Table D.1	– Categorization of special nuclear material	35
Table E.1	– List of acceptable daughters and expected impurities	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
SPECTROSCOPY-BASED ALARMING PERSONAL RADIATION
DETECTORS (SPRD) 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 62618 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/751/FDIS	45B/758/RVD

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2013

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – SPECTROSCOPY-BASED ALARMING PERSONAL RADIATION DETECTORS (SPRD) FOR THE DETECTION OF ILLICIT TRAFFICKING OF RADIOACTIVE MATERIAL

1 Scope and object

This International Standard applies to Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detectors (SPRD) which represent a new instrument category between alarming Personal Radiation Devices (PRD) and Radionuclide Identification Devices (RID). SPRDs are advanced PRDs that can be worn on a belt or in a pocket to alert the wearer of the presence of a radiation source. They are not intended for accurate measurement of personal or ambient dose equivalent (rate). In addition to the features of conventional PRDs, SPRDs provide rapid simultaneous search and identification capability to locate and identify radiation sources. They can discriminate innocent alarms such as Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) or medical radionuclides against industrial sources or Special Nuclear Material (SNM). Because of their limited sensitivity, SPRDs cannot replace RIDs. For first responders, SPRDs can be particularly useful for immediate response measures.

This standard does not apply to the performance of radiation protection instrumentation which is covered in IEC 61526 and IEC 62401.

The object of this standard is to establish performance requirements, provide examples of acceptable test methods and to specify general characteristics, general test conditions, radiological, environmental, mechanical and electromagnetic characteristics that are used to determine if an instrument meets the requirements of this standard. The results of tests performed provide information to end-users and manufacturers on instrument capability for reliable detection, localization and identification of radiation sources.

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

2 Normative references

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

IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050-394:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 394: Nuclear instrumentation – Instruments, systems, equipment and detectors*

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

IEC 61187, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*

IEC 62706, *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*

ISO 4037-3, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*

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

ICRU Report 39:1985, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, International Commission on Radiation Units and measures*

ICRU Report 47:1992, *Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations, International Commission on Radiation Units and measures*

3 Terms, definitions, abbreviations, quantities, and units

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

acceptable or correct identification

when an instrument correctly identifies only the radio nuclides present

3.1.2

accuracy of measurement

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

Note 1 to entry: “Accuracy” is a quantitative concept.

Note 2 to entry: The term precision should not be used for “accuracy”.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-35]

3.1.3

alarm

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

3.1.4

alarm criteria

condition that causes an instrument to alarm

3.1.5

ambient dose equivalent $H^*(10)$

dose equivalent at a point in a radiation field, produced by the corresponding aligned and expanded field, in the ICRU sphere at a depth of 10 mm, on the radius opposing the direction of the aligned field (see ICRU Report 39 and 47)

Note 1 to entry: In defining these quantities, it is useful to stipulate certain radiation fields that are derived from the actual radiation field. The terms “expanded” and “aligned” are used to characterise these derived radiation fields. In the expanded field, the fluence and its angular and energy distribution have the same values throughout the volume of interest as in the actual field at the point of reference. In the aligned and expanded field, the fluence and its energy distribution are the same as in the expanded field but the fluence is unidirectional.

Note 2 to entry: The ICRU sphere (see ICRU Report 33) is a 30 cm diameter, tissue-equivalent sphere with a density of 1 g·cm⁻³ and a mass composition of tissue equivalent material (see IEC 60050-393, 393-14-78).

Note 3 to entry: The recommended depth d, for environmental monitoring in terms of H*(d) is 10 mm, and H*(d) may then be written as H*(10).

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

Note 5 to entry: The definition of H*(d) requires the design of the instrument to take account of backscatter.

[SOURCE: IEC 60050-393:2003, 393-14-95]

3.1.6

ambient dose equivalent rate $\dot{H}^*(10)$

the quotient of the ambient dose equivalent at the recommended depth for environmental monitoring of 10 mm dH*(10) by dt, where dH*(10) is the increment of ambient dose equivalent in the time interval dt (see 3.4)

$$\dot{H}^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

3.1.7

background radiation level

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

3.1.8

confidence indication

an indication provided by the instrument to assess the reliability assigned to the validity of the identification. For each identified radionuclide, the instrument indicates the likelihood of its correct identification.

3.1.9

coefficient of variation

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

$$COV = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_1^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-14]

3.1.10

conventionally true value of a quantity

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

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

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

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-10]

3.1.11

false alarm

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

3.1.12

functionality test

procedure to measure potential changes in the instrument response, such as drift in energy calibration or sensitivity

3.1.13

influence quantity

quantity that is not the measurand but that affects the result of the measurement

Note 1 to entry: For example, temperature of a micrometer used to measure length.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-27]

3.1.14

innocent alarm

an alarm caused by an increase in radiation resulting from non-threat radioactive material such as NORM (e.g. fertilizer, ceramic tiles) or medical radionuclides

3.1.15

manufacturer

includes the designer of the equipment

3.1.16

precision

the degree to which repeated measurements under unchanged conditions show the same result (also called reproducibility or repeatability)

3.1.17

radioactive material

material containing one or more constituents exhibiting radioactivity

Note 1 to entry: For the purpose of this standard, radioactive material includes special nuclear material.

[SOURCE: IEC 60050-393:2003, 393-12-46]

3.1.18

reference point of an instrument

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

Note 1 to entry: The point from which the distance to the source is measured.

Note 2 to entry: The reference point for calibration is also used as reference point for testing.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-15]

3.1.19

reference source

radioactive secondary standard source for use in calibration of the measuring instrument

Note 1 to entry: In this standard, reference sources for calibration are used for testing.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-19]

3.1.20

safety alarm

an audible and visual signal for detection of high radiation levels, which requires immediate radiation safety measures

3.1.21

source indication alarm

an audible and/or visual signal to indicate the presence of a radiation source

3.1.22**standard test conditions**

the range of values of a set of influence quantities under which a test, calibration or measurement of response is carried out

3.1.23**performance test**

environmental, mechanical or electrical test taken from IEC 62706

3.1.24**type test**

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

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-02]

3.2 Abbreviations

AA	battery size – Mignon / LR6
CL	Confidence Level
COV	Coefficient of Variation
CZT	Cadmium Zinc Telluride
DU	Depleted Uranium (see Table D.1)
FAR	False Alarm Rate
HDPE	High Density Polyethylene
HEU	Highly Enriched Uranium (see Table D.1)
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
LEU	Low Enriched Uranium (see Table D.1)
PC	Personal Computer
PMMA	Polymethylmethacrylate
PRD	(alarming) Personal Radiation Detector (Device)
NORM	Naturally Occurring Radioactive Material
RGPu	Reactor Grade Plutonium
RID	Radionuclide Identification Device
SNM	Special Nuclear Material
SPRD	Spectroscopy based Personal Radiation Detector
WGPu	Weapons Grade Plutonium

3.3 Quantities and units

In the present standard, units of the International System (SI) are used¹. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-393 and IEC 60050-394. 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: years (symbol: y), days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min).

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

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

3.4 Simplification of terms

Within this standard the following simplification of terms is used to accelerate reading and to facilitate understanding of the text:

“**dose rate**” replaces “**ambient dose equivalent rate** $\dot{H}^*(10)$ ”

SPRDs are not intended for accurate measurement of the personal dose equivalent (rate) $H_p(10)$, therefore no reference to such quantities is needed and the term “dose (rate)” can unambiguously replace the term “ambient dose equivalent (rate)” throughout the standard.

4 General test procedure

4.1 Nature of tests

The required standard test conditions for influence quantities, such as temperature and pressure, as well as those for other quantities that may influence the performance of instruments, are given in Table A.1. Acceptable testing ranges for these quantities shall be met, except where the effect of the condition or quantity itself is being tested.

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

4.2 Reference conditions and standard test conditions

4.2.1 General

Ideally, measurements or calibrations should be carried out under reference conditions. Since it is not always possible to maintain these conditions, a small interval around the reference values may be used (these are the standard test conditions).

Reference and standard test conditions are given in Table A.1. Reference conditions are those conditions to which the performances of the instrument are valid and standard test conditions indicate the necessary tolerances in practical testing.

Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be performed under the standard test conditions given in the third column of Table A.1.

4.2.2 Tests performed under standard test conditions

Tests which are performed under standard test conditions are listed in Table B.1 which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the Clause where the corresponding test method is described. For these tests, the value of temperature, pressure and relative humidity at the time of the test shall be stated.

4.2.3 Tests performed with variation of influence quantities

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

4.3 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations of the indication arising from the random nature of radiation alone is a significant fraction of the

variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient precision to determine whether the requirements for the characteristic under test are met. The interval between such readings shall be sufficient to ensure that the readings are statistically independent.

4.4 Radiation field requirements

4.4.1 Instrument orientation

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

4.4.2 Traceability

Radiation fields used to perform the tests of this standard shall be traceable to national or international standards. This can be achieved either by measurement of the applied dose rate using instruments showing a valid traceable calibration or alternatively by using certified reference sources traceable to national or international standards, under defined measurement geometry.

If the dose rate is calculated from the source activity, corrections for the self-shielding of the source should be considered.

If the source has a long decay chain all progeny needs to be accounted for in dose rate calculation from the source activity. If necessary, the source age needs to be considered by application of decay corrections.

4.4.3 Field homogeneity

If not otherwise stated, the closest distance from the source to the reference point of the instrument shall be at least 50 cm to ensure that the radiation field is sufficiently homogenous. For neutron sources, a distance of 25 cm is acceptable. For testing of identification capabilities (see 6.10, 6.11, 6.12, 6.13, and 6.14) and for functionality tests (see 4.6) smaller distances are acceptable.

4.4.4 Neutron measurement

For testing of the neutron measurement capabilities, neutron scatter, and moderation by the human body have to be considered. Neutron tests should be made in a low scatter irradiation facility (see ISO 8529-1:2001) or with the instrument placed in an area where the open space around the instrument and source is at least 2 m on all sides. The instrument shall be mounted centred on the front side of a standard 30 cm × 30 cm × 15 cm ICRU phantom made from PMMA or similar plastic (see ICRU reports 39 and 47).

NOTE Functionality tests (see 4.6.3) are only intended to monitor a change but not an absolute response. Therefore the requirements in this subclause do not apply to tests in Clauses 7, 8, and 9.

4.5 Radionuclide identification

4.5.1 Identification results

Most of the radionuclides likely to be encountered at borders having photon energies between 60 keV and 1,5 MeV should be identified. The radionuclides of greatest interest and those most likely to be encountered are listed below. Radionuclides shall be identified by indicating the individual radionuclide and the relevant category, i.e. nuclear, medical, industrial, or NORM. For special nuclear material it is sufficient to display the element and category (see Table D.1). When identifying radionuclides, the results are acceptable when the SPRD identifies the radionuclide(s) of interest, or the radionuclide(s) and expected progeny and radionuclides present in the background (e.g. ^{40}K , ^{232}Th decay chain, ^{238}U decay chain). It is

not acceptable if the instrument identifies non-present radionuclides or only the progeny of the radionuclide(s) of interest (see Annex E for additional information).

4.5.2 Radionuclide categorization

The radionuclides of great interest (SNM) or those most likely to be encountered (medical industrial and NORM) can be divided in four different categories. This is an informative list and should not be considered as all-inclusive.

Special nuclear materials:	Uranium (used to indicate ^{233}U , ^{235}U), ^{237}Np , Plutonium (used to indicate ^{239}Pu , ^{241}Pu).
Medical radionuclides:	^{18}F , ^{67}Ga , ^{51}Cr , ^{89}Sr , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{103}Pd , ^{111}In , Iodine (^{123}I , ^{131}I), ^{153}Sm , ^{201}Tl , ^{133}Xe .
Industrial radionuclides:	^{57}Co , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{226}Ra , ^{152}Eu , ^{22}Na , ^{241}Am .
NORM:	^{40}K , ^{226}Ra and progeny (used also to indicate natural U in secular equilibrium), ^{232}Th and progeny.

4.6 Functionality tests

4.6.1 General

Functionality tests are performed before, during or after performance testing to assess potential changes in the instruments response, such as drift in energy calibration or sensitivity. Instead of being used as an independent test, they are always combined with an environmental, mechanical, or electromagnetic test from IEC 62706, hereinafter referred to as performance tests.

Four parameters are verified by the functionality test:

- photon response;
- photon energy calibration;
- neutron response (if applicable);
- spurious indications (alarms or identifications).

4.6.2 Photon response

To cover the whole photon energy range of the instrument (see 6.6 and 6.7), an ^{241}Am source is combined with a ^{60}Co source. Each source shall increase the dose rate at the reference point of the instrument by $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 50 \%$.

NOTE The value of $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ corresponds to 4 times the value used for testing the source indication alarm (see 6.2).

4.6.3 Neutron response

Simultaneously, the response to neutrons (if applicable) is measured by using an unmoderated ^{252}Cf source (see Clause 6.7). This source shall provide an increase in the neutron indication, corresponding to $20 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2} \pm 50 \%$.

NOTE Functionality tests are only intended to monitor a change but not an absolute response. Therefore the requirements in 4.4.4 do not apply to tests employed in Clause 7, 8, and 9.

4.6.4 Field stability and reproducibility

The photon check field is combined with the neutron check field (if applicable). During environmental testing the source-detector geometry should not be changed to maintain a stable reference field. If a change is necessary, suitable mechanical measures (such as precision fixture for sources and instrument) shall be used to ensure proper reestablishment of the geometry. In such case, reproducibility of the set-up shall be verified by repeated set-up of the check field and quantified by assessing the variation between these repetitions. The

coefficient of variation (COV) shall be less than 0,1 (10 % variation), when setting up the geometry for testing the instrument.

NOTE This level of COV may not be achievable for measurements at background levels.

4.6.5 Combination of functionality tests and performance tests

Before performance testing (e.g. environmental), the reference fields are set-up according to 4.6.2 and 4.6.3. A functionality test shall be carried out to maintain reference values for the instrument's response. After performance testing, the fields shall be re-established (if applicable) according to 4.6.4 and a functionality test shall be carried out to monitor changes in the instrument's response. If required by the test matrices (see 7.3, 8.3, and 9.3), additional functionality tests can be performed during performance testing.

4.6.6 Performance of functionality tests

Each functionality test should be performed in the following way: Record 10 independent photon dose rate readings. If the system is equipped with a neutron sensor, verify that the system indicates the presence of a neutron source and record 10 independent neutron count rate readings. Calculate the mean and standard deviation of the photon (neutron) count rate or dose rate readings. Collect three 3 min spectra and record the radionuclides identified. Determine the mean and standard deviation of the photopeak centroids (60 keV, 1 173 keV, 1 332 keV) from the 3 spectra. For each functionality test, this procedure will result in two parameters (see 4.6) quantifying the photon sensitivity and photon energy calibration. Each parameter consists of two components, a mean value and a corresponding standard uncertainty. For instruments with neutron capabilities, additionally a third parameter, the neutron sensitivity, will result. When the instrument is exposed to the different test conditions described in this standard these three parameters are calculated. The deviation in the instrument response between the measurements performed at the standard or reference test conditions and those performed at other conditions is calculated and used to determine the acceptance range.

The results are acceptable, if the deviation pertaining to the photon or neutron (if applicable) sensitivity does not exceed ± 30 % and if the deviation pertaining to the peak centroid does not exceed ± 3 % and the nuclide identification has not changed.

NOTE The standard deviation is calculated and recorded only to monitor data quality.

4.6.7 Spurious indications

In addition to the functionality tests, which assess drift in instrument response, another requirement denoted "regular operation behaviour" is applied by performance tests. That part of the test is performed without the presence of radiation sources. The test matrices (7.3, 8.3, and 9.3) indicate when the instrument shall show regular operation behaviour during testing. This requires that the FAR is not higher than defined in 6.1 and solely NORM radionuclides, which are present in the background, shall be identified. The display shall operate successfully and without spurious indications (e.g., alarms, false identifications, unexpected messages or displays, instrument shut down).

5 General requirements

5.1 General characteristics

Instruments addressed by this standard are used for the detection of photon and neutron radiation (neutron detection is optional) as well as for localization and identification of the source. These instruments are body worn and battery-powered. SPRDs have the typical characteristics of standard PRDs, with additional radionuclide identification capability. Although these instruments are not primarily designed to measure ambient dose equivalent rate $\dot{H}^*(10)$, their indication shall provide an approximate value that is sufficiently accurate to allow their use as a warning device, to prevent accidental exposure to high radiation fields.

5.2 Physical configuration

The instrument case design shall meet the requirements stated for IP code 54 (see IEC 60529 and IEC 62706). Controls and adjustments that may affect the operation of the instrument including setting of alarms shall be designed so that access to them is limited to authorized persons. Provisions shall be made to permit testing of visual and/or sound warning indicators without the use of radiation sources.

5.3 Basic information

5.3.1 Documentation supplied

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

5.3.2 Radiation detector

The manufacturer shall provide information describing the radiation detector types used and their associated dimensions and location within the instrument (e.g., NaI(Tl), CZT, ^3He). For gas-filled counter tubes the internal pressure shall be stated by the manufacturer.

5.3.3 Range of measurement – photons

The effective photon energy response range shall be stated by the manufacturer and shall include the range from 60 keV (^{241}Am) to 1,33 MeV (^{60}Co). The manufacturer shall also state the measurement range for dose rate, which shall be at least from $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. The indication (display) range for dose rate, shall be at least from $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Typically, the indication (display) range is wider than the measurement range. The requirements for accuracy have to be fulfilled within the measurement range. Indications outside the measurement range are informative only (e.g. to indicate the background level) and cannot be used like real measurement results.

5.3.4 Range of measurement – neutrons

The manufacturer shall state the range of neutron energy and count rate that the instrument can measure (if applicable).

5.3.5 Range for radionuclide identification

The manufacturer shall state the dose or count rate range (with reference to ^{137}Cs) for identification, which shall be at least from $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

5.3.6 Warm-up time

The manufacturer shall state the time required for the instrument to become fully operational from the off and standby position, which shall be less than 10 min. Warm-up time includes calibration, stabilisation and background measurement. An indication shall be provided to the user when the instrument is not fully operational.

5.3.7 Batteries and battery lifetime

If non-rechargeable batteries are used, they shall be widely available, not unique to the instrument, and be field replaceable with no special tools (e.g., AA). When rechargeable batteries are used, battery chargers shall meet appropriate electrical standards.

The instrument shall be equipped with an indicator of battery condition. The low-battery indication shall be displayed before the minimum voltage for proper operation is reached.

The manufacturer shall state the continuous operating time using the recommended batteries under standard conditions (functional and environmental) which shall be at least 100 h under non-alarm conditions for non-rechargeable batteries, 16 h for rechargeable batteries and greater than 30 min under alarm conditions for either type of batteries.

5.3.8 Explosive atmospheres

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

5.4 Mechanical characteristics

5.4.1 Size

The dimensions of the instrument shall be specified by the manufacturer but should not exceed 200 mm × 100 mm × 50 mm.

5.4.2 Mass

The mass of the complete instrument including batteries and holders shall be specified by the manufacturer and should not exceed 400 g.

5.4.3 Case construction

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

5.4.4 Reference point marking

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

5.4.5 Switches

Switches or other controls shall be adequately protected to prevent accidental or unauthorized operation.

5.5 Data output

The instrument shall have the ability to transfer data to another device such as a personal computer. As a minimum each data output file shall contain:

- date and time of the measurement;
- dose rate indication;
- neutron count rate indication (if applicable);
- alarm type (gamma and/or neutron if applicable, personal protection);
- energy calibration;
- source categorization;
- radionuclides identified;
- confidence level indication;
- photon spectra.

The output data file shall meet the requirements listed in IEC 62755. The manufacturer shall provide information as to how these data are transferred to an external device.

5.6 User interface

The following features are considered essential (shall) or desirable (should) for the proper usability of SPRDs.

a) The following features *shall* be provided:

- simple to use for non-expert users and user-friendly controls for routine operation;
- separate indication of the type of radiation detected (photon and/or neutron if applicable);
- separate photon and neutron (if applicable) source indication alarms, with visual, acoustical and (optional) vibration indications (see 6.3 and 6.5);
- photon and neutron (if applicable) personal protection safety alarms, with visual, acoustical and (optional) vibration indications (6.4 and 6.7);
- adjustable threshold levels for both neutron (if applicable) and photon alarms using a protected method of setting the alarm thresholds e.g., via external PC;
- radionuclide identification and categorization by indicating the individual radionuclide and the relevant category, i.e., nuclear, medical, industrial and NORM as well as the confidence level (see 3.1.8);
- audible and/or visual indication that corresponds to the magnitude of the radiation field (for example, increasing frequency or pitch of beep tone with increasing radiation signal);
- readable display in all lighting conditions including darkness;
- protection of the settings for all operational parameters;
- diagnostic capabilities;
- indication of battery status;
- capability to store results and to download this data to a PC.

b) The following features *should* be provided:

- silent alarms for covert operation such as vibration and/or earphone with user adjustable earphone volume to cope with the large variations in human hearing sensitivity and noise level (see 5.8).

5.7 Markings

5.7.1 Properties and conditions

All external instrument controls, displays and adjustments shall be identified as to their function. Internal controls needed for operation shall be identified through markings and referenced/explained in technical manuals. External markings shall be easily readable and permanently fixed under normal conditions of use. They should withstand decontamination procedures.

5.7.2 Exterior markings

The following markings shall appear on the exterior of the instrument:

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

5.8 Alarms

5.8.1 Photon source indication alarm

A source indication alarm shall be provided when the measured dose rate or count rate is above the source indication alarm threshold. This alarm threshold shall be calculated by the instrument automatically from background measurements using techniques such as a user definable dose rate increment, count rate increment or a number of standard deviations relative to the measured mean background rate value. The alarm indication (visual, audible or (optional) vibrational) shall be independently selectable. The optional vibration alarm is intended for covert operations when an audible or visual alarm is not appropriate.

5.8.2 Photon safety alarm

A personal protection safety alarm shall be provided to alert the user when the measured dose rate is above a user-selected threshold level. A protection method of setting the safety alarm threshold in terms of dose rate, e.g., via external PC, shall be provided. The safety alarm shall be both visual and audible or alternatively (optional) vibrational and shall require an “acknowledge” or other similar control to silence the audible function. It shall not be possible to switch off all safety alarm indicators at the same time. The safety alarm shall be different or distinguishable from the source indication alarm. The personal protection safety alarm shall be functional over the stated energy range of the instrument.

5.8.3 Neutron source indication alarm

If neutron measurement capability is claimed by the manufacturer, an alarm indication shall be provided when the measured neutron field (count rate) is above the neutron source indication alarm threshold. The alarm indication (visual, audible and/or vibrational) shall be independently selectable.

5.8.4 Neutron safety alarm

If neutron measurement capability is claimed by the manufacturer, a personal protection safety alarm should be provided to alert the user when the measured neutron field (count rate) is above a user-selected threshold level. The following paragraph applies only if this function is provided:

A protection method of setting the safety alarm threshold, e.g., via external PC, shall be provided. If the alarm threshold is set in count-rate, the manufacturer shall provide information (table and/or function) to convert count-rate values into neutron dose rate. This calibration shall be done with the instrument placed on a ICRU phantom and by using an unmoderated ^{252}Cf source (see 4.4.4). The safety alarm shall be both visual and audible or alternatively (optional) vibrational and shall require an “acknowledge” or other similar control to silence the audible function. It shall not be possible to switch off all safety alarm indicators at the same time. The safety alarm shall be different or distinguishable from the neutron source indication alarm.

5.8.5 Audible indication rate for searching

To facilitate the location of sources, an audible signal shall be provided with a repetition rate and/or frequency that increases with the increase in the radiation level.

6 Radiation detection requirements

6.1 False alarm rate

6.1.1 Requirements

The False Alarm Rate (FAR) is the number of source indication alarms per unit time which are not caused by radiation sources but by other reasons such as statistical variations in the

measurement process, i.e., counting statistics, variations in natural background intensity (if not corrected for) or instrument susceptibility to electronic noise, microphonics or electromagnetic interference.

The personal protection safety alarm threshold is normally set much higher than the source indication alarm. Therefore the FAR is not of relevance for the personal protection safety alarm and it is only tested for the source indication alarm (see 5.8.1 and 5.8.3).

The FAR of the source indication alarm for both, photons or neutrons (if applicable) shall be not more than 1 per 60 min of continuous operation in a stable background environment (as stated in Table A.1).

The susceptibility of an instrument to statistical variations and hence its FAR is directly related to its sensitivity. The same threshold shall be used for testing the FAR and the detection sensitivity (source indication alarm test). The FAR test shall be performed before testing for detection sensitivity.

6.1.2 Method of test

The alarm threshold shall be the same as used for testing of the source indication alarm (see 6.2, 6.3, 6.5, and 6.6). Place the instrument in an area with a stable background radiation level according to the standard test conditions given in Table A.1.

The instrument shall not trigger more than 3 photon source indication false alarms and not more than 3 neutron source indication false alarms (if applicable) within the continuous search mode for a period of 8 h.

NOTE The maximum allowed number of false alarms has been calculated based on a 95 % upper confidence limit for a one-sided Poisson distribution.

6.2 Photon source indication alarm

6.2.1 Requirements

The instrument shall trigger a photon source indication alarm within 3 s, when exposed to an increase in the dose rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at its reference point. This requirement shall be met for ^{241}Am , ^{137}Cs , and ^{60}Co sources.

6.2.2 Method of test

This test shall be performed after the false alarm test 6.1 by using the same source indication alarm threshold settings as for the false alarm test.

The dose rate at the reference point of the instrument should be raised by $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ above the background radiation level (see Table A.1) within 1 s using a ^{137}Cs source.

After the step change, the photon source indication alarm shall be activated within 3 s. The alarm shall then be acknowledged and the process repeated nine additional times. There shall be a break of at least 90 s between the exposures to allow the instrument to adapt again to background radiation level. Results are acceptable when the alarm is activated at least 8 out of 10 exposures. If the alarm threshold is adjusted to meet the requirement of this test, the FAR test (6.1) shall be repeated.

The test shall be repeated with a ^{241}Am source, and again with a ^{60}Co source.

6.3 Photon indication – detection of gradually increasing radiation levels

6.3.1 Requirements

The source indication alarm shall be activated even by slowly increasing radiation levels that may be caused when the wearer is slowly approaching or is being approached by a radiation source. For testing purpose the fixed instrument is being approached by the radiation source.

6.3.2 Method of test

From the background radiation level (see Table A.1), increase the dose rate at the reference point of the instrument by slowly approaching a ^{137}Cs source, that produces a dose rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20\%$ above the background, when reaching the final position. The approach of the source shall start at least 5 m away from the instrument. The source shall move towards the instrument on a straight line, and stop at a final position placed at $(1,0 \pm 0,3)$ m from the reference point (see Figure C.1). The activity of the source needed is between 3,3 MBq and 11 MBq, the stopping point being adjusted to take into account the activity variation between sources. Before setup, the distance between the final position of the source and the reference point of the instrument shall be determined by dose rate measurement or calculation from the activity corresponding to the required dose rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Starting at a distance of at least 5 m, the source should move at a constant speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and stop at the final position. The photon source indication alarm shall be activated during approach or within 3 s after reaching the final position. The alarm shall then be acknowledged. After moving back the source, there shall be a break of at least 5 min to allow the instrument to adapt again to the background radiation level. After this break, the process shall be repeated nine additional times.

Results are acceptable when the alarm is activated in at least 8 out of 10 tests.

6.4 Photon safety alarm

6.4.1 Requirements

The instrument shall trigger a photon personal protection safety alarm within 3 s, when exposed to an increase in the dose rate at its reference point to a value of two times the threshold of the safety alarm. This requirement shall be met for ^{241}Am , ^{137}Cs , and ^{60}Co sources.

6.4.2 Method of test

Set the threshold of the photon safety alarm to a dose rate of $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Using a ^{137}Cs source, increase the dose rate at the reference point of the instrument to $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20\%$ within 1 s.

After the step change, the photon safety alarm shall be activated within 3 s. The alarm shall then be acknowledged, and the process repeated nine additional times. There shall be a break of at least 90 s between the exposures to allow the instrument to adapt again to background radiation level. Results are acceptable when the alarm is activated in 10 out of 10 exposures.

The test shall be repeated with a ^{241}Am source, and again with a ^{60}Co source.

When setting the alarm threshold to $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, the allowed tolerance for the instruments response of $\pm 50\%$ (see 6.8) will result in a maximum true value of $15 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ for the alarm threshold. Taking into account the $\pm 20\%$ tolerance of the exposure, the test is performed at a value of two times the alarm threshold.

6.5 Neutron source indication alarm

6.5.1 Requirements

Although the instrument is not intended to be used to search for neutron sources, it shall indicate the presence of a neutron source, when exposed to an increase of the neutron fluence rate of $3 \text{ neutrons} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \pm 20 \%$ at its reference point, produced by an unmoderated ^{252}Cf source. The source shall be placed at a distance of at least 25 cm from the reference point. The instrument shall fulfil this requirement when worn on the body.

NOTE A ^{252}Cf neutron source emitting $24\,000 \text{ neutrons} \cdot \text{s}^{-1}$ (approximately $0,01 \mu\text{g}$ or $0,2 \text{ MBq}$) would cause the required fluence rate of $3 \text{ neutrons} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ at 25 cm distance.

6.5.2 Method of test

This test shall be performed after the neutron false alarm test in 6.1 by using the same source alarm threshold settings as for the false alarm test. The instrument shall be mounted on a standard ICRU phantom as defined in 4.4.4.

From the background radiation level (see Table A.1), increase the neutron fluence rate at the reference point of the instrument by $3 \text{ neutrons} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \pm 20 \%$ within 1 s by using an unmoderated ^{252}Cf source. The source shall be placed at a distance of at least 25 cm from the reference point.

After the step change, the neutron source indication alarm shall be activated within 20 s. The alarm shall then be acknowledged, and the process repeated nine additional times. There shall be a break of at least 90 s between the exposures to allow the instrument to adapt again to background radiation level. Results are acceptable when the alarm is activated at least 8 out of 10 exposures.

If the alarm threshold is adjusted to meet the requirements of this test, the FAR test (see 6.1) shall be repeated.

6.6 Neutron indication and response in the presence of photons

6.6.1 Requirements

The instrument shall not trigger a neutron source indication alarm when exposed to an increase in the photon dose rate of $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ at its reference point, caused by a ^{60}Co source.

Furthermore the neutron response (see 6.5) shall not be affected when the instrument is exposed to a photon dose rate of $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$.

NOTE This dose rate has been chosen as the highest value permissible for legal transports of radioactive material at a 1 m distance according to the IAEA Transport Regulations (transport index 10).

6.6.2 Method of test

This test shall be performed by using the same source indication alarm threshold settings as for the false alarm test (6.1).

Increase the photon dose rate at the reference point of the instrument to $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1} \pm 20 \%$ within 1 s by using a ^{60}Co source.

No more than one neutron alarm shall be triggered during 10 min exposure.

To prove neutron sensitivity at the elevated photon dose rate, expose the instrument to the $100 \mu\text{Sv/h}$ field produced by the ^{60}Co source, and repeat the test described in 6.5 and verify that the requirement in Clause 6.5 are fulfilled when the ^{60}Co source is present.

6.7 Neutron safety alarm

6.7.1 Requirements

The instrument shall trigger a neutron personal protection safety alarm within 3 s, when exposed to an increase in the neutron fluence rate at its reference point to a value of two times the threshold of the safety alarm. The increase in the neutron fluence rate shall be generated by an unmoderated ^{252}Cf source.

6.7.2 Method of test

Set the threshold of the neutron safety alarm to a value corresponding to a neutron dose rate of $50 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. The relation between count rate and neutron dose rate provided by the manufacturer should be used for this purpose (see 5.8.4). The instrument shall be mounted on a standard ICRU phantom as defined in 4.4.4.

Using an unmoderated ^{252}Cf source and within 1 s, increase the neutron fluence rate at the reference point of the instrument to a value corresponding to a neutron dose rate of $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$.

After the step change, the neutron safety alarm shall be activated within 3 s. The alarm shall then be acknowledged and the process repeated nine additional times. There shall be a break of at least 90 s between the exposures to allow the instrument to adapt again to background radiation level. Results are acceptable when the alarm is activated in 10 out of 10 exposures.

When setting the alarm threshold to $50 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, the allowed tolerance for the instruments response of $\pm 50 \%$ (see 6.8) will result in a maximum true value of $75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ for the alarm threshold. Taking into account the $\pm 20 \%$ tolerance of the exposure, the test is performed at a value of two times the alarm threshold.

6.8 Photon dose rate – response

6.8.1 Requirements

The accuracy of the dose rate indication shall be within $\pm 50 \%$ in the continuous photon energy range (see 5.3.3 for minimum requirement for this range). This requirement shall be met within the whole measurement range for the dose rate as stated by the manufacturer.

6.8.2 Method of test

Using a ^{137}Cs source, increase the dose rate at the reference point of the instrument to $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, and $70 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. If the manufacturer claims a dose rate measurement range larger than $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ then additional measurement points shall be introduced to the entire range in factors of 10 (e.g., $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ or $1000 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$). The highest testing point shall be 70 % from maximum of range.

The dose rate indication shall be within $\pm 50 \%$ of the conventionally true dose rate value.

The test shall be repeated with a ^{241}Am source (or x-ray beam quality N-80 according to ISO 4037-3) and again with a ^{60}Co source.

6.9 Photon dose rate – over range

6.9.1 Requirements

The instrument shall indicate an over range condition within 3 s when the photon dose rate exceeds the maximum dose rate as stated by the manufacturer. The indication of the over-range condition shall still function at a dose rate of 10 times the stated maximum. The overload indication shall remain for the duration of the exposure. After the over-range

condition, the instrument shall respond normally within 5 min after the end of the exposure without the intervention of the user.

6.9.2 Method of test

Using a ^{137}Cs source, increase the dose rate at the reference point of the instrument within 1 s to twice the maximum as stated by the manufacturer or to $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ if there is no value stated by the manufacturer.

The instrument shall indicate an over range condition within 3 s of the step change and shall remain in that condition for the entire exposure period. After a minimum of 5 min exposure, reduce the dose rate to background value (see Table A.1). The instrument shall operate normally within 5 min after the end of exposure.

Repeat the whole test by applying a dose rate of 10 times the maximum stated by the manufacturer. There is no need to repeat the test if there is no over range value stated by the manufacturer.

6.10 Identification of single radionuclides

6.10.1 Requirements

The instrument shall be able to identify and categorize each of the following radionuclides (unshielded or shielded) within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min (15 min for ^{40}K) when creating a dose rate of $1 \text{ }\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at its reference point.

Nuclear materials:	LEU, HEU (may be indicated as U), WGPu (may be indicated as Pu)
Medical radionuclides:	^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{201}Tl
Industrial radionuclides:	^{22}Na , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{192}Ir , ^{241}Am
NORM:	^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th

6.10.2 Method of test

Expose the instrument to the radionuclides listed in 6.10.1 one at a time. The source (unshielded or shielded) shall increase the dose rate at the instrument's reference point by $1 \text{ }\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30 \%$ above background with a maximum measurement time of 5 min. For ^{40}K the test shall be performed with a dose rate at the instrument's reference point of $0,3 \text{ }\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30 \%$ above background with a maximum measurement time of 15 min.

The test shall consist of 10 trials for each radionuclide (without shielding). The performance is acceptable when the instrument correctly identifies and categorizes the radionuclide within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min (or 15 min for ^{40}K) in at least 8 out of 10 consecutive trials.

For radionuclides listed as medical, the test should be repeated with a shielding of 76 mm PMMA or similar plastic. For radionuclides listed as industrial or nuclear material, the test should be repeated with a shielding of 5 mm steel (inside) and additional 30 mm high density polyethylene (HDPE). The shielding shall completely surround the source. ^{241}Am should not be tested for the shielded case. For radionuclides listed as NORM, no particular shielded test is required, because they are employed as volume sources to emulate the self shielding of typical NORM load.

6.11 Identification of unknown radionuclides

6.11.1 Requirements

The instrument shall provide an indication such as “unknown”, “unidentified” or “not in library”, when exposed to the radiation of a radionuclide that is not in the library. The following

radionuclides shall be reported in such a way within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min when creating a dose rate of $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ at the instrument's reference point.

- $^{166\text{m}}\text{Ho}$;
- ^{54}Mn .

Verify that the instrument library does not include $^{166\text{m}}\text{Ho}$ and ^{54}Mn . If possible, remove these radionuclides from the library before performing the test. If they cannot be removed, a different radionuclide not included in the library can be selected to perform the test.

6.11.2 Method of test

One at a time expose the instrument to the radionuclides listed in 6.11.1. The source shall increase the dose rate at the instrument's reference point by $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$ above background.

The test shall consist of 10 trials for each radionuclide. The performance is acceptable when the instrument indicates the radionuclide as "unknown", "unidentified" or "not in library" within 5 min in at least 8 out of 10 consecutive trials.

6.12 Simultaneous radionuclide identification

6.12.1 Requirements

The instrument shall be able to identify at least two radionuclides simultaneously. The following combinations shall be identified when each radionuclide increases the dose rate at the instrument's reference point by $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ above background.

- $^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{137}\text{Cs}$;
- $^{60}\text{Co} + ^{241}\text{Am}$;
- $^{133}\text{Ba} + ^{137}\text{Cs}$;
- $^{137}\text{Cs} + ^{226}\text{Ra}$.

6.12.2 Method of test

Expose the instrument to a pair of radionuclides listed in 6.12.1 simultaneously. Each radionuclide shall increase the dose rate at the instrument's reference point by $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$ above background.

The test shall consist of 10 trials for each pair. The performance is acceptable when the instrument correctly and simultaneously identifies both of the two radionuclides within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min, in at least 8 out of 10 consecutive trials.

6.13 Masking

6.13.1 Requirements

The instrument shall be able to identify two radionuclides simultaneously even if one is present at a lower level masked by the other one appearing at a higher level.

The following combinations shall be identified when the first radionuclide increases the dose rate at the instrument's reference point by $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ and the second by $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ above background.

- HEU + $^{99\text{m}}\text{Tc}$;
- WGPu + ^{131}I .

6.13.2 Method of test

Expose the instrument to a pair of radionuclides listed in 6.13.1 simultaneously. The first radionuclide of the pair shall increase the dose rate at the instrument's reference point by $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30 \%$ and the second one by $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30 \%$ above background.

The test shall consist of 10 trials for each pair. The test is passed, when both radionuclides are identified correctly or the first (SNM) radionuclide is identified correctly and the second (masking) radionuclide is identified as "unknown", within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min in at least 8 out of 10 consecutive trials.

6.14 Range of dose rate for radionuclide identification

6.14.1 Requirements

Radionuclide identification should operate from the minimum up to the maximum dose rate stated by the manufacturer. If the manufacturer does not provide a range, the range stated in 5.3.5 shall apply. The instrument shall indicate if the dose rate is too low or too high for proper identification.

6.14.2 Method of test

Using ^{137}Cs , increase the dose rate at the instrument's reference point to 50 % above the minimum for radionuclide identification range as stated by the manufacturer and trigger a radionuclide identification. The instrument shall state, within 1 min, that the proper identification is not possible or correctly identify ^{137}Cs in at least 8 out of 10 trials.

Using ^{137}Cs , increase the dose rate at the instrument's reference point to 130 % above the minimum for radionuclide identification range as stated by the manufacturer and perform a radionuclide identification. The instrument shall correctly identify ^{137}Cs within 5 min in at least 8 out of 10 trials.

Using ^{137}Cs , increase the dose rate at the instrument's reference point to 70 % above the maximum for radionuclide identification range as stated by the manufacturer and perform a radionuclide identification. The instrument shall correctly identify ^{137}Cs within 5 min, in at least 8 out of 10 trials.

Using ^{137}Cs , increase the dose rate at the instrument's reference point to 200 % above the maximum for radionuclide identification range as stated by the manufacturer and trigger a radionuclide identification. The instrument shall state within 1 min that the proper identification is not possible or correctly identify ^{137}Cs in at least 8 out of 10 trials.

7 Environmental requirements

7.1 General requirements

The equipment shall comply with IEC 62706 concerning the environmental requirements for body worn instrumentation.

Environmental test procedures from IEC 62706 are used to define the environmental test conditions and shall be performed as stated in IEC 62706. Proper instrument operation under such test conditions is validated by using the functionality test defined by this standard (see 4.6). Such a functionality test has to be performed before and after an environmental test and in some cases also during the environmental testing (see Table 1).

The same procedure of combining a performance test from IEC 62706 and a functionality test from IEC 62618 (see 4.6) is applied for environmental, mechanical (see Clause 8), and electromagnetic (see Clause 9) testing.

7.2 Functionality test

The functionality test defined in 4.6 shall be applied to check proper instrument operation. Such functionality tests are performed at certain times before, during or after an environmental test, as stated in the environmental test matrix below.

7.3 Environmental test matrix

7.3.1 General

Environmental testing is performed by combining an environmental test from IEC 62706 with the functionality test from this standard. The following matrix (see Table 1) lists the required combinations of such tests and shows at what times during environmental testing the functionality tests are conducted.

Table 1 – Environmental test matrix

Environmental test (from IEC 62706)	Performance of functionality test (from 4.6 of IEC 62618)
7.2 Ambient temperature	• before temperature exposure (at 20 °C) • at maximum temperature after equilibrium time (30 min) • at minimum temperature after equilibrium time (30 min) • after temperature exposure (back at 20 °C) the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during testing
7.3 Temperature shock	• before the temperature shock (at 20 °C) • less than 15 min after exposure to maximum temperature (apply minimum time for stabilisation, as stated by the manufacturer) • less than 15 min after exposure to minimum temperature (apply minimum time for stabilisation, as stated by the manufacturer) • less than 15 min after returning to the nominal temperature (apply minimum time for stabilisation, as stated by the manufacturer) • 30 min after the temperature exposure (after equilibrium time) the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during testing
7.4 Relative humidity	• before environmental test • in the middle of each exposure (at a certain temperature or humidity level) • at the end of the environmental test
7.5 Low/high temperature start-up	• before environmental test • after warm-up time (low temperature) • after warm-up time (high temperature) the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during testing
7.6 IP classification (dust and moisture resistance)	• before environmental test • after environmental test the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during testing

7.3.2 Temperature range

The instrument shall operate over a temperature range stated by the manufacturer, which shall include the range stated in IEC 62706 for body worn instrumentation.

7.3.3 Equilibrium time

For the ambient temperature and the low/high temperature start-up test, the readings (or other functions of the instrument) shall be recorded after keeping the instrument at a constant temperature for the equilibrium time of 30 min.

7.3.4 Temperature shock

The instrument shall be able to function within a manufacturer-stated period of time following the exposure to a rapid change in temperature from nominal value to the high or low temperature value and back. The time required for an instrument to become functional after each temperature change shall be stated by the manufacturer up to the maximum value of 15 min.

8 Mechanical requirements

8.1 General requirements

The equipment shall comply with IEC 62706 concerning the mechanical requirements for body worn instrumentation.

Mechanical test procedures from IEC 62706 are used to define the mechanical test conditions and shall be performed as stated in IEC 62706. Proper instrument operation under such test conditions is validated by using selected test procedures from this standard as functionality tests. Such functionality tests have to be done before and after the mechanical tests (see Table 2).

8.2 Functionality test

The functionality test defined in 4.6 shall be applied to check proper instrument operation. Such functionality tests are performed at certain times before or after a mechanical, as stated in the mechanical test matrix below.

8.3 Mechanical test matrix

Mechanical testing is performed by combining a mechanical test from IEC 62706 with the functionality test selected from this standard. The following matrix (see Table 2) lists the required combinations of tests and shows at what times during mechanical testing the functionality tests are conducted.

Table 2 – Mechanical test matrix

Mechanical test (from IEC 62706)	Performance of functionality tests (from 4.6 of IEC 62618)
8.2 Drop	- before drop tests - after drop tests on all sides
8.3 Vibration test	- before vibration tests - after each vibration test in one of the three orthogonal directions the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during vibration testing
8.4 Microphonics/Impact	- before impact tests - after impact tests the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during impact testing
8.5 Mechanical shock	- before shock tests - after each set of 10 shocks in one of the three orthogonal directions

9 Electromagnetic requirements

9.1 General requirements

The equipment shall comply with IEC 62706 concerning the electromagnetic requirements for body worn instrumentation.

Electromagnetic test procedures from IEC 62706 are used to define the electromagnetic test conditions and shall be performed as stated in IEC 62706. Proper instrument operation under such test conditions is validated by using selected test procedures from this standard as functionality tests. Such functionality tests have to be done before, during and after the electromagnetic tests (see Table 3).

9.2 Functionality test

The functionality test defined in 4.6 shall be applied to check proper instrument operation. Such functionality tests are performed at certain times before, during or after an electromagnetic test, as stated in the electromagnetic test matrix below.

9.3 Electromagnetic test matrix

Electromagnetic compliance testing is performed by combining an electromagnetic test from IEC 62706 with the functionality test selected from this standard. The following matrix (see Table 3) lists the required combinations of tests and shows at what times during electromagnetic testing the functionality tests are conducted.

Table 3 – Electromagnetic test matrix

Electromagnetic test (from IEC 62706)	Performance of functionality tests (from 4.6 of IEC 62618)
9.2 Electrostatic discharge	• before discharge tests • after each set of ten discharges to a test point the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during discharge tests
9.3 Radio frequency Immunity	• before RF immunity test • continuously during RF sweep the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during RF immunity tests
9.4 Radiated RF emissions	no functionality test required during RF emission tests
9.5 Magnetic fields	• before magnetic field tests • after magnetic field tests the instrument shall show regular operation behaviour as defined in 4.6.7 during magnetic field tests

10 Documentation

10.1 General

This clause specifies the requirements for documentation.

10.2 Type test report or certificate

The manufacturer should provide a test report or certificate confirming that the instrument meets this standard.

10.3 Certificate

The manufacturer shall provide a certificate or other documentation in accordance with IEC 61187, containing at least the following information:

- the manufacturer's contact including name, address, telephone number, fax number, web-page and e-mail address;
- type of instrument (model number and serial number), type of detector, types of radiation the instrument is designed to measure and software version;
- mass and dimensions of the instrument;
- power supply (battery) requirements, including battery lifetime;
- operating temperature range;
- warm-up time;
- range of photon 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;
- range of radionuclide identification count rate and/or dose rate the instrument is designed to measure; integration time for radionuclide identification;
- description of over range indication;
- default values of the alarm thresholds;
- list of radionuclides in the instrument library, including associated categories;
- location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors;
- reference point and reference orientation for reference sources used for calibration and testing;
- response of the instrument to different appropriate radiation energies;
- response of the instrument to different incident angles;
- results of tests for accuracy, linearity and lower limit of detection;
- declaration of conformity with respect to this standard, IEC 62618.

10.4 Operation and maintenance manuals

Each instrument shall be supplied with operating instructions, maintenance and technical documentation. The manufacturer shall supply an operational and maintenance manual containing at least the following information for the user:

- operating instructions and restrictions;
- instrument orientation for use;
- maintenance instructions and testing procedures;
- troubleshooting guide;
- schematic electrical diagrams including spare parts list (if applicable);
- description of methods and communication protocol for transmitting and receiving data.

Annex A (normative)

Test conditions

Table A.1 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference photon radiation source	^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co	^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co
Reference neutron radiation source (unmoderated)	^{252}Cf	^{252}Cf
Photon background - ambient dose equivalent rate	$0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	$0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 50 \%$
Neutron background ambient fluence	$0,015 \text{ neutrons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$	$0,015 \text{ neutrons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2} \pm 50 \%$
Angle of incidence of radiation	Reference direction given by the manufacturer	Direction given $\pm 5^\circ$
Warm-up time	As stated by manufacturer	As stated by manufacturer (less than 10 min – see 5.3.6)
Ambient temperature	20°C	18°C to 22°C ^{a)}
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^{a)}
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa ^{a)}
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to earth's magnetic field
Instrument controls	Set-up for normal operation	Set-up for normal operation
Contamination by radionuclides	Negligible	Negligible

a) The values in the table are intended for tests performed in temperate climates. In other climates the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at higher altitudes.

NOTE The characteristics of, and dosimetry methods for, the reference photon radiations are given in ISO 4037-1, 2 and 3. The characteristics of, and dosimetry methods for, the reference neutron radiations are given in ISO 8529-1, 2 and 3.

Annex B (normative)

Performance

Table B.1 – Summary of tests and performance requirements (1 of 2)

Characteristic under test	Performance requirement	Relevant clause or subclause
False alarm rate	background dose rate of $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 50 \%$; not more than 3 photon and 3 neutron (if applicable) false alarms during 8 h operation;	6.1
Photon source indication alarm	dose rate increase of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ by ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co within 1 s; alarm indication within 3 s; at least 8 out of 10 tests;	6.2
Photon indication – detection of gradually increasing radiation levels	dose rate increase of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ by ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co by approaching at a speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; alarm indication within 3 s; at least 8 out of 10 tests;	6.3
Photon safety alarm	alarm threshold set to $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$; dose rate increased to $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ by ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co within 1 s; alarm indication within 3 s; 10 out of 10 tests;	6.4
Neutron source indication (if applicable)	neutron fluence rate increase of $3 \text{ neutrons}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \pm 20 \%$ by unmoderated ^{252}Cf within 1 s; alarm indication within 20 s; at least 8 out of 10 tests;	6.5
Neutron indication and response in the presence of photons	photon dose rate of $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ by ^{60}Co within 1 s; not more than one neutron alarm within 10 min exposure; still same neutron sensitivity as defined in 6.5;	6.6
Neutron safety alarm (if applicable)	alarm threshold set corresponding to $50 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$; dose rate increased to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ by unmoderated ^{252}Cf within 1 s; alarm indication within 3 s; 10 out of 10 tests;	6.7

Table B.1 (2 of 2)

Characteristic under test	Performance requirement	Relevant clause or subclause
Photon dose rate – response	$\pm 50\%$ for ^{241}Am , ^{137}Cs , ^{60}Co at a dose rate of $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, $10\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, $70\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (complemented according to measurement range);	6.8
Photon dose rate - over range	dose rate of 2x, 10x max. range or $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ by ^{137}Cs ; alarm and over range indication within 3 s and during 5 min exposure; recovered after 5 min;	6.9
Identification	LEU, HEU, WGPu, ^{67}Ga , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{201}Tl , ^{22}Na , ^{57}Co , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{152}Eu , ^{192}Ir , ^{241}Am , ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th ; $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$ at reference point; identification within 5 min (15 min at $0,3\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ for ^{40}K); categorisation; at least 8 out of 10 test;	6.10
Identification of unknown radionuclides	$^{166\text{m}}\text{Ho}$, ^{54}Mn ; $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$ at reference point; indicated as not in library within 5 min; at least 8 out of 10 tests;	6.11
Simultaneous radionuclide identification	$^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{137}\text{Cs}$, $^{60}\text{Co} + ^{241}\text{Am}$, $^{133}\text{Ba} + ^{137}\text{Cs}$, $^{137}\text{Cs} + ^{226}\text{Ra}$ each $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$; identification within 5 min; at least 8 out of 10 test;	6.12
Masking	HEU + $^{99\text{m}}\text{Tc}$, WGPu + ^{131}I first $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$, second $2\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 30\%$; identification within 5 min; at least 8 out of 10 test;	6.13
Range of dose rate for radionuclide identification	50, 130 % of min. and 70, 200 % of max. dose rate from ID range by ^{137}Cs ; at least 8 identifications in 10 tests	6.14
Functionality test	^{241}Am and ^{60}Co ; each $2\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 50\%$ at reference point; drift below 30 %; drift of energy calibration less than 3 %; unmoderated ^{252}Cf (if applicable); $20\ \text{neutrons}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \pm 50\%$ at reference point; drift below 30 %;	4.6
Environmental requirements	environmental tests from IEC 62706 for the class "body worn"	4.6, 7
Mechanical requirements	mechanical tests from IEC 62706 for the class "body worn"	4.6, 8
Electromagnetic requirements	electromagnetic tests from IEC 62706 for the class "body worn"	4.6, 9

Annex C (informative)

Test geometry

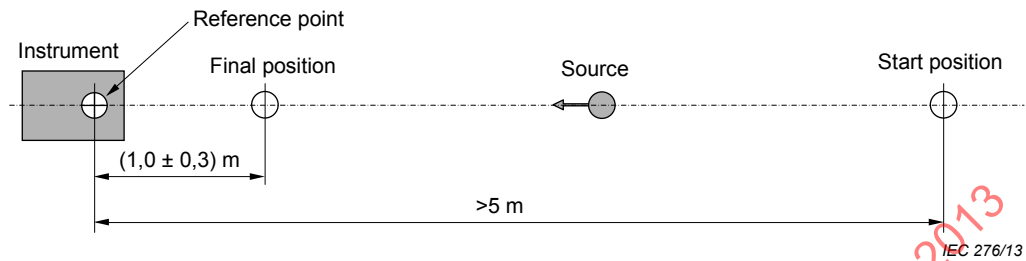


Figure C.1 – Geometry for testing photon source indication alarm

Annex D (informative)

SNM categorization

The following Table D.1 provides background information regarding the detection and identification of various grades of uranium that may be transported and cause alarms to occur as a result of measurements performed using instruments addressed by this standard.

Table D.1 – Categorization of special nuclear material

Grade	Definition	Accepted categories	Acceptable identification	Comment
U ore	Natural U, i.e. ^{235}U and ^{238}U in natural abundance and in secular equilibrium	NORM	^{226}Ra	It is difficult to distinguish U ore from ^{226}Ra and daughters because they are part of the ^{238}U decay chain and the 186,2 keV ^{226}Ra peak is masking the 185,7 keV main peak of ^{235}U .
Refined U	Natural U chemically processed to be separated from daughters (^{234}Th and $^{234\text{m}}\text{Pa}$ being short lived daughters of ^{238}U are still present)	SNM	U, ^{235}U , or $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	There is no practical way for this application to distinguish refined U from slightly enriched U. Because of this, refined U should be categorized as SNM.
Low enriched uranium (LEU)	Enriched U up to a ^{235}U concentration of 20 % ^{235}U .	SNM	U, LEU, ^{235}U , or $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	May include a sub-class that could indicate slightly enriched uranium U enriched to a ^{235}U concentration of 0,9 % to 2 %.
High enriched uranium (HEU)	Enriched U up to a ^{235}U concentration at higher than 20 % ^{235}U	SNM	U, HEU, ^{235}U , or $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$	
Depleted uranium (DU)	U with lower than natural abundance of ^{235}U	SNM, or industrial	U, DU, $^{235}\text{U} + ^{238}\text{U}$, or ^{238}U	Although DU is not typically considered an SNM, DU will generally be categorized as SNM due to its hazards and also its masking capability.

Typical isotope composition (enrichment)

HEU contains ≥ 90 % ^{235}U , DU contains about 0,2 % ^{235}U , RGPu contains > 6 % ^{240}Pu and WGPu contains ≤ 6 % ^{240}Pu .

Annex E (informative)

List of expected daughters and impurities

The IAEA recommends the following characterisation scheme to assess the correctness of the radionuclide identification:

a) Complete & Correct (C&C):

- Source "X" identified as "X";
- Sources "X+Y" identified as "X+Y".

For example:

- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{235}\text{U}$;
- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{40}\text{K}$;
- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{40}\text{K} + ^{232}\text{Th}$;
- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{40}\text{K} + ^{232}\text{Th} + ^{226}\text{Ra}$;
- $^{235}\text{U} + ^{67}\text{Ga} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{67}\text{Ga} + ^{40}\text{K} + ^{232}\text{Th} + ^{226}\text{Ra}$.

Complete and Correct may also include progeny and impurities of the target radionuclide(s). NORM radionuclides can be displayed as they are part of the background even when they are not part of the source being tested. Table E.1 provides a list of progeny and expected impurities.

b) Incomplete

- Source "X+Y" identified as "X" or "Y"

For example:

- $^{235}\text{U} + ^{226}\text{Ra} \rightarrow ^{226}\text{Ra}$

c) Incorrect

- Source "X" identified as "X + Y".

For example:

- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{237}\text{Np}$
- $^{67}\text{Ga} \rightarrow ^{235}\text{U} + ^{67}\text{Ga}$

d) Incomplete & Incorrect (I&I)

- Source "A" being identified as "C"
- Source "A+B" identified as "C+D"

For example:

- $^{235}\text{U} \rightarrow ^{67}\text{Ga}$
- $^{235}\text{U} + ^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{133}\text{Ba}$

The list of expected progeny and known impurities is given below. If a radionuclide is not listed that means that there are no expected daughters for that particular radionuclide. Therefore, the required radionuclide is the one present.

NOTE Some systems do not distinguish the plutonium and uranium enrichment, in those cases these different sources are identified using the same radionuclide or source name.

Table E.1 – List of acceptable daughters and expected impurities

Source	Required radionuclide	Expected daughters or known impurities
^{201}Tl	^{201}Tl	^{202}Tl
DU	^{238}U	^{235}U , ^{226}Ra
RGPu	^{239}Pu	^{242}Pu , ^{241}Pu , ^{240}Pu , ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{237}U , ^{242}Pa , ^{233}U , neutron, ^{252}Cf , ^{249}Cf , RGPu, Plutonium
WGPu	^{239}Pu	^{242}Pu , ^{241}Pu , ^{240}Pu , ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{237}U , ^{242}Pa , ^{233}U , neutron, ^{252}Cf , ^{249}Cf , WGPu, Plutonium
HEU	^{235}U	^{238}U , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, HEU, Uranium
$(^{226}\text{Ra} + ^{232}\text{Th}) + \text{WGPu}$	^{239}Pu	^{242}Pu , ^{241}Pu , ^{240}Pu , ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{237}U , ^{242}Pa , ^{233}U , neutron, ^{252}Cf , ^{249}Cf , ^{228}Th , ^{232}U , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{232}Th , ^{226}Ra , WGPu, Plutonium
$(^{226}\text{Ra} + ^{232}\text{Th}) + \text{HEU}$	^{235}U	^{238}U , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{228}Th , ^{232}U , ^{214}Bi , ^{214}Pb , ^{232}Th , ^{226}Ra , HEU, Uranium
$^{131}\text{I} + \text{WGPu}$	$^{239}\text{Pu} + ^{131}\text{I}$	^{242}Pu , ^{241}Pu , ^{240}Pu , ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{237}U , ^{242}Pa , ^{233}U , neutron, ^{252}Cf , ^{249}Cf , WGPu, Plutonium
$^{99\text{m}}\text{Tc} + \text{HEU}$	$^{235}\text{U} + ^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{238}U , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, ^{99}Mo , HEU, Uranium
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{99}Mo
^{232}Th	^{232}Th	^{228}Th , ^{232}U
^{226}Ra	^{226}Ra	^{214}Bi , ^{214}Pb

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2013

Bibliography

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

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

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 indication of ambient dose equivalent rate from photon radiation*

IEC 62401, *Radiation protection instrumentation – Alarming Personal Radiation Devices for detection of illicit trafficking of radioactive material*

ISO 4037-1, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*

ISO 4037-2, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*

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

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

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

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

ICRU Report 33: *Radiation Quantities and Units, International Commission on Radiation Units and measures*, 1980

IAEA Safety Standard for protecting people and environment: *Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material*, 2005 Edition, Safety Requirements No. TS-R-1

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2013

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	43
1 Domaine d'application et objet	45
2 Références normatives	45
3 Termes, définitions, abréviations, grandeurs et unités	46
3.1 Termes et définitions	46
3.2 Abréviations	49
3.3 Grandeurs et unités	50
3.4 Simplification des termes	50
4 Procédure d'essai générale	50
4.1 Nature des essais	50
4.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	51
4.2.1 Généralités	51
4.2.2 Essais exécutés dans des conditions normalisées d'essai	51
4.2.3 Essais exécutés avec une variation des grandeurs d'influence	51
4.3 Fluctuations statistiques	51
4.4 Exigences relatives au champ de rayonnement	51
4.4.1 Orientation de l'instrument	51
4.4.2 Traçabilité	51
4.4.3 Homogénéité du champ	52
4.4.4 Mesure des neutrons	52
4.5 Identification des radionucléides	52
4.5.1 Résultats de l'identification	52
4.5.2 Catégorisation des radionucléides	52
4.6 Essais de fonctionnalité	53
4.6.1 Généralités	53
4.6.2 Réponse de photon	53
4.6.3 Réponse de neutron	53
4.6.4 Stabilité et reproductibilité de champ	53
4.6.5 Combinaison d'essais de fonctionnalité et d'essais de détermination des caractéristiques	53
4.6.6 Conduite des essais de fonctionnalité	54
4.6.7 Indications d'émissions parasites	54
5 Exigences générales	54
5.1 Caractéristiques générales	54
5.2 Configuration physique	55
5.3 Informations essentielles	55
5.3.1 Documentation fournie	55
5.3.2 Détecteur de rayonnements	55
5.3.3 Plage de mesure – photons	55
5.3.4 Plage de mesure – neutrons	55
5.3.5 Plage d'identification de radionucléide	55
5.3.6 Durée de préchauffage	55
5.3.7 Batteries et durée de vie de la batterie	55
5.3.8 Atmosphères explosives	56
5.4 Caractéristiques mécaniques	56
5.4.1 Dimensions	56

5.4.2	Masse	56
5.4.3	Construction du boîtier	56
5.4.4	Marquage de point de référence	56
5.4.5	Commutateurs	56
5.5	Sortie de données	56
5.6	Interface utilisateur.....	57
5.7	Marquages	57
5.7.1	Propriétés et conditions	57
5.7.2	Marquages extérieurs	58
5.8	Alarmes.....	58
5.8.1	Alarme d'indication de source de photons.....	58
5.8.2	Alarme de sécurité de photons	58
5.8.3	Alarme d'indication de source de neutrons.....	58
5.8.4	Alarme de sécurité de neutrons	58
5.8.5	Fréquence du signal d'indication sonore et recherches	59
6	Exigences relatives à la détection des rayonnements	59
6.1	Taux de fausses alarmes.....	59
6.1.1	Exigences.....	59
6.1.2	Méthode d'essai	59
6.2	Alarme d'indication de source de photons.....	59
6.2.1	Exigences.....	59
6.2.2	Méthode d'essai	60
6.3	Indication de photons – détection de niveaux de rayonnement augmentant progressivement.....	60
6.3.1	Exigences.....	60
6.3.2	Méthode d'essai	60
6.4	Alarme de sécurité de photons	60
6.4.1	Exigences.....	60
6.4.2	Méthode d'essai	61
6.5	Alarme d'indication de source de neutrons	61
6.5.1	Exigences.....	61
6.5.2	Méthode d'essai	61
6.6	Indication de neutrons et réponse en présence de photons	62
6.6.1	Exigences.....	62
6.6.2	Méthode d'essai	62
6.7	Alarme de sécurité de neutrons	62
6.7.1	Exigences.....	62
6.7.2	Méthode d'essai	62
6.8	Débit de dose de photons – réponse	63
6.8.1	Exigences.....	63
6.8.2	Méthode d'essai	63
6.9	Débit de dose de photons – dépassement de plage	63
6.9.1	Exigences.....	63
6.9.2	Méthode d'essai	63
6.10	Identification des radionucléides uniques	63
6.10.1	Exigences.....	63
6.10.2	Méthode d'essai	64
6.11	Identification des radionucléides inconnus.....	64
6.11.1	Exigences.....	64

6.11.2	Méthode d'essai	64
6.12	Identification simultanée de radionucléides	65
6.12.1	Exigences.....	65
6.12.2	Méthode d'essai	65
6.13	Masquage	65
6.13.1	Exigences.....	65
6.13.2	Méthode d'essai	65
6.14	Plage de débits de dose pour l'identification des radionucléides	65
6.14.1	Exigences.....	65
6.14.2	Méthode d'essai	66
7	Exigences d'environnement	66
7.1	Exigences générales	66
7.2	Essai de fonctionnalité	66
7.3	Matrice d'essais d'environnement.....	66
7.3.1	Généralités.....	66
7.3.2	Plage de températures	67
7.3.3	Temps d'équilibre	67
7.3.4	Choc thermique	67
8	Exigences mécaniques	68
8.1	Exigences générales	68
8.2	Essai de fonctionnalité	68
8.3	Matrice d'essais mécaniques.....	68
9	Exigences électromagnétiques	68
9.1	Exigences générales	68
9.2	Essai de fonctionnalité	69
9.3	Matrice d'essais électromagnétiques	69
10	Documentation	69
10.1	Généralités.....	69
10.2	Rapport ou certificat d'essai de type.....	69
10.3	Certificat	69
10.4	Manuels d'exploitation et d'entretien.....	70
Annexe A (normative)	Conditions d'essai	71
Annexe B (normative)	Performances.....	72
Annexe C (informative)	Géométrie des essais.....	74
Annexe D (informative)	Catégorisation SNM	75
Annexe E (informative)	Liste des affiliés des impuretés attendus	76
Bibliographie.....		78
Figure C.1	Géométrie pour les essais d'alarme d'indication de source de photons	74
Tableau 1	Matrice d'essais d'environnement	67
Tableau 2	Matrice d'essais mécaniques	68
Tableau 3	Matrice d'essais électromagnétiques	69
Tableau A.1	Conditions de référence et conditions normalisées d'essai	71
Tableau B.1	Récapitulatif des essais et exigences de performances	72
Tableau D.1	Catégorisation de la matière nucléaire spéciale	75
Tableau E.1	Liste des affiliés admissibles et des impuretés attendues	77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉTECTEURS INDIVIDUELS SPECTROSCOPIQUES D'ALARME AUX RAYONNEMENTS (SPRD) POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES MATIÈRES RADIOACTIVES

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 62618 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/751/FDIS	45B/758/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne doit pas être modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2013

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉTECTEURS INDIVIDUELS SPECTROSCOPIQUES D'ALARME AUX RAYONNEMENTS (SPRD) POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES MATIÈRES RADIOACTIVES

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements, nouvelle catégorie d'instruments qui s'ajoute aux dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements et aux dispositifs d'identification de radionucléides. Les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements sont des dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements élaborés qui peuvent être portés sur une ceinture ou dans une poche afin d'avertir le porteur de la présence d'une source de rayonnement. Ils n'ont pas été conçus pour mesurer avec précision l'équivalent de dose personnel ou ambiant (débit). Outre les caractéristiques des dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements classiques, les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements offrent une fonctionnalité de recherche et d'identification rapides simultanées qui permet de localiser et d'identifier les sources de rayonnement. Ils peuvent distinguer les alarmes insignifiantes, telles que celles relatives aux matières radioactives naturelles (MRN) ou aux radionucléides médicaux, des sources industrielles ou de la matière nucléaire spéciale. En raison de leur sensibilité restreinte, les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements ne peuvent pas se substituer aux dispositifs portatifs d'identification de radionucléides. D'après les premiers commentaires recueillis, les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements peuvent être particulièrement utiles pour les mesures nécessitant une réponse immédiate.

La présente norme ne s'applique pas aux performances de l'instrumentation de radioprotection abordées dans les CEI 61526 et CEI 62401.

L'objet de la présente norme consiste à définir les exigences de performances, à fournir des exemples de méthodes d'essais acceptables et à préciser les caractéristiques générales, les conditions générales d'essai, les caractéristiques radiologiques, environnementales, mécaniques et électromagnétiques utilisées afin de déterminer si un instrument satisfait aux exigences de la présente norme. Les résultats des essais réalisés fournissent des informations aux utilisateurs finaux et aux fabricants sur la capacité de l'instrument à procéder à une détection, une localisation et une identification fiables des sources de rayonnement.

L'obtention de performances de fonctionnement égales ou supérieures aux spécifications mentionnées dans la présente norme dépend de l'application correcte des paramètres de fonctionnement appropriés, du maintien de l'étalonnage, de la mise en œuvre d'un programme de maintenance approprié, de la vérification de la conformité aux exigences du contrôle qualité et de la mise en place d'une formation pertinente pour le personnel d'exploitation.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050-394:2007, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

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

CEI 61187, *Équipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*

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

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

ISO 4037-3, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

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

ICRU Report 39: *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*, International Commission on Radiation Units and measures, 1985

ICRU Report 47: *Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations*, International Commission on Radiation Units and measures, 1992

3 Termes, définitions, abréviations, grandeurs et unités

3.1 Termes et définitions

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

3.1.1

identification acceptable ou correcte

identification correcte par un instrument uniquement des radionucléides présents

3.1.2

exactitude de mesure

étroitesse de l'accord entre le résultat d'un mesurage et la valeur conventionnellement vraie du mesurande

Note 1 à l'article: L'"exactitude" est un concept quantitatif.

Note 2 à l'article: Il convient de ne pas utiliser le terme "précision" pour "exactitude".

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-35]

3.1.3

alarme

signal sonore, visuel ou autre activé lorsque la valeur lue sur l'instrument est supérieure à une valeur prédéfinie ou ne s'inscrit pas dans une plage prédéfinie

3.1.4

critères d'alarme

situation qui engendre l'émission d'une alarme par un instrument

3.1.5**équivalent de dose ambiant $H^*(10)$**

équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement, produit par le champ unidirectionnel et expansé correspondant dans la sphère de la CIUR à une profondeur de 10 mm, sur le rayon qui fait face à la direction du champ unidirectionnel (voir rapports CIUR 39 et 47)

Note 1 à l'article: Afin de définir ces grandeurs, il est utile de spécifier certains champs de rayonnements qui sont dérivés du champ de rayonnement réel. Les termes "expansé" et "unidirectionnel" sont utilisés pour caractériser ces champs dérivés. Dans le champ expansé, la fluence et ses distributions angulaire et énergétique ont les mêmes valeurs dans tout le volume d'intérêt comme dans le champ réel au point de référence. Dans le champ unidirectionnel et expansé, la fluence et sa distribution énergétique sont les mêmes que dans le champ expansé, mais la fluence est unidirectionnelle.

Note 2 à l'article: La sphère de la CIUR (voir rapport CIUR 33) est une sphère en matériau équivalent au tissu, d'une densité de $1 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, de 30 cm de diamètre, dont la composition massique est celle du tissu équivalent (voir CEI 60050-393, 393-14-78).

Note 3 à l'article: La profondeur recommandée d , pour la surveillance dosimétrique en termes de $H^*(d)$ est 10 mm et $H^*(d)$ peut alors s'écrire $H^*(10)$.

Note 4 à l'article: Un instrument qui a une réponse isotrope et qui est étalonné en termes de $H^*(d)$ mesure $H^*(d)$ dans tous les champs de rayonnement à condition que ceux-ci soient uniformes sur le volume de l'instrument.

Note 5 à l'article: La définition de $H^*(d)$ suppose un instrument conçu pour que la rétrodiffusion soit prise en considération.

[SOURCE: CEI 60050-393:2003, 393-14-95]

3.1.6**débit d'équivalent de dose ambiant $\dot{H}^*(10)$**

quotient de l'équivalent de dose ambiant à la profondeur recommandée pour la surveillance dosimétrique de 10 mm $dH^*(10)$ par dt , où $dH^*(10)$ est l'accroissement de l'équivalent de dose ambiant dans l'intervalle de temps dt (voir 3.4)

$$\dot{H}^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

3.1.7**niveau de rayonnement d'arrière plan**

champ de rayonnement dans lequel l'instrument est conçu pour fonctionner, y compris le bruit de fond produit par les matières radioactives naturelles

3.1.8**indication de confiance**

indication fournie par l'instrument évaluant la fiabilité attribuée à la validité de l'identification. Pour chaque radionucléide identifié, l'instrument indique la probabilité d'une identification correcte.

3.1.9**coefficient de variation**

rapport de l'écart-type σ à la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'une série de n mesures x_i donné par la formule suivante:

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

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-14]

3.1.10

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

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

Note 1 à l'article: La "valeur conventionnellement vraie d'une grandeur" est parfois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, valeur convenue ou valeur de référence.

Note 2 à l'article: Une valeur conventionnellement vraie est, en général, considérée comme suffisamment proche de la valeur vraie pour que la différence soit insignifiante pour les besoins visés. Par exemple, une valeur déterminée à partir d'un étalon primaire ou secondaire ou par un instrument de référence peut être prise comme valeur conventionnellement vraie.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-10]

3.1.11

fausse alarme

alarme non provoquée par une augmentation du niveau de rayonnement dans des conditions ambiantes

3.1.12

essai de fonctionnalité

procédure de mesure des modifications potentielles de la réponse d'un instrument, telles qu'une dérive de l'étalonnage de l'énergie ou de la sensibilité

3.1.13

grandeur d'influence

grandeur qui n'est pas le mesurande mais qui a un effet sur le résultat du mesurage

Note 1 à l'article: Par exemple, la température d'un micromètre lors de la mesure d'une longueur.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-27]

3.1.14

alarme insignifiante

alarme provoquée par une augmentation du rayonnement des matières radioactives non dangereuses telles que les matières radioactives naturelles (par exemple engrais, carreaux céramiques) ou les radionucléides médicaux

3.1.15

fabricant

comprend le concepteur de l'équipement

3.1.16

précision

niveau auquel des mesures répétées, exécutées dans des conditions inchangées, aboutissent au même résultat (également appelé reproductibilité ou répétabilité)

3.1.17

matière radioactive

matière dont un ou plusieurs constituants présentent de la radioactivité

Note 1 à l'article: Pour les besoins de la présente norme, la matière radioactive comprend la matière nucléaire spéciale.

[SOURCE: CEI 60050-393:2003, 393-12-46]

3.1.18

point de référence d'un instrument

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

Note 1 à l'article: Le point à partir duquel la distance jusqu'à la source est mesurée.

Note 2 à l'article: Le point de référence pour l'étalonnage est également utilisé comme point de référence pour les essais.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-15]

3.1.19

source de référence

source radioactive normalisée secondaire utilisée pour étalonner un instrument de mesure

Note 1 à l'article: Dans la présente norme, les sources de référence pour l'étalonnage sont utilisées pour les essais.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-19]

3.1.20

alarme de sécurité

signal sonore et visuel pour la détection des niveaux élevés de rayonnement qui implique des mesures de sûreté radiologique immédiates

3.1.21

alarme d'indication de source

signal sonore et/ou visuel visant à indiquer la présence d'une source de rayonnement

3.1.22

conditions normalisées d'essai

plage de valeurs d'un ensemble de grandeurs d'influence dans laquelle un essai, un étalonnage ou une mesure de la réponse est réalisé

3.1.23

essai de détermination des caractéristiques

essai environnemental, mécanique ou électrique issu de la CEI 62706

3.1.24

essai de type

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

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-02]

3.2 Abréviations

AA	dimensionnement de la batterie – Mignon/LR6
CL	Confidence Level (niveau de confiance)
COV	Coefficient of Variation (coefficient de variation)
CZT	Cadmium Zinc Telluride (tellure de cadmium-zinc)
UA	uranium appauvri (voir Tableau D.1)
FAR	False Alarm Rate (taux de fausses alarmes)
PEHD	polyéthylène haute densité
UHE	uranium hautement enrichi (voir Tableau D.1)
CIUR	Commission internationale des unités et des mesures de radiation
UFE	uranium faiblement enrichi (voir Tableau D.1)
PC	Personal Computer (ordinateur individuel)
PMMA	Polymethylmethacrylate (polyméthacrylate de méthyle)
PRD	(alarming) Personal Radiation Detector (Device) (détecteur (dispositif) individuel (d'alarme) aux rayonnements)

MRN	matière radioactive naturelle
RGPu	Reactor Grade Plutonium (plutonium de qualité réacteur)
RID	Radionuclide Identification Device (dispositif d'identification de radionucléides)
SNM	Special Nuclear Material (matière nucléaire spéciale)
SPRD	Spectroscopy based Personal Radiation Detector (détecteur individuel spectroscopique d'alarme aux rayonnements)
WGpu	Weapons Grade Plutonium (plutonium de qualité militaire)

3.3 Grandeurs et unités

La présente norme utilise les unités du Système international (SI)¹. Les définitions des grandeurs de rayonnement sont données dans la CEI 60050-393 et la CEI 60050-394. Les unités suivantes peuvent toutefois être utilisées également:

- pour l'énergie: électron-volt (symbole: eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- pour les dates: années (symbole: a), jours (symbole: j), heures (symbole: h), minutes (symbole: min).

Les multiples et sous-multiples des unités du SI sont utilisés chaque fois que cela est réalisable, conformément au système SI.

3.4 Simplification des termes

Dans le cadre de la présente norme, la simplification des termes suivante est utilisée pour faciliter la lecture et la compréhension du texte:

“**débit de dose**” remplace “**débit d'équivalent de dose ambiant** $\dot{H}^*(10)$ ”

Les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements n'ont pas été conçus pour mesurer avec précision le (débit) d'équivalent de dose personnel $H_p(10)$; aucune référence à ces grandeurs n'est donc nécessaire et le terme “(débit de) dose” peut remplacer sans ambiguïté le terme “(débit) d'équivalent de dose ambiant” tout au long de la présente norme.

4 Procédure d'essai générale

4.1 Nature des essais

Les conditions normalisées d'essai requises pour les grandeurs d'influence, telles que la température et la pression, ainsi que celles nécessaires pour d'autres grandeurs pouvant influencer les performances des instruments sont indiquées dans le Tableau A.1. Des plages d'essais acceptables pour ces grandeurs doivent être respectées, sauf si les conséquences des conditions ou des grandeurs sont soumises à essai.

Les essais de la présente norme doivent être considérés comme des essais de type (voir le Tableau B.1), sauf indication contraire. L'utilisateur peut exploiter certaines parties de la norme comme essais d'acceptation. Les spécifications requises sont évaluées par les essais indiqués dans les Articles pertinents. Tous les essais de la présente norme doivent être exécutés à l'aide de la même configuration d'instrument, avec tous les accessoires présents. Lorsqu'aucun essai n'est spécifié, cela signifie que les caractéristiques peuvent être vérifiées en observant ou consultant les spécifications du fabricant.

¹ Bureau international des poids et mesures: Le Système international d'unités, 8^{ème} édition, 2006.

4.2 Conditions de référence et conditions normalisées d'essai

4.2.1 Généralités

Idéalement, il convient que les mesures ou les étalonnages soient menés à bien dans les conditions de référence. Étant donné qu'il n'est pas toujours possible de maintenir ces conditions, un petit intervalle autour des valeurs de référence peut être autorisé (il s'agit des conditions normalisées d'essai).

Les conditions d'essai normalisées et de référence sont indiquées dans le Tableau A.1. Les conditions de référence sont les conditions dans lesquelles les performances de l'instrument sont valides et les conditions normalisées d'essai indiquent les tolérances nécessaires dans les conditions pratiques de l'essai.

Sauf spécification contraire, les essais de la présente norme doivent être exécutés dans les conditions normalisées d'essai mentionnées dans la troisième colonne du Tableau A.1.

4.2.2 Essais exécutés dans des conditions normalisées d'essai

Les essais exécutés dans des conditions normalisées d'essai sont énumérés dans le Tableau B.1, qui indique les exigences pour chaque caractéristique soumise à essai, conformément à l'Article où la méthode d'essai correspondante est décrite. Pour ces essais, la valeur de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doit être mentionnée.

4.2.3 Essais exécutés avec une variation des grandeurs d'influence

Pour les essais visant à déterminer les conséquences des variations des grandeurs d'influence du Tableau 1, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normalisées d'essai indiquées dans le Tableau A.1, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai concernée.

4.3 Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation des rayonnements, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication émanant de la nature aléatoire des rayonnements elle-même est une fraction significative de la variation de l'indication autorisée dans l'essai, alors suffisamment de valeurs doivent être relevées pour s'assurer que la valeur moyenne de ces relevés puisse être estimée avec une précision suffisante pour déterminer si les exigences relatives aux caractéristiques soumises à essai sont satisfaites. L'intervalle entre ces valeurs relevées doit être suffisant pour garantir que ces dernières sont statistiquement indépendantes.

4.4 Exigences relatives au champ de rayonnement

4.4.1 Orientation de l'instrument

Lors de l'exécution d'essais de rayonnement tels que décrits dans la présente norme, le point de référence de l'instrument doit être placé au niveau du point de mesure et l'instrument doit être orienté dans la direction de la source de rayonnement, comme indiqué par le fabricant.

4.4.2 Traçabilité

Les champs de rayonnement utilisés pour procéder aux essais de la présente norme doivent correspondre aux normes nationales ou internationales de référence. Cela peut être effectué en mesurant le débit de dose appliqué à l'aide d'instruments indiquant un étalonnage traçable valide ou en utilisant des sources de référence certifiées correspondant aux normes nationales ou internationales de référence, d'après une géométrie de mesure définie.

Si le débit de dose est calculé à partir de l'activité de la source, il convient d'envisager des corrections pour l'autoprotection de la source.

Si la source a une longue chaîne de désintégration, tous les descendants radioactifs doivent être pris en compte dans le calcul du débit de dose à partir de l'activité de la source. Si nécessaire, l'âge de la source doit être pris en compte, par l'application de corrections de décroissance.

4.4.3 Homogénéité du champ

Sauf mention contraire, la distance la plus courte de la source au point de référence de l'instrument doit être d'au moins 50 cm afin de garantir que le champ de rayonnement est suffisamment homogène. Pour les sources de neutrons, une distance de 25 cm est admissible. Pour procéder à l'essai des capacités d'identification (voir 6.10, 6.11, 6.12, 6.13 et 6.14) ainsi qu'à des vérifications de fonctionnalité (voir 4.6), des distances plus courtes sont admissibles.

4.4.4 Mesure des neutrons

Pour soumettre à essai les fonctionnalités de mesure des neutrons, la diffusion des neutrons et la modération par le corps humain doivent être prises en compte. Il convient que les essais relatifs aux neutrons soient exécutés dans une installation d'irradiation à faible diffusion (voir l'ISO 8529-1:2001) ou avec l'instrument placé dans une zone où l'espace ouvert autour de l'instrument et de la source est d'au moins 2 m de tous les côtés. L'instrument doit être monté de façon à être centré sur la face avant d'un fantôme CIUR normalisé de 30 cm × 30 cm × 15 cm en PMMA ou plastique similaire (voir rapports CIUR 39 et 47).

NOTE Les essais de fonctionnalité (voir 4.6.3) ont pour seul objectif de surveiller une modification survenue, mais pas une réponse absolue. Par conséquent, les exigences du présent paragraphe ne s'appliquent pas aux essais des Articles 7, 8 et 9.

4.5 Identification des radionucléides

4.5.1 Résultats de l'identification

Il convient d'identifier la plupart des radionucléides susceptibles d'être rencontrés au niveau des bords présentant des énergies photon comprises entre 60 keV et 1,5 MeV. Les radionucléides les plus intéressants et les radionucléides les plus susceptibles d'être rencontrés sont énumérés ci-après. Les radionucléides doivent être identifiés en indiquant le radionucléide individuel et la catégorie pertinente, à savoir nucléaire, médical, industriel ou MRN. En ce qui concerne la matière nucléaire spéciale, il suffit de mentionner l'élément et la catégorie (voir le Tableau D.1). Lors de l'identification des radionucléides, les résultats sont admissibles lorsque le détecteur individuel spectroscopique d'alarme aux rayonnements identifie le(s) radionucléide(s) intéressant(s) ou le(s) radionucléide(s) et les descendants attendus et les radionucléides présents dans le bruit de fond (par exemple, la chaîne de désintégration ^{40}K , ^{232}Th , la chaîne de désintégration ^{238}U). Les résultats ne sont pas admissibles si l'instrument identifie des radionucléides non présents ou uniquement les descendants du/des radionucléide(s) intéressant(s) (voir l'Annexe E pour plus d'informations).

4.5.2 Catégorisation des radionucléides

Les radionucléides très intéressants (matières nucléaires spéciales) et les radionucléides les plus susceptibles d'être rencontrés (matières radioactives médicales, industrielles et naturelles) peuvent être classés en quatre catégories différentes. Ci-après se trouve une liste fournie à des fins informatives qu'il convient de ne pas considérer comme exhaustive.

Matières nucléaires spéciales:	Uranium (à savoir ^{233}U , ^{235}U), ^{237}Np , Plutonium (à savoir ^{239}Pu , ^{241}Pu).
Radionucléides médicaux:	^{18}F , ^{67}Ga , ^{51}Cr , ^{89}Sr , ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{103}Pd , ^{111}In , Iode (^{123}I , ^{131}I), ^{153}Sm , ^{201}Tl , ^{133}Xe .
Radionucléides industriels:	^{57}Co , ^{60}Co , ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{226}Ra , ^{152}Eu , ^{22}Na , ^{241}Am .

MRN: ^{40}K , ^{226}Ra et descendants radioactifs (également pour l'uranium naturel dans l'équilibre séculaire), ^{232}Th et descendants.

4.6 Essais de fonctionnalité

4.6.1 Généralités

Les essais de fonctionnalité sont exécutés avant, pendant ou après les essais de détermination des caractéristiques afin d'évaluer les modifications de la réponse des instruments, par exemple une dérive de l'étalonnage de l'énergie ou de la sensibilité. Plutôt que d'être utilisés comme des essais indépendants, ils sont toujours combinés à un essai environnemental, mécanique ou électromagnétique issu de la CEI 62706, ci-après dénommés essais de détermination des caractéristiques.

Quatre paramètres sont vérifiés par l'essai de fonctionnalité:

- la réponse de photon;
- l'étalonnage de l'énergie de photon;
- la réponse de neutron (le cas échéant);
- les indications parasites (alarmes ou identifications).

4.6.2 Réponse de photon

Pour couvrir l'ensemble de la plage d'énergies de photon de l'instrument (voir 6.6 et 6.7), une source ^{241}Am est combinée à une source ^{60}Co . Chaque source doit augmenter le débit de dose au point de référence de l'instrument de $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 50 \%$.

NOTE La valeur de $2 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ correspond à 4 fois la valeur utilisée pour soumettre à essai l'alarme d'indication de source (voir 6.2).

4.6.3 Réponse de neutron

Simultanément, la réponse aux neutrons (le cas échéant) est mesurée en utilisant une source ^{252}Cf non modérée (voir 6.7). Cette source doit augmenter l'indication des neutrons correspondant à $20 \text{ n}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2} \pm 50 \%$.

NOTE Les essais de fonctionnalité ont pour seul objectif de surveiller une modification survenue, mais pas une réponse absolue. Par conséquent, les exigences de 4.4.4 ne s'appliquent pas aux essais des Articles 7, 8 et 9.

4.6.4 Stabilité et reproductibilité de champ

Le champ de vérification de photon est combiné au champ de vérification de neutron (le cas échéant). Pendant les essais environnementaux, il convient que la géométrie du détecteur de source ne soit pas modifiée afin de maintenir un champ de référence stable. Si une modification est nécessaire, des mesures mécaniques adaptées (telles qu'un montage de précision pour les sources et les instruments) doivent être utilisées afin de garantir le rétablissement correct de la géométrie. Dans ce cas, la reproductibilité du montage doit être vérifiée par un montage répété du champ de vérification et quantifiée en évaluant la variation entre ces répétitions. Le coefficient de variation (COV) doit être inférieur à 0,1 (10 % de variation) lors du montage de la géométrie d'essai de l'instrument.

NOTE Ce niveau de coefficient de variation peut ne pas être atteint pour les mesures au niveau du bruit de fond.

4.6.5 Combinaison d'essais de fonctionnalité et d'essais de détermination des caractéristiques

Avant les essais de détermination des caractéristiques (par exemple environnementaux), les champs de référence sont configurés conformément à 4.6.2 et 4.6.3. Un essai de fonctionnalité doit être réalisé pour conserver les valeurs de référence de la réponse de l'instrument. Après les essais de détermination des caractéristiques, les champs doivent être

rétablis (le cas échéant), conformément à 4.6.4 et un essai de fonctionnalité doit être réalisé pour surveiller les modifications de la réponse de l'instrument. Si les matrices d'essai l'exigent (voir 7.3, 8.3 et 9.3), des essais de fonctionnalité supplémentaires peuvent être exécutés pendant les essais de détermination des caractéristiques.

4.6.6 Conduite des essais de fonctionnalité

Il convient que chaque essai de fonctionnalité soit réalisé de la façon suivante: enregistrer 10 valeurs indépendantes de débit de dose de photons. Si le système est équipé d'un capteur de neutrons, vérifier que le système indique la présence d'une source de neutrons et enregistrer 10 valeurs indépendantes de taux de comptage de neutrons. Calculer la moyenne et l'écart-type des valeurs de taux de comptage ou de débit de dose de photons (neutrons). Collecter trois spectres de 3 min et enregistrer les radionucléides identifiés. Déterminer la moyenne et l'écart-type des centroïdes de pics photoélectriques (60 keV, 1 173 keV, 1 332 keV) à partir des trois spectres. Pour chaque essai de fonctionnalité, cette procédure permet d'obtenir deux paramètres (voir 4.6) pour la quantification de la sensibilité de photon et de l'étalonnage de l'énergie de photon. Chaque paramètre est constitué de deux composants, une valeur moyenne et une incertitude type correspondante. Les instruments dotés de fonctionnalités de mesure des neutrons obtiennent en outre un troisième paramètre, la sensibilité de neutron. Lorsque l'instrument est exposé aux différentes conditions d'essai décrites dans la présente norme, ces trois paramètres sont calculés. L'écart dans la réponse de l'instrument entre les mesures effectuées dans les conditions d'essai normalisées ou de référence et les mesures effectuées dans d'autres conditions est calculé afin de déterminer la plage d'admissibilité.

Les résultats sont admissibles si l'écart relatif à la sensibilité de photon ou de neutron (le cas échéant) ne dépasse pas $\pm 30\%$ et si l'écart relatif au centroïde de crête n'est pas supérieur à $\pm 3\%$ et que l'identification du nucléide n'a pas changé.

NOTE L'écart-type est calculé et enregistré uniquement à des fins de surveillance de la qualité des données.

4.6.7 Indications d'émissions parasites

Outre les essais de fonctionnalité, qui évaluent la modification de la réponse d'un instrument, une autre exigence appelée "comportement en fonctionnement normal" est appliquée dans le cadre des essais de détermination des caractéristiques. Cette partie de l'essai est réalisée en l'absence de sources de rayonnements. Les matrices d'essais (7.3, 8.3 et 9.3) indiquent quand l'instrument doit adopter un comportement en fonctionnement normal pendant les essais. Cela exige que le taux de fausses alarmes ne dépasse pas celui défini en 6.1 et seuls les radionucléides MRN présents dans le bruit de fond doivent être identifiés. L'affichage doit fonctionner correctement et sans indications parasites (alarmes, fausses identifications, messages ou affichages imprévus, arrêt de l'instrument, par exemple).

5 Exigences générales

5.1 Caractéristiques générales

Les instruments concernés par la présente norme sont utilisés pour la détection des rayonnements photoniques et neutroniques (la détection des neutrons est optionnelle) ainsi que pour la localisation et l'identification de la source. Ces instruments sont portatifs et alimentés par batterie. Outre les caractéristiques propres aux dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements normalisés, les détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements disposent d'une fonctionnalité d'identification des radionucléides. Bien que, à l'origine, ces instruments ne soient pas conçus pour mesurer le débit d'équivalent de dose ambiant $\dot{H}^*(10)$, leur indication doit fournir une valeur approximative suffisamment précise pour permettre leur utilisation comme dispositifs d'alarme, afin d'éviter toute exposition accidentelle à des champs de rayonnements élevés.

5.2 Configuration physique

La conception du boîtier de l'instrument doit satisfaire aux exigences mentionnées pour le Code IP 54 (voir la CEI 60529 et la CEI 62706). Les commandes et les réglages pouvant affecter le fonctionnement de l'instrument, y compris le paramétrage des alarmes, doivent être conçus de sorte que leur accès soit restreint aux personnes autorisées. Des dispositions doivent être prises pour permettre de soumettre à essai des indicateurs d'avertissement visuels et/ou sonores sans utiliser de sources de rayonnement.

5.3 Informations essentielles

5.3.1 Documentation fournie

Le fabricant doit fournir les spécifications de performance de l'instrument et les instructions relatives à son fonctionnement.

5.3.2 Détecteur de rayonnements

Le fabricant doit fournir les renseignements décrivant les types de détecteurs de rayonnements utilisés ainsi que leurs dimensions et leur emplacement dans l'instrument (par exemple NaI(Tl), CZT, ^3He). Pour les tubes compteurs à remplissage de gaz, la pression interne doit être mentionnée par le fabricant.

5.3.3 Plage de mesure – photons

La plage de réponse réelle de l'énergie de photon doit être mentionnée par le fabricant et doit inclure la plage de 60 keV (^{241}Am) à 1,33 MeV (^{60}Co). Le fabricant doit également indiquer la plage de mesure pour le débit de dose, qui doit être au moins comprise entre $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $100\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. La plage d'indication (affichage) pour le débit de dose doit être au moins comprise entre $0,1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $100\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

La plage d'indication (affichage) est généralement supérieure à la plage de mesure. Les exigences relatives à la précision doivent être satisfaites dans la plage de mesure. Les indications extérieures à la plage de mesure sont uniquement informatives (pour indiquer par exemple le niveau de bruit de fond) et ne peuvent pas être utilisées comme résultats de mesure réels.

5.3.4 Plage de mesure – neutrons

Le fabricant doit mentionner la plage de l'énergie de neutron et de taux de comptage que l'instrument peut mesurer (le cas échéant).

5.3.5 Plage d'identification de radionucléide

Le fabricant doit mentionner la plage du débit de dose ou du taux de comptage (en ce qui concerne ^{137}Cs) pour l'identification. Elle doit être au moins comprise entre $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $100\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

5.3.6 Durée de préchauffage

Le fabricant doit indiquer la durée requise pour que l'instrument passe de l'état d'arrêt ou de veille à un état parfaitement opérationnel. Cette durée doit être inférieure à 10 min. La durée de préchauffage comprend les mesures d'étalonnage de stabilisation et de bruit de fond. Une indication doit être fournie à l'utilisateur lorsque l'instrument n'est pas parfaitement opérationnel.

5.3.7 Batteries et durée de vie de la batterie

Lorsque des batteries non rechargeables sont utilisées, elles doivent être simples à trouver, ne pas être propres à l'instrument et pouvoir être remplacées par l'utilisateur sans outil

spécial (par exemple AA). En cas d'utilisation de batteries rechargeables, les chargeurs de batterie doivent satisfaire aux normes électriques appropriées.

L'instrument doit être équipé d'un indicateur de l'état de la batterie. L'indication de batterie faible doit s'afficher avant que la tension minimale requise pour un fonctionnement correct ne soit atteinte.

Le fabricant doit mentionner la durée de fonctionnement en continu avec les batteries recommandées, dans des conditions normalisées (fonctionnelles et d'environnement). Elle doit être au minimum de 100 h dans des conditions hors alarme pour les batteries non rechargeables, de 16 h pour les batteries rechargeables et supérieure à 30 min dans des conditions d'alarme pour les deux types de batterie.

5.3.8 Atmosphères explosives

Le fabricant doit indiquer si l'instrument est certifié pour l'utilisation dans des atmosphères explosives et sa catégorie. Une preuve de certification doit être fournie sur demande.

5.4 Caractéristiques mécaniques

5.4.1 Dimensions

Les dimensions de l'instrument doivent être spécifiées par le fabricant, mais il convient qu'elles ne dépassent pas 200 mm × 100 mm × 50 mm.

5.4.2 Masse

La masse de l'instrument complet, y compris les batteries et les supports, doit être spécifié(e) par le fabricant, mais il convient qu'elle ne dépasse pas 400 g.

5.4.3 Construction du boîtier

Il convient que le boîtier de l'instrument soit lisse, rigide, résistant aux chocs mécaniques, étanche à la poussière et à l'eau et facile à nettoyer/décontaminer. Des mesures doivent être prises pour bien fixer l'instrument à l'utilisateur (par exemple à l'aide d'une attache ou d'un anneau), tout en accordant une attention particulière à l'orientation du détecteur, au type d'alarme et à l'affichage.

5.4.4 Marquage de point de référence

L'instrument doit être clairement marqué afin d'indiquer la position du point de référence à des fins d'étalonnage et d'essais.

5.4.5 Commutateurs

Les commutateurs et autres commandes doivent bénéficier d'une protection adéquate afin d'éviter tout fonctionnement accidentel ou non autorisé.

5.5 Sortie de données

L'instrument doit être en mesure de transférer des données à un autre dispositif tel qu'un ordinateur individuel. Chaque fichier de sortie de données doit au moins contenir ce qui suit:

- date et heure de la mesure;
- indication du débit de dose;
- indication du taux de comptage de neutrons (le cas échéant);
- type d'alarme (protection individuelle gamma et/ou neutron, le cas échéant);
- étalonnage de l'énergie;

- catégorisation de source;
- radionucléides identifiés;
- indication du niveau de confiance;
- spectres de photons.

Le fichier de sortie de données doit satisfaire aux exigences énumérées dans la CEI 62755. Le fabricant doit indiquer comment transférer ces données vers un dispositif externe.

5.6 Interface utilisateur

Les caractéristiques suivantes sont considérées comme essentielles (doivent) ou souhaitables (il convient que) pour une bonne utilisation des détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements.

a) Les caractéristiques suivantes *doivent* être proposées:

- simplicité d'utilisation pour les utilisateurs non experts et commandes conviviales pour l'exploitation courante;
- indication séparée du type de rayonnements détecté (photon et/ou neutron, le cas échéant);
- alarmes individuelles d'indication de source de photons et de neutrons (le cas échéant), avec indications visuelles, acoustiques et (en option) des vibrations (voir 6.3 et 6.5);
- alarmes de sécurité pour la protection individuelle contre les photons et neutrons (le cas échéant), avec indications visuelles, acoustiques et (en option) des vibrations (6.4 et 6.7);
- niveaux seuils ajustables pour les alarmes de neutrons (le cas échéant) et de photons avec une méthode protégée consistant à régler les seuils d'alarmes, par exemple par le biais d'un ordinateur individuel externe;
- identification et catégorisation des radionucléides en indiquant le radionucléide individuel et la catégorie pertinente, à savoir nucléaire, médical, industriel ou MRN ainsi que le niveau de confiance (voir 3.1.8);
- indication sonore et/ou visuelle correspondant à l'ampleur du champ de rayonnement (par exemple augmentation de la fréquence ou tonalité d'avertissement avec augmentation du signal de rayonnement);
- affichage lisible dans toutes les conditions d'éclairage, y compris l'obscurité;
- protection des réglages pour tous les paramètres opérationnels;
- fonctionnalités de diagnostic;
- indication de statut de batterie;
- fonctionnalité d'enregistrement des résultats et de téléchargement des données vers un ordinateur individuel.

b) Il *convient* que les caractéristiques suivantes soient proposées:

- alarmes silencieuses pour une exploitation en toute discrétion, par exemple vibrations et/ou écouteur avec volume réglable par l'utilisateur capable de s'adapter aux larges variations de la sensibilité de l'ouïe humaine et aux divers niveaux sonores (voir 5.8).

5.7 Marquages

5.7.1 Propriétés et conditions

La fonction de toutes les commandes, tous les écrans et tous les dispositifs de réglage externes de l'instrument doit être identifiée. Les dispositifs de commande internes nécessaires au fonctionnement doivent être identifiés au moyen de marquages et mentionnés/explicés dans des manuels techniques. Les marquages externes doivent être facilement lisibles et présents en permanence dans des conditions normalisées d'utilisation. Il convient qu'ils supportent les procédures de décontamination.

5.7.2 Marquages extérieurs

Les marquages suivants doivent apparaître à l'extérieur de l'instrument:

- fabricant et référence du modèle;
- numéro de série unique;
- emplacement du point de référence;
- désignation de la fonction des commandes, commutateurs et dispositifs de réglage qui ne sont pas commandés par un menu ou un logiciel.

5.8 Alarmes

5.8.1 Alarme d'indication de source de photons

Une alarme d'indication de source doit être émise lorsque le débit de dose ou le taux de comptage mesuré est supérieur au seuil d'alarme d'indication de source. Ce seuil d'alarme doit être calculé automatiquement par l'instrument, à partir des mesures de bruit de fond, à l'aide de techniques telles qu'un accroissement du débit de dose, un accroissement du taux de comptage défini par l'utilisateur ou un certain nombre d'écart-types par rapport à la valeur du taux moyen du bruit de fond mesuré. L'indication d'alarme (visuelle, sonore ou (en option) par vibrations) doit pouvoir être sélectionnée indépendamment. L'alarme optionnelle par vibrations est conçue pour les opérations discrètes, lorsqu'une alarme sonore ou visuelle est inappropriée.

5.8.2 Alarme de sécurité de photons

Une alarme de sécurité de protection individuelle doit être émise pour avertir l'utilisateur lorsque le débit de dose mesuré est supérieur à un seuil sélectionné par l'utilisateur. Une méthode de protection consistant à régler un seuil d'alarme de sécurité associé au débit de dose, par exemple par le biais d'un ordinateur individuel externe, doit être fournie. L'alarme de sécurité doit être visuelle et sonore ou alternativement (en option) produire des vibrations. Elle doit être "validée" ou être liée à toute autre commande similaire permettant de mettre en sourdine la fonction sonore. On ne doit pas pouvoir mettre hors tension tous les indicateurs de l'alarme de sécurité simultanément. L'alarme de sécurité doit être différente ou pouvoir être distinguée de l'alarme d'indication de source. L'alarme de sécurité de protection individuelle doit être fonctionnelle sur la plage d'énergie indiquée pour l'instrument.

5.8.3 Alarme d'indication de source de neutrons

Si une fonctionnalité de mesure de neutrons est revendiquée par le fabricant, une alarme d'indication doit être émise lorsque le champ de neutrons mesuré (taux de comptage) est supérieur au seuil d'alarme d'indication de source de neutrons. L'indication d'alarme (visuelle, sonore et/ou par vibrations) doit pouvoir être sélectionnée indépendamment.

5.8.4 Alarme de sécurité de neutrons

Si une fonctionnalité de mesure de neutrons est revendiquée par le fabricant, il convient qu'une alarme de sécurité de protection individuelle soit émise pour avertir l'utilisateur lorsque le champ de neutrons mesuré (taux de comptage) est supérieur à un seuil sélectionné par l'utilisateur. L'alinéa suivant s'applique uniquement si cette fonction est disponible:

Une méthode de protection consistant à régler un seuil d'alarme de sécurité, par exemple par le biais d'un ordinateur individuel externe, doit être fournie. Si le seuil d'alarme dépend du taux de comptage, le fabricant doit fournir les informations (tableau et/ou fonction) permettant de convertir les valeurs de taux de comptage en débit de dose de neutrons. Cet étalonnage doit être exécuté en plaçant l'instrument sur un fantôme CIUR et en utilisant une source non modérée de ^{252}Cf (voir 4.4.4). L'alarme de sécurité doit être visuelle et sonore ou alternativement (en option) produire des vibrations. Elle doit être "validée" ou être liée à toute autre commande similaire permettant de mettre en sourdine la fonction sonore. On ne doit pas pouvoir mettre hors tension tous les indicateurs de l'alarme de sécurité simultanément.

L'alarme de sécurité doit être différente ou pouvoir être distinguée de l'alarme d'indication de source de neutrons.

5.8.5 Fréquence du signal d'indication sonore et recherches

Afin de faciliter la localisation des sources, un signal sonore doit être associé à un taux et/ou une fréquence de répétition qui augmente proportionnellement à la hausse du niveau de rayonnement.

6 Exigences relatives à la détection des rayonnements

6.1 Taux de fausses alarmes

6.1.1 Exigences

Le taux de fausses alarmes (FAR) est le nombre d'alarmes d'indication de source par unité de temps qui ne sont pas provoquées par des sources de rayonnement mais par d'autres causes, telles que des variations statistiques dans le processus de mesure, à savoir les statistiques de comptage, des variations dans l'intensité du bruit de fond naturel (en l'absence de correction) ou la susceptibilité de l'instrument au bruit électronique et aux interférences microphoniques ou électromagnétiques.

Le seuil de l'alarme de sécurité de protection individuelle est réglé sur une valeur bien plus élevée que l'alarme d'indication de source. C'est pourquoi le taux de fausses alarmes n'est pas pertinent pour l'alarme de sécurité de protection individuelle et il n'est soumis à essai que pour l'alarme d'indication de source (voir les Articles 5.8.1 et 5.8.3).

Le taux de fausses alarmes de l'alarme d'indication de source pour les photons ou les neutrons (le cas échéant) ne doit pas être supérieur à 1 par 60 min de fonctionnement en continu dans un environnement à bruit de fond stable (comme indiqué au Tableau A.1).

La susceptibilité d'un instrument aux variations statistiques et, de ce fait, son taux de fausses alarmes, sont directement liés à sa sensibilité. Le même seuil doit être utilisé pour soumettre à essai le taux de fausses alarmes et la sensibilité de la détection (essai d'alarme d'indication de source). L'essai du taux de fausses alarmes doit être effectué avant l'essai de la sensibilité de détection.

6.1.2 Méthode d'essai

Le seuil d'alarme doit être identique à celui utilisé pour soumettre à essai l'alarme d'indication de source (voir les Articles 6.2, 6.3, 6.5, et 6.6). Placer l'instrument dans une zone où le niveau de rayonnement de bruit de fond est stable d'après les conditions d'essai normalisées indiquées dans le Tableau A.1.

L'instrument ne doit pas émettre plus de 3 fausses alarmes d'indication de source de photons et pas plus de 3 fausses alarmes d'indication de source de neutrons (le cas échéant), en mode recherche continue, sur une période de 8 h.

NOTE Le nombre maximal admissible de fausses alarmes a été calculé sur la base d'une limite supérieure de confiance de 95 % pour une loi de Poisson unilatérale.

6.2 Alarme d'indication de source de photons

6.2.1 Exigences

L'instrument doit émettre une alarme d'indication de source de photons dans un délai de 3 s lorsqu'il est exposé à une augmentation du débit de dose de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ au niveau de son point de référence. Cette exigence doit être satisfaite pour les sources de ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co .

6.2.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être exécuté après l'essai de fausse alarme décrit en 6.1 en utilisant les mêmes réglages pour le seuil d'alarme d'indication de source que pour l'essai de fausse alarme.

Il convient que le débit de dose, au point de référence de l'instrument, soit augmenté de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ au-dessus du niveau de rayonnement du bruit de fond (voir le Tableau A.1), dans un délai de 1 s, avec une source de ^{137}Cs .

Après la modification en échelon, l'alarme d'indication de source de photons doit être activée dans un délai de 3 s. Elle doit ensuite être validée et le processus répété à neuf reprises. Une pause d'au moins 90 s doit être respectée entre les expositions afin de permettre à l'instrument de se réadapter au niveau de rayonnement du bruit de fond. Les résultats sont admissibles lorsque l'alarme s'active au moins dans 8 expositions sur 10. Si le seuil de l'alarme est ajusté afin de satisfaire aux exigences de cet essai, l'essai de taux de fausses alarmes (6.1) doit être répété.

L'essai doit être répété avec une source de ^{241}Am , puis avec une source de ^{60}Co .

6.3 Indication de photons – détection de niveaux de rayonnement augmentant progressivement

6.3.1 Exigences

L'alarme d'indication de source doit être activée même lors d'une lente augmentation des niveaux de rayonnement pouvant être causée par le fait que le porteur approche lentement d'une source de rayonnement. À des fins d'essais, l'instrument fixé est approché par la source de rayonnement.

6.3.2 Méthode d'essai

À partir du niveau de rayonnement du bruit de fond (voir le Tableau A.1), augmenter le débit de dose au point de référence de l'instrument en approchant lentement une source de ^{137}Cs qui produit un débit de dose de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$ au-dessus du bruit de fond en position finale. L'approche de la source doit commencer à au moins 5 m de l'instrument. La source doit se déplacer vers l'instrument en suivant une ligne droite et s'arrêter à une position finale située à $(1,0 \pm 0,3)$ m du point de référence (voir Figure C.1). L'activité de la source nécessaire est comprise entre 3,3 MBq et 11 MBq. Le point d'arrêt est quant à lui ajusté afin de tenir compte de la variation de l'activité entre les sources. Avant la configuration, la distance entre la position finale de la source et le point de référence de l'instrument doit être déterminée en mesurant ou en calculant le débit de dose à partir de l'activité correspondant au débit de dose requis de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Depuis une distance d'au moins 5 m, il convient que la source se déplace à une vitesse constante de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et s'arrête en position finale. L'alarme d'indication de source de photons doit être activée pendant l'approche ou dans un délai de 3 s après avoir atteint la position finale. L'alarme doit ensuite être validée. Après avoir remis la source en place, une pause d'au moins 5 min doit être respectée afin de permettre à l'instrument de se réadapter au niveau de rayonnement du bruit de fond. Après cette pause, le processus doit être répété à neuf reprises.

Les résultats sont admissibles lorsque l'alarme s'active au moins dans 8 essais sur 10.

6.4 Alarme de sécurité de photons

6.4.1 Exigences

L'instrument doit émettre une alarme de sécurité de protection individuelle contre les photons dans un délai de 3 s lorsqu'il est exposé à une augmentation du débit de dose, au niveau de

son point de référence, atteignant une valeur égale à deux fois le seuil de l'alarme de sécurité. Cette exigence doit être satisfaite pour les sources de ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co .

6.4.2 Méthode d'essai

Régler le seuil de l'alarme de sécurité de photons sur un débit de dose de $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

Avec une source de ^{137}Cs , augmenter le débit de dose, au niveau du point de référence de l'instrument, jusqu'à atteindre $20 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$, dans un délai de 1 s.

Après la modification en échelon, l'alarme de sécurité de photons doit être activée dans un délai de 3 s. Elle doit ensuite être validée et le processus répété à neuf reprises. Une pause d'au moins 90 s doit être respectée entre les expositions afin de permettre à l'instrument de se réadapter au niveau de rayonnement du bruit de fond. Les résultats sont admissibles lorsque l'alarme s'active dans 10 expositions sur 10.

L'essai doit être répété avec une source de ^{241}Am , puis avec une source de ^{60}Co .

Lorsque l'on règle le seuil de l'alarme sur $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, la tolérance admissible pour la réponse des instruments de $\pm 50 \%$ (voir l'Article 6.8) permet d'obtenir une vraie valeur maximale de $15 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ pour le seuil de l'alarme. En tenant compte de la tolérance de $\pm 20 \%$ de l'exposition, l'essai est effectué à une valeur égale à deux fois le seuil d'alarme.

6.5 Alarme d'indication de source de neutrons

6.5.1 Exigences

Bien que l'instrument ne soit pas destiné à rechercher des sources de neutrons, il doit indiquer la présence d'une source de neutrons lorsqu'il est exposé à une augmentation du débit de fluence des neutrons de $3 \text{ neutrons}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \pm 20 \%$, au niveau de son point de référence, produite par une source non modérée de ^{252}Cf . La source doit se trouver à une distance d'au moins 25 cm du point de référence. L'instrument doit satisfaire à cette exigence lorsqu'il est porté.

NOTE Une source de neutrons ^{252}Cf émettant $24\,000 \text{ neutrons}\cdot\text{s}^{-1}$ (environ $0,01 \mu\text{g}$ ou $0,2 \text{ MBq}$) produirait le débit de fluence requis de $3 \text{ neutrons}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ à une distance de 25 cm.

6.5.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être exécuté après l'essai de fausse alarme de neutrons décrit en 6.1 en utilisant les mêmes réglages pour le seuil d'alarme d'indication de source que pour l'essai de fausse alarme. L'instrument doit être monté sur un fantôme CIUR normalisé, tel que défini en 4.4.4.

A partir du niveau de rayonnement du bruit de fond (voir le Tableau A.1), augmenter le débit de fluence de neutrons, au niveau du point de référence de l'instrument, de $3 \text{ neutrons}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1} \pm 20 \%$, dans un délai de 1 s, en utilisant une source non modérée de ^{252}Cf . La source doit se trouver à une distance d'au moins 25 cm du point de référence.

Après la modification en échelon, l'alarme d'indication de source de neutrons doit être activée dans un délai de 20 s. Elle doit ensuite être validée et le processus répété à neuf reprises. Une pause d'au moins 90 s doit être respectée entre les expositions afin de permettre à l'instrument de se réadapter au niveau de rayonnement du bruit de fond. Les résultats sont admissibles lorsque l'alarme s'active au moins dans 8 expositions sur 10.

Si le seuil de l'alarme est ajusté afin de satisfaire aux exigences de cet essai, l'essai de taux de fausses alarmes (voir 6.1) doit être répété.

6.6 Indication de neutrons et réponse en présence de photons

6.6.1 Exigences

L'instrument ne doit pas émettre d'alarme d'indication de source de neutrons lorsqu'il est exposé à une augmentation du débit de dose de photons de $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, au niveau de son point de référence, provoquée par une source de ^{60}Co .

Par ailleurs, la réponse des neutrons (voir 6.5) ne doit pas être affectée lorsque l'instrument est exposé à un débit de dose de photons de $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$.

NOTE Ce débit de dose a été choisi comme la valeur autorisée la plus élevée pour le transport légal de matières radioactives à une distance de 1 m, conformément aux réglementations de transport AIEA (indice de transport: 10).

6.6.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être exécuté en utilisant les mêmes réglages pour le seuil d'alarme d'indication de source que pour l'essai de fausse alarme (6.1).

Augmenter le débit de dose des photons au niveau du point de référence de l'instrument jusqu'à atteindre $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$, dans un délai de 1 s, en utilisant une source de ^{60}Co .

Pas plus d'une alarme de neutrons ne doit être émise au cours d'une exposition de 10 min.

Afin de démontrer la sensibilité des neutrons à un débit de dose de photons élevé, exposer l'instrument au champ $100 \mu\text{Sv}/\text{h}$ produit par la source de ^{60}Co , répéter l'essai décrit en 6.5 et vérifier que les exigences de 6.5 sont satisfaites lorsque la source de ^{60}Co est présente.

6.7 Alarme de sécurité de neutrons

6.7.1 Exigences

L'instrument doit émettre une alarme de sécurité de protection individuelle contre les neutrons dans un délai de 3 s lorsqu'il est exposé à une augmentation du débit de fluence de neutrons, au niveau de son point de référence, jusqu'à atteindre une valeur égale à deux fois le seuil de l'alarme de sécurité. L'augmentation du débit de fluence de neutrons doit être générée par une source non modérée de ^{252}Cf .

6.7.2 Méthode d'essai

Régler le seuil de l'alarme de sécurité de neutrons sur une valeur correspondant à un débit de dose de neutrons de $50 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Il convient d'utiliser pour ce faire la relation entre le taux de comptage et le débit de dose de neutrons indiquée par le fabricant (voir 5.8.4). L'instrument doit être monté sur un fantôme CIUR normalisé, tel que défini en 4.4.4.

Avec une source de ^{252}Cf non modérée, dans un délai de 1 s, augmenter le débit de fluence de neutrons au niveau du point de référence de l'instrument jusqu'à atteindre une valeur correspondant à un débit de dose de neutrons de $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1} \pm 20 \%$.

Après la modification en échelon, l'alarme de sécurité de neutrons doit être activée dans un délai de 3 s. Elle doit ensuite être indiquée comme validée et le processus répété à neuf reprises. Une pause d'au moins 90 s doit être respectée entre les expositions afin de permettre à l'instrument de se réadapter au niveau de rayonnement du bruit de fond. Les résultats sont admissibles lorsque l'alarme s'active dans 10 expositions sur 10.

Lorsque l'on règle le seuil de l'alarme sur $50 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, la tolérance admissible pour la réponse des instruments de $\pm 50 \%$ (voir 6.8) permet d'obtenir une vraie valeur maximale de $75 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ pour le seuil de l'alarme. En tenant compte de la tolérance de $\pm 20 \%$ de l'exposition, l'essai est effectué à une valeur égale à deux fois le seuil d'alarme.

6.8 Débit de dose de photons – réponse

6.8.1 Exigences

L'exactitude de l'indication du débit de dose doit être comprise dans un intervalle de $\pm 50 \%$, dans la plage d'énergie de photon continue (voir 5.3.3 pour connaître les exigences minimales correspondant à cette plage). Cette exigence doit être satisfaite dans la plage complète de mesures de débit de dose, telle qu'indiquée par le fabricant.

6.8.2 Méthode d'essai

Avec une source de ^{137}Cs , augmenter le débit de dose, au niveau du point de référence de l'instrument, jusqu'à atteindre $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $70 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Si le fabricant revendique une plage de mesure du débit de dose supérieure à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ alors des points de mesure supplémentaires doivent être introduits sur la plage complète, en facteurs de 10 (par exemple, $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ou $1\,000 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$). Le point d'essai le plus élevé doit représenter 70 % du maximum de la plage.

L'indication du débit de dose doit être comprise dans un intervalle de $\pm 50 \%$ par rapport à la valeur de débit de dose conventionnellement vraie.

L'essai doit être répété avec une source de ^{241}Am (ou un faisceau de rayons x de qualité N-80, conformément à l'ISO 4037-3), puis avec une source de ^{60}Co .

6.9 Débit de dose de photons – dépassement de plage

6.9.1 Exigences

L'instrument doit indiquer une condition de dépassement de plage dans un délai de 3 s lorsque le débit de dose de photons dépasse le débit de dose maximal tel qu'indiqué par le fabricant. L'indication de la condition de dépassement de plage doit continuer à fonctionner à un débit de dose égal à 10 fois le maximum déclaré. L'indication de dépassement doit être maintenue pendant toute la durée de l'exposition. Après la condition de dépassement de plage, l'instrument doit répondre normalement dans un délai de 5 min après la fin de l'exposition, sans intervention de l'utilisateur.

6.9.2 Méthode d'essai

Avec une source de ^{137}Cs , augmenter le débit de dose, au niveau du point de référence de l'instrument, dans un délai de 1 s, jusqu'à atteindre deux fois la valeur maximale indiquée par le fabricant ou $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ si le fabricant n'a déclaré aucune valeur.

L'instrument doit indiquer une condition de dépassement de plage dans un délai de 3 s à compter de la modification en échelon. Cette condition doit être maintenue pendant l'intégralité de la période d'exposition. Après une exposition minimale de 5 min, réduire le débit de dose jusqu'à la valeur du bruit de fond (voir le Tableau A.1). L'instrument doit fonctionner normalement dans un délai de 5 min à compter de la fin de l'exposition.

Répéter l'intégralité de l'essai en appliquant un débit de dose équivalant à 10 fois la valeur maximale indiquée par le fabricant. Il n'est pas nécessaire de répéter l'essai si le fabricant n'a déclaré aucune valeur de dépassement de plage.

6.10 Identification des radionucléides uniques

6.10.1 Exigences

L'instrument doit pouvoir identifier et catégoriser chacun des radionucléides suivants (non blindés ou blindés) dans le temps imparti indiqué par le fabricant, au maximum dans un délai