

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



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

**Instrumentation pour la radioprotection – Détecteur de rayonnement de type sac
à dos (BRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62694:2022



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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 – Backpack-type radiation detector (BRD)
for the detection of illicit trafficking of radioactive material**

**Instrumentation pour la radioprotection – Détecteur de rayonnement de type
sac à dos (BRD) pour la détection du trafic illicite des matières radioactives**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-6053-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions, abbreviated terms and symbols, quantities and units.....	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Abbreviated terms and symbols	10
3.3 Quantities and units	10
4 General test procedure	11
4.1 General.....	11
4.2 Standard test conditions	11
4.3 Uncertainties.....	11
4.4 Statistical fluctuations	11
4.5 Background radiation during testing	12
4.6 Radiation sources	12
4.7 Special nuclear material (SNM) and depleted uranium (DU) sources.....	12
4.8 BRD set up	12
4.9 Speed of moving sources including scaling of speed and distance	14
4.10 Functionality tests.....	14
4.10.1 General	14
4.10.2 Pre-test measurements.....	15
4.10.3 Intermediate-test measurements.....	15
4.10.4 Post-test measurements	16
4.10.5 Acceptance criteria	16
5 General requirements	17
5.1 Design requirements.....	17
5.2 Markings	17
5.3 Switches	17
5.4 Effective range of dose rate measurement – photons	17
5.5 Explosive atmospheres	17
5.6 Power supply	17
5.6.1 Requirements	17
5.6.2 Method of test.....	17
5.7 Data format.....	18
5.7.1 Requirements	18
5.7.2 Method of test.....	18
5.8 Data transfer	18
5.9 User interface – Indications	19
5.10 Alarms	19
5.10.1 Alarm indication.....	19
5.10.2 Personal protection alarm	19
5.10.3 Audible indication for searching	19
5.10.4 Audible alarms.....	19
6 Radiation detection requirements	19
6.1 False alarm test	19
6.1.1 Requirements	19

6.1.2	Method of test.....	19
6.2	Alarm response to gamma radiation	20
6.2.1	Requirements	20
6.2.2	Method of test.....	20
6.3	Alarm response to neutron radiation, if provided	20
6.3.1	Requirements	20
6.3.2	Method of test.....	20
6.4	Personal radiation protection alarm and response time	21
6.4.1	Requirements	21
6.4.2	Method of test.....	21
6.5	Gamma-ray ambient dose equivalent rate indication	21
6.5.1	Requirements	21
6.5.2	Method of test.....	21
6.6	Over range test.....	21
6.6.1	Requirements	21
6.6.2	Method of test.....	21
6.7	Neutron indication in the presence of photons, if applicable.....	22
6.7.1	Requirements	22
6.7.2	Method of test.....	22
6.8	Detection of gradually increasing radiation levels.....	22
6.8.1	Requirements	22
6.8.2	Method of test.....	22
6.9	Radionuclide identification, when provided.....	23
6.9.1	Single radionuclide identification	23
6.9.2	Simultaneous identification	24
6.9.3	False identification.....	25
6.9.4	Over range characteristics for identification	25
6.10	Addressing natural background variations	25
6.10.1	Requirements	25
6.10.2	Method of test.....	25
7	Climatic requirements.....	26
7.1	General.....	26
7.2	Ambient temperature.....	26
7.2.1	Requirements	26
7.2.2	Method of test.....	26
7.3	Temperature shock	26
7.3.1	Requirements	26
7.3.2	Method of test.....	27
7.4	Relative humidity	27
7.4.1	Requirements	27
7.4.2	Method of test.....	27
7.5	Low/high temperature startup.....	27
7.5.1	Requirements	27
7.5.2	Method of test.....	28
7.6	Dust and moisture protection	28
7.6.1	Requirements	28
7.6.2	Method of test – Dust	28
7.6.3	Method of test – Moisture	28
8	Mechanical requirements.....	28

8.1	General.....	28
8.2	Vibration	29
8.2.1	Requirements	29
8.2.2	Method of test.....	29
8.3	Microphonics/Impact	29
8.3.1	Requirements	29
8.3.2	Method of test.....	29
8.4	Mechanical shock	29
8.4.1	Requirements	29
8.4.2	Method of test.....	29
8.5	Drop	30
8.5.1	Requirements	30
8.5.2	Method of test.....	30
9	Electromagnetic requirements	30
9.1	General.....	30
9.2	Electrostatic discharge (ESD)	30
9.2.1	Requirements	30
9.2.2	Method of test.....	30
9.3	Radio frequency (RF).....	30
9.3.1	Requirements	30
9.3.2	Method of test.....	30
9.4	Radiated RF emissions	31
9.4.1	Requirements	31
9.4.2	Method of test.....	31
9.5	Conducted disturbances.....	31
9.5.1	Requirements	31
9.5.2	Method of test.....	31
9.6	Magnetic fields.....	31
9.6.1	Requirements	31
9.6.2	Method of test.....	31
10	Documentation	32
10.1	Operation and maintenance manual	32
10.2	Test certificate	32
10.3	Declaration of conformity	32
Annex A (informative)	Summary of fluence rate calculations	33
Bibliography		35
Figure 1	– Diagram of the BRD testing angles and source movement directions	13
Figure 2	– Diagram of the BRD reference point.....	14
Table 1	– Standard test conditions	11
Table 2	– Test results analysis.....	17
Table 3	– List of radionuclides for identification tests	23
Table 4	– Identification acceptance criteria	24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – BACKPACK-TYPE
RADIATION DETECTOR (BRD) 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 62694 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 2014. 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;
- 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) revised radiological requirements including the simplification of radionuclide identification acceptance criteria;
- d) reference to IEC 62706 for the environmental, electromagnetic and mechanical test conditions.

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

Draft	Report on voting
45B/1012/FDIS	45B/1018/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/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.

IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

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

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

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, vehicle mounted mobile systems, and backpack-based radiation detection and identification systems. A list of those standards is given below.

Type of instrumentation	IEC number	Title of the standard
Body-worn	62401	Radiation protection instrumentation – Alarming Personal Radiation Devices (PRDs) for the detection of illicit trafficking of radioactive material
	62618	Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-Based Alarming Personal Radiation Devices (SPRDs) 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 – BACKPACK-TYPE RADIATION DETECTOR (BRD) FOR THE DETECTION OF ILLICIT TRAFFICKING OF RADIOACTIVE MATERIAL

1 Scope

This document applies to backpack-type radiation detectors (BRDs) that are primarily used for the detection of illicit trafficking of radioactive material. BRDs are portable instruments designed to be worn during use. BRDs detect gamma radiation and may include neutron detection and the ability to identify gamma-ray emitting radionuclides.

This document establishes the operational and testing requirements associated with radiation measurements and the expected electrical, mechanical, and environmental conditions while in use.

This document does not apply to ambient or personal dose equivalent rate meters which are covered in IEC 60846-1 or IEC 61526, respectively.

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

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*

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

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

3.1 Terms and definitions

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

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

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

3.1.1

alarm

audible, visible, or other signal activated when the instrument reading exceeds a pre-set value, falls outside of a pre-set range, or when the instrument detects the presence of the source of radiation according to a pre-set condition

3.1.2

background 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

3.1.3

backpack-type radiation detector

instrument composed of several radiation detection components that are placed inside a backpack or other similar enclosure with an external user interface or control device

3.1.4

coefficient of variation

COV

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

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

3.1.5

fluence

Φ

quotient of dN by da , where dN is the number of particles incident on a sphere of cross-sectional area da : $\Phi = dN/da$

3.1.6

fluence rate

$\dot{\Phi}$

quotient of $d\Phi$ by dt , where $d\Phi$ is the increment of the fluence in the time interval dt , thus $\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt}$

Note 1 to entry: The unit of fluence rate is $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

3.1.7

type test

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

3.1.8**user interface**

software and/or hardware that manages interactions between a user and equipment

3.1.9**variance**
 σ^2

measure of dispersion, which is the sum of the squared deviation of observations from their mean divided by one less than the number of observations

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

3.2 Abbreviated terms and symbols

BRD	backpack-type radiation detector
COV	coefficient of variation
cps	counts per second
DU	depleted uranium
ESD	electrostatic discharge
GPS	global positioning system
HDPE	high-density polyethylene
HEU	highly-enriched uranium
HPGe	high purity germanium
ICRU	International commission on radiation units and measurements
NORM	naturally occurring radioactive material
PMMA	polymethyl methacrylate
r	radius
RF	radio frequency
SNM	special nuclear material
WGPu	weapons-grade plutonium
XML	eXtensible Markup Language

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.

The following units may also be used:

- for energy: electron-volt (symbol: eV), 1 eV = 1,602 × 10⁻¹⁹ J;
- for time: years (symbol: y), days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min);
- for temperature: degrees Celsius (symbol: °C), 0 °C = 273,15 K.

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

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

4 General test procedure

4.1 General

Unless otherwise specified in an individual step, tests enumerated in this document may be used as part of a type test or an acceptance test.

4.2 Standard test conditions

Except where otherwise specified, the tests described in this document should be performed under the standard test conditions given in Table 1. The ambient temperature, relative humidity, and atmospheric pressure shall be recorded during testing.

Table 1 – 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 µSv·h ⁻¹ Natural conditions without the presence of man-made emitters
Neutron background	Natural conditions without the presence of man-made emitters Neutron sources at levels that could affect the performance of a test shall not be in the test area

NOTE BRDs 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. Open indoor spaces are expected to be used when performing most of the tests described in this document.

4.3 Uncertainties

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

4.4 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 a BRD's response shall be adjusted to reduce the magnitude of the statistical fluctuations.

If the magnitude of the statistical fluctuations arising from the random nature of radiation alone is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test (i.e., fluctuations greater than 12 %), then the radiation field should be increased to reduce the fluctuation of the readings. See NIST Technical Note 2073 for additional guidance (see Bibliography). The COV for the nominal mean reading shall be less than or equal to 12 % for measurements with sources.

For measurements without sources (i.e., at the level of background radiation), the BRD 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). Readings are expected to have large fluctuations (COV > 12 %).

The bibliography contains a list of several publications for additional information regarding statistical processes associated with radiation measurement.

4.5 Background radiation during testing

Testing shall be performed in a controlled area having a radiation background as defined in Table 1.

4.6 Radiation sources

For alarm tests, ^{241}Am , ^{137}Cs , and ^{60}Co are used to provide a fluence rate of $4 \text{ photons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ (-0 %, +5 %) at the reference point of the BRD. The fluence rate shall be determined for the gamma-ray energies listed in Table 3. The ambient dose equivalent rate shall be determined using a photon cut-off energy of 40 keV. Annex A provides information for determination of fluence rate.

For identification tests, a fluence rate of $1,5 \text{ photons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ (-0 %, +5 %) at the reference point of the BRD shall be emitted from DU, HEU, WGPu, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{67}Ga , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, and ^{201}Tl . The medical radionuclides ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga , ^{131}I , and ^{201}Tl) shall be surrounded by 8 cm of polymethyl methacrylate (PMMA) for test purposes to represent in-vivo conditions, for these sources the fluence rate is measured outside the PMMA. The fluence rate shall be determined for the gamma-ray energies listed in Table 3.

^{252}Cf or ^{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 high-density polyethylene (HDPE) moderator (density between $0,93 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ and $0,97 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). The HDPE moderator can be spherical or cylindrical and shall have a wall thickness of 4 cm on all sides and an inner cavity not larger than 3 cm in diameter and length. The source shall be positioned at the centre of the cavity.

NOTE Additional information about neutron radiation fields can be found in ISO 8529-1:2021. Additional information can be found in R. Radev *et al.* in Bibliography.

Sources used for testing shall be checked for gamma-ray emitting impurities using a high purity germanium detector (HPGe). The spectra shall be recorded. Identification of impurities is acceptable.

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

For SNM and DU sources, different masses, shapes, and forms may be used for testing as long as the required fluence rate is obtained. For this document, HEU has an enrichment that is $\geq 90 \%$ ^{235}U , DU has a ^{235}U abundance of 0,2 % to 0,4 %, and WGPu has a composition of $\leq 6,5 \%$ ^{240}Pu and $> 93 \%$ ^{239}Pu . The WGPu source may need to be shielded (e.g., with copper alloy ASTM B152) to reduce the measured emissions at 60 keV from ^{241}Am . 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. For example, if the emission rate for the 375 keV line is 100 s^{-1} then the emission rate for the 60 keV ^{241}Am line should not exceed $1\,000 \text{ s}^{-1}$.

NOTE 1 The factor 10 was determined from source material measurements.

NOTE 2 Additional information about the use of SNM sources for testing can be found in IEC TR 62971.

4.8 BRD set up

The BRD should be set up based on the manufacturer's recommendations including background update mode, if applicable. Once set up for testing, no changes should be made that could affect the overall response of the BRD.

When performing the radiological tests in Clause 6, the BRD shall be configured and oriented as it would be used. This is achieved by using a phantom to represent the human upper torso. The phantom shall be made of PMMA having dimensions of 40 cm wide, 60 cm high and 15 cm thick, see Figure 2.

The BRD shall be placed on a stand, table, or fixture made of a material that does not have a large hydrogen content (e.g., foam, plastic, wood). It is recommended to use materials such as aluminium to prevent possible additional moderation of the neutron source.

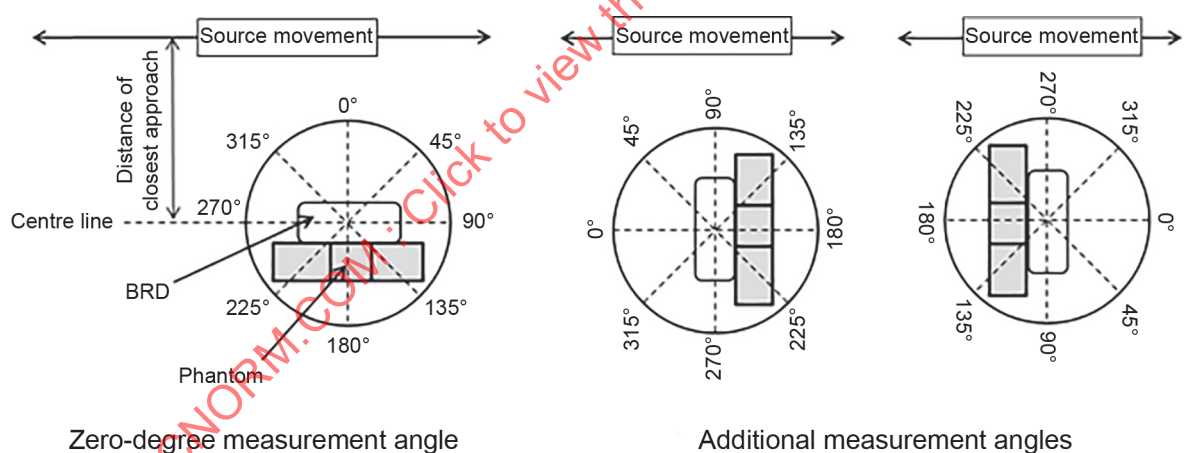
The reference point of the BRD should be identified by the manufacturer. If not provided, the reference point is the intersection of three mutually orthogonal lines that go through the center of the length, width, and thickness of the BRD (see Figure 1 and Figure 2). The reference point of the BRD shall be placed on the center of the phantom (placed at 30 cm from the bottom of the phantom).

For static and dynamic tests described in Clause 6, the reference point of the BRD shall be positioned at least 1,2 m from the floor or ground surface. The centreline of the source shall be at the same height as the reference point of the BRD.

For static tests, the distance between the source and the reference point of the BRD shall be between 1 m and 3 m, unless otherwise stated.

For dynamic tests, the distance of closest approach between the gamma sources and the reference point of the BRD shall be between 1 m and 3 m, unless otherwise stated.

When performing the tests in Clauses 7, 8, and 9, the BRD shall not be placed on a phantom.



IEC

The displayed source movement represents the test configuration at an angle of 0° while looking down on the phantom and BRD. When testing at 90° and 270° the source also moves in both directions.

Figure 1 – Diagram of the BRD testing angles and source movement directions

Dimensions in centimetres

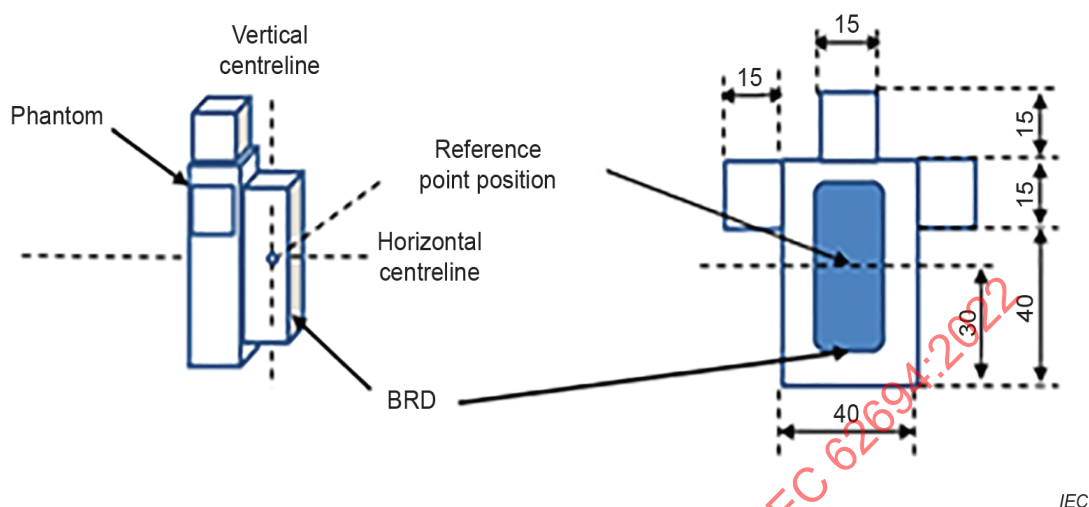


Figure 2 – Diagram of the BRD reference point

4.9 Speed of moving sources including scaling of speed and distance

For dynamic tests, the source or BRD 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 reference distance of closest approach of 1,5 m for gamma sources and 1 m for the neutron source unless otherwise required in a test.

If necessary, the required source to reference point distance or distance of closest approach, d (expressed in m), may be adjusted requiring the passage speed, v (expressed in $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) to be adjusted. This is achieved using $v = v_0 \times d/d_0$, where for gamma sources $v_0 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $d_0 = 1,5 \text{ m}$ and for the neutron source $v_0 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and $d_0 = 1 \text{ m}$.

For the gamma sources, the distance of closest approach, between the source and the reference point of the BRD, can vary between 1 m and 3 m. For the neutron source the distance of closest approach, between the source and the reference point of the BRD, can vary between 0,95 m and 1,2 m.

During dynamic testing, there shall be a 10 s minimum delay between each trial with the test source positioned at a distance such that the BRD's background count rate is not affected by the presence of the test source. This can be achieved by increasing the source to BRD distance or adding shielding between the source and the BRD.

For all dynamic tests, the source or the BRD can be moved.

4.10 Functionality tests

4.10.1 General

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

Except when needed, the sources should be removed during the test. For the post-test and intermediate test, the sources shall be placed at the same location as for the pre-test measurements.

Gamma-ray measurements are performed using ^{241}Am and ^{60}Co sources (low- and high-energy gamma-rays) and neutron measurements are performed using a neutron source, e.g., ^{252}Cf , ^{244}Cm or ^{248}Cm , or $^{241}\text{AmBe}$. The ^{241}Am and ^{60}Co sources shall be positioned so that the COV of each mean reading is less than or equal to 12 % (see 4.4). The following guidance regarding sources applies:

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

4.10.2 Pre-test measurements

- a) With the BRD in position for test, expose it to a gamma-radiation field using ^{241}Am and ^{60}Co simultaneously or individually. Each source should produce a similar radiation field. 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 3 s or longer, to ensure that the readings are independent. The selected time between readings is dependent on the integration time of the BRD and the update time of the response indication.
- c) If applicable, 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) If necessary, verify that the gamma alarm is activated by increasing the radiation field above the gamma alarm threshold. Remove the sources.
- e) If the BRD is equipped with a neutron detector, expose the BRD to a neutron source and record 10 neutron count rate readings in order to obtain the mean and standard deviation. The time between readings should be at least 3 s or longer, to ensure that the readings are independent. The selected time between readings is dependent on the integration time of the BRD and the update time of the response indication.

NOTE This part of the test is performed with a stronger neutron radiation field to ensure a COV of less than or equal to 12 %.

- f) 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.
- g) Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{pre}}$, and standard deviation, s_{pre} , of the count-rate or ambient dose equivalent rate readings and the neutron count rate readings (if applicable).
- h) Calculate the COV (for the pre-test readings) and verify that it is ≤ 12 %. If the value is larger than 12 %, adjust the radiation field or the number of readings as described in 4.4.

4.10.3 Intermediate-test measurements

4.10.3.1 Without sources present – Functionality

Observe the BRD to verify that alarms and spurious indications are not produced by an influence quantity (e.g., temperature, humidity, RF, impact, vibration).

4.10.3.2 With sources present

- Position each test source in the same location as in the pre-test.
- 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.
- If applicable, 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.
- If necessary, increase the radiation field above the gamma alarm threshold to verify that the gamma alarm is activated. Remove the gamma sources.
- If applicable, increase the radiation field above the neutron alarm threshold to verify that the neutron alarm is activated. Remove the neutron source.
- Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{int}}$, standard deviation, s_{int} , t_1 , and t_2 (see 4.10.4) from the obtained readings.

4.10.4 Post-test measurements

- Position each test source in the same location as for the pre-test.
- 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.
- If applicable, 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.
- If necessary, increase the radiation field above the gamma alarm threshold to verify that the gamma alarm is activated. Remove the gamma sources.
- If applicable, increase the radiation field above the neutron alarm threshold to verify that the neutron alarm is activated. Remove the neutron source.
- Calculate the mean, $\bar{x}_{\text{post}}$, and standard deviation, s_{post} , of the post-test readings.
- Calculate the following (two test statistics based on a two-sample t-test, DeGroot, 1989):

$$t_1 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 0,85\bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(0,85 s_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (1)$$

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

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.

4.10.5 Acceptance criteria

The results of the measurements are analysed in accordance with Table 2.

Table 2 – Test results analysis

Verification test	Analysis technique
Functionality	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 in the post-test shall be the same as or better than those obtained when performing the pre-test.
Radiation response	The results are acceptable if changes in gamma and neutron (if applicable) response from the pre-test and the intermediate-test (if applicable), and/or the post-test are such that $t_1 \geq -0,86$ and $t_2 \leq 0,86$. If $s_{pre} = s_{post} = 0$, the results are acceptable if the changes in gamma and neutron (if available) response between the pre-test and the intermediate-test (if applicable) and/or the post-test are such that $\bar{x}_{post} \geq 0,85 \bar{x}_{pre}$, and $\bar{x}_{post} \leq 1,15 \bar{x}_{pre}$.

5 General requirements

5.1 Design requirements

The BRD should be designed to:

- Distribute weight, as much as practical, with the heavier side being closer to the wearer's back and the weight distributed as evenly as possible from left to right for good balance,
- Be easy to wear, remove, and have adjustable openings around arms, and
- Look like a normal backpack to the maximum extent practical.

5.2 Markings

If applicable, internal controls needed for operation or maintenance shall be identified through markings and identification in technical manuals.

5.3 Switches

Controls and adjustments that affect calibration and alarm settings shall be designed so that access to them is limited to authorized personnel.

5.4 Effective range of dose rate measurement – photons

The manufacturer shall state the measurement range for the gamma-ray ambient dose equivalent rate based on ^{137}Cs (662 keV).

5.5 Explosive atmospheres

If certification is claimed, documentation shall be provided. Certification shall be based on IEC 60079-11 or equivalent standard such as UL-913.

5.6 Power supply

5.6.1 Requirements

The BRD shall have the ability to support a continuous operating time of at least 8 h. The BRD shall be equipped with a visible direct indicator of battery life.

5.6.2 Method of test

Turn on the BRD and leave it on for 8 h operating in a nominal background environment. Every hour, expose the BRD to a ^{137}Cs and moderated neutron (if applicable) check sources for 1 min and verify that the BRD alarms. Verify that a direct indicator of battery life is available.

5.7 Data format

5.7.1 Requirements

If the BRD has the ability to store data (i.e., data output file), the stored data shall be contained in data sets.

For gamma-ray detection only BRDs, the stored data shall contain as a minimum:

- a) Manufacturer name.
- b) Instrument model.
- c) Serial number.
- d) Software version.
- e) Instrument class (e.g., backpack).
- f) Gamma detector kind (e.g., Sodium Iodide (NaI(Tl)), Geiger Muller (GM) Tube, polyvinyl toluene (PVT)).
- g) Date and time of measurement.
- h) Measured gamma-ray radiation levels (i.e., count rate or exposure rate or ambient dose equivalent rate, or total counts or exposure or ambient dose equivalent with associated measurement time duration as applicable).
- i) Gamma-ray alarm indication.

If the BRD has neutron detection capabilities the stored data shall contain, in addition, as a minimum:

- j) Neutron detector type (e.g., Helium-3 (^3He), Lithium-Glass).
- k) Measured neutron radiation levels (i.e., count rate and/or counts with associated measurement time duration).
- l) Neutron alarm indication.

If the BRD has radionuclide identification capabilities the stored data shall contain, in addition, as a minimum:

- m) Unprocessed measured spectrum.
- n) Live time and real time for measured spectrum.
- o) Energy calibration for each background and measured spectrum.
- p) Radionuclide identification results.

If the BRD has geolocation capabilities (e.g., GPS) the data set shall also contain the BRD location (latitude/longitude).

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

5.7.2 Method of test

While performing the alarm and identification sections, verify that the data set contains the data elements listed in the requirements (5.7.1), as applicable. Use XML tools to verify compliance with IEC 62755.

5.8 Data transfer

BRDs shall have the ability to transfer data to another device such as a personal computer.

5.9 User interface – Indications

The following indications shall be provided at the user interface:

- a) Detector response (gamma ambient dose equivalent rate and/or count rate and, when provided, neutron count rate).
- b) Battery status.
- c) Changes in state of health (i.e., communication status, detector status, geolocation status, energy stabilization).
- d) Over-range indication (verified in 6.6).
- e) Radionuclide identification results, when applicable (verified in 6.9.2).
- f) An indication (e.g., “not identified”, “unknown”) if a radionuclide cannot be identified.

5.10 Alarms

5.10.1 Alarm indication

A gamma or neutron (if provided) detection alarm shall be provided when the measured ambient dose equivalent rate or count rate is above the alarm threshold. The neutron alarm shall be different from the gamma alarm.

5.10.2 Personal protection alarm

The personal protection alarm shall be distinguishable from the other alarms. The personal protection alarm shall be both visual and audible. It shall not be possible to switch off all personal protection alarm indicators at the same time.

5.10.3 Audible indication 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.

5.10.4 Audible alarms

It shall be possible to mute all audible alarms. It shall not be possible to turn off the visual personal protection alarm when all audible alarms are muted.

6 Radiation detection requirements

6.1 False alarm test

6.1.1 Requirements

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

6.1.2 Method of test

Place the BRD on the phantom with the reference point 1,2 m above the floor and observe the BRD over a period of 8 h. Record all alarms and identified radionuclides (when applicable) displayed during the 8 h period. The results are acceptable if there are no more than 3 gamma alarms, 3 neutron alarms, or 3 identifications over the test interval (based on 95 % upper confidence bound for a Poisson distribution).

6.2 Alarm response to gamma radiation

6.2.1 Requirements

An alarm shall be triggered no later than 2 s after passing the point of closest approach when the measured radiation level is greater than the alarm setting.

This requirement shall be verified using bare ^{60}Co , ^{137}Cs and ^{241}Am sources at a reference speed of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and a fluence rate of $4\text{ photons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ (-0 %, +5 %) at the reference point of the BRD (see 4.6 and 4.8) for the reference distance of closest approach of 1,5 m at 0° , 90° , and 270° angles in the horizontal plane (see Figure 1 and Figure 2).

6.2.2 Method of test

The BRD shall be set up as described in 4.8. For each source at each angle, the distance of closest approach of the source to the BRD reference point may vary between 1 m and 3 m; the speed of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ shall be adjusted as described in 4.9 if the distance of closest approach used for the test is other than 1,5 m.

The source shall start its movement from a position where the BRD is not able to detect its presence and then go past the BRD to a position where it is again not able to detect its presence. The BRD alarm shall be reset between each trial, if appropriate. There shall be a 10 s minimum delay between each trial with the source either positioned at a distance where it does not affect the background surrounding the BRD or shielded during the delay.

Perform the test for a total of 10 trials for each source at each angle. Performance is acceptable if the BRD alarms in at least 28 out of 30 total trials for each source for all angles combined.

NOTE Acceptance criteria of 28 out of 30 total trials for each source corresponds to a probability of approximately 0,80 with a 95 % confidence interval.

6.3 Alarm response to neutron radiation, if provided

6.3.1 Requirements

A neutron alarm shall be triggered no later than 3 s after passing the point of closest approach when the measured neutron radiation level is greater than the alarm setting.

This requirement shall be verified using a moderated ^{252}Cf or ^{244}Cm or ^{248}Cm neutron source (see 4.6) having a reference emission rate of $20\,000\text{ s}^{-1}$, moving at the reference speed of $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ and distance of closest approach of 1 m at 0° , 90° , and 270° angles in the horizontal plane (see Figure 1 and Figure 2).

6.3.2 Method of test

- The BRD shall be set up as described in 4.8. For each angle, the distance of closest approach of the source to the BRD reference point is 1 m; the speed is $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Due to the allowed tolerance in the neutron source emission rate (see 4.6) the testing distance may be adjusted between 0,95 m and 1,2 m to meet the emission rate requirement. If the distance of closest approach is different than 1 m, the speed shall be adjusted as described in 4.9.
- The source shall start its movement from a position where the BRD is not able to detect its presence and then go past the BRD to a position where it is again not able to detect its presence. The BRD alarm shall be reset between each trial, if appropriate. There shall be a 10 s minimum delay between each trial with the source either positioned at a distance where it does not affect the background surrounding the BRD or shielded during the delay.
- Perform the test for a total of 10 trials at each angle. Performance is acceptable if the BRD alarms in at least 28 out of 30 total trials for all angles combined.

NOTE Acceptance criteria of 28 out of 30 total trials for each source corresponds to a probability of approximately 0,80 with a 95 % confidence interval.

6.4 Personal radiation protection alarm and response time

6.4.1 Requirements

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

6.4.2 Method of test

- a) Following the instructions provided in the instrument manual, set the personal protection alarm to activate at a level that is above the ambient background.
- b) Increase the ambient dose equivalent rate at the reference point of the BRD to 30 % above the personal-protection ($H_p(10)$) alarm threshold in a period of no more than 1 s using ^{137}Cs . Verify the personal protection alarm activates after no more than 2 s. A phantom is not required for this test.

6.5 Gamma-ray ambient dose equivalent rate indication

6.5.1 Requirements

If the BRD provides a gamma-ray ambient dose equivalent rate indication, the difference in the response of the BRD to the reference ambient dose equivalent rate from ^{137}Cs shall not exceed $\pm 30\%$ for ambient dose equivalent rates from $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ (or to 70 % of the manufacturer-stated maximum response of the BRD if it is less than $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$).

6.5.2 Method of test

With the BRD mounted on the phantom, use ^{137}Cs placed at a 0° angle to produce ambient dose equivalent rates of $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$), $10\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$), and $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$) (or 70 % of the manufacturer-stated maximum response of the BRD if it is less than $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$). Record 10 BRD readings at each of the three ambient dose equivalent rates and calculate the mean value. The mean ambient dose equivalent rate indicated by the BRD shall be within $\pm 30\%$ of each applied ambient dose equivalent rate.

6.6 Over range test

6.6.1 Requirements

If a BRD is exposed to a radiation field that is greater than the manufacturer-stated maximum ambient dose equivalent rate, an alarm indicating for example “over-range” or “high counts” shall be activated and shall remain activated until the radiation field is reduced, or the alarm is reset/acknowledged by the user. If the alarm is reset/ acknowledged by the user without the radiation field being reduced, a visual indication shall be provided indicating that the radiation field is still present and that the BRD is not fully operational.

The time required to return to non-alarm condition after the ambient dose equivalent rate is returned to background levels shall not be greater than 1 min.

6.6.2 Method of test

- a) Verify that the manufacturer states the maximum ambient dose equivalent rate for ^{137}Cs or ^{60}Co . Record the result of the verification. The test is not performed if the maximum ambient dose equivalent rate is not provided by the manufacturer.
- b) Perform the pre-test measurement described in 4.10.2, including neutron (if applicable).

NOTE The neutron detector is included due to the prevalence of scintillation-based neutron detectors which could be affected by the over range test ambient dose equivalent rate.

- c) Use ^{137}Cs or ^{60}Co to increase the radiation field to 50 % above the manufacturer-stated maximum as measured at the reference point and reference angle (0°) of the BRD (see Figure 1 and Figure 2) for a period of 1 min. The BRD shall alarm and remain in alarm until the radiation field is reduced to the pre-test level. The BRD shall alarm indicating for example “over-range” or “high counts”. Remove the radiation field and verify the BRD returns to pre-test count rate values within 1 min. A phantom is not required for this test.
- d) After 1 min, perform the post-test measurement described in 4.10.3. Analyse the results in accordance with Table 2.
- e) If the alarm can be reset/ acknowledged by the user without the radiation field being reduced, verify that a visual indication is provided indicating that the radiation field is still present and that the BRD is not fully operational while the radiation field is present.

6.7 Neutron indication in the presence of photons, if applicable

6.7.1 Requirements

Gamma radiation at ambient dose equivalent rates of up to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ shall not trigger the neutron alarm.

In addition, the BRD shall be able to detect an increase in neutron radiation while being exposed to the gamma radiation.

NOTE This requirement is not applicable to gamma-ray detection only BRDs.

6.7.2 Method of test

The BRD shall be set up as described in 4.8. With the BRD mounted on the phantom, use a ^{137}Cs source to increase the ambient gamma dose equivalent rate by $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$) as measured at the reference point and reference angle (0°) of the BRD (see Figure 1 and Figure 2) for 30 s. If the BRD over-ranges at $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 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.

- a) Immunity of the neutron detector(s) to gamma radiation is confirmed if no neutron alarms are triggered during the exposure to the gamma radiation. Gamma alarms are allowed.
- b) While the BRD is in the $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ^{137}Cs radiation field, perform a single trial neutron alarm test (see 6.3.2) at the 0° angle to verify that the BRD provides a neutron alarm while in the gamma radiation field.

6.8 Detection of gradually increasing radiation levels

6.8.1 Requirements

The BRD'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. The BRD shall alarm or alert the user that the radiation level has changed. The radiation level change alert shall be visual and/or audible and shall be different than the monitoring alarms.

6.8.2 Method of test

Perform the alarm test (6.2.2) using ^{137}Cs only, at a speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ at the 0° angle. The test shall consist of 10 trials. The performance is acceptable if the appropriate gamma alarm is activated after no more than 2 s after the source passed through the point of closest approach to the BRD or the user is alerted that the background radiation level has changed in 10 out of 10 trials. The response is also acceptable if the gamma alarm is activated before the point of closest approach is reached.

If the BRD has neutron capabilities, perform the same process following 6.3.2, at a speed of $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ at the 0° angle.

6.9 Radionuclide identification, when provided

6.9.1 Single radionuclide identification

6.9.1.1 Requirements

The BRD shall correctly identify the sources listed in Table 3 that produce a fluence rate of $1,5 \text{ photons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ (-0% , $+5 \%$) (for the gamma-ray line listed in Table 3) at the reference point of the BRD at 0° in 1 min or in the time specified by the manufacturer, whichever is the shortest (see 4.6 and 4.8).

Table 3 – List of radionuclides for identification tests

Radionuclide	Gamma-ray energy keV
^{60}Co	1 173
^{137}Cs	662
^{67}Ga	185
^{131}I	364
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	141
^{201}Tl	167
HEU	186
WG _{Pu}	375
DU	1 001

6.9.1.2 Method of test

Position the BRD where the fluence rate at the reference point of the BRD at the reference angle (0°) is $1,5 \text{ photons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$. The source to detector distances to achieve the fluence rate shall be no less than 1 m and not greater than 3 m. A phantom is not required for this test.

NOTE 1 The fluence rate produced by the source is measured or calculated outside the source shielding container (e.g., steel, PMMA) or source encapsulation and subtracting any background contribution for the photopeak.

Initiate a radionuclide identification measurement using the integration time specified by the manufacturer or 1 min whichever is the shortest. Record the integration time used. Repeat the identification measurement for a total of 10 trials without moving the source.

Repeat the 10-trial measurement for each source listed in Table 3.

The performance is acceptable when the BRD identifies each source in 10 out of 10 consecutive trials in accordance with Table 4.

NOTE 2 Testing is performed with one source at a time.

Table 4 – Identification acceptance criteria¹

Source	Required identification (at least one) ²	Additional acceptable identification ^{3, 4}
NORM	None	None
¹³⁷ Cs	¹³⁷ Cs	None
⁶⁰ Co	⁶⁰ Co	None
⁶⁷ Ga	⁶⁷ Ga	None
¹³¹ I	¹³¹ I	None
^{99m} Tc	^{99m} Tc	⁹⁹ Mo
²⁰¹ Tl	²⁰¹ Tl	²⁰² Tl
DU	DU, U, ²³⁸ U, Uranium	²³⁵ U
HEU	HEU, ²³⁵ U	²³⁸ U, Uranium, U
WGPu	WGPu, Pu, ²³⁹ Pu, Plutonium	²⁴¹ Pu, ²⁴⁰ Pu, ²³⁸ Pu, ²⁴¹ Am, ²³⁷ U, ²⁴² Pu, neutron, ²³³ U
²⁴¹ Am + ⁶⁰ Co	²⁴¹ Am, ⁶⁰ Co	None
^{99m} Tc + HEU	Use identification acceptance criteria for each individual radionuclide	
¹³¹ I + WGPu		
1 The acceptance criteria defined in this table is based on the use of well characterised radiation sources with defined spectra and controlled source positions. Usage conditions may be substantially different to include shielding materials, source direction, or other conditions not represented by the tests stated in this document. 2 Identification results may be notated differently. For example, ²⁴¹Am may be shown as Am-241; “neutron” may be abbreviated to “neutr”. 3 Identification of naturally occurring radioactive materials (NORM) such as ⁴⁰K, ²²⁶Ra and/or ²³²Th (Potassium, Radium, or Thorium, respectively) is acceptable. Identification of radionuclides in the decay chains of all the sources is also acceptable. 4 Medical sources may contain gamma-ray impurities. Identification of the impurities is considered acceptable.		

6.9.2 Simultaneous identification

6.9.2.1 Requirements

The BRD shall have the ability to correctly identify more than one radionuclide simultaneously in 1 min or in the time as specified by the manufacturer, whichever is the shortest. Each source shall produce a fluence rate of 1,5 photons·s⁻¹·cm⁻² (for the gamma-ray line listed in in Table 3) at the reference point and reference angle (0°) of the BRD (see 4.6 and 4.8).

6.9.2.2 Method of test

Following the method of test in 6.9.2.2, expose the BRD to the following source combinations:

^{99m}Tc + HEU

¹³¹I + WGPu

Each source shall be placed at the same source to reference point distance as used when performing 6.9.1.2. A phantom is not required for this test.

The performance is acceptable when the BRD identifies each source combination in 10 out of 10 consecutive trials in accordance with Table 4.

6.9.3 False identification

6.9.3.1 Requirements

The BRD shall not identify a radionuclide that is not present when operated in a stable ambient radiation background in accordance with Table 1.

6.9.3.2 Method of test

Allow the BRD to acquire a background as described by the manufacturer. Without a source present, perform an identification at the time required by the manufacturer or 1 min, whichever is shorter. A phantom is not required for this test.

The BRD shall not identify unexpected radionuclides.

Repeat the identification for a total of 10 trials. The performance is acceptable when the BRD does not identify a radionuclide, other than NORM (see Table 4), in 9 out of 10 consecutive trials.

6.9.4 Over range characteristics for identification

6.9.4.1 Requirements

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

6.9.4.2 Method of test

Position a ^{137}Cs source where it produces 150 % of the maximum ambient dose equivalent rate or count rate for radionuclide identification as stated by the manufacturer at the reference point and reference angle (0°) of the BRD. Verify the display indicates that the field is too high to perform an identification. A phantom is not required for this test.

Move the ^{137}Cs source to a position that provides an ambient dose equivalent rate or count 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 3 out of 3 trials.

6.10 Addressing natural background variations

6.10.1 Requirements

The purpose of this functional requirement is to reduce alarms caused by sudden changes in the natural background level that may occur upon entering a building, walking on a granite pavement, or coming into proximity of a ceramic tile wall.

This function shall not reduce the BRD detection capability.

6.10.2 Method of test

Establish a “low background” test condition in accordance with Table 1 and a “high background” test condition having an ambient dose equivalent rate of 2,5 times (-0% , $+30\%$) the background at the test location at the reference point of the BRD. The high background condition shall be achieved using a source combination composed of bulk NORM material that contains radium, thorium, and potassium.

Place the reference point of the BRD at the low background position and allow it to start up as defined by the manufacturer. A phantom is not required for this test. Once the BRD is operating normally as it would when detecting changes in radiation levels, within a period of 2 s change the ambient dose equivalent rate to that for the high background position. While in the high background condition, verify that the BRD response capability remains unchanged by performing a single trial in accordance with 6.2.2 using ^{137}Cs at the reference angle (0°). Go back to the low background position and repeat the entire process for a total of 10 trials.

No alarm shall occur, and no radionuclides shall be identified, other than indications of NORM associated with background, in 9 out of 10 trials from the change from low to high background, and an alarm shall occur for each of the 10 trials while in the high background condition from the presence of the ^{137}Cs source.

7 Climatic requirements

7.1 General

User displays, such as cell phones are not required to be exposed to the specified environments.

7.2 Ambient temperature

7.2.1 Requirements

The BRD shall function properly when tested over the temperature range specified for portable instruments in IEC 62706 ($-20\text{ }^\circ\text{C}$ to $50\text{ }^\circ\text{C}$). The BRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

7.2.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2 at $(22 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ (nominal temperature). During the test, perform the intermediate measurements (using sources) as described in 4.10.3.2 at $10\text{ }^\circ\text{C}$ intervals after at least a 1 h soak at each temperature, and at the beginning, middle, and end of the 16 h temperature extreme soak intervals.

Following return to the nominal temperature, perform the post-test measurements as described in 4.10.4 and analyse the results in accordance with Table 2.

7.3 Temperature shock

7.3.1 Requirements

The BRD shall function properly within the manufacturer-stated period of time following exposure to a rapid change in temperature from nominal $(22 \pm 2)\text{ }^\circ\text{C}$ to the $-20\text{ }^\circ\text{C}$ (low) or $50\text{ }^\circ\text{C}$ (high) and back to the nominal temperature (IEC 62706 portable instruments, non-weather protected). The time required for an instrument to become functional after each temperature change shall be stated by the manufacturer which should be within 1 h. The BRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

7.3.2 Method of test

Follow the temperature shock method as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2 at $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ (nominal temperature). The BRD shall then be exposed to the following temperature changes with the change taking place over a time interval of not more than 5 min:

$-22 ^\circ\text{C}$ to $50 ^\circ\text{C}$, $50 ^\circ\text{C}$ to $22 ^\circ\text{C}$, $22 ^\circ\text{C}$ to $-20 ^\circ\text{C}$, $-20 ^\circ\text{C}$ to $22 ^\circ\text{C}$

The soak time at each temperature test point shall be 2 h and the data collection interval shall be every 30 min following the change in temperature. Data collection during the test shall be done as described in 4.10.3.2 (using sources).

NOTE Thirty minutes is selected due to the typical mass of a BRD and the expected time needed for temperature to cause an effect.

Following the final 2 h time interval at $22 ^\circ\text{C}$, the post-test results shall be obtained as described in 4.10.4 and analysed in accordance with Table 2.

7.4 Relative humidity

7.4.1 Requirements

The BRD shall function properly at relative humidity levels of up to 93 % in a temperature of $35 ^\circ\text{C}$ as required for instruments used in uncontrolled environments. The BRD is not required to be mounted on a phantom during testing.

Based on the expected use and functional reliability requirements, some BRDs may require additional tests. Refer to IEC 62706 for additional guidance.

7.4.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirements, measurements using radiation sources are obtained at the following times and in the following conditions:

- Pre-test: perform 4.10.2 following a 2 h soak at $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(65 \pm 5) \% \text{ RH}$
- Intermediate measurements: perform 4.10.3.2 (using sources) at the beginning, middle, and end of the 16 h soak at $(35 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(93 \pm 5) \% \text{ RH}$
- Intermediate measurements: perform 4.10.3.2 (using sources) following a 2 h soak at $35 ^\circ\text{C}$ and $(40 \pm 3) \% \text{ RH}$
- Post-test: perform 4.10.4 following a 2 h soak at the pre-test conditions.

Analyse the results in accordance with Table 2.

7.5 Low/high temperature startup

7.5.1 Requirements

BRDs shall be able to operate when switched on at the cold temperature limit ($-20 ^\circ\text{C}$) or high temperature limit ($50 ^\circ\text{C}$) as required for instruments used in uncontrolled environments.

7.5.2 Method of test

Follow the low/high temperature start up method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, measurements using radiation sources are obtained at the following times and in the following conditions:

- Pre-test: perform 4.10.2 following a 2 h soak at $(22 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(65 \pm 5) \% \text{ RH}$ then switch off the BRD.
- Intermediate measurements – nominal to low temperature: switch on the BRD after a period of 2 h at the low temperature extreme and perform 4.10.3.2 (using sources) then switch off the BRD.
- Intermediate measurements – low temperature to nominal: switch on the BRD after a period of 2 h at the nominal temperature and perform 4.10.3.2 (using sources) then switch off the BRD.
- Intermediate measurements – nominal to high temperature: Switch on the BRD after a period of 2 h at the high temperature extreme and perform 4.10.3.2 (using sources) then switch off the BRD.
- Return to nominal temperature: Switch on the BRD after a period of 2 h and perform 4.10.4.

Analyse the results in accordance with Table 2.

7.6 Dust and moisture protection

7.6.1 Requirements

The BRD shall meet the IP 53 classification requirements stated in IEC 62706.

7.6.2 Method of test – Dust

Follow the IP 53 classification method of test for dust as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Following exposure to the dust environment, perform the post-test measurements as described in 4.10.3 and analyse the results in accordance with Table 2. Inspect the BRD to determine the extent of dust ingress.

7.6.3 Method of test – Moisture

Follow the IP 53 classification method of test for moisture as specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Observe the response of the BRD while being exposed to the water spray without sources present and perform actions as described in 4.10.3.1. Following exposure to the moisture environment, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2. Inspect the BRD to determine the extent of moisture ingress.

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

8 Mechanical requirements

8.1 General

User displays, such as cell phones are not required to be exposed to the specified environments.

8.2 Vibration

8.2.1 Requirements

BRDs shall withstand exposure to vibrations associated with the operation of non-installed instruments 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.

8.2.2 Method of test

Follow the non-installed instruments vibration method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Observe the response from the BRD while being exposed to the vibration without the sources present and perform actions as described in 4.10.3.1. Following vibration, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2. In addition, inspect the BRD and note if there are any changes in the physical condition caused by the vibration (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

8.3 Microphonics/Impact

8.3.1 Requirements

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

8.3.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Observe the response of the BRD while being exposed to the impacts without the sources present and perform actions as described in 4.10.3.1. Following the test, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

8.4 Mechanical shock

8.4.1 Requirements

BRDs shall withstand exposure to mechanical shocks associated with the operation of non-installed instruments as defined in IEC 62706 (50 g at 11 ms).

8.4.2 Method of test

Follow the non-installed instruments mechanical shock method of test specified in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Following the mechanical shocks, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2. In addition, inspect the BRD and note if there are any changes in the physical condition caused by the mechanical shocks (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

8.5 Drop

8.5.1 Requirements

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

8.5.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Following the drops, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2. In addition, inspect the BRD and note if there are any changes in the physical condition caused by the drops (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

9 Electromagnetic requirements

9.1 General

User displays, such as cell phones are not required to be exposed to the specified environments.

9.2 Electrostatic discharge (ESD)

9.2.1 Requirements

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

9.2.2 Method of test

Follow the ESD method of test for battery powered instruments as defined in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Observe the response of the BRD while being exposed to the discharges without the sources present and perform the actions described in 4.10.3.1. Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

9.3 Radio frequency (RF)

9.3.1 Requirements

BRDs should not be affected by RF fields in accordance with the radiofrequency 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.

9.3.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Without moving the radiation test sources, observe the response of the BRD while being exposed to the radio frequency conditions and perform actions as described in 4.10.3.2. Remove the radiation test sources, repeat the radiofrequency exposure while performing actions as described in 4.10.3.1.

Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

9.4 Radiated RF emissions

9.4.1 Requirements

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

9.4.2 Method of test

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

9.5 Conducted disturbances

9.5.1 Requirements

BRDs having interconnecting cables longer than 1 m shall not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument in accordance with IEC 62706, immunity from conducted RF.

NOTE IEC 62706 indicates the requirement is for line-powered devices.

9.5.2 Method of test

Follow the conducted disturbances method of test as defined in IEC 62706.

To verify the performance of the BRD against the requirements, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. With the sources positioned as done for the pre-test, observe the response from the BRD while being exposed to the radio frequency conditions and perform actions as described in 4.10.3.2. Remove the radiation test sources and repeat the radiofrequency exposure while performing 4.10.3.1.

Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

9.6 Magnetic fields

9.6.1 Requirements

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

9.6.2 Method of test

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

To verify the performance of the BRD against the requirement, perform the pre-test measurements as described in 4.10.2. Observe the response of the BRD with the radiation sources present while being exposed to the magnetic field and perform the actions described in 4.10.3.2. Following completion of the test, perform the post-test measurements as described in 4.10.4, and analyse the results in accordance with Table 2.

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) BRD model.
- c) Type of radiation detector(s) used (e.g., NaI(Tl)). If gas-filled detectors are used (e.g., ^3He), the manufacturer shall state the dimensions, pressure, and active volume of the detector.
- d) Description of the BRD.
- e) Operating instructions.
- f) Size and weight.
- g) Recommended alarm and system parameter settings.
- 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 BRD, if applicable.
- l) Over-range ambient dose equivalent rate values for dose rate measurement and identification (if applicable).
- m) Operating temperature range.
- n) Method and type of information transmitted from the BRD.

10.2 Test certificate

A certificate shall accompany each BRD providing the following information:

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

Annex A (informative)

Summary of fluence rate calculations

For an isotropic source, as those used in this document, the fluence rate at a radius, r , from the source is expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{R}{4\pi r^2} \quad (\text{A.1})$$

where R is the number of photons per second emitted from the source (i.e., emission rate).

R can be expressed as a function of the source activity, A (expressed in becquerels), as:

$$R = A \times p(E) \quad (\text{A.2})$$

where $p(E)$ is the emission intensity of a gamma ray at energy E . Then the fluence rate can be expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{A \times p(E)}{4\pi r^2} \quad (\text{A.3})$$

If the source emits gamma rays at different energies, then the total fluence rate can be expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{A}{4\pi r^2} \sum_i p(E_i) \quad (\text{A.4})$$

If the source is encapsulated in a material, R can be expressed as a function of the source activity, A (expressed in becquerels), as:

$$R = A \times p(E) \times \exp[-(\mu/\rho) \times x \rho] \times B \quad (\text{A.5})$$

where

$p(E)$ is the emission intensity of a gamma ray at energy E ,
and the source is encapsulated by layer of material with thickness, x (expressed in cm),
density, ρ (expressed in g/cm³),
 B is the build-up factor, and
 μ/ρ is the mass attenuation coefficient of the material (expressed in units of cm²/g).

Then the fluence rate of a gamma-ray energy at a radius, r , from the source can be expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{A \times p(E) \times B \times \exp[-(\mu/\rho) \times x \rho]}{4\pi r^2} \quad (\text{A.6})$$

If the source emits gamma rays at different energies, then the total fluence rate can be expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{A}{4\pi r^2} \sum_i p(E_i) B(E_i, x) \exp\left[-\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_i x \rho\right] \quad (\text{A.7})$$

The fluence rate value obtained using Formula (A.4) will depend on the cut-off energy used in the calculation. A 40 keV cut-off energy is recommended for most calculations.

The emission probabilities listed in the LNE-LNHB, Le Laboratoire National Henri Becquerel, *Table of Radionuclides* should be used for these calculations; if a given radionuclide is not listed in LNE-LNHB, Le Laboratoire National Henri Becquerel, *Table of Radionuclides*, then use the data listed in the Evaluated Nuclear Structure Data File (ENSDF) National Nuclear Data Center, *Chart of Nuclides*. If the required data are not available in the LNE-LNHB or ENSDF, a list of the photo-peaks and emission probabilities used in the calculation shall be provided as part of the support documentation.

If the source is a point source of unknown activity (i.e., isotropic emission), the fluence rate for a single gamma-ray line of energy, E , can be measured using a gamma-ray spectrometer equipped with a HPGe detector. In this case the fluence rate can be expressed as:

$$\dot{\phi} = \frac{Area_{\text{net}}}{T_{\text{Live}} \times \varepsilon(E) \times 4\pi r^2} \quad (\text{A.8})$$

where

$Area_{\text{net}}$ is the net photo-peak area of the gamma line of energy E ,

$\varepsilon(E)$ is the detector full-energy peak efficiency for the gamma-ray of energy E , and

T_{Live} is the live time of the measurement (expressed in seconds) (see IEC 61452 or *Gamma- and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*, K. Debertin, R.G. Helmer. Editor North-Holland, 1998 Edition).

Bibliography

IEC 60050-881:1983, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 881: Radiology and radiological physics*

IEC 60050-881:1983/AMD1:2014

IEC 60050-881:1983/AMD2:2019

IEC 60050-881:1983/AMD3:2020

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 61452: 2021, *Nuclear instrumentation – Measurement of activity or emission rate of gamma-ray emitting radionuclides – Calibration and use of germanium-based spectrometers*

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 62618, *Radiation protection instrumentation – Spectroscopy-based alarming Personal Radiation Detectors (SPRD) for the detection of illicit trafficking of radioactive material*

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

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

ISO 8529-1:2021, *Neutron reference radiation fields – Part 1: Characteristics and methods of production*

Casella, G., Berger, R. L., 2002, *Statistical Inference*, Second Edition. Pacific Grove, CA: Duxbury

DeGroot, M. H., 1989, *Probability and Statistics*, Second ed., Reading, MA: Addison-Wesley. York: John Wiley & Sons, Inc.

P. J. Bickel, K. Doksum, 1977, *Mathematical Statistics*, Holden-Day, San Francisco, CA

R. Radev, T. Mclean. "Characterization of ^{244}Cm neutron sources", *Applied Radiation and Isotopes*, 163, 2020

K. Debertin, R.G. Helmer, *Gamma- and X-ray Spectrometry with Semiconductor Detectors*, Editor North-Holland, 1998 Edition

LNE-LNHB, Le Laboratoire National Henri Becquerel, *Table of Radionuclides*

ENSDF, Evaluated Nuclear Structure Data File, National Nuclear Data Center, *Chart of Nuclide*

NIST Technical Note 2073, November 2019, *Guidebook for Standards-Based Testing of Radiation-Detection Systems*, L. Pibida, C. Forrester, P. Chiaro and D. Potter. This publication is available free of charge from: <https://doi.org/10.6028/NIST.TN.2073>

International Bureau of Weights and Measures, *The International System of Units*, 8th edition, 2006

ICRU Report 60: 1998, *Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62694:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62694:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	41
INTRODUCTION.....	43
1 Domaine d'application	44
2 Références normatives	44
3 Termes et définitions, abréviations et symboles, grandeurs et unités	45
3.1 Termes et définitions	45
3.2 Abréviations et symboles	46
3.3 Grandeurs et unités	46
4 Procédure d'essai générale	47
4.1 Généralités	47
4.2 Conditions d'essai normalisées	47
4.3 Incertitudes	47
4.4 Fluctuations statistiques	47
4.5 Rayonnements de bruit de fond au cours des essais.....	48
4.6 Sources de rayonnement	48
4.7 Matières nucléaires spéciales (SNM) et sources d'uranium appauvri (DU)	48
4.8 Configuration du BRD	49
4.9 Vitesse de déplacement des sources, avec mise à l'échelle de la vitesse et de la distance	50
4.10 Essais de fonctionnalité	51
4.10.1 Généralités	51
4.10.2 Mesurages initiaux.....	51
4.10.3 Mesurages intermédiaires.....	52
4.10.4 Mesurages finaux	52
4.10.5 Critères d'acceptation.....	53
5 Exigences générales	53
5.1 Exigences de conception	53
5.2 Marquages.....	54
5.3 Interrupteurs	54
5.4 Plage effective de mesure du débit de dose – Photons	54
5.5 Atmosphères explosives	54
5.6 Alimentation électrique.....	54
5.6.1 Exigences.....	54
5.6.2 Méthode d'essai	54
5.7 Format de données	54
5.7.1 Exigences.....	54
5.7.2 Méthode d'essai	55
5.8 Transfert des données	55
5.9 Interface utilisateur – Indications	55
5.10 Alarmes	55
5.10.1 Indication des alarmes.....	55
5.10.2 Alarme de protection individuelle	56
5.10.3 Indication sonore pour la recherche	56
5.10.4 Alarmes sonores.....	56
6 Exigences de détection des rayonnements	56
6.1 Essai de fausses alarmes	56

6.1.1	Exigences.....	56
6.1.2	Méthode d'essai	56
6.2	Réponse des alarmes aux rayonnements gamma	56
6.2.1	Exigences.....	56
6.2.2	Méthode d'essai	56
6.3	Réponse des alarmes aux rayonnements neutroniques (si la fonction est prise en charge).....	57
6.3.1	Exigences.....	57
6.3.2	Méthode d'essai	57
6.4	Alarme de protection individuelle contre les rayonnements et temps de réponse	57
6.4.1	Exigences.....	57
6.4.2	Méthode d'essai	57
6.5	Indication du débit d'équivalent de dose ambiant gamma	58
6.5.1	Exigences.....	58
6.5.2	Méthode d'essai	58
6.6	Essai de dépassement de l'étendue de mesure.....	58
6.6.1	Exigences.....	58
6.6.2	Méthode d'essai	58
6.7	Indication de neutrons en présence de photons (si la fonction est prise en charge).....	59
6.7.1	Exigences.....	59
6.7.2	Méthode d'essai	59
6.8	Détection d'une augmentation progressive des niveaux de rayonnement	59
6.8.1	Exigences.....	59
6.8.2	Méthode d'essai	59
6.9	Identification des radionucléides (si la fonction est prise en charge)	60
6.9.1	Identification de radionucléides isolés.....	60
6.9.2	Identification simultanée	61
6.9.3	Identification erronée	62
6.9.4	Caractéristiques de dépassement de l'étendue de mesure pour l'identification	62
6.10	Prise en compte des variations du bruit de fond naturel	62
6.10.1	Exigences.....	62
6.10.2	Méthode d'essai	62
7	Exigences climatiques	63
7.1	Généralités	63
7.2	Température ambiante	63
7.2.1	Exigences.....	63
7.2.2	Méthode d'essai	63
7.3	Choc de température	63
7.3.1	Exigences.....	63
7.3.2	Méthode d'essai	64
7.4	Humidité relative.....	64
7.4.1	Exigences.....	64
7.4.2	Méthode d'essai	64
7.5	Démarrage à basse/haute température	65
7.5.1	Exigences.....	65
7.5.2	Méthode d'essai	65
7.6	Protection contre la poussière et l'humidité	65

7.6.1	Exigences.....	65
7.6.2	Méthode d'essai – Poussière	65
7.6.3	Méthode d'essai – Humidité	65
8	Exigences mécaniques	66
8.1	Généralités	66
8.2	Vibrations	66
8.2.1	Exigences.....	66
8.2.2	Méthode d'essai	66
8.3	Effets microphoniques/impacts.....	66
8.3.1	Exigences.....	66
8.3.2	Méthode d'essai	66
8.4	Chocs mécaniques.....	66
8.4.1	Exigences.....	66
8.4.2	Méthode d'essai	67
8.5	Chutes	67
8.5.1	Exigences.....	67
8.5.2	Méthode d'essai	67
9	Exigences électromagnétiques	67
9.1	Généralités	67
9.2	Décharges électrostatiques (DES)	67
9.2.1	Exigences.....	67
9.2.2	Méthode d'essai	67
9.3	Radiofréquences (RF).....	68
9.3.1	Exigences.....	68
9.3.2	Méthode d'essai	68
9.4	Emissions RF rayonnées	68
9.4.1	Exigences.....	68
9.4.2	Méthode d'essai	68
9.5	Perturbations conduites	68
9.5.1	Exigences.....	68
9.5.2	Méthode d'essai	68
9.6	Champs magnétiques	69
9.6.1	Exigences.....	69
9.6.2	Méthode d'essai	69
10	Documentation	69
10.1	Manuel d'utilisation et de maintenance.....	69
10.2	Certificat d'essai	70
10.3	Déclaration de conformité	70
	Bibliographie.....	73

Figure 1 – Schéma des angles d'essai du BRD et des directions de déplacement de la source 50

Figure 2 – Schéma du point de référence du BRD..... 50

Tableau 1 – Conditions d'essai normalisées..... 47

Tableau 2 – Analyse des résultats d'essai..... 53

Tableau 3 – Liste des radionucléides pour les essais d'identification 60

Tableau 4 – Critères d'acceptation d'identification¹..... 61

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉTECTEUR DE RAYONNEMENT DE TYPE SAC À DOS (BRD) POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES MATIÈRES RADIOACTIVES**AVANT-PROPOS**

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

L'IEC 62694 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 2014. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) alignement de la norme sur les nouvelles normes relatives à la détection du trafic illicite des matières radioactives;
- b) création d'un essai de fonctionnalité brut pour l'ensemble des essais électromagnétiques, mécaniques et d'environnement, et ajout d'une exigence pour le coefficient de variation de chaque relevé de moyenne nominal;

- c) révision des exigences radiologiques, dont la simplification des critères d'acceptation pour l'identification des radionucléides;
- d) référence à l'IEC 62706 pour les conditions d'essais électromagnétiques, mécaniques et d'environnement.

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

Projet	Rapport de vote
45B/1012/FDIS	45B/1018/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.

Ce 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/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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de ce document indique qu'il contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer ce document en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

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 des organismes tels que 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 élaborent et fabriquent 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 et lors d'événements majeurs.

Pour assurer la cohérence des résultats de mesurages réalisés en différents endroits, il est impératif de concevoir l'instrumentation pour la radioprotection selon des spécifications en établissant les exigences de performances 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, les systèmes mobiles montés sur véhicules, ainsi que les systèmes de détection et d'identification de rayonnement de type sac à dos. Une liste de ces normes est donnée ci-dessous.

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 – Dispositifs 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 (SRPMs) utilisés pour la détection et l'identification du trafic illicite des matières radioactives
Format de données	62755	Radiation protection instrumentation – Data format for radiation instruments used in the detection of illicit trafficking of radioactive materials (disponible en anglais seulement)
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 – DÉTECTEUR DE RAYONNEMENT DE TYPE SAC À DOS (BRD) POUR LA DÉTECTION DU TRAFIC ILLICITE DES MATIÈRES RADIOACTIVES

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux détecteurs de rayonnement de type sac à dos (BRD, *Backpack-type Radiation Detector*) essentiellement destinés à la détection du trafic illicite des matières radioactives. Les BRD sont des instruments portables conçus pour être portés pendant leur utilisation. Les BRD ont pour objet de détecter les rayonnements gamma; ils peuvent intégrer une fonction de détection des rayonnements neutroniques et être capables d'identifier les radionucléides émetteurs de rayons gamma.

Le présent document établit les exigences fonctionnelles et d'essai associées au mesurage des rayonnements, ainsi que les conditions électriques, mécaniques et ambiantes attendues lors de l'utilisation de ces détecteurs.

Le présent document ne s'applique pas aux appareils de mesure du débit d'équivalent de dose ambiant ou individuel couverts par l'IEC 60846-1 ou l'IEC 61526, respectivement.

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 (IEV) – 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 60068-2-11, *Essais d'environnement – Partie 2-11: Essais – Essai Ka: Brouillard salin*

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)

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)

3 Termes et définitions, abréviations et 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 <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1.1

alarme

signal sonore, visuel ou d'une autre nature qui est émis lorsque le relevé de l'instrument dépasse une valeur prédéfinie ou sort d'une plage prédéfinie ou lorsque l'instrument détecte la présence de la source de rayonnement conformément à une condition prédéfinie

3.1.2

niveau 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

3.1.3

détecteur de rayonnement de type sac à dos

instrument composé de plusieurs éléments de détection de rayonnement placés à l'intérieur d'un sac à dos ou d'une enveloppe analogue et équipé d'une interface utilisateur externe ou d'un dispositif de commande

3.1.4

coefficient de variation

COV

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

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

3.1.5

fluence

Φ

quotient de dN par da , dN étant le nombre de particules incidentes qui pénètrent dans une sphère dont les grands cercles ont pour aire da : $\Phi = dN/da$

3.1.6

débit de fluence

$\dot{\Phi}$

quotient de $d\Phi$ par dt , où $d\Phi$ est l'incrément de la fluence pendant l'intervalle de temps dt , soit

$$\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt}$$

Note 1 à l'article: Le débit de fluence s'exprime en $m^{-2} \cdot s^{-1}$.

3.1.7

essai de type

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

3.1.8**interface utilisateur**

logiciels et/ou matériels qui assurent la gestion des interactions entre un utilisateur et un équipement

3.1.9**variance**
 σ^2

mesure de la dispersion égale au quotient de la somme des carrés des écarts des observations par rapport à leur moyenne, divisée par le nombre d'observations moins un

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

3.2 Abréviations et symboles

BRD	(Backpack-type Radiation Detector) détecteur de rayonnement de type sac à dos
COV	(Coefficient Of Variation) coefficient de variation
cps	comptes par seconde
DU	(Depleted Uranium) uranium appauvri
DES	décharge électrostatique
GPS	(Global Positioning System) système mondial de géolocalisation
HDPE	(High Density Polyethylene) polyéthylène haute densité
HEU	(Highly Enriched Uranium) uranium hautement enrichi
HPGe	(High Purity Germanium) germanium de haute pureté
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
r	rayon
RF	radiofréquence
SNM	(Special Nuclear Material) matière nucléaire spéciale
WGPu	(Weapons Grade Plutonium) plutonium de grade militaire
XML	(eXtensible Markup Language) langage de balisage extensible

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 eV = 1,602 × 10⁻¹⁹ J;
- pour le temps: années (symbole: y), jours (symbole: d), heures (symbole: h), minutes (symbole: min);
- pour la température: degrés Celsius (symbole: °C), 0 °C = 273,15 K.

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

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 Généralités

Sauf spécification contraire dans une étape, les essais décrits dans le présent document peuvent être réalisés dans le cadre d'un essai de type ou d'un essai de réception.

4.2 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 1. La température ambiante, l'humidité relative et la pression atmosphérique doivent être enregistrées pendant les essais.

Tableau 1 – 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 La zone d'essai ne doit comporter aucune source de rayonnement neutronique à des niveaux susceptibles de compromettre les résultats des essais

NOTE Les BRD sont généralement utilisés dans des zones non radiologiques (ports et postes-frontières, par exemple). Ces zones ne comportent par hypothèse aucune matière radiologique anthropique, comme des sources de rayonnement. Par hypothèse, la plupart des essais décrits dans le présent document sont réalisés dans des espaces intérieurs ouverts.

4.3 Incertitudes

Sauf indication contraire pour une grandeur spécifique, il convient que les incertitudes associées à une grandeur mesurable (le champ de rayonnement, par exemple) ne dépassent pas ± 15 % avec un facteur d'élargissement $k = 1$, sauf dans le cas des mesurages du rayonnement du bruit de fond pour lesquels un dépassement de cette valeur est admis.

4.4 Fluctuations statistiques

Pour les essais où des sources radioactives sont employées aux fins de vérification de la sensibilité aux conditions climatiques, électromagnétiques ou mécaniques (voir Articles 7, 8 et 9), le champ de rayonnement produit par les sources pour vérifier la réponse du BRD doit être réglé afin de réduire l'amplitude des fluctuations statistiques.

Si l'amplitude des fluctuations statistiques dues à la nature aléatoire du rayonnement représente une fraction significative de la variation de l'indication admise pour l'essai (c'est-à-dire des fluctuations supérieures à 12 %), il convient d'augmenter le champ de rayonnement afin de réduire la fluctuation des relevés. Pour des recommandations supplémentaires, se reporter à la Note technique 2073 du NIST (voir Bibliographie). Le COV du relevé moyen nominal doit être inférieur ou égal à 12 % pour les mesurages avec des sources présentes.

Pour les mesurages en l'absence de sources (c'est-à-dire au niveau de rayonnement du bruit de fond), observer le BRD afin de vérifier que des alarmes et des indications parasites ne sont pas déclenchées par une grandeur d'influence (température, humidité, RF, impacts, vibrations, par exemple). Par hypothèse, les relevés montrent des fluctuations importantes ($COV > 12\%$).

La bibliographie contient une liste de publications qui fournissent des informations supplémentaires sur les processus statistiques associés aux mesurages de rayonnements.

4.5 Rayonnements de bruit de fond au cours des essais

Les essais doivent être réalisés dans une zone contrôlée qui présente le bruit de fond de rayonnement indiqué dans le Tableau 1.

4.6 Sources de rayonnement

Pour les essais d'alarme, le ^{241}Am , le ^{137}Cs et le ^{60}Co sont utilisés pour produire un débit de fluence de $4 \text{ photons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ (-0% , $+5\%$) au point de référence du BRD. Le débit de fluence doit être déterminé pour les énergies des rayons gamma répertoriées dans le Tableau 3. Le débit d'équivalent de dose ambiant doit être déterminé avec une énergie de seuil des photons de 40 keV. L'Annexe A fournit des informations pour la détermination du débit de fluence.

Pour les essais d'identification, les sources DU, HEU, WGPu, ^{137}Cs , ^{60}Co , ^{67}Ga , ^{131}I , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ et ^{201}Tl doivent produire un débit de fluence de $1,5 \text{ photons} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ (-0% , $+5\%$) au point de référence du BRD. Les radionucléides médicaux ($^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{67}Ga , ^{131}I et ^{201}Tl) doivent être enveloppés de 8 cm de méthacrylate de polyméthyle (PMMA) pour les besoins des essais afin de représenter des conditions in vivo. Pour ces sources, le débit de fluence est mesuré à l'extérieur de l'enveloppe en PMMA. Le débit de fluence doit être déterminé pour les énergies des rayons gamma répertoriées dans le Tableau 3.

^{252}Cf ou ^{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 polyéthylène haute densité (HDPE) (masse volumique comprise entre $0,93 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ et $0,97 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$). Le modérateur en HDPE 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.

NOTE Des informations supplémentaires concernant les champs de rayonnement neutronique peuvent être obtenues dans l'ISO 8529-1:2021. Des informations supplémentaires peuvent être obtenues dans R. Radev *et al.*, dans la Bibliographie.

Les sources utilisées lors des essais doivent être contrôlées à l'aide d'un détecteur au germanium de haute pureté (HPGe, *High-purity Germanium Detector*) afin de vérifier l'absence d'impuretés émettrices de rayons gamma. Les spectres doivent être enregistrés. L'identification d'impuretés est acceptable.

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

Pour les sources SNM et DU, différents types, masses et formes peuvent être utilisés lors des essais, sous réserve que le débit de fluence exigé soit obtenu. Dans le cadre du présent document, le HEU a un enrichissement $\geq 90\%$ ^{235}U , le DU a une abondance ^{235}U comprise entre $0,2\%$ et $0,4\%$, tandis que le WGPu a une composition $\leq 6,5\%$ ^{240}Pu et $> 93\%$ ^{239}Pu . Il peut être nécessaire de blinder la source WGPu (avec un alliage de cuivre ASTM B152, par exemple) afin de réduire les émissions mesurées à 60 keV de ^{241}Am . 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 de plus d'un facteur de 10. Par exemple, si le taux d'émission de la ligne 375 keV est de 100 s^{-1} , alors il convient que le taux d'émission de la ligne 60 keV ^{241}Am ne dépasse pas $1\,000 \text{ s}^{-1}$.

NOTE 1 Le facteur 10 a été déterminé à partir de mesurages du matériau de la source.

NOTE 2 L'IEC TR 62971 peut fournir des informations supplémentaires sur l'emploi des sources SNM lors des essais.

4.8 Configuration du BRD

Il convient de configurer le BRD conformément aux recommandations du fabricant, notamment en ce qui concerne le mode de mise à jour du bruit de fond, le cas échéant. Après configuration en vue des essais, il convient de n'apporter aucune modification susceptible de compromettre la réponse globale du BRD.

Lors des essais radiologiques de l'Article 6, le BRD doit être configuré et orienté comme en usage normal. Pour ce faire, un fantôme est utilisé pour représenter la partie supérieure d'un torse humain. Le fantôme doit être réalisé en PMMA et mesurer 40 cm de largeur, 60 cm de hauteur et 15 cm d'épaisseur (voir Figure 2).

Le BRD doit être placé sur un support, sur une table ou sur un appareillage réalisé dans un matériau qui ne comporte pas une quantité importante d'hydrogène (mousse, plastique, bois, par exemple). Il est recommandé d'employer des matériaux tels que de l'aluminium pour prévenir toute modération supplémentaire possible de la source de neutrons.

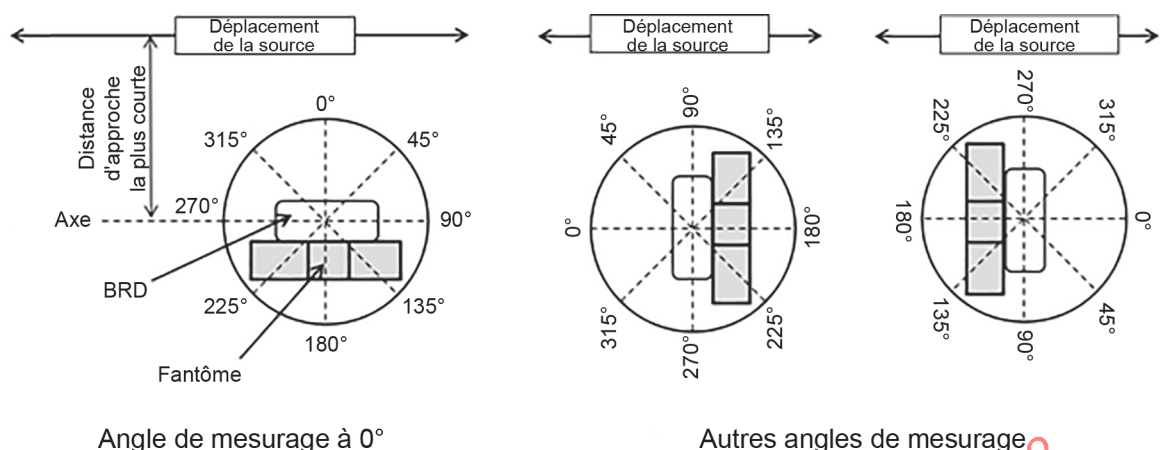
Il convient que le fabricant identifie le point de référence du BRD. À défaut, le point de référence est le point d'intersection de trois lignes mutuellement perpendiculaires qui passent par le centre de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur du BRD (voir Figure 1 et Figure 2). Le point de référence du BRD doit être placé au centre du fantôme (à 30 cm du fond du fantôme).

Pour les essais statiques et dynamiques décrits à l'Article 6, le point de référence du BRD doit être placé à au moins 1,2 m du plancher ou du sol. L'axe de la source doit se situer à la même hauteur que le point de référence du BRD.

Pour les essais statiques, la distance entre la source et le point de référence du BRD doit être comprise entre 1 m et 3 m, sauf indication contraire.

Sauf spécification contraire, la distance d'approche la plus courte entre les sources de rayonnement gamma et le point de référence du BRD doit être comprise entre 1 m et 3 m pour les essais dynamiques.

Lors des essais des Articles 7, 8 et 9, le BRD ne doit pas être placé sur un fantôme.

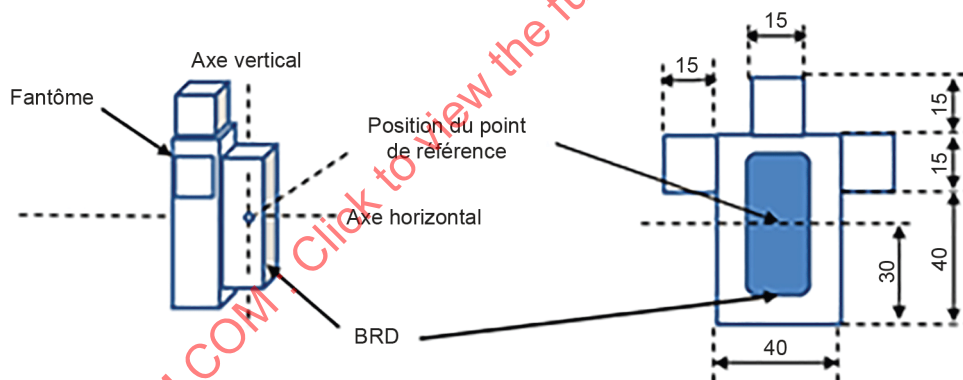


IEC

Le déplacement de la source sur la figure ci-dessus représente la configuration d'essai à un angle de 0° (vue de dessus du fantôme et du BRD). Lors des essais à 90° et à 270°, la source se déplace également dans les deux directions.

Figure 1 – Schéma des angles d'essai du BRD et des directions de déplacement de la source

Dimensions en centimètres



IEC

Figure 2 – Schéma du point de référence du BRD

4.9 Vitesse de déplacement des sources, avec mise à l'échelle de la vitesse et de la distance

Pour les essais dynamiques, la source ou le BRD 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 égale à $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ lorsque celle-ci est soumise à l'essai à une distance d'approche la plus courte de référence de 1,5 m pour les sources de rayonnement gamma et de 1 m pour la source de rayonnement neutronique.

Si nécessaire, la distance exigée entre la source et le point de référence ou la distance d'approche la plus courte, d (exprimée en m), peut être réglée, avec réglage de la vitesse de déplacement, v (exprimée en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$). Pour ce faire, la formule $v = v_0 \times d/d_0$ est appliquée, où

$v_0 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $d_0 = 1,5 \text{ m}$ pour les sources de rayonnement gamma et $v_0 = 1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et $d_0 = 1 \text{ m}$ pour la source de rayonnement neutronique.

Pour les sources de rayonnement gamma, la distance d'approche la plus courte, entre la source et le point de référence du BRD, peut varier entre 1 m et 3 m. Pour la source de rayonnement neutronique, la distance d'approche la plus courte, entre la source et le point de référence du BRD, peut varier entre 0,95 m et 1,2 m.

Lors des essais dynamiques, un délai minimal de 10 s doit être respecté entre chaque essai consécutif, la source d'essai étant positionnée à une distance telle que le taux de comptage du bruit de fond du BRD ne soit pas influencé par la présence de la source d'essai. Cela peut être réalisé en augmentant la distance entre la source et le BRD ou en ajoutant un blindage entre la source et le BRD.

Pour l'ensemble des essais dynamiques, la source et le BRD peuvent être déplacés.

4.10 Essais de fonctionnalité

4.10.1 Généralités

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

Sauf lorsque cela est nécessaire, il convient de retirer les sources pendant l'essai. Pour l'essai final et l'essai intermédiaire, les sources doivent être placées au même emplacement que celui utilisé lors des mesurages initiaux.

Les rayonnements gamma sont mesurés à l'aide de sources ^{241}Am et ^{60}Co (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 $^{241}\text{AmBe}$. Les sources ^{241}Am et ^{60}Co doivent être placées de telle sorte que le COV de chaque relevé moyen soit inférieur ou égal à 12 % (voir 4.4). 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 soumis à l'essai selon la procédure décrite ci-dessous.

4.10.2 Mesurages initiaux

- Le BRD étant en position d'essai, l'exposer à un champ de rayonnement gamma en utilisant ^{241}Am et ^{60}Co simultanément ou séparément. Il convient que chaque source produise un champ de rayonnement similaire. Les positions de la source doivent être marquées ou notées afin d'assurer la répétabilité des mesurages intermédiaires et finaux.
- Enregistrer 10 relevés du 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 que l'intervalle de temps entre les relevés soit supérieur ou égal à 3 s pour bien distinguer les relevés. L'intervalle de temps retenu entre les relevés dépend du temps d'intégration du BRD et du temps de mise à jour de l'indication de la réponse.
- Le cas échéant, 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.

- d) Si nécessaire, 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.
- e) Si le BRD est équipé d'un détecteur de neutrons, exposer le BRD à une source de neutrons et enregistrer 10 relevés du taux de comptage neutron afin de déterminer la moyenne et l'écart-type. Il convient que l'intervalle de temps entre les relevés soit supérieur ou égal à 3 s pour bien distinguer les relevés. L'intervalle de temps retenu entre les relevés dépend du temps d'intégration du BRD et du temps de mise à jour de l'indication de la réponse.

NOTE Cette partie de l'essai est réalisée en appliquant un champ de rayonnement neutronique d'intensité plus élevée pour assurer un COV inférieur ou égal à 12 %.

- f) 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.
- g) Calculer la moyenne, $\bar{x}_{pre}$, et l'écart-type, s_{pre} , des relevés du taux de comptage ou du débit d'équivalent de dose ambiant, ainsi que les relevés du taux de comptage neutron (le cas échéant).
- h) Calculer le COV (pour les relevés initiaux) et vérifier qu'il est ≤ 12 %. Si la valeur est supérieure à 12 %, régler le champ de rayonnement ou le nombre de relevés de la manière décrite en 4.4.

4.10.3 Mesurages intermédiaires

4.10.3.1 Aucune source présente – Fonctionnalité

Observer le BRD afin de vérifier que des alarmes et des indications parasites ne sont pas déclenchées par une grandeur d'influence (température, humidité, RF, impacts, vibrations, par exemple).

4.10.3.2 En présence de sources

- a) Placer chaque source d'essai au même emplacement que celui utilisé lors de l'essai initial.
- b) 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.
- c) Le cas échéant, 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.
- d) Si nécessaire, 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.
- e) Le cas échéant, 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.
- f) Calculer la moyenne, $\bar{x}_{int}$, l'écart-type, s_{int} , t_1 et t_2 (voir 4.10.4) à partir des relevés enregistrés.

4.10.4 Mesurages finaux

- a) Placer chaque source d'essai au même emplacement que celui utilisé lors de l'essai initial.
- b) 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.
- c) Le cas échéant, 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.

- d) Si nécessaire, 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.
- e) Le cas échéant, 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.
- f) Calculer la moyenne, $\bar{x}_{\text{post}}$, et l'écart-type, s_{post} , à partir des relevés finaux.
- g) Calculer les valeurs suivantes (deux statistiques d'essai fondées sur un essai t à deux échantillons, DeGroot, 1989):

$$t_1 = \frac{\bar{x}_{\text{post}} - 0,85\bar{x}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{N} + \frac{(0,85 s_{\text{pre}})^2}{N}}} \quad (1)$$

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

où N est le nombre de relevés enregistrés lors de chaque mesurage initial et final, qui est normalement égal à 10, sauf si une augmentation du nombre de relevés a été exigée.

4.10.5 Critères d'acceptation

Les résultats mesurés sont analysés conformément au Tableau 2.

Tableau 2 – Analyse des résultats d'essai

Essai de vérification	Technique d'analyse
Fonctionnalité	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 élevé au-dessus du seuil d'alarme.
Résultats d'identification	Les résultats d'identification obtenus lors de l'essai final doivent être supérieurs ou égaux à ceux obtenus lors de l'essai initial.
Réponse au rayonnement	Les résultats sont acceptables si les variations de réponse gamma et de réponse neutronique (le cas échéant) par rapport à l'essai initial et l'essai intermédiaire (le cas échéant) et/ou à 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 si les variations de réponse gamma et de réponse neutronique (le cas échéant) mesurées entre l'essai initial et l'essai intermédiaire (le cas échéant) et/ou l'essai final sont telles que $\bar{x}_{\text{post}} \geq 0,85 \bar{x}_{\text{pre}}$ et $\bar{x}_{\text{post}} \leq 1,15 \bar{x}_{\text{pre}}$.

5 Exigences générales

5.1 Exigences de conception

Il convient que la conception du BRD:

- a) assure autant que possible une bonne répartition du poids, le côté le plus lourd de l'instrument étant placé au plus près du dos du porteur, et que le poids soit réparti aussi uniformément que possible entre la gauche et la droite de l'instrument pour assurer un bon équilibre;
- b) soit facile à porter/enlever et comporte des découpes réglables autour des bras; et
- c) ressemble autant que possible à un sac à dos normal.

5.2 Marquages

Le cas échéant, les dispositifs de commande internes nécessaires au fonctionnement ou à la maintenance de l'instrument doivent être identifiés au moyen de marquages et apparaître dans les manuels techniques.

5.3 Interrupteurs

Les dispositifs de commande et de réglage qui ont une influence sur les paramètres d'étalonnage et d'alarme doivent être conçus de manière à être accessibles au personnel autorisé exclusivement.

5.4 Plage effective de mesure du débit de dose – Photons

Le fabricant doit indiquer l'étendue de mesure du débit d'équivalent de dose ambiant gamma associé au ^{137}Cs (662 keV).

5.5 Atmosphères explosives

Si la certification est revendiquée, une documentation doit être produite. La certification doit être établie selon l'IEC 60079-11 ou selon une norme équivalente telle que l'UL 913.

5.6 Alimentation électrique

5.6.1 Exigences

Le BRD doit être en mesure de supporter un temps de fonctionnement continu d'au moins 8 h. Le BRD doit être équipé d'un témoin direct visible qui indique l'autonomie de la batterie.

5.6.2 Méthode d'essai

Allumer le BRD et le laisser en fonctionnement pendant 8 h dans un environnement de bruit de fond nominal. Toutes les heures, exposer le BRD aux tests-sources de vérification neutroniques ^{137}Cs et modérés (le cas échéant) pendant 1 min et vérifier que le BRD émet des alarmes. Vérifier qu'un témoin direct de l'autonomie de la batterie est disponible.

5.7 Format de données

5.7.1 Exigences

Si le BRD peut stocker des données (fichier de sortie de données), les données stockées doivent être regroupées dans des ensembles de données.

Pour les BRD exclusivement destinés à la détection des rayons gamma, les données stockées doivent comprendre au minimum:

- a) le nom du fabricant;
- b) le modèle de l'instrument;
- c) le numéro de série;
- d) la version du logiciel;
- e) la classe de l'instrument (sac à dos, par exemple);
- f) le type de détecteur de rayonnement gamma, par exemple, à l'iodure de sodium (NaI(Tl)), à tube Geiger-Müller (GM), au toluène polyvinyle (PVT);
- g) la date et l'heure du mesurage;
- h) les niveaux de rayonnement gamma mesurés (c'est-à-dire le taux de comptage, le débit d'exposition ou le débit d'équivalent de dose ambiant, ou, selon le cas, le nombre total de comptages, le débit d'exposition total ou le débit d'équivalent de dose ambiant total, accompagné de la durée de mesurage);

i) l'indication d'alarme de rayonnement gamma.

Si le BRD comporte des fonctions de détection des rayonnements neutroniques, les données stockées doivent comprendre, en outre, au minimum:

- j) le type du détecteur de neutrons, par exemple à l'hélium 3 (^3He), au verre lithium;
- k) les niveaux de rayonnement neutronique mesurés (c'est-à-dire le taux de comptage et/ou le nombre de comptages, accompagnés de la durée de mesure);
- l) l'indication d'alarme de rayonnement neutronique.

Si le BRD comporte des fonctions d'identification des radionucléides, les données stockées doivent comprendre, en outre, au minimum:

- m) le spectre mesuré non traité;
- n) le temps actif et le temps réel associés au spectre mesuré;
- o) l'étalonnage en énergie de chaque bruit de fond et spectre mesuré;
- p) les résultats d'identification des radionucléides.

Si le BRD comporte des fonctions de géolocalisation (GPS, par exemple), l'ensemble de données doit également contenir les données de position du BRD (latitude/longitude).

Le format du 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.

5.7.2 Méthode d'essai

Lors des essais d'alarme et d'identification, vérifier que l'ensemble de données contient les éléments de données indiqués dans les exigences (voir 5.7.1), selon le cas. Utiliser des outils XML pour vérifier la conformité à l'IEC 62755.

5.8 Transfert des données

Les BRD doivent être capables de transférer des données vers un autre dispositif, tel qu'un ordinateur personnel.

5.9 Interface utilisateur – Indications

L'interface utilisateur doit fournir les indications suivantes:

- a) la réponse du détecteur (débit d'équivalent de dose ambiant gamma et/ou taux de comptage gamma et, le cas échéant, taux de comptage neutron);
- b) l'état de la batterie;
- c) les changements d'état de (état de la communication, état du détecteur, état de la géolocalisation, stabilisation de l'énergie);
- d) l'indication du dépassement de l'étendue de mesure (vérifiée en 6.6);
- e) les résultats de l'identification des radionucléides, le cas échéant (vérifiés en 6.9.2);
- f) une indication ("non identifié", "inconnu", par exemple) si un radionucléide ne peut pas être identifié.

5.10 Alarmes

5.10.1 Indication des alarmes

Une alarme de détection de rayonnement gamma ou neutronique (le cas échéant) doit se déclencher lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant ou le taux de comptage mesuré dépasse le seuil d'alarme. L'alarme de rayonnement neutronique doit être différente de l'alarme de rayonnement gamma.

5.10.2 Alarme de protection individuelle

L'alarme de protection individuelle doit se distinguer des autres alarmes. L'alarme de protection individuelle doit être visuelle et sonore. Il ne doit pas être possible de désactiver simultanément l'ensemble des indicateurs d'alarme de protection individuelle.

5.10.3 Indication sonore pour la recherche

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.

5.10.4 Alarmes sonores

Il doit être possible de mettre en sourdine l'ensemble des alarmes sonores. Il ne doit pas être possible de désactiver l'alarme de protection individuelle visuelle lorsque l'ensemble des alarmes sonores sont mises en sourdine.

6 Exigences de détection des rayonnements

6.1 Essai 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 1, 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 BRD sur le fantôme, le point de référence se situant à 1,2 m au-dessus du sol. Observer le BRD pendant 8 h. Enregistrer l'ensemble des alarmes émises, ainsi que les radionucléides identifiés (le cas échéant) par l'instrument au cours de la période de 8 h. Les résultats sont acceptables si l'instrument ne génère pas plus de 3 alarmes de rayonnement gamma, 3 alarmes de rayonnement neutronique ou 3 identifications pendant l'intervalle d'essai (avec une limite supérieure de confiance à 95 % pour une distribution de Poisson).

6.2 Réponse des alarmes aux rayonnements gamma

6.2.1 Exigences

Une alarme doit se déclencher dans un délai inférieur ou égal à 2 s après le franchissement du point d'approche le plus court lorsque le niveau de rayonnement mesuré est supérieur au réglage de l'alarme.

Cette exigence doit être vérifiée en utilisant une sources ^{60}Co , ^{137}Cs et ^{241}Am nue, qui se déplace à une vitesse de référence de $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ et qui produit un débit de fluence de $4\text{ photons}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ (-0 %, +5 %) au point de référence du BRD (voir 4.6 et 4.8) pour la distance d'approche la plus courte de référence de 1,5 m aux angles de 0° , 90° et 270° dans le plan horizontal (voir Figure 1 et Figure 2).

6.2.2 Méthode d'essai

Le BRD doit être configuré comme cela est décrit en 4.8. Pour chaque source et à chaque angle, la distance d'approche la plus courte entre la source et le point de référence du BRD peut varier entre 1 m et 3 m; la vitesse de $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ doit être réglée comme cela est décrit en 4.9 si la distance d'approche la plus courte utilisée lors de l'essai n'est pas égale à 1,5 m.

La source doit commencer à se déplacer à partir d'une position où le BRD n'est pas capable de détecter sa présence, puis doit passer devant le BRD et s'arrêter dans une position où il n'est

toujours pas capable de détecter sa présence. L'alarme du BRD doit être réinitialisée entre chaque série, s'il y a lieu. Un délai minimal de 10 s doit être respecté entre chaque essai consécutif, la source étant soit positionnée à une distance telle qu'elle n'influence pas le bruit de fond autour du BRD, soit blindée pendant ce délai.

Procéder à une série de 10 essais au total pour chaque source et à chaque angle. Les performances sont acceptables si le BRD émet une alarme lors de 28 essais au minimum sur 30 au total pour chaque source et pour l'ensemble des angles combinés.

NOTE Le critère d'acceptation de 28 essais sur 30 au total pour chaque source correspond à une probabilité d'environ 0,80 avec un intervalle de confiance à 95 %.

6.3 Réponse des alarmes aux rayonnements neutroniques (si la fonction est prise en charge)

6.3.1 Exigences

Une alarme de rayonnement neutronique doit se déclencher dans un délai inférieur ou égal à 3 s après le franchissement du point d'approche le plus court lorsque le niveau de rayonnement neutronique mesuré est supérieur au réglage de l'alarme.

Cette exigence doit être vérifiée à l'aide d'une source de rayonnement neutronique ^{252}Cf ou ^{244}Cm ou ^{248}Cm modérée (voir 4.6) dont le taux d'émission de référence est égal à $20\,000\text{ s}^{-1}$ et qui se déplace à une vitesse de référence de $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, avec une distance d'approche la plus courte égale à 1 m aux angles de 0° , de 90° et de 270° dans le plan horizontal (voir Figure 1 et Figure 2).

6.3.2 Méthode d'essai

- Le BRD doit être configuré comme cela est décrit en 4.8. Pour chaque angle, la distance d'approche la plus courte entre la source et le point de référence du BRD est égale à 1 m et la vitesse de déplacement est égale à $1\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. En raison de la tolérance admise sur le taux d'émission des sources de rayonnement neutronique (voir 4.6), la distance d'essai peut être réglée entre 0,95 m et 1,2 m afin de respecter l'exigence de taux d'émission. Si la distance d'approche la plus courte est différente de 1 m, la vitesse doit être réglée comme cela est décrit en 4.9.
- La source doit commencer à se déplacer à partir d'une position où le BRD n'est pas capable de détecter sa présence, puis doit passer devant le BRD et s'arrêter dans une position où il n'est toujours pas capable de détecter sa présence. L'alarme du BRD doit être réinitialisée entre chaque série, s'il y a lieu. Un délai minimal de 10 s doit être respecté entre chaque essai consécutif, la source étant soit positionnée à une distance telle qu'elle n'influence pas le bruit de fond autour du BRD, soit blindée pendant ce délai.
- Procéder à une série de 10 essais au total à chaque angle. Les performances sont acceptables si le BRD émet une alarme lors de 28 essais au minimum sur 30 au total pour l'ensemble des angles combinés.

NOTE Le critère d'acceptation de 28 essais sur 30 au total pour chaque source correspond à une probabilité d'environ 0,80 avec un intervalle de confiance à 95 %.

6.4 Alarme de protection individuelle contre les rayonnements et temps de réponse

6.4.1 Exigences

Le BRD doit déclencher une alarme lorsqu'il est exposé à une augmentation du niveau de rayonnement ambiant supérieure au seuil d'alarme de protection individuelle, dans les 2 s qui suivent la variation en échelon.

6.4.2 Méthode d'essai

- Conformément aux instructions du manuel de l'instrument, régler l'alarme de protection individuelle afin qu'elle se déclenche à un niveau supérieur au bruit de fond ambiant.

- b) Augmenter le débit d'équivalent de dose ambiant au point de référence du BRD de sorte qu'il dépasse de 30 % le seuil d'alarme de protection individuelle ($H_p(10)$) dans un délai inférieur ou égal à 1 s à l'aide d'une source ^{137}Cs . Vérifier que l'alarme de protection individuelle se déclenche dans un délai inférieur ou égal à 2 s. Un fantôme n'est pas exigé pour cet essai.

6.5 Indication du débit d'équivalent de dose ambiant gamma

6.5.1 Exigences

Si le BRD fournit une indication du débit d'équivalent de dose ambiant gamma, la différence dans la réponse du BRD au débit d'équivalent de dose ambiant de référence du ^{137}Cs ne doit pas dépasser $\pm 30\%$ pour des débits d'équivalent de dose ambiant compris entre $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ (ou 70 % de la réponse maximale du BRD indiquée par le fabricant si celle-ci est inférieure à $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$).

6.5.2 Méthode d'essai

Le BRD étant placé sur le fantôme, utiliser le ^{137}Cs en le plaçant à un angle de 0° afin qu'il produise des débits d'équivalent de dose ambiant de $1\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$), $10\ \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$) et $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$) (ou 70 % de la réponse maximale du BRD indiquée par le fabricant si celle-ci est inférieure à $1\ \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$). Enregistrer 10 relevés du BRD pour chacun des trois débits d'équivalent de dose ambiant, puis calculer la valeur moyenne. Le débit d'équivalent de dose ambiant moyen relevé par le BRD doit être égal à $\pm 30\%$ de chaque débit d'équivalent de dose ambiant appliqué.

6.6 Essai de dépassement de l'étendue de mesure

6.6.1 Exigences

Si un BRD est exposé à un champ de rayonnement supérieur au débit d'équivalent de dose ambiant maximal indiqué par le fabricant, une alarme doit se déclencher en indiquant par exemple "dépassement de l'étendue de mesure" ou "comptages élevés" et celle-ci doit rester active tant que le champ de rayonnement n'a pas diminué ou que l'alarme n'a pas été réinitialisée/acquittée par l'utilisateur. Si l'alarme est réinitialisée/acquittée par l'utilisateur alors que l'intensité du champ de rayonnement n'a pas diminué, une indication visuelle doit signaler que le champ de rayonnement est toujours présent et que le BRD n'est pas totalement opérationnel.

Le temps exigé pour revenir à des conditions de non-alarme lorsque le débit d'équivalent de dose ambiant a retrouvé les niveaux de bruit de fond ne doit pas dépasser 1 min.

6.6.2 Méthode d'essai

- a) Vérifier que le fabricant indique le débit d'équivalent de dose ambiant maximal pour le ^{137}Cs ou le ^{60}Co . Enregistrer le résultat de la vérification. L'essai n'est pas effectué si le débit d'équivalent de dose ambiant maximal n'est pas indiqué par le fabricant.
- b) Le cas échéant, procéder au mesurage initial décrit en 4.10.2 (source de rayonnement neutronique présente).

NOTE Le détecteur de neutrons est inclus en raison de l'usage répandu des détecteurs de neutrons à scintillation dont les performances peuvent être compromises par le débit d'équivalent de dose ambiant lors de l'essai de dépassement de l'étendue de mesure.

- c) Utiliser du ^{137}Cs ou du ^{60}Co pour porter le champ de rayonnement à 50 % au-dessus de la valeur maximale indiquée par le fabricant, mesurée au point de référence et à l'angle de référence (0°) du BRD (voir Figure 1 et Figure 2) pendant 1 min. Le BRD doit émettre une alarme qui doit rester active tant que le champ de rayonnement n'a pas retrouvé le niveau initial. Le BRD doit émettre une alarme qui indique, par exemple, "dépassement de l'étendue de mesure" ou "comptages élevés". Retirer le champ de rayonnement et vérifier que le BRD revient aux valeurs de taux de comptage initiales dans un délai inférieur ou égal à 1 min. Un fantôme n'est pas exigé pour cet essai.

- d) Après 1 min, réaliser le mesurage final décrit en 4.10.3. Analyser les résultats conformément au Tableau 2.
- e) Si l'alarme peut être réinitialisée/acquittée par l'utilisateur alors que l'intensité du champ de rayonnement n'a pas diminué, vérifier qu'une indication visuelle signale que le champ de rayonnement est toujours présent et que le BRD n'est pas totalement opérationnel tant que le champ de rayonnement est présent.

6.7 Indication de neutrons en présence de photons (si la fonction est prise en charge)

6.7.1 Exigences

Le rayonnement gamma qui correspond à des débits d'équivalent de dose ambiant inférieurs ou égaux à $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ne doit pas déclencher l'alarme de rayonnement neutronique.

De plus, le BRD doit être capable de détecter une augmentation du rayonnement neutronique lorsqu'il est exposé au rayonnement gamma.

NOTE Cette exigence ne s'applique pas aux BRD exclusivement destinés à la détection des rayons gamma.

6.7.2 Méthode d'essai

Le BRD doit être configuré comme cela est décrit en 4.8. Le BRD étant placé sur le fantôme, utiliser une source ^{137}Cs pour augmenter le débit d'équivalent de dose ambiant gamma de $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ($\pm 10\%$), la valeur étant mesurée au point de référence et à l'angle de référence (0°) du BRD (voir Figure 1 et Figure 2) pendant 30 s. Si le BRD présente un dépassement de l'étendue de mesure à $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et si l'alarme de rayonnement neutronique ne peut pas être vérifiée, il convient alors de réduire le débit d'équivalent de dose ambiant à la valeur maximale pour laquelle la condition de dépassement n'est plus présente et il convient de poursuivre l'essai comme cela est indiqué.

- a) L'immunité du ou des détecteurs de neutrons aux rayonnements gamma est confirmée si aucune alarme de rayonnement neutronique ne se déclenche pendant l'exposition aux rayonnements gamma. Les alarmes de rayonnement sont admises.
- b) Lorsque le BRD se trouve à l'intérieur du champ de rayonnement $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ^{137}Cs , réaliser une série d'essais d'alarme de rayonnement neutronique (voir 6.3.2) à l'angle 0° afin de vérifier que le BRD émet une alarme de rayonnement neutronique lorsqu'il se trouve dans le champ de rayonnement gamma.

6.8 Détection d'une augmentation progressive des niveaux de rayonnement

6.8.1 Exigences

Le seuil d'alarme du BRD 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. Le BRD doit émettre une alarme ou avertir l'utilisateur que le niveau de rayonnement a varié. L'alerte de variation du niveau de rayonnement doit être fournie sous forme visuelle et/ou sonore; elle doit se distinguer des alarmes de surveillance.

6.8.2 Méthode d'essai

Procéder à l'essai d'alarme (voir 6.2.2) à l'aide d'une source ^{137}Cs uniquement, qui se déplace à une vitesse de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à l'angle de 0° . L'essai doit comprendre 10 séries. Les performances sont acceptables si l'alarme de rayonnement gamma adéquate se déclenche dans un délai inférieur ou égal à 2 s lorsque la source atteint le point d'approche le plus court du BRD ou si l'utilisateur est averti du fait que le niveau de rayonnement du bruit de fond a varié lors de 10 essais sur 10. La réponse est également acceptable si l'alarme de rayonnement gamma se déclenche avant le franchissement du point d'approche le plus court.

Si le BRD comporte des fonctions de détection de rayonnement neutronique, exécuter la même procédure après l'étape 6.3.2, à une vitesse de $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ à l'angle 0° .

6.9 Identification des radionucléides (si la fonction est prise en charge)

6.9.1 Identification de radionucléides isolés

6.9.1.1 Exigences

Le BRD doit identifier correctement les sources indiquées dans le Tableau 3 qui produisent un débit de fluence de $1,5 \text{ photon}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$ (-0% , $+5 \%$) (pour la ligne de rayonnement gamma spécifiée dans le Tableau 3) au point de référence du BRD à l'angle de 0° dans un délai de 1 min ou dans le délai spécifié par le fabricant, si celui-ci est inférieur (voir 4.6 et 4.8).

Tableau 3 – Liste des radionucléides pour les essais d'identification

Radionucléide	Energie des rayons gamma keV
^{60}Co	1 173
^{137}Cs	662
^{67}Ga	185
^{131}I	364
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	141
^{201}Tl	167
HEU	186
WG Pu	375
DU	1 001

6.9.1.2 Méthode d'essai

Placer le BRD là où le débit de fluence au point de référence du BRD à l'angle de référence (0°) est égal à $1,5 \text{ photon}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{cm}^{-2}$. Les distances entre la source et le détecteur utilisées pour obtenir le débit de fluence doivent être comprises entre 1 m et 3 m. Un fantôme n'est pas exigé pour cet essai.

NOTE 1 Le débit de fluence produit par la source est mesuré ou calculé à l'extérieur de l'enveloppe blindée (acier, PMMA, par exemple) ou de l'encapsulation de la source et en soustrayant toute contribution de fond au pic photoélectronique.

Mesurer l'identification des radionucléides en utilisant un temps d'intégration de 1 min ou le temps d'intégration spécifié par le fabricant, si celui-ci est inférieur. Enregistrer le temps d'intégration appliqué. Répéter le mesurage d'identification 10 fois au total sans déplacer la source.

Répéter le mesurage 10 fois pour chaque source indiquée dans le Tableau 3.

Les performances sont acceptables lorsque le BRD identifie chaque source lors de 10 essais consécutifs sur 10, comme cela est indiqué dans le Tableau 4.

NOTE 2 Chaque essai est effectué avec une source à la fois.