

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 de matières radioactives

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2022



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

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 de matières radioactives

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-6050-0

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions, abbreviated terms and symbols, quantities and units.....	8
3.1 Terms and definitions.....	8
3.2 Abbreviated terms and symbols	10
3.3 Quantities and units	10
4 General test procedure	11
4.1 Standard test conditions	11
4.2 Uncertainties.....	11
4.3 Statistical fluctuations	11
4.4 Background radiation during testing	12
4.5 Operating parameters and set up.....	12
4.6 Radiation sources	12
4.7 Special nuclear material (SNM) and depleted uranium (DU) sources.....	12
4.8 Speed of moving sources including scaling	12
4.9 Functionality test and test acceptance range requirements	13
4.10 Neutron measurement requirements	15
5 General requirements	16
5.1 Basic information	16
5.2 Mechanical characteristics.....	16
5.3 Data output.....	17
5.4 User indications	17
5.5 Markings	17
5.6 Alarms	18
6 Radiation detection requirements	18
6.1 False alarm rate.....	18
6.2 Gamma alarm	18
6.3 Personal protection alarm	19
6.4 Relative intrinsic error	19
6.5 Detection of gradually increasing radiation levels.....	20
6.6 Over-range	20
6.7 Detection of neutrons (if provided)	20
6.8 Gamma response of neutron detector (if provided).....	21
6.9 Identification of single radionuclides	22
6.10 Simultaneous radionuclide identification	23
6.11 Low-exposure rate identification.....	23
6.12 Over range characteristics for identification	23
7 Environmental requirements	24
7.1 Ambient temperature.....	24
7.2 Temperature shock	24
7.3 Relative humidity	24
7.4 Dust and moisture protection	25
8 Mechanical requirements.....	25
8.1 Vibration	25

8.2	Microphonics/Impact	26
8.3	Drop	26
9	Electromagnetic requirements	26
9.1	Electrostatic discharge (ESD)	26
9.2	Radio frequency (RF)	27
9.3	Radiated RF emissions	27
9.4	Magnetic fields	27
10	Documentation	28
10.1	Operation and maintenance manual	28
10.2	Test certificate	28
10.3	Declaration of conformity	28
	Bibliography	29
	Table 1 – Overview of IEC radiation protection instrumentation standards	6
	Table 2 – Standard test conditions	11
	Table 3 – Test results analysis	15
	Table 4 – Identification acceptance criteria ¹	22

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2022

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.

IEC 62618 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2013. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) making the standard consistent with the new standards for detection of illicit trafficking of radioactive material (see the Introduction);
- b) creating unformed functionality test for all environmental, electromagnetic and mechanical tests and a requirement for the coefficient of variation of each nominal mean reading;
- c) reference to IEC 62706 for the environmental, electromagnetic and mechanical test conditions;
- d) adding information regarding climatic exposures.

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

Draft	Report on voting
45B/1011/FDIS	45B/1017/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2022

INTRODUCTION

It is important to detect illicit and inadvertent movement of radioactive materials in the form of radiation sources and contaminated metallurgical scrap. Radioactive sources out of regulatory control, so-called “orphan sources”, have frequently caused serious radiation exposures and widespread contamination. Although illicit trafficking of nuclear and other radioactive materials is not a new problem, concern about a nuclear “black market” has increased particularly in view of its terrorist potential.

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

To ensure that measurement results made at different locations are consistent, it is imperative that radiation instrumentation be designed to specifications based upon agreed performance requirements. IEC standards have been developed to establish performance requirements for personal radiation detectors, radiation portal monitors, highly sensitive gamma and neutron detection systems, spectrometric personal radiation detectors, and backpack-based radiation detection and identification systems. Table 1 contains a list of those standards.

Table 1 – Overview of IEC radiation protection instrumentation standards

Type of instrumentation	IEC number	Title of the standard
Body-worn	62401	Radiation protection instrumentation – Alarming Personal Radiation Devices (PRDs) for the detection of illicit trafficking of radioactive material
	62618	Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-Based Alarming Personal Radiation Detectors (SPRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material
	62694	Radiation protection instrumentation – Backpack-type radiation detector (BRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material
Portable or hand-held	62327	Radiation protection instrumentation – Hand-held instruments for the detection and identification of radionuclides and for the estimation of ambient dose equivalent rate from photon radiation
	62533	Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for photon detection of radioactive material
	62534	Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for neutron detection of radioactive material
Portal	62244	Radiation protection instrumentation – Installed radiation portal monitors (RPMs) for the detection of illicit trafficking of radioactive and nuclear materials
	62484	Radiation protection instrumentation – Spectrometric radiation portal monitors (SRPMs) used for the detection and identification of illicit trafficking of radioactive material
Data format	62755	Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials
Mobile system	63121	Radiation protection instrumentation – Vehicle-mounted mobile systems for the detection of illicit trafficking of radioactive materials

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

1 Scope

This document applies to Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detectors (SPRD). SPRDs detect and identify gamma radiation and may detect neutron radiation. SPRDs can be worn on a belt or in a pocket to alert the wearer of the presence of a radiation source. SPRDs provide search, similar to that of a Personal Radiation Device (PRD), and identification capability to identify radiation sources. They can discriminate between alarms caused by Naturally Occurring Radioactive Materials (NORM) or medical radionuclides and alarms from industrial sources or Special Nuclear Material (SNM).

This document establishes performance requirements and specifies general characteristics, general test conditions, radiological, climatic, mechanical, and electromagnetic characteristics. This document also provides test methods that are used to determine if an SPRD meets the stated requirements.

This document does not apply to the performance of radiation protection instrumentation which is covered in IEC 61526 and IEC 60846-1. SPRDs are not intended for accurate measurement of personal ($H_p(10)$) or ambient ($H^*(10)$) dose equivalent (rate).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-395:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation – Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60050-395:2014/AMD1:2016

IEC 60050-395:2014/AMD2:2020

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

IEC 62706, *Radiation protection instrumentation – Recommended climatic, electromagnetic and mechanical performance requirements and methods of tests*

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

IEC TR 62971:2015, *Radiation instrumentation – Radiation sources used in illicit trafficking detection standards – Guidance and recommendations*

UL 913, *Standard for Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, III, Division 1, Hazardous (Classified) Locations*

ICRU report 39, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*

ICRU report 47, *Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations*

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

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1

acceptable identification

correct identification

when an instrument correctly identifies only the radionuclides 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 60050-395:2014/AMD2:2020, 395-16-14]

3.1.3

alarm

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

3.1.4

alarm criteria

condition that causes an instrument to alarm

3.1.5

background radiation level

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

3.1.6

confidence indication

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.

3.1.7

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:

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

3.1.8**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.

3.1.9**false alarm**

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

3.1.10**functionality test**

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

3.1.11**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.

3.1.12**precision**

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

3.1.13**radioactive material**

material containing one or more constituents exhibiting radioactivity

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

3.1.14**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.

3.1.15**reference source**

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

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

3.1.16**relative intrinsic error**

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

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

3.1.17

safety alarm

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

3.1.18

source indication alarm

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

3.1.19

standard test conditions

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

3.1.20

performance test

environmental, mechanical or electrical test taken from IEC 62706

[SOURCE: IEC 60050-395:2014/AMD2:2020, 395-14-9]

3.2 Abbreviated terms and symbols

CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques (Special International Committee on Radio Interference)
CLYC	Cs ₂ LiYCl ₆ :Ce
COV	coefficient of variation
CZT	cadmium zinc telluride
DU	depleted uranium
ESD	electrostatic discharge
HDPE	highly-density polyethylene
HEU	highly-enriched uranium
ICRU	International commission on radiation units and measurements
NORM	naturally occurring radioactive material
PMMA	polymethyl methacrylate
RF	radio frequency
SNM	special nuclear material
SPRD	spectroscopy based personal radiation detector
WGPu	weapons-grade plutonium

3.3 Quantities and units

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

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

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);
- for temperature: degrees Celsius (symbol: °C), $0 \text{ °C} = 273,15 \text{ K}$.

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

4 General test procedure

4.1 Standard test conditions

Except where otherwise specified, the tests described in this document should be performed under the standard test conditions given in Table 2. The ambient temperature, relative humidity, and atmospheric pressure shall be recorded during testing.

Table 2 – Standard test conditions

Influence quantity	Standard test conditions
Ambient temperature	18 °C to 25 °C
Relative humidity	≤ 75 %
Atmospheric pressure	70 kPa to 103,3 kPa
Gamma radiation background	Ambient dose equivalent rate less than or equal to $0,15 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ Natural conditions without the presence of man-made emitters
Neutron background	Natural conditions without the presence of man-made emitters

NOTE SPRDs are typically used in non-radiological areas, e.g., shipping ports and border locations. Man-made radiological materials such as radiation sources are not expected to be present in these areas. Non-radiological areas are expected to be used when testing SPRDs.

4.2 Uncertainties

Unless otherwise stated for a specific quantity, the uncertainties for measurable quantities should not exceed 15 % with a coverage factor of $k = 1$, except for background radiation measurements that may exceed this value.

4.3 Statistical fluctuations

For tests involving the use of radioactive sources to verify susceptibility to a climatic, electromagnetic, or mechanical condition (Clauses 7, 8, and 9), the radiation field produced by the sources to verify an SPRD's response shall be adjusted to reduce the magnitude of the statistical fluctuations.

For measurements without sources (i.e., at the level of background radiation), the SPRD is observed in order to verify that alarms and spurious indications are not produced by an influence quantity (e.g., temperature, humidity, RF, impact, vibration), as readings are expected to display large fluctuations.

4.4 Background radiation during testing

Testing shall be performed in an area having a radiation background as defined in Table 2. The background shall be measured prior to testing and monitored during testing. A background spectrum shall also be acquired using a high-resolution gamma-ray spectroscopy (e.g., high-purity germanium [HPGe]) detector to ensure that only naturally-occurring radionuclides (e.g., ^{40}K , ^{232}Th series, ^{238}U series) are present in the testing area. The neutron background should be measured unless it can be confirmed that no neutron sources are in the test area. The elevation of the test location shall be recorded.

4.5 Operating parameters and set up

SPRDs shall be set up based on the manufacturer's specifications. Operating parameters such as alarm settings should remain unchanged throughout the test.

For testing purposes, the reference point of the SPRD is the centre of the front face unless otherwise defined by the manufacturer. If the SPRD requires a background measurement, it shall be allowed to acquire the data in a manner specified by the manufacturer prior to the start of a test.

4.6 Radiation sources

For alarm tests, an ambient dose equivalent rate level of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0 %, +20 %) above background for ^{241}Am , ^{137}Cs , and ^{60}Co is used. For identification tests, an ambient dose equivalent rate level of $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0 %, +20 %) above background for DU, HEU, WGPu, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{67}Ga , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{201}Tl is used. The ambient dose equivalent rate can be calculated or measured and shall be documented.

^{252}Cf , ^{244}Cm or ^{248}Cm is the reference source for neutron alarm testing. The source shall have a neutron emission rate of $20\,000 \text{ s}^{-1}$ (-10 %, +40 %) and, unless otherwise stated, be surrounded by a high-density polyethylene (HDPE) moderator (density between $0,93 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ to $0,97 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). The HDPE moderator can be spherical or cylindrical and shall have a wall thickness of 4 cm on all sides and an inner cavity no larger than 3 cm in diameter or length. The source shall be positioned at the centre of the cavity.

The medical radionuclides ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga , ^{131}I , and ^{201}Tl) shall be surrounded by 8 cm of PMMA for test purposes as a means to represent in-vivo conditions, the ambient dose equivalent rate is measured outside the PMMA.

4.7 Special nuclear material (SNM) and depleted uranium (DU) sources

Different masses, shapes, and forms may be used for testing as long as the required ambient dose equivalent rate is obtained. For this document, highly-enriched uranium (HEU) has an enrichment that is $\geq 90 \%$ ^{235}U , depleted uranium (DU) has a ^{235}U abundance of 0,2 % to 0,4 %, and weapons-grade plutonium (WGPu) has a composition of $\leq 6,5 \%$ ^{240}Pu and $> 93 \%$ ^{239}Pu .

The 60 keV ^{241}Am emission rate shall not be more than a factor of 10 greater than the 375 keV ^{239}Pu emission rate. The shielding shall reduce the 60 keV ^{241}Am emission rate so that it is not more than a factor of 10 greater than the 375 keV ^{239}Pu emission rate.

NOTE The factor 10 is determined from source material measurements.

4.8 Speed of moving sources including scaling

For dynamic tests, the source or SPRD shall be moved in a configuration that provides no shielding around the source other than that required for the specific test. The source speed shall be $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ when tested at a distance of closest approach of 1,5 m, unless otherwise required in a test.

During the dynamic tests, there shall be a 10 s minimum delay, unless otherwise stated, between each trial with the source positioned at a distance where it does not affect the background surrounding the SPRD. Shielding can be used to reduce the background at the SPRD.

To achieve the required ambient dose equivalent rate at the test point, the distance of closest approach, d , can be adjusted within a range of 0,5 m and 3 m. If the distance of closest approach, d_0 , is modified then the passage speed, v , shall be adjusted to:

$$v = v_0 \frac{d}{d_0} \quad (1)$$

where

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

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

4.9 Functionality test and test acceptance range requirements

4.9.1 General requirements

For most tests in Clauses 7, 8, and 9, the SPRD functionality is evaluated prior to and after the test and in some cases during the test. The response of the SPRD after the test (post-test measurement) is compared with the response prior to the test (pre-test measurement).

When applicable, depending on the test method, the source shall be kept in the same location throughout the duration of the test (pre-test measurements through post-test measurements). Otherwise, if the source needs to be removed during the test, to account for any possible bias introduced by the source placement, the source shall be placed at the same location used for the pre-test measurements.

Gamma-ray measurements are performed using ^{241}Am and ^{60}Co sources (or other sources that emit low- and high-energy gamma-rays) and the neutron measurements are performed using a neutron source, e.g., ^{252}Cf , ^{244}Cm , ^{248}Cm , or $^{241}\text{AmBe}$. The ^{241}Am and ^{60}Co sources should be positioned so that the COV of each nominal mean reading is less than or equal to 12 %. The following guidance regarding sources applies:

- The same sources shall be used in the pre- and post-tests.
- The sources should activate the appropriate alarms during the pre-test measurements.
- For identification verification, the dead time should be small (e.g., less than 5 %) in order to avoid pile-up effects.

The pre-test, intermediate-test, and post-test measurements shall be carried out on the instrument under test as follows.

4.9.2 Pre-test measurements

- a) With the SPRD in position for test, expose it to a gamma-radiation field using ^{241}Am and ^{60}Co simultaneously. Source positions shall be marked or otherwise noted to ensure repeatability for the intermediate and post-test measurements.
- b) Record 10 gamma radiation readings (e.g., ambient dose-equivalent rates, exposure rates, count rates) with the source(s) present, in order to obtain the mean and standard deviation. The time between readings should be at least 1 s. The time between readings shall be long enough to ensure that the readings are independent. The selected time between readings is dependent on the integration time of the SPRD and the update time of the response indication.
- c) Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{pre}}$, and standard deviation, s_{pre} , of the count-rate or ambient dose equivalent rate readings.
- d) Calculate the COV and verify that it is $\leq 12\%$. If the value is larger than 12 %, adjust the radiation field or the number of readings.
- e) Perform a series of 10 radionuclide identifications with ^{241}Am and ^{60}Co . Record the identification results. Save at least one spectrum from the 10-trial series.
- f) Verify that the gamma alarm is activated by increasing the radiation field above the gamma alarm threshold. Remove the sources.
- g) If applicable, using a neutron source, increase the radiation field above the neutron alarm threshold to verify that the neutron alarm is activated. Remove the neutron source.

4.9.3 Intermediate-test measurements

4.9.3.1 Without sources present

If the intermediate-test is performed without sources present, the SPRD shall be observed to verify that alarms or spurious indications are not produced as a result of the influence quantity (e.g., temperature, humidity, RF, impact, vibration).

4.9.3.2 With sources present

- a) If the intermediate-test is required with sources present, position each test source in the same location as in the pre-test.
- b) Record the same number of readings as in the pre-test (e.g., ambient dose-equivalent rates, exposure rates, count rates) with the source(s) present.
- c) Perform a series of 10 radionuclide identifications with ^{241}Am and ^{60}Co . Record the identification results. Save at least one spectrum from the 10-trial series.
- d) Increase the radiation field above the gamma alarm threshold to verify that the gamma alarm is activated. Remove the gamma sources.
- e) If applicable, use a neutron source and increase the radiation field above the neutron alarm threshold to verify that the neutron alarm is activated. Remove the neutron source.
- f) Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{int}}$, standard deviation, s_{int} , and count-rate or ambient dose equivalent rate readings, t_1 , and t_2 as described in 4.9.4.

4.9.4 Post-test measurements

- a) Position each test source in the same location as for the pre-test.
- b) Record the same number of readings as in the pre-test (e.g., ambient dose-equivalent rates, exposure rates, count rates) with the source(s) present.
- c) Perform a series of 10 radionuclide identifications with ^{241}Am and ^{60}Co . Record the identification results. Save at least one spectrum from the 10-trial series.
- d) Increase the radiation field above the gamma alarm threshold to verify that the gamma alarm is activated. Remove the gamma sources.

- e) If applicable, use a neutron source and increase the radiation field above the neutron alarm threshold to verify that the neutron alarm is activated. Remove the neutron source.
- f) Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{post}}$, and standard deviation, s_{post} , of the post-test readings.
- g) Calculate the following:

$$t_1 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 0,85\bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(0,85\bar{x}_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 1,15\bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(1,15\bar{x}_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (3)$$

where

N is the number of readings taken in each pre-test and post-test measurements, normally equal to 10, unless an increase in the number of readings was required.

If $s_{\text{pre}} = s_{\text{post}} = 0$, then t_1 and t_2 are undefined; see acceptance criteria (4.9.5).

4.9.5 Acceptance criteria

The results of the measurements are analysed in accordance with Table 3.

Table 3 – Test results analysis

Verification test	Analysis technique
Functionality	When the gamma or neutron (if applicable) radiation field is increased above the alarm threshold, verify that the alarm is activated. The results are acceptable if there are no unexpected alarms or fault indications during the test without the radioactive sources present and the alarm(s) is activated when the gamma or neutron (if applicable) radiation field is increased above the alarm threshold.
Identification results	The identification results should not be affected by the influence quantities. The identification results, scored according to Table 4, in the intermediate-test and post-test shall be the same or better than those in the pre-test.
Radiation response	The results are acceptable if changes in gamma response from the pre-test to the intermediate-test and/or the post-test are such that $t_1 \geq -0,86$ and $t_2 \leq 0,86$. If $s_{\text{pre}} = s_{\text{post}} = 0$, the results are acceptable if changes in gamma response between the pre-test, intermediate test, if applicable, and post-test are such that $\bar{x}_{\text{post}} \geq 0,85\bar{x}_{\text{pre}}$ and $\bar{x}_{\text{post}} \leq 1,15\bar{x}_{\text{pre}}$.

4.10 Neutron measurement requirements

The SPRD and the neutron source shall be placed at least 1 m from the ground and at least 2 m from concrete walls or areas of low Z material (e.g., polyethylene, water). The SPRD shall be mounted centred on the front side of a standard 30 cm × 30 cm × 15 cm ICRU slab phantom made from PMMA or similar plastic (see ICRU report 39 and ICRU report 47), unless otherwise stated.

5 General requirements

5.1 Basic information

5.1.1 Documentation supplied

The manufacturer shall provide SPRD performance specifications and instructions for operation. See Clause 10 for detailed requirements.

5.1.2 Radiation detector

The manufacturer shall provide information describing the radiation detector types used and their associated dimensions and location within the SPRD (e.g., CsI(Tl), CLYC, ^3He , $^6\text{LiF/ZnS(Ag)}$). For the neutron detector, the manufacturer shall provide information if any neutron moderator is used and the moderator material, dimensions and location. For gas-filled counter tubes, the internal pressure shall be stated by the manufacturer.

5.1.3 Range of measurement – photons

The effective photon energy response range shall be stated by the manufacturer. The manufacturer shall state the measurement range for ambient dose equivalent rate.

5.1.4 Warm-up time

The manufacturer shall state the time required for the SPRD to become fully operational from the off and standby positions, which shall be less than 5 min. An indication shall be provided to the user when the SPRD is not fully operational.

5.1.5 Batteries and battery lifetime

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

The SPRD 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.

5.1.6 Explosive atmospheres

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

5.2 Mechanical characteristics

5.2.1 Size

The dimensions of the SPRD shall be stated by the manufacturer.

5.2.2 Mass

The mass of the SPRD with batteries installed shall be stated by the manufacturer and should not exceed 400 g.

5.2.3 Case construction

The SPRD shall meet the requirements of IP54 classification (see 7.4). A clip or ring, for example, shall be provided to enable a user to wear the SPRD with attention given to the necessary orientation of the detector, alarm type and display.

5.2.4 Reference point marking

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

5.2.5 Controls

Controls shall be adequately protected to prevent accidental or unauthorized operation.

5.3 Data output

The SPRD shall have the ability to transfer data to another device. As a minimum each data output file shall contain:

- date and time of the measurement;
- ambient dose equivalent rate or count rate indication;
- neutron count rate indication (if applicable);
- alarm type (gamma and/or neutron if applicable, personal protection);
- energy calibration;
- radionuclides identified; and
- 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.

5.4 User indications

a) The following shall be displayed:

- gamma count rate or ambient dose equivalent rate;
- gamma alarm;
- neutron alarm, if applicable;
- personal protection alarm;
- radionuclide identification results; and
- battery status.

b) The following should be displayed:

- neutron count rate, if applicable; and
- radiation field intensity versus time.

5.5 Markings

All external SPRD controls, displays, and adjustments shall be identified as to their function. External markings should be readable and permanently fixed under normal conditions of use. The following markings shall appear on the exterior of the SPRD:

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

5.6 Alarms

5.6.1 Alarm indication

An alarm shall be provided when the measured ambient dose equivalent rate or count rate is above the alarm threshold. This alarm threshold shall be calculated by the SPRD automatically. If the SPRD provides neutron detection, the neutron alarm shall be different from the gamma alarm.

The frequency of an audible alarm shall be within the range of 1 kHz to 4 kHz. The A-weighted alarm volume at a distance of 30 cm from the alarm source shall be at least 85 dB(A) and shall not exceed 100 dB(A). If an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s.

Three types of alarm indications are possible: audible, visual (5.4), and vibration. If an audible alarm can be disabled, the SPRD shall continue to provide a visual alarm. It shall not be possible to disable all three indications of an alarm at the same time.

5.6.2 Personal protection alarm

A personal protection alarm shall be provided to indicate when the ambient dose equivalent rate has increased above a settable rate threshold. The alarm shall be distinguishable from the other alarms. The personal protection alarm shall be both visual and audible. The alarm shall be “acknowledged” by the user. It shall not be possible to switch off all personal protection alarm indicators at the same time.

5.6.3 Audible indication rate for searching

To facilitate the location of sources, an audible signal may 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

When tested in an area with a stable background (only natural fluctuations) at the levels stated in Table 2, the false alarm rate shall be less than 1 alarm over a period of 1 h.

6.1.2 Method of test

Place the SPRD in an area that has a stable and controlled background (Table 2). Observe the SPRD over a period of 8 h and record whether any alarms or identifications occur. The results are acceptable if there are no more than 3 alarms, either gamma or neutron, and no more than 3 identifications during the 8 h period.

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

6.2 Gamma alarm

6.2.1 Requirements

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

6.2.2 Method of test

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

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

Move the ^{137}Cs source past the SPRD as described in 4.8. The speed of $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ shall be scaled using the information provided in 4.8, if the distance of closest approach is different from 1,5 m.

The gamma alarms shall activate no later than 2 s after the source passes through the point that is closest to the SPRD. The response is also acceptable if the gamma alarm is activated before reaching the required test position. The radiation field shall be reduced (see 4.8) and the test repeated 19 additional times for a total of 20 trials.

The entire process shall be repeated using ^{241}Am and ^{60}Co sources, each producing an ambient dose equivalent rate of $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0% , $+20 \%$) above background at the reference point of the SPRD at the distance of closest approach. Performance is acceptable if the SPRD alarms in 19 out of 20 trials for each source.

6.3 Personal protection alarm

6.3.1 Requirements

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

6.3.2 Method of test

For this test, set the personal protection alarm threshold to at least $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Using a ^{137}Cs source, increase the ambient dose equivalent rate at the reference position to more than 50 % above the personal protection threshold. This shall trigger a personal protection alarm in less than or equal to 2 s.

6.4 Relative intrinsic error

6.4.1 Requirements

This only applies when the SPRD has an ambient dose equivalent rate display.

Under standard test conditions, the relative intrinsic error in the response of the SPRD to the reference photon radiation from ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co shall not exceed $\pm 50 \%$ for ambient dose equivalent rates over the manufacturer's stated range, or up to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, whichever is lower.

6.4.2 Method of test

The test shall be performed using ^{241}Am , ^{137}Cs and ^{60}Co sources at approximately $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, and using ^{137}Cs at approximately $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ and at 50 % of the maximum stated range of indication or $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, whichever is lower. The relative intrinsic error of the SPRD's mean response shall not exceed $\pm 50 \%$ for each of the 3 radionuclides.

6.5 Detection of gradually increasing radiation levels

6.5.1 Requirements

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

6.5.2 Method of test

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

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

From a distance of 5 m away from the SPRD, move the ^{137}Cs source towards the SPRD as described in 4.8. The speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10\%$ shall be scaled using the information provided in 4.8, if the distance of closest approach is different from 1,5 m.

The gamma alarm shall activate no later than 2 s after the source passes through the point that is closest to the SPRD. The response is also acceptable if the gamma alarm is activated before the maximum radiation field is reached (i.e., before reaching the required test position). The field shall be reduced (see 4.8) and the test repeated 2 additional times for a total of 3 trials. Wait at least 100 s between the different trials. The test results are acceptable if the SPRD alarms in 3 out of 3 trials.

6.6 Over-range

6.6.1 Requirements

The manufacturer shall state the ambient dose equivalent rate at which the SPRD indicates the over-range condition. The SPRD shall indicate that an over-range condition exists when the ambient dose equivalent rate is greater than the manufacturer-stated maximum value. During the over-range condition, the alarm indication shall stay activated. The SPRD shall recover within 30 min after removing the over-range exposure.

6.6.2 Method of test

The phantom is not required to perform this test. Perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Apply a step change in the ambient dose equivalent rate using ^{137}Cs , from background to 2 times the value that triggers the over-range condition, as stated by the manufacturer, and expose the SPRD for 2 min.

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

After removing the source, the SPRD shall return to the state prior to the test within 30 min. Perform the post-test in 4.9.4 and verify the response using Table 3.

6.7 Detection of neutrons (if provided)

6.7.1 Requirements

The SPRD shall trigger a neutron alarm within 5 s when exposed to a moderated ^{252}Cf , ^{244}Cm or ^{248}Cm source (see 4.6 and 4.10) with a reference emission rate, N_R , of $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ ($\pm 20\%$) at the reference distance, D_R , of 25 cm from the SPRD's reference point to the centre of the moderator.

6.7.2 Method of test

The SPRD shall be switched on and allowed to stabilise as described in the manufacturer's manual without any radiation sources present in the testing area using the setup described in 4.10.

Move the moderated neutron source specified in the requirement at a speed of $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ($\pm 10 \%$) towards the SPRD and stop at the reference distance of closest approach of 25 cm measured from the instrument's reference point to the centre of the moderator.

Neutron alarms shall activate no later than 5 s after the source stops at the point that is closest to the SPRD. The response is also acceptable if the neutron alarm is activated before the maximum radiation field is reached (i.e., before reaching the required test position). The source shall be removed, and the test repeated 9 additional times for a total of 10 trials. Wait 100 s between trials. The test result is acceptable if the neutron alarm activates in at least 8 of 10 exposures.

If a source with emission rate of $2 \times 10^4 \text{ s}^{-1}$ is not available, a moderated neutron source (see 4.6 and 4.10) with an emission rate, N_T , placed at a distance, D_T , ranging between 20 cm and 50 cm may be used. In order to obtain the same neutron fluence rate at the point of measurement ($2,55 \text{ cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), the testing distance shall be calculated as:

$$D_T = D_R \sqrt{\frac{N_T}{N_R}} \quad (4)$$

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

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

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

6.8 Gamma response of neutron detector (if provided)

6.8.1 Requirements

The SPRD shall not trigger a neutron alarm when exposed to a ^{137}Cs gamma ray source producing an ambient dose equivalent rate at the reference point of the SPRD of $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 20 \%$) for a duration of 100 s. The SPRD shall be able to detect an increase in neutron radiation while being exposed to the gamma radiation.

6.8.2 Method of test

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

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

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

6.9 Identification of single radionuclides

6.9.1 Requirements

The SPRD shall be able to identify DU, HEU, WGPu, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{67}Ga , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and ^{201}Tl within the time stated by the manufacturer with a maximum of 5 min at an ambient dose equivalent rate of $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0 %, +20 %) above background at its reference point.

6.9.2 Method of test

Expose the SPRD to DU, HEU, WGPu, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{67}Ga , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and ^{201}Tl one at a time to the required ambient dose equivalent rate.

The test shall consist of 10 trials for each radionuclide. The performance is acceptable when the SPRD correctly identifies each radionuclide in accordance with Table 4 in at least 8 out of 10 consecutive trials.

If naturally occurring radioactive materials (NORM) such as ^{40}K , ^{226}Ra and/or ^{232}Th are identified during a controlled test, actions should be taken to reduce or eliminate the source of radiation prior to continuing the test. If not possible, identification of NORM is acceptable.

Table 4 – Identification acceptance criteria¹

Source	Required identification (at least one)	Additional acceptable identification
^{137}Cs	^{137}Cs	1
^{60}Co	^{60}Co	1
^{67}Ga	^{67}Ga	1, 2
^{131}I	^{131}I	1, 2
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{99}Mo , 1, 2
^{201}Tl	^{201}Tl	^{202}Tl , 1, 2
DU	DU, U, ^{238}U , Uranium	^{235}U , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, 1
HEU	HEU, U, ^{235}U , Uranium	^{238}U , $^{234\text{m}}\text{Pa}$, 1
WGPu	WGPu, Pu, ^{239}Pu , Plutonium	^{241}Pu , ^{240}Pu , ^{238}Pu , ^{241}Am , ^{237}U , ^{242}Pu , neutron, ^{233}U , 1
$^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{137}\text{Cs}$	$^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{137}\text{Cs}$	^{99}Mo , 1, 2
$^{99\text{m}}\text{Tc} + \text{HEU}$	$^{99\text{m}}\text{Tc} + \text{HEU}$, U, ^{235}U , Uranium	use identification acceptance criteria for each individual radionuclide
¹ Identification of naturally occurring radioactive materials (NORM), such as ^{40}K (Potassium), ^{226}Ra (Radium) and/or ^{232}Th (Thorium) is acceptable. ² Sources used for testing shall be checked for gamma-ray emitting impurities using a high purity germanium detector (HPGe). The spectra shall be recorded. Sources with impurities not listed in this table and not in the decay chain of the radionuclide(s) should not be used for testing. Medical sources may contain impurities. Identification of these impurities is acceptable. See IEC TR 62971:2015 for guidance and recommendations.		

6.10 Simultaneous radionuclide identification

6.10.1 Requirements

The SPRD shall be able to identify at least two radionuclides simultaneously within the time stated by the manufacturer at a maximum of 5 min. The following combinations shall be identified when each radionuclide increases the ambient dose equivalent rate at the SPRD's reference point by $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0% , $+20 \%$) above background.

$^{99\text{m}}\text{Tc} + ^{137}\text{Cs}$

$^{99\text{m}}\text{Tc} + \text{HEU}$

6.10.2 Method of test

Expose the SPRD to each source combination at the required ambient dose equivalent rate.

The test shall consist of 10 trials for each source combination. The performance is acceptable when the SPRD correctly identifies each radionuclide in accordance with Table 4 in at least 8 out of 10 consecutive trials.

If naturally occurring radioactive materials (NORM) such as ^{40}K , ^{226}Ra and/or ^{232}Th are identified during a controlled test, actions should be taken to reduce or eliminate the source of radiation prior to continuing the test. If not possible, identification of NORM is acceptable.

6.11 Low-exposure rate identification

6.11.1 Requirements

An indication shall be provided when the SPRD's ability to identify radionuclides is compromised by low count rates (e.g., "count longer", "get closer", "field too low", bar-graph).

6.11.2 Method of test

Verify by reviewing the SPRD manual or display that the SPRD indicates that the count rate is too low to perform an identification. The indication may consist of a statement such as "field too low", "count longer" or "get closer".

6.12 Over range characteristics for identification

6.12.1 Requirements

The manufacturer shall state the maximum gamma-ray ambient dose equivalent rate relative to ^{137}Cs for which the SPRD can perform a radionuclide identification. An indication shall also be provided stating if the SPRD's ability to identify radionuclides is compromised by high count rates (e.g., "move away", "field too high", bar-graph).

6.12.2 Method of test

Increase the ambient dose equivalent rate using ^{137}Cs over the maximum exposure rate for radionuclide identification as stated by the manufacturer at the reference point of the SPRD and verify the SPRD displays a message indicating the field is too high to perform an identification.

Move the source to a position that provides an ambient dose equivalent rate that is 70 % of the maximum and perform 3 identifications. The results are acceptable when the identification is correct in accordance with Table 4 in all 3 trials.

7 Environmental requirements

7.1 Ambient temperature

7.1.1 Requirements

The SPRD shall function properly when tested over the temperature range specified for body worn devices in IEC 62706 (–10 °C to +40 °C). The SPRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

7.1.2 Method of test

Follow the applicable ambient temperature method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2 at 22 ± 2 °C (nominal temperature). During the test, perform the intermediate measurements with sources as described in 4.9.3 at 10 °C intervals after a 1 h soak at each temperature, and at the beginning, middle, and end of the 2 h temperature extreme soak intervals.

Following return to the nominal temperature, perform the post-test measurements as described in 4.9.4 and analyse the results in accordance with Table 3.

7.2 Temperature shock

7.2.1 Requirements

The SPRD shall function properly within the manufacturer-stated period of time following exposure to a rapid change in temperature from nominal (22 ± 2 °C) to the 40 °C (high) or –10 °C (low) and back to the nominal temperature (IEC 62706 body worn instruments). The time required for an SPRD to become functional after each temperature change shall be stated by the manufacturer which should be within 1 h. The SPRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

7.2.2 Method of test

Follow the temperature shock method as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2 at 22 ± 2 °C (nominal temperature). The SPRD shall then be exposed to the following temperature changes with the change taking place over a time interval of not more than 5 min:

- 22 °C to 40 °C, 40 °C to 22 °C, 22 °C to –10 °C, –10 °C to 22 °C

The soak time at each temperature test point shall be 1 h and the data collection interval shall be every 15 min following the change in temperature. Data collection during the test shall be done as described in 4.9.3 with sources.

Following the final 1 h time interval at 22 °C, the post-test results shall be obtained as described in 4.9.4 and analysed in accordance with Table 3.

7.3 Relative humidity

7.3.1 Requirements

The SPRD shall function properly at relative humidity levels of up to 93 % at a temperature of 35 °C. The SPRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

7.3.2 Method of test

Follow the relative humidity method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, measurements are obtained at the following times and in the following conditions:

- Pre-test: perform 4.9.2 following a 2 h soak at $22\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ and $65 \pm 5\%$ RH
- Intermediate measurements: perform 4.9.3.2 at the beginning, middle, and end of the 16 h soak at $35 \pm 2\text{ °C}$ and $93 \pm 5\%$ RH
- Intermediate measurements: perform 4.9.3.2 following a 2 h soak at 35 °C and $40 \pm 3\%$ RH
- Post-test: perform 4.9.4 following a 2 h soak at the pre-test conditions.

Analyse the results in accordance with Table 3 and there shall be no visible effects from the humidity (e.g., display clouding, limited functionality).

7.4 Dust and moisture protection

7.4.1 Requirements

The SPRD shall meet the IP 54 classification requirements stated in IEC 62706.

7.4.2 Method of test – Dust

Follow the IP 54 classification method of test for dust as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Following exposure to the dust environment, perform the post-test measurements as described in 4.9.4 and analyse the results in accordance with Table 2. Inspect the SPRD to determine the extent of dust ingress.

7.4.3 Method of test – Moisture

Follow the IP 54 classification method of test for moisture as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Observe the response of the SPRD while being exposed to the water spray without sources present and perform actions as described in 4.9.3.1. Following exposure to the moisture environment, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 3. Inspect the SPRD to determine the extent of moisture ingress.

NOTE If saltwater spray testing is desired, IEC 60068-2-11, using a conditioning duration of 16 h is recommended.

8 Mechanical requirements

8.1 Vibration

8.1.1 Requirements

SPRDs shall withstand exposure to vibrations associated with the operation of body worn equipment as defined in IEC 62706 (random vibration at $0,01\text{ g}^2\cdot\text{Hz}^{-1}$ (acceleration spectral density) using 5 Hz and 500 Hz for the frequency endpoints for a period of 1 h in each of three orthogonal orientations).

8.1.2 Method of test

Follow the body worn equipment vibration method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Observe the response from the SPRD while being exposed to the vibration without the sources present and perform actions as described in 4.9.3.1. Following vibration, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 3. In addition, inspect the SPRD to ensure that the physical condition was not affected by the vibration (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

8.2 Microphonics/Impact

8.2.1 Requirements

SPRDs shall be unaffected by microphonic conditions associated with the operation of “handheld and body-worn” equipment as defined in IEC 62706 (0,2 J).

8.2.2 Method of test

Follow the microphonics/impact method of test for “handheld and body-worn” equipment as defined in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Observe the response of the SPRD while being exposed to the impacts without the sources present and perform actions as described in 4.9.3.1. Following the test, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

8.3 Drop

8.3.1 Requirements

SPRDs shall withstand exposure to drops associated with the operation of “body-worn” equipment as defined in IEC 62706 (1 m onto concrete).

8.3.2 Method of test

Follow the body-worn equipment drop method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Following the drops, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 2. In addition, inspect the SPRD to ensure that the physical condition was not affected by the drops (e.g., loose display or broken covers).

9 Electromagnetic requirements

9.1 Electrostatic discharge (ESD)

9.1.1 Requirements

SPRDs shall not be affected by exposure to electrostatic discharges in accordance with the electrostatic requirements defined in IEC 62706 (6 kV contact discharge).

9.1.2 Method of test

Follow the ESD method of test as defined in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Observe the response of the SPRD while being exposed to the discharges without the sources present and perform the actions described in 4.9.3.1. Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 3.

9.2 Radio frequency (RF)

9.2.1 Requirements

SPRDs should not be affected by RF fields in accordance with the radio frequency immunity requirements for body-worn instruments as defined in IEC 62706 (80 MHz to 1 000 MHz at $50 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ and 1,4 GHz to 2,5 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$).

NOTE Wireless interface technologies may not work in the presence of RF.

9.2.2 Method of test

Follow the RF method of test as defined for body-worn instruments in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Without moving the radiation test sources, observe the response of the SPRD while being exposed to the radio frequency conditions and perform actions as described in 4.9.3. Remove the radiation test sources, repeat the radio frequency exposure while performing actions as described in 4.9.3.2.

Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 3.

9.3 Radiated RF emissions

9.3.1 Requirements

The electromagnetic (EM) fields emitted by the SPRD at 3 m shall be in accordance with the emission requirements stated in IEC 62706.

9.3.2 Method of test

Follow the RF emissions method of test as defined in IEC 62706.

9.4 Magnetic fields

9.4.1 Requirements

SPRDs shall be fully functional when exposed to $100 \text{ A}\cdot\text{m}^{-1}$ 50 Hz or 60 Hz magnetic field, see IEC 62706.

9.4.2 Method of test

Follow the magnetic field method of test as defined in IEC 62706.

To verify the performance of the SPRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.9.2. Observe the response of the SPRD while being exposed to the magnetic field. Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.9.4, and analyse the results in accordance with Table 3.

10 Documentation

10.1 Operation and maintenance manual

The manufacturer shall provide the following information:

- a) Contact information for the manufacturer including name, address, telephone number, e-mail address, and website.
- b) SPRD model, serial number, and software and firmware version numbers.
- c) Type of radiation detector(s) used (e.g., NaI). If gas-filled detectors are used (e.g., ^3He), the manufacturer shall state the dimensions, active volume, and gas pressure.
- d) Description of the SPRD.
- e) Operating instructions.
- f) Size and weight.
- g) Recommended system parameters such as: false alarm probability, alarm thresholds, static measurement time, personal protection alarm, and operating parameters.
- h) IP specification classification.
- i) Battery specifications including type and lifetime.
- j) Inclusion of any hazardous material that may be subject to regulation (such as radionuclide check source, pressurized gases, corrosive materials, and batteries).
- k) List of radionuclides that may be identified by the SPRD.
- l) Maximum ambient dose equivalent rate for identification based on ^{137}Cs .
- m) Over-range ambient dose equivalent rate values for dose rate measurement and identification.
- n) Operating temperature range.
- o) Method and type of information transmitted from the SPRD.
- p) For neutron detector the manufacturer shall state if moderator is used and the moderator material, location and its dimensions.

10.2 Test certificate

A certificate shall accompany each SPRD providing the following information:

- a) Manufacturer's name.
- b) Contact information for the manufacturer including address, telephone number, e-mail address, website.
- c) SPRD model, serial number, and software and firmware version numbers.
- d) List of radionuclides to which the SPRD was tested and date of test.
- e) Ambient dose equivalent rate range to which the SPRD was tested.

10.3 Declaration of conformity

A declaration of conformity to each applicable clause of this document (and all other standards to which the SPRD may comply) should be provided. The declaration shall include the name and address of the manufacturer and its representative, the equipment type, serial number, and category.

Bibliography

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

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

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

IEC 62244, *Radiation protection instrumentation – Installed radiation portal monitors (RPMs) for the detection of illicit trafficking of radioactive and nuclear materials*

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

IEC 62401, *Radiation protection instrumentation – Alarming personal radiation devices (PRDs) for the detection of illicit trafficking of radioactive material*

IEC 62484, *Radiation protection instrumentation – Spectrometric radiation portal monitors (SRPMs) used for the detection and identification of illicit trafficking of radioactive material*

IEC 62533, *Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for photon detection of radioactive material*

IEC 62534, *Radiation protection instrumentation – Highly sensitive hand-held instruments for neutron detection of radioactive material*

IEC 62694, *Radiation protection instrumentation – Backpack-type radiation detector (BRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material*

IEC 63121, *Radiation protection instrumentation – Vehicle-mounted mobile systems for the detection of illicit trafficking of radioactive materials*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	32
INTRODUCTION.....	34
1 Domaine d'application	35
2 Références normatives	35
3 Termes et définitions, abréviations, symboles, grandeurs et unités	36
3.1 Termes et définitions	36
3.2 Abréviations et symboles	39
3.3 Grandeurs et unités	39
4 Procédure d'essai générale	39
4.1 Conditions d'essai normalisées	39
4.2 Incertitudes	40
4.3 Fluctuations statistiques	40
4.4 Rayonnements de bruit de fond au cours des essais	40
4.5 Paramètres de fonctionnement et configuration	40
4.6 Sources de rayonnement	41
4.7 Matières nucléaires spéciales (SNM) et sources d'uranium appauvri (DU)	41
4.8 Vitesse de déplacement des sources avec mise à l'échelle	41
4.9 Exigences relatives à l'essai de fonctionnalité et à la plage d'acceptation de l'essai	42
4.10 Exigences de mesure des rayonnements neutroniques	44
5 Exigences générales	44
5.1 Informations essentielles	44
5.2 Caractéristiques mécaniques	45
5.3 Sortie de données	46
5.4 Indications utilisateur	46
5.5 Marquages	46
5.6 Alarmes	47
6 Exigences de détection des rayonnements	47
6.1 Taux de fausses alarmes	47
6.2 Alarme de rayonnement gamma	47
6.3 Alarme de protection individuelle	48
6.4 Erreur intrinsèque relative	48
6.5 Détection d'une augmentation progressive des niveaux de rayonnement	49
6.6 Dépassement	49
6.7 Détection des neutrons (si fournie)	50
6.8 Réponse gamma du détecteur de neutrons (si fournie)	50
6.9 Identification de radionucléides isolés	51
6.10 Identification simultanée des radionucléides	52
6.11 Identification de faibles taux d'exposition	53
6.12 Caractéristiques de dépassement de l'étendue de mesure pour l'identification	53
7 Exigences d'environnement	53
7.1 Température ambiante	53
7.2 Choc de température	54
7.3 Humidité relative	54
7.4 Protection contre la poussière et l'humidité	55
8 Exigences mécaniques	55

8.1	Vibrations	55
8.2	Effets microphoniques/impacts.....	56
8.3	Chutes	56
9	Exigences électromagnétiques	56
9.1	Décharges électrostatiques (DES)	56
9.2	Radiofréquences (RF).....	57
9.3	Emissions RF rayonnées	57
9.4	Champs magnétiques	57
10	Documentation	57
10.1	Manuel d'utilisation et de maintenance.....	57
10.2	Certificat d'essai	58
10.3	Déclaration de conformité	58
	Bibliographie.....	59
	Tableau 1 – Vue d'ensemble des normes IEC d'instrumentation pour la radioprotection.....	34
	Tableau 2 – Conditions d'essai normalisées.....	40
	Tableau 3 – Analyse des résultats d'essai.....	44
	Tableau 4 – Critères d'acceptation d'identification ¹	52

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62618:2022

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 62618 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2013. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) la norme a été alignée sur les nouvelles normes relatives à la détection du trafic illicite de matières radioactives (voir l'Introduction);

- b) un essai de fonctionnalité brut a été créé pour l'ensemble des essais environnementaux, électromagnétiques et mécaniques, et une exigence a été ajoutée pour le coefficient de variation de chaque relevé de moyenne nominal;
- c) l'IEC 62706 est citée en référence pour les conditions d'essais environnementaux, électromagnétiques et mécaniques;
- d) des informations ont été ajoutées concernant l'exposition aux conditions climatiques.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
45B/1011/FDIS	45B/1017/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/standardsdev/publications.

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

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

INTRODUCTION

Il est primordial de détecter le déplacement illicite et involontaire de matières radioactives sous la forme de sources de rayonnement et de déchets métallurgiques contaminés. Les sources radioactives non soumises à un contrôle réglementaire, appelées "sources orphelines", ont souvent été à l'origine de graves expositions aux rayonnements et d'une contamination massive. Même si le trafic illicite de matières nucléaires et radioactives n'est pas un phénomène nouveau, les inquiétudes concernant le "marché noir" du nucléaire ont augmenté, compte tenu en particulier du contexte terroriste actuel.

En réponse à la politique technique engagée par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), le Conseil de coopération douanière (CCD) et l'Organisation internationale de police criminelle (Interpol) concernant la détection et l'identification des matières nucléaires spéciales et des tendances en matière de sécurité, les sociétés d'instrumentation nucléaire ont élaboré et fabriqué une instrumentation pour la radioprotection afin d'améliorer la détection des mouvements illicites de matières radioactives et de matières nucléaires spéciales. Ce type d'instrumentation est largement utilisé pour les besoins de la sécurité dans les installations nucléaires, les postes-frontières, les ports et aéroports internationaux.

Pour assurer la cohérence des mesures relevées à différents emplacements, il est impératif de concevoir l'instrumentation pour la radioprotection conformément aux spécifications en s'appuyant sur des exigences de performances fixées par accord. L'IEC a élaboré des normes afin d'établir les exigences de performances pour les détecteurs individuels de rayonnement, les portiques de détection des rayonnements, les systèmes de haute sensibilité pour la détection des rayonnements gamma et neutroniques, les détecteurs individuels spectrométriques de rayonnement, ainsi que les systèmes de détection et d'identification de rayonnement de type sac à dos. Le Tableau 1 donne une liste de ces normes.

Tableau 1 – Vue d'ensemble des normes IEC d'instrumentation pour la radioprotection

Type d'instrumentation	Référence IEC	Titre de la norme
Porté sur le corps	62401	Instrumentation pour la radioprotection – Dispositifs individuels d'alarme aux rayonnements pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
	62618	Instrumentation pour la radioprotection – Détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements (SPRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
	62694	Instrumentation pour la radioprotection – Détecteur de rayonnement de type sac à dos (BRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives
Portable ou portatif	62327	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables pour la détection et l'identification des radionucléides et pour l'estimation du débit d'équivalent de dose ambiant pour le rayonnement de photons
	62533	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute sensibilité pour la détermination photonique de matières radioactives
	62534	Instrumentation pour la radioprotection – Instruments portables de haute sensibilité pour la détection neutronique de matières radioactives
Portique	62244	Instrumentation pour la radioprotection – Portiques de détection des rayonnements (RPM) installés pour la détection du trafic illicite de matières radioactives et nucléaires
	62484	Instrumentation pour la radioprotection – Portiques spectrométriques de détection des rayonnements (SRPM) utilisés pour la détection et l'identification du trafic illicite des matières radioactives
Format de données	62755	Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials
Système mobile	63121	Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes mobiles montés sur véhicules pour la détection du trafic illicite des matières radioactives

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

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux détecteurs individuels spectroscopiques d'alarme aux rayonnements (SPRD, *Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detector*). Les SPRD détectent et identifient les rayonnements gamma et peuvent détecter les rayonnements neutroniques. Les SPRD peuvent être portés sur une ceinture ou dans une poche afin d'avertir le porteur de la présence d'une source de rayonnement. Les SPRD assurent une fonctionnalité de recherche, similaire à celle d'un dispositif individuel d'alarme aux rayonnements (PRD, *Personal Radiation Device*), ainsi qu'une fonctionnalité d'identification qui permet d'identifier les sources de rayonnement. Ils peuvent distinguer les alarmes dues aux matières radioactives naturelles (NORM, *Naturally Occurring Radioactive Materials*) ou aux radionucléides médicaux des alarmes dues aux sources industrielles ou aux matières nucléaires spéciales (SNM, *Special Nuclear Material*).

Le présent document établit les exigences de performances et spécifie les caractéristiques générales, les conditions générales d'essai, ainsi que les caractéristiques radiologiques, climatiques, mécaniques et électromagnétiques. Le présent document fournit également les méthodes d'essai utilisées pour déterminer si un SPRD satisfait aux exigences établies.

Le présent document ne s'applique pas aux performances de l'instrumentation pour la radioprotection traitées dans l'IEC 61526 et l'IEC 60846-1. Les SPRD ne sont pas conçus pour mesurer avec exactitude l'équivalent de dose individuel ($H_p(10)$) ou ambiant ($H^*(10)$) (débit).

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-395:2014, *Vocabulaire Electrotechnique International – Partie 395: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques, notions fondamentales, instruments, systèmes, équipements et détecteurs*
IEC 60050-395:2014/AMD1:2016
IEC 60050-395:2014/AMD2:2020

IEC 60079-11, *Atmosphères explosives – Partie 11: Protection de l'équipement par sécurité intrinsèque "i"*

IEC 62706, *Instrumentation pour la radioprotection – Exigences recommandées en matière de performances climatiques, électromagnétiques et mécaniques et méthodes d'essai*

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

IEC TR 62971:2015, *Radiation instrumentation – Radiation sources used in illicit trafficking detection standards – Guidance and recommendations* (disponible en anglais seulement)

UL 913, *Standard for Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, III, Division 1, Hazardous (Classified) Locations* (disponible en anglais seulement)

Rapport 39 de l'ICRU, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources* (disponible en anglais seulement)

Rapport 47 de l'ICRU, *Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions, abréviations, symboles, grandeurs et unités

3.1 Termes et définitions

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

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

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

3.1.1

identification acceptable

identification 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: Le concept d'"exactitude" est qualitatif.

Note 2 à l'article: Le terme "précision" ne doit pas être utilisé pour "exactitude".

[SOURCE: IEC 60050-395:2014/AMD2:2020, 395-16-14]

3.1.3

alarme

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

3.1.4

critères d'alarme

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

3.1.5

niveau des rayonnements de bruit de fond

champ de rayonnement qui ne comporte aucune source radioactive externe autre que les sources présentes dans le bruit de fond naturel du lieu de mesurage

3.1.6

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

3.1.7**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:

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

3.1.8**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 quelquefois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, valeur conventionnelle 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 ne soit pas significative 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.

3.1.9**fausse alarme**

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

3.1.10**essai de fonctionnalité**

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

3.1.11**grandeur d'influence**

grandeur qui n'est pas le mesurande, mais qui influence le résultat mesuré

Note 1 à l'article: Par exemple, la température d'un micromètre utilisé pour mesurer une longueur.

3.1.12**précision**

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

3.1.13**matière radioactive**

matière dont un ou plusieurs constituants présentent de la radioactivité

Note 1 à l'article: Pour les besoins du présent document, les matières radioactives incluent les matières nucléaires spéciales.

3.1.14**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.

3.1.15**source de référence**

source radioactive étalon secondaire utilisée pour étalonner un appareil de mesure

Note 1 à l'article: Dans le présent document, les sources de référence pour l'étalonnage sont utilisées pour les essais.

3.1.16**erreur intrinsèque relative**

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

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

3.1.17**alarme de sécurité**

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

3.1.18**alarme d'indication de source**

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

3.1.19**conditions d'essai normalisées**

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

3.1.20**essai de détermination des caractéristiques**

essai environnemental, mécanique ou électrique issu de l'IEC 62706

[SOURCE: IEC 60050-395:2014/AMD2:2020, 395-14-9]

3.2 Abréviations et symboles

CISPR	Comité International Spécial des Perturbations Radioélectriques
CLYC	Cs ₂ LiYCl ₆ :Ce
COV	coefficient de variation
CZT (Cadmium Zinc Telluride)	tellurure de cadmium-zinc
DU (Depleted Uranium)	uranium appauvri
DES	décharges électrostatiques
PEHD	polyéthylène haute densité
HEU (Highly-Enriched Uranium)	uranium hautement enrichi
ICRU (International Commission on Radiation Units and measurements)	commission internationale des unités et mesures radiologiques
NORM (Naturally Occurring Radioactive Material)	matière radioactive naturelle
PMMA (PolyMethyl MethAcrylate)	méthacrylate de polyméthyle
RF	radiofréquence
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 grade militaire

3.3 Grandeurs et unités

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

Les unités suivantes peuvent également être utilisées:

- pour l'énergie: électronvolt (symbole: eV), $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- pour le temps: années (symbole: y), jours (symbole: d), heures (symbole: h), minutes (symbole: min);
- pour la température: degrés Celsius (symbole: °C), $0 \text{ °C} = 273,15 \text{ K}$.

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

4 Procédure d'essai générale

4.1 Conditions d'essai normalisées

Sauf spécification contraire, il convient de réaliser les essais décrits dans le présent document en respectant les conditions d'essai normalisées indiquées dans le Tableau 2. La température ambiante, l'humidité relative et la pression atmosphérique doivent être enregistrées pendant les essais.

¹ Bureau international des poids et mesures: Système International d'Unités, 8^e édition, 2006.

Tableau 2 – Conditions d'essai normalisées

Grandeur d'influence	Conditions d'essai normalisées
Température ambiante	18 °C à 25 °C
Humidité relative	≤ 75 %
Pression atmosphérique	70 kPa à 103,3 kPa
Bruit de fond dû aux rayonnements gamma	Débit d'équivalent de dose ambiant inférieur ou égal à $0,15 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ Conditions naturelles en l'absence d'émetteurs anthropiques
Bruit de fond neutronique	Conditions naturelles en l'absence d'émetteurs anthropiques

NOTE Les SPRD sont généralement utilisés dans des zones non radiologiques, par exemple les ports et les postes-frontières. Ces zones ne comportent par hypothèse aucune matière radiologique anthropique, comme des sources de rayonnement. Des zones non radiologiques sont présumées être utilisées lors des essais de SPRD.

4.2 Incertitudes

Sauf indication contraire pour une grandeur spécifique, il convient que les incertitudes associées aux grandeurs mesurables ne dépassent pas 15 % avec un facteur d'élargissement $k = 1$, sauf dans le cas des mesurages des rayonnements de bruit de fond pour lesquels cette valeur peut être dépassée.

4.3 Fluctuations statistiques

Lorsque les essais impliquent l'utilisation de sources radioactives pour vérifier la sensibilité aux conditions climatiques, électromagnétiques ou mécaniques (Articles 7, 8 et 9), le champ de rayonnement produit par les sources pour vérifier la réponse du SPRD doit être réglé afin de réduire l'amplitude des fluctuations statistiques.

Pour les mesurages effectués en l'absence de sources (c'est-à-dire au niveau des rayonnements de bruit de fond), le SPRD est observé afin de vérifier que des alarmes et des indications parasites ne sont pas déclenchées par une grandeur d'influence (température, humidité, RF, impact, vibrations, par exemple), comme les relevés sont présumés afficher des fluctuations importantes.

4.4 Rayonnements de bruit de fond au cours des essais

Les essais doivent être réalisés dans une zone dont le bruit de fond dû aux rayonnements gamma est conforme au Tableau 2. Le bruit de fond doit être mesuré avant les essais et surveillé au cours des essais. Un spectre du bruit de fond doit également être obtenu à l'aide d'un détecteur spectroscopique de rayonnement gamma à haute résolution (par exemple, germanium de haute pureté [HPGe, *High-Purity Germanium*]) afin de s'assurer que seuls des radionucléides naturels (par exemple, ^{40}K , série ^{232}Th , série ^{238}U) sont présents dans la zone d'essai. Il convient de mesurer le bruit de fond neutronique, à moins de pouvoir confirmer qu'aucune source de rayonnement neutronique ne se trouve dans la zone d'essai. L'altitude du site d'essai doit être enregistrée.

4.5 Paramètres de fonctionnement et configuration

Les SPRD doivent être configurés selon les spécifications du fabricant. Il convient de ne pas modifier les paramètres de fonctionnement, comme les réglages d'alarmes, pendant toute la durée de l'essai.

Pour les besoins des essais, le point de référence du SPRD est le centre de la face avant sauf spécification contraire du fabricant. Si le SPRD exige un mesurage du bruit de fond, il doit être possible d'obtenir les données de la manière spécifiée par le fabricant avant le début d'un essai.

4.6 Sources de rayonnement

Pour les essais d'alarmes, un niveau de débit d'équivalent de dose ambiant de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (–0 %, +20 %) au-dessus du bruit de fond pour le ^{241}Am , le ^{137}Cs et le ^{60}Co est utilisé. Pour les essais d'identification, un niveau de débit d'équivalent de dose ambiant de $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (–0 %, +20 %) au-dessus du bruit de fond pour le DU, le HEU, le WGPu, le ^{137}Cs , le ^{60}Co , le ^{67}Ga , le ^{131}I , le $^{99\text{m}}\text{Tc}$ et le ^{201}Tl est utilisé. Le débit d'équivalent de dose ambiant peut être calculé ou mesuré et doit être documenté.

^{252}Cf , ^{244}Cm ou ^{248}Cm est la source de référence pour les essais de l'alarme de rayonnement neutronique. La source doit présenter un taux d'émission de neutrons de $20\,000 \text{ s}^{-1}$ (–10 %, +40 %) et, sauf indication contraire, doit être enveloppée dans un modérateur en PEHD (masse volumique comprise entre $0,93 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ et $0,97 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Le modérateur en PEHD peut être de forme sphérique ou cylindrique; il doit présenter une épaisseur de paroi de 4 cm sur tous les côtés et une cavité interne de longueur ou diamètre inférieur ou égal 3 cm. La source doit être placée au centre de la cavité.

Les radionucléides médicaux ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga , ^{131}I et ^{201}Tl) doivent être enveloppés de 8 cm de PMMA pour les besoins des essais afin de représenter des conditions in vivo. Le débit d'équivalent de dose ambiant est mesuré à l'extérieur de l'enveloppe en PMMA.

4.7 Matières nucléaires spéciales (SNM) et sources d'uranium appauvri (DU)

Différents types, masses et formes peuvent être utilisés lors des essais, sous réserve d'atteindre le débit d'équivalent de dose ambiant exigé. Pour le présent document, l'uranium hautement enrichi (HEU) présente un enrichissement qui est $\geq 90 \%$ ^{235}U , l'uranium appauvri (DU) présente une abondance ^{235}U de 0,2 % à 0,4 % et le plutonium de grade militaire (WGPu) présente une composition $\leq 6,5 \%$ ^{240}Pu et $> 93 \%$ ^{239}Pu .

Le taux d'émission de 60 keV de ^{241}Am ne doit pas dépasser le taux d'émission de 375 keV de ^{239}Pu d'un facteur de 10. Le blindage doit réduire le taux d'émission de 60 keV de ^{241}Am afin qu'il ne dépasse pas le taux d'émission de 375 keV de ^{239}Pu d'un facteur de 10.

NOTE Le facteur de 10 est déterminé à partir des mesures du matériau de la source.

4.8 Vitesse de déplacement des sources avec mise à l'échelle

Pour les essais dynamiques, la source ou le SPRD doit être déplacé selon une configuration qui ne comporte aucun blindage autour de la source autre que celui exigé pour l'essai spécifique. Sauf exigence contraire spécifiée pour un essai, la vitesse de déplacement de la source doit être de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ lorsque celle-ci est soumise à l'essai à la distance d'approche la plus courte de 1,5 m.

Lors des essais dynamiques, sauf indication contraire, un délai minimal de 10 s doit être respecté entre chaque tentative, la source étant positionnée à une distance telle qu'elle n'influence pas le bruit de fond autour du SPRD. Un blindage peut être utilisé pour réduire le bruit de fond au niveau du SPRD.

Pour atteindre le débit d'équivalent de dose ambiant exigé au point d'essai, la distance d'approche la plus courte d peut être réglée dans une plage comprise entre 0,5 m et 3 m. Si la distance d'approche la plus courte d_0 est modifiée, la vitesse de passage v doit être réglée comme suit:

$$v = v_0 \frac{d}{d_0} \quad (1)$$

où

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

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

4.9 Exigences relatives à l'essai de fonctionnalité et à la plage d'acceptation de l'essai

4.9.1 Exigences générales

Pour la plupart des essais des Articles 7, 8 et 9, la fonctionnalité du SPRD est évaluée avant et après l'essai, et dans certains cas au cours de l'essai. La réponse du SPRD après l'essai (mesurages finaux) est comparée à la réponse avant l'essai (mesurages initiaux).

Lorsque cela est applicable, selon la méthode d'essai utilisée, la source doit être maintenue au même emplacement pendant toute la durée de l'essai (des mesurages initiaux aux mesurages finaux). Dans le cas contraire, s'il est nécessaire d'enlever la source au cours de l'essai, en vue de tenir compte de tout biais éventuellement introduit par le positionnement de la source, celle-ci doit être placée au même emplacement que celui utilisé pour les mesurages initiaux.

Les rayonnements gamma sont mesurés à l'aide de sources ^{241}Am et ^{60}Co (ou d'autres sources qui émettent des rayons gamma à faible et haute énergie) et les rayonnements neutroniques sont mesurés à l'aide d'une source de rayonnement neutronique, par exemple ^{252}Cf , ^{244}Cm , ^{248}Cm ou $^{241}\text{AmBe}$. Il convient de placer les sources ^{241}Am et ^{60}Co de telle sorte que le COV de chaque relevé moyen nominal soit inférieur ou égal à 12 %. Les recommandations suivantes s'appliquent aux sources:

- les mêmes sources doivent être utilisées pour les essais initiaux et finaux;
- il convient que les sources déclenchent les alarmes adéquates lors des mesurages initiaux;
- pour la vérification de l'identification, il convient que le temps mort soit de courte durée (inférieur à 5 %, par exemple) afin d'éviter les effets d'empilement.

Les mesurages initiaux, intermédiaires et finaux doivent être effectués sur l'instrument en essai, selon la procédure décrite ci-dessous.

4.9.2 Mesurages initiaux

- a) Le SPRD étant en position d'essai, l'exposer à un champ de rayonnement gamma en utilisant ^{241}Am et ^{60}Co simultanément. Les positions des sources doivent être marquées ou notées afin d'assurer la répétabilité des mesurages intermédiaires et finaux.
- b) Enregistrer 10 relevés de rayonnement gamma (par exemple, les débits d'équivalent de dose ambiant, les taux d'exposition, les taux de comptage) en présence d'une ou de plusieurs sources, afin d'obtenir la moyenne et l'écart-type. Il convient d'enregistrer les relevés à un intervalle de temps supérieur ou égal à 1 s. Ce délai doit être suffisamment long pour bien distinguer les relevés. L'intervalle des relevés retenu dépend du temps d'intégration du SPRD et du temps de mise à jour de l'indication de la réponse.
- c) Calculer la moyenne $\bar{x}_{\text{pre}}$ et l'écart-type s_{pre} des relevés du taux de comptage ou du débit d'équivalent de dose ambiant.
- d) Calculer le COV et vérifier qu'il est $\leq 12\%$. Si la valeur est supérieure à 12 %, régler le champ de rayonnement ou le nombre de relevés.
- e) Procéder à une série de 10 identifications de radionucléides avec ^{241}Am et ^{60}Co . Enregistrer les résultats d'identification. Collecter au moins un spectre à partir des 10 essais.
- f) Vérifier que l'alarme de rayonnement gamma se déclenche en augmentant le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement gamma. Retirer les sources.
- g) Le cas échéant, à l'aide d'une source de rayonnement neutronique, augmenter le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement neutronique afin de vérifier que l'alarme de rayonnement neutronique se déclenche. Retirer la source de rayonnement neutronique.

4.9.3 Mesurages intermédiaires

4.9.3.1 En l'absence de sources

Si l'essai intermédiaire est réalisé en l'absence de sources, le SPRD doit être observé afin de vérifier que des alarmes ou des indications parasites ne sont pas déclenchées sous l'effet d'une grandeur d'influence (température, humidité, RF, impact, vibrations, par exemple).

4.9.3.2 En présence de sources

- Si l'essai intermédiaire en présence de sources est exigé, placer chaque source d'essai au même emplacement que celui utilisé lors de l'essai initial.
- Enregistrer le même nombre de relevés que lors de l'essai initial (débits d'équivalent de dose ambiant, taux d'exposition, taux de comptage, par exemple) en présence d'une ou de plusieurs sources.
- Procéder à une série de 10 identifications de radionucléides avec ^{241}Am et ^{60}Co . Enregistrer les résultats d'identification. Collecter au moins un spectre à partir des 10 essais.
- Augmenter le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement gamma afin de vérifier que l'alarme de rayonnement gamma se déclenche. Retirer les sources de rayonnement gamma.
- Le cas échéant, utiliser une source de rayonnement neutronique et augmenter le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement neutronique afin de vérifier que l'alarme de rayonnement neutronique se déclenche. Retirer la source de rayonnement neutronique.
- Calculer la moyenne $\bar{x}_{\text{int}}$ et l'écart-type s_{int} des relevés du taux de comptage ou du débit d'équivalent de dose ambiant t_1 et t_2 , comme cela est décrit au 4.9.4.

4.9.4 Mesurages finaux

- Placer chaque source d'essai au même emplacement que celui utilisé lors de l'essai initial.
- Enregistrer le même nombre de relevés que lors de l'essai initial (débits d'équivalent de dose ambiant, taux d'exposition, taux de comptage, par exemple) en présence d'une ou de plusieurs sources.
- Procéder à une série de 10 identifications de radionucléides avec ^{241}Am et ^{60}Co . Enregistrer les résultats d'identification. Collecter au moins un spectre à partir des 10 essais.
- Augmenter le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement gamma afin de vérifier que l'alarme de rayonnement gamma se déclenche. Retirer les sources de rayonnement gamma.
- Le cas échéant, utiliser une source de rayonnement neutronique et augmenter le champ de rayonnement au-dessus du seuil d'alarme de rayonnement neutronique afin de vérifier que l'alarme de rayonnement neutronique se déclenche. Retirer la source de rayonnement neutronique.
- Calculer la moyenne $\bar{x}_{\text{post}}$ et l'écart-type s_{post} des relevés finaux.
- Calculer les valeurs suivantes:

$$t_1 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 0,85 \bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(0,85 \bar{x}_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (2)$$

$$t_2 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 1,15 \bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(1,15 \bar{x}_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (3)$$

où

N est le nombre de relevés effectués pour chaque mesurage initial et chaque mesurage final, normalement égal à 10, à moins qu'une augmentation du nombre de relevés ait été exigée.

Si $s_{\text{pre}} = s_{\text{post}} = 0$, alors t_1 et t_2 ne sont pas définis; voir les critères d'acceptation (4.9.5).

4.9.5 Critères d'acceptation

Les résultats mesurés sont analysés conformément au Tableau 3.

Tableau 3 – Analyse des résultats d'essai

Essai de vérification	Technique d'analyse
Fonctionnalité	Lorsque le champ de rayonnement gamma ou neutronique (le cas échéant) est augmenté au-dessus du seuil d'alarme, vérifier que l'alarme se déclenche. Les résultats sont acceptables si aucune alarme imprévue ne s'est déclenchée ou qu'aucune indication de défaut ne s'est produite pendant l'essai en l'absence des sources radioactives, et si l'alarme ou les alarmes se déclenchent lorsque le champ de rayonnement gamma ou neutronique (le cas échéant) est augmenté au-dessus du seuil d'alarme.
Résultats d'identification	Il convient que les grandeurs d'influence ne compromettent pas les résultats d'identification. Les résultats d'identification évalués conformément au Tableau 4 lors de l'essai intermédiaire et de l'essai final doivent être identiques à ceux obtenus lors de l'essai initial, ou meilleurs.
Réponse au rayonnement	Les résultats sont acceptables si les variations entre la réponse gamma obtenue lors de l'essai initial et celle obtenue lors de l'essai intermédiaire et/ou lors de l'essai final sont telles que $t_1 \geq -0,86$ et $t_2 \leq 0,86$. Si $s_{\text{pre}} = s_{\text{post}} = 0$, les résultats sont acceptables sous réserve que les variations entre la réponse gamma obtenue lors de l'essai initial, lors de l'essai intermédiaire, le cas échéant, et lors de l'essai final soient telles que $\bar{x}_{\text{post}} \geq 0,85 \bar{x}_{\text{pre}}$ et $\bar{x}_{\text{post}} \leq 1,15 \bar{x}_{\text{pre}}$.

4.10 Exigences de mesure des rayonnements neutroniques

Le SPRD et la source de rayonnement neutronique doivent être placés à au moins 1 m du sol et à au moins 2 m des parois de béton ou des zones de matériau à faible Z (polyéthylène, eau, par exemple). Sauf indication contraire, le SPRD doit être monté de façon à être centré sur la face avant d'un fantôme plaque ICRU normalisé de 30 cm × 30 cm × 15 cm en PMMA ou plastique analogue (voir les rapports 39 et 47 de l'ICRU).

5 Exigences générales

5.1 Informations essentielles

5.1.1 Documentation fournie

Le fabricant doit fournir les spécifications de performance du SPRD et les instructions relatives à son fonctionnement. Pour des exigences détaillées, voir l'Article 10.

5.1.2 Détecteur de rayonnement

Le fabricant doit fournir des informations qui décrivent les types de détecteurs de rayonnement utilisés, ainsi que leurs dimensions et leur emplacement dans le SPRD (CsI(Tl), CLYC, ^3He , $^6\text{LiF/ZnS(Ag)}$, par exemple). Pour le détecteur de neutrons, le fabricant doit préciser si un modérateur de neutrons est utilisé ainsi que le matériau, les dimensions et l'emplacement du modérateur. Pour les tubes compteurs à gaz, la pression interne doit être indiquée par le fabricant.

5.1.3 Etendue de mesure – photons

La plage de réponse effective en fonction de l'énergie des photons doit être indiquée par le fabricant. Le fabricant doit indiquer l'étendue de mesure pour le débit d'équivalent de dose ambiant.

5.1.4 Temps de démarrage

Le fabricant doit indiquer la durée exigée pour que le SPRD passe des états d'arrêt et de veille à un état parfaitement opérationnel. Cette durée doit être inférieure à 5 min. Une indication doit être fournie à l'utilisateur lorsque le SPRD n'est pas parfaitement opérationnel.

5.1.5 Batteries et durée de vie des batteries

Le fabricant doit indiquer la durée de fonctionnement en continu avec les batteries recommandées, dans des conditions normalisées (conditions de fonctionnement et d'environnement). Elle doit être au minimum de 16 h dans des conditions hors alarme et supérieure à 30 min dans des conditions d'alarme.

Le SPRD doit être équipé d'un indicateur d'état des batteries. L'indication de batterie faible doit s'afficher avant que le système n'atteigne la tension minimale exigée pour un fonctionnement correct.

5.1.6 Atmosphères explosives

Le fabricant doit indiquer si le SPRD est certifié ou non pour une utilisation dans des atmosphères explosives, ainsi que la catégorie du SPRD. Une preuve de certification doit être fournie lorsqu'elle est demandée. Il convient d'établir la certification selon l'IEC 60079-11 ou selon une norme équivalente (UL-913, par exemple).

5.2 Caractéristiques mécaniques

5.2.1 Taille

Les dimensions du SPRD doivent être indiquées par le fabricant.

5.2.2 Masse

La masse du SPRD avec les batteries installées doit être indiquée par le fabricant; il convient que la masse ne dépasse pas 400 g.

5.2.3 Construction du boîtier

Le SPRD doit satisfaire aux exigences de classification IP 54 (voir le 7.4). Un clip ou un anneau, par exemple, doivent être fournis pour permettre à un utilisateur de porter le SPRD en veillant à l'orientation nécessaire du détecteur, au type d'alarme et à l'affichage.

5.2.4 Marquage du point de référence

Le point de référence du SPRD doit être clairement indiqué ou décrit dans le manuel.

5.2.5 Commandes

Les commandes doivent être protégées de manière adéquate afin d'empêcher tout fonctionnement accidentel ou non autorisé.

5.3 Sortie de données

Le SPRD doit être capable de transférer des données vers un autre dispositif. Chaque fichier de sortie de données doit contenir les informations minimales suivantes:

- date et heure du mesurage;
- indication du débit d'équivalent de dose ambiant ou du taux de comptage;
- indication du taux de comptage de neutrons (le cas échéant);
- type d'alarme (protection individuelle contre les rayonnements gamma et/ou neutroniques, le cas échéant);
- étalonnage de l'énergie;
- radionucléides identifiés; et
- spectres de photons.

Le fichier de sortie de données doit respecter les exigences spécifiées dans l'IEC 62755. Le fabricant doit fournir des informations qui précisent de quelle manière ces données sont transférées à un dispositif externe.

5.4 Indications utilisateur

a) Les informations suivantes doivent être affichées:

- débit de comptage de rayonnement gamma ou débit d'équivalent de dose ambiant;
- alarme de rayonnement gamma;
- alarme de rayonnement neutronique, le cas échéant;
- alarme de protection individuelle;
- résultats d'identification des radionucléides; et
- état des batteries.

b) Il convient que les informations suivantes soient affichées:

- débit de comptage de rayonnement neutronique, le cas échéant; et
- intensité du champ de rayonnement dans le temps.

5.5 Marquages

Tous les affichages, réglages et commandes externes du SPRD doivent être identifiés selon leur fonction. Il convient que les marquages externes soient lisibles et fixés de manière permanente dans les conditions normales d'utilisation. Les informations suivantes doivent être apposées par marquage sur l'extérieur du SPRD:

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

5.6 Alarmes

5.6.1 Indication des alarmes

Une alarme doit se déclencher lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant ou le taux de comptage mesuré dépasse le seuil d'alarme. Le seuil d'alarme doit être calculé de façon automatique par le SPRD. Si le SPRD assure une détection neutronique, l'alarme de rayonnement neutronique doit être différente de l'alarme de rayonnement gamma.

La fréquence d'une alarme sonore doit être comprise dans la plage de 1 kHz à 4 kHz. Le volume d'alarme pondéré A à une distance de 30 cm de la source d'alarme doit être d'au moins 85 dB(A) et ne doit pas dépasser 100 dB(A). Si une alarme intermittente est fournie, l'intervalle de temps entre les signaux ne doit pas dépasser 2 s.

Trois types d'indications d'alarmes sont possibles: sonore, visuelle (5.4) et vibrations. Si une alarme sonore peut être désactivée, le SPRD doit continuer à fournir une alarme visuelle. Il ne doit pas être possible de désactiver simultanément les trois indications d'alarme.

5.6.2 Alarme de protection individuelle

Une alarme de protection individuelle doit se déclencher lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant dépasse le seuil de débit réglable. Cette alarme doit se distinguer des autres alarmes. L'alarme de protection individuelle doit être visuelle et sonore. L'alarme doit être "acquittée" par l'utilisateur. Il ne doit pas être possible de désactiver simultanément l'ensemble des indicateurs d'alarme de protection individuelle.

5.6.3 Fréquence du signal d'indication sonore et recherches

Pour faciliter la localisation des sources, un signal sonore peut être émis avec un taux et/ou une fréquence de répétition qui augmente à mesure que le niveau de rayonnement augmente.

6 Exigences de détection des rayonnements

6.1 Taux de fausses alarmes

6.1.1 Exigences

Lorsque les essais sont réalisés dans une zone où le bruit de fond est stable (zone qui ne présente que des fluctuations naturelles) aux niveaux indiqués dans le Tableau 2, le taux de fausses alarmes doit être inférieur à 1 alarme sur une période de 1 h.

6.1.2 Méthode d'essai

Placer le SPRD dans une zone où le bruit de fond est stable et contrôlé (Tableau 2). Observer le SPRD sur une période de 8 h et enregistrer si des alarmes ou identifications se sont produites. Les résultats sont acceptables si l'instrument ne génère pas plus de 3 alarmes de rayonnement gamma ou de rayonnement neutronique, et pas plus de 3 identifications sur la période de 8 h.

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

6.2 Alarme de rayonnement gamma

6.2.1 Exigences

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

6.2.2 Méthode d'essai

Le SPRD doit être mis en marche pour ensuite le laisser se stabiliser comme cela est décrit dans le manuel du fabricant, sans aucune source de rayonnement présente dans la zone d'essai.

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

Déplacer la source ^{137}Cs devant le SPRD, comme cela est décrit au 4.8. Si la distance d'approche la plus courte est différente de 1,5 m, la vitesse de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ doit être mise à l'échelle à l'aide des informations fournies au 4.8.

Les alarmes de rayonnement gamma doivent se déclencher au plus tard 2 s après le passage de la source par le point le plus proche du SPRD. La réponse est également acceptable si l'alarme de rayonnement gamma se déclenche avant d'atteindre la position d'essai exigée. Le champ de rayonnement doit être réduit (voir le 4.8) et l'essai doit être répété 19 fois de plus pour un total de 20 tentatives.

Le processus complet doit être répété à l'aide de sources ^{241}Am et ^{60}Co , qui produisent chacune un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,5 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ (-0% , $+20 \%$) au-dessus du bruit de fond au point de référence du SPRD à la distance d'approche la plus courte. Les performances sont acceptables si l'alarme du SPRD se déclenche 19 fois sur les 20 tentatives pour chaque source.

6.3 Alarme de protection individuelle

6.3.1 Exigences

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

6.3.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, fixer le seuil de l'alarme de protection individuelle à au moins $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. A l'aide d'une source ^{137}Cs , augmenter le débit d'équivalent de dose ambiant à la position de référence à plus de 50 % au-dessus du seuil de protection individuelle. Cela doit entraîner le déclenchement d'une alarme de protection individuelle en 2 s ou moins.

6.4 Erreur intrinsèque relative

6.4.1 Exigences

Cela ne s'applique que lorsque le SPRD affiche le débit d'équivalent de dose ambiant.

Dans des conditions d'essai normalisées, l'erreur intrinsèque relative de la réponse du SPRD au rayonnement de photons de référence du ^{241}Am , du ^{137}Cs et du ^{60}Co ne doit pas être supérieure à $\pm 50 \%$ pour les débits d'équivalent de dose ambiant sur la plage indiquée par le fabricant, ou jusqu'à $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, si cette valeur est moins élevée.

6.4.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé à l'aide de sources ^{241}Am , ^{137}Cs et ^{60}Co à environ $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et à l'aide de ^{137}Cs à environ $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, et à environ 50 % de la plage d'indication maximale établie ou $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, si cette valeur est moins élevée. L'erreur intrinsèque relative de la réponse moyenne du SPRD ne doit pas dépasser $\pm 50 \%$ pour chacun des 3 radionucléides.

6.5 Détection d'une augmentation progressive des niveaux de rayonnement

6.5.1 Exigences

Le seuil d'alarme du SPRD ne doit pas être compromis par des niveaux de rayonnement qui augmentent lentement et qui peuvent être provoqués lorsqu'une personne s'approche lentement ou est approchée par une source de rayonnement.

6.5.2 Méthode d'essai

Le SPRD doit être mis en marche pour ensuite le laisser se stabiliser comme cela est décrit dans le manuel du fabricant, sans aucune source de rayonnement présente dans la zone d'essai.

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

A partir d'une distance de 5 m du SPRD, déplacer la source ^{137}Cs en direction du SPRD, comme cela est décrit au 4.8. Si la distance d'approche la plus courte est différente de 1,5 m, la vitesse de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \pm 10 \%$ doit être mise à l'échelle à l'aide des informations fournies au 4.8.

L'alarme de rayonnement gamma doit se déclencher au plus tard 2 s après le passage de la source par le point le plus proche du SPRD. La réponse est également acceptable si l'alarme de rayonnement gamma se déclenche avant d'atteindre le champ de rayonnement maximal (c'est-à-dire avant d'atteindre la position d'essai exigée). Le champ doit être réduit (voir le 4.8) et l'essai doit être répété 2 fois de plus pour un total de 3 tentatives. Attendre au moins 100 s entre les différentes tentatives. Les résultats de l'essai sont acceptables si l'alarme du SPRD se déclenche 3 fois sur les 3 tentatives.

6.6 Dépassement

6.6.1 Exigences

Le fabricant doit indiquer le débit d'équivalent de dose ambiant auquel le SPRD indique la condition de dépassement. Le SPRD doit indiquer l'existence d'une condition de dépassement lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant est supérieur à la valeur de dépassement indiquée par le fabricant. Pendant les conditions de dépassement, l'indication d'alarme doit rester activée. Le SPRD doit reprendre son fonctionnement dans les 30 min qui suivent le retrait de l'exposition de dépassement.

6.6.2 Méthode d'essai

Le fantôme n'est pas exigé pour réaliser cet essai. Effectuer les mesurages initiaux décrits au 4.9.2. Modifier le débit d'équivalent de dose ambiant de manière échelonnée à l'aide d'une source ^{137}Cs , depuis le bruit de fond jusqu'à 2 fois la valeur qui déclenche la condition de dépassement, conformément aux indications du fabricant, puis exposer le SPRD pendant 2 min.

Le SPRD doit indiquer une condition de dépassement dans les 5 s qui suivent la variation échelonnée. Le SPRD doit rester dans cette condition pendant toute la période d'exposition.

Après avoir retiré la source, le SPRD doit revenir à l'état initial dans un délai de 30 min. Réaliser l'essai final du 4.9.4 et vérifier la réponse à l'aide du Tableau 3.