IEC 61017

Edition 1.0 2016-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Transportable, mobile or installed equipment to measure photon radiation for environmental monitoring

Instrumentation pour la radioprotection – Equipement transportable, mobile ou installé pour mesurer le rayonnement de photons pour la surveillance de l'environnement

IEC 61017:2016-02(en-fr)

Copyright International Electrotechnical Commission

THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue
The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub
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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org
The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary
65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue
Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub
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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org
Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary
65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

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

Copyright International Electrotechnical Commission

IEC 61017

Edition 1.0 2016-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Transportable, mobile or installed equipment to measure photon radiation for environmental monitoring

Instrumentation pour la radioprotection – Equipement transportable, mobile ou installé pour mesurer le rayonnement de photons pour la surveillance de l'environnement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-3160-9

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.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

Copyright International Electrotechnical Commission, de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD....5
INTRODUCTION....7
1 Scope....8
2 Normative references....9
3 Terms, definitions, abbreviations, symbols, quantities and units....10
3.1 Terms and definitions....10
3.2 Test nomenclature....12
3.3 Abbreviations and symbols....13
3.4 Quantities and units....13
4 General test procedure....13
4.1 Nature of tests....13
4.2 Reference conditions and standard test conditions....13
4.3 Radiation performance tests....13
4.4 Tests performed with variation of influence quantities....13
4.5 Statistical fluctuations....14
4.6 Reference radiation....14
4.7 Point of test....14
5 General requirements....14
5.1 Summary of requirements....14
5.2 General characteristics....14
5.2.1 Energy and measurement range....14
5.2.2 Effective range of dose rate and dose....14
5.2.3 Ease of decontamination....15
5.3 Equipment configuration....15
5.4 Alarm facilities....15
6 Radiation detection requirements....15
6.1 Linearity....15
6.1.1 Requirements....15
6.1.2 Test source of photon radiation....16
6.2 Variation of response with photon radiation energy....16
6.2.1 Requirements....16
6.2.2 Method of test....17
6.3 Variation of response with angle of incidence....17
6.3.1 General....17
6.3.2 Requirements....17
6.3.3 Method of test....18
6.4 Overload characteristics....18
6.4.1 Requirements....18
6.4.2 Method of test....18
6.5 Statistical fluctuations....19
6.5.1 Requirements....19
6.5.2 Method of test....19
6.6 Response time....19
6.6.1 Requirements....19
6.6.2 Method of test....19
6.7 Alarm requirements....20

Copyright International Electrotechnical Commission

6.7.1 Requirements 20
6.7.2 Method of test 21
6.8 Alarm response time and stability 21
6.8.1 Requirements 21
6.8.2 Method of test 21
6.9 Warm-up 21
6.9.1 Requirements 21
6.9.2 Method of test 21
7 Electrical, mechanical and environmental characteristics 22
7.1 Power supplies 22
7.1.1 Mains operation 22
7.1.2 Battery operation 22
7.2 Electromagnetic compatibility (EMC) 23
7.2.1 General 23
7.2.2 Electrostatic discharge 23
7.2.3 General radiated electromagnetic fields 23
7.2.4 Conducted disturbances induced by fast transients or bursts 24
7.2.5 Conducted disturbances induced by surges 24
7.2.6 Conducted disturbances induced by radio-frequencies 25
7.2.7 Ring wave immunity 25
7.2.8 50 Hz/60 Hz magnetic field 26
7.2.9 Voltage dips and short interruptions 26
7.3 Mechanical characteristics 26
7.3.1 Microphonics/impact 26
7.3.2 Mechanical shock 27
7.4 Environmental characteristics 27
7.4.1 Ambient temperature 27
7.4.2 Relative humidity 28
7.4.3 Sealing 28
8 Documentation 29
8.1 Type test report 29
8.2 Certificate 29
8.3 Operation and maintenance manual 29
Annex A (informative) Example types of detectors and their characteristics 36
A.1 Ionization chamber 36
A.2 GM counter 36
A.3 Scintillation detector 36
A.4 Semiconductor detector 36
Annex B (informative) Introduction of spectrum-weight G-function 37
Annex C (informative) Specification and configuration of the system using two types of detector 39
C.1 Combination of NaI type and ionization chamber type 39
C.2 Combination of NaI type and semiconductor type 40
Annex D (informative) Calibration of dose rate and dose meters 41

Figure 1 – Example of the rotation of the detector assembly 18
Figure B.1 – Calculated spectrum-weight G-function (pSv/count) as a function of photon energy, compared with the detection efficiency (count/cm^{-2}) and the fluence-

Copyright International Electrotechnical Commission

to-ambient-dose-equivalent conversion coefficient (pSv/cm^{-2}) for the NaI(Tl) scintillator (12,7 mm diameter and 12,7 mm thick cylinder) 38

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions 30
Table 2 – Radiation performance tests 31
Table 3 – Classification of electricity, mechanical, and environmental testing 32
Table 4 – Tests performed with variations of influence quantities 33
Table 5 – Maximum values of additional indications due to electromagnetic disturbances 34

Copyright International Electrotechnical Commission

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – TRANSPORTABLE, MOBILE OR INSTALLED EQUIPMENT TO MEASURE PHOTON RADIATION FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

FOREWORD

1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard 61017 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This first edition of IEC 61017 cancels and replaces the first edition of IEC 61017-1, published in 1991, and the first edition of IEC 61017-2, published in 1994. It constitutes a technical revision.

The main technical changes with the previous editions are as follows:

– this standard explicitly describes air absorbed dose and dose rate, ambient dose equivalent dose and dose rate, in addition to air kerma and kerma rate;
– this standard includes the description of the typical detector types for use in environmental monitoring.

Copyright International Electrotechnical Commission

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

FDIS	Report on voting
45B/825/FDIS	45B/837/RVD

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

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

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

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

Copyright International Electrotechnical Commission

INTRODUCTION

Exposure of members of the public to ionizing radiation produced by nuclear and other facilities is subject to control. An essential part of control is the measurement of the environmental radiation levels in the neighborhood of these facilities .

The evaluation of the environmental radiation dose from photons is difficult. The composition of the background radiation is complex and includes contributions from natural sources such as cosmic radiation and terrestrial radioactivity in addition to man-made radioactivity arising from the operation of nuclear facilities and fall-out from nuclear weapon tests. This, if further complicated by the variation in the natural background radiation dose, varies in time due to variation in ambient radon concentrations and space due to spatial heterogeneity of the natural environmental background.

The requirements specified in this standard relate to normal operations of the assembly. Should an assembly be required for emergency conditions on-site at nuclear facilities then the requirements of IEC 60846-2 should also be applied to the assembly, particularly with regard to overload characteristics. The requirements for portable work place monitors to measure ambient and/or directional dose equivalent (rate) are specified in IEC 60846-1.

Copyright International Electrotechnical Commission

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – TRANSPORTABLE, MOBILE OR INSTALLED EQUIPMENT TO MEASURE PHOTON RADIATION FOR ENVIRONMENTAL MONITORING

1 Scope

This International Standard is applicable to transportable, mobile or installed assemblies intended to measure environmental air kerma rates or air absorbed dose rates from 30 nGy·h^{-1} to 30 μGy·h^{-1} or ambient dose equivalent rates from 30 nSv·h^{-1} to 30 μSv·h^{-1}, or air kerma or air absorbed dose from 10 nGy to 10 mGy, or ambient dose equivalent from 10 nSv to 10 mSv, due to photon radiation of energy between 50 keV and 7 MeV. The measurable range of dose and dose rate can be extended by agreement between the purchaser and the manufacturer. This extension may be realized by combining more than one detector, for example NaI(Tl) scintillator and ionization chamber. For most environmental applications, instruments may measure over a more limited energy range of 80 keV to 3 MeV.

NOTE 1 80 keV to 3 MeV has been chosen to cover the energies of the chief environmental and man-made radionuclides that contribute to the environmental dose. The term “dose” used in this standard means the quantity, air kerma, air absorbed dose, and ambient dose equivalent, that the instrument is intended to measure.

If the assembly is to be used to measure these quantities in the area surrounding a nuclear reactor producing 6 MeV radiation from the ^{16}N isotope, it will be necessary to determine the response at this energy. An absorbed dose in air, which uses the same unit, Gy, as air kerma can be taken to have the same numerical value as air kerma under the condition of electron equilibrium.

Passive devices such as Thermo-Luminescence Dosemeter (TLD), Optically Stimulated Luminescence (OSL) Dosemeter or Glass Radio-Photo Luminescence (RPL) Dosemeter are not covered by this standard.

Installed assemblies should be capable of operating continuously.

This standard does not provide for the measurement of beta and neutron radiation.

The equipment covered by this standard comprises a detector assembly and processing circuits, which may be connected together either rigidly or by means of a flexible cable, or incorporated into a single assembly. The equipment assembly may also include circuits for displaying readings, alarms and communication.

This equipment should meet the environmental conditions of use.

Examples of instruments include (detailed information is described in Annex A):

a) Ionization chamber

This is suitable for the measurement of air kerma and air absorbed dose and dose rate. In the environment, the correction due to temperature and atmospheric pressure may be required.

NOTE 2 For the measurement of ambient dose equivalent and dose equivalent rate the energy response may be compensated.

b) Geiger-Muller (GM) counter

The energy response should be corrected. GM counters may overestimate the readings due to the dose (rate) from cosmic radiation.

c) Scintillation detector

Copyright International Electrotechnical Commission

The energy response should be corrected. Detailed information is described in Annex A and Annex B.

d) Semiconductor detector

The energy response should be corrected.

2 Normative references

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

IEC 60038, *IEC standard voltages*

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

IEC 60068-2-75, *Environmental testing – Part 2-75: Tests – Test Eh: Hammer tests*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General*

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

IEC 61000-4-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

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

IEC 61000-4-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measurement techniques – Ring wave immunity test*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

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

Copyright International Electrotechnical Commission

IEC 62262, *Degrees of protection provided by enclosures for electrical equipment against external mechanical impacts (IK code)*

ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*

ISO 4037-2:1997, *X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy range from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*

ISO 4037-3:1999, *X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*

ISO 4037-4:2004, *X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 4: Calibration of area and personal dosemeters in low energy X reference radiation fields*

3 Terms, definitions, abbreviations, symbols, quantities and units

3.1 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

NOTE General terminology concerning detection and measurement of ionizing radiation and nuclear instrumentation is given in IEC 60050-395 and IEC 60050-151.

3.1.1
ambient dose equivalent
***H**(10)**
dose equivalent at a point in a radiation field that would be produced by the corresponding expanded and aligned field in the ICRU sphere at a depth of 10 mm on the radius opposing the direction of the aligned field

3.1.2
alarm
audible, visual, or other signal activated when the instrument reading exceeds a preset value, falls outside of a preset range, or when the instrument detects the presence of the source of radiation according to a preset condition

3.1.3
background level
radiation field in which the instrument is intended to operate which includes background produced by naturally occurring radioactive material

3.1.4
manufacturer
designer and seller of the equipment

3.1.5
monitor type

3.1.5.1
installed
radiation instruments that may be permanently mounted at a location for use.

Copyright International Electrotechnical Commission

Note 1 to entry: By agreement between manufacturer and purchaser, these assemblies should be provided with appropriate facilities for indicating readings.

3.1.5.2
transportable
radiation instruments not intended to be used whilst transported

3.1.5.3
mobile
radiation instruments that are mounted to moving platforms and that operate while in motion

3.1.6
conventionally true value of quantity
conventionally true dose or dose rate
best estimate of the value of that quantity used for calibration of equipment; this value and its uncertainty shall be determined from a primary or secondary standard or by a reference instrument which has been calibrated against a primary or secondary standard

3.1.7
error of indication
difference between the indicated value of a quantity D_{I} and the conventionally true value of that quantity at the point of measurement D_{T}

3.1.8
response
response R of an assembly is the ratio of the assembly's indicated value to the conventionally true value

$$R = \frac{\dot{D}_{\mathrm{I}}}{\dot{D}_{\mathrm{T}}}$$

3.1.9
relative error of indication
quotient expressed as a percentage of the error of indication of a quantity by the conventionally true value of the measured quantity. It may be expressed as:

$$I(\%) = \frac{\dot{D}_{\mathrm{I}} - \dot{D}_{\mathrm{T}}}{\dot{D}_{\mathrm{T}}} \times 100$$

3.1.10
relative intrinsic error
relative error of indication of an assembly with respect to a quantity when subjected to a specified reference radiation under specified reference conditions

3.1.11
coefficient of variation
ratio V of the estimate of the standard deviation s to the arithmetic mean $\bar{x}$ of a set of n measurements x_i given by the following formula:

Copyright International Electrotechnical Commission

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

3.1.12
effective range of measurement
range of values of the quantity to be measured over which the performance of an equipment meets the requirements of this standard

3.2 Test nomenclature

3.2.1
calibration direction
direction of the incident radiation during calibration stated by the manufacturer

3.2.2
reference point of an assembly
physical mark on the assembly indicating a center of a sensitive part of an assembly's detector and to be used to calculate an effective reference point of the assembly

Note 1 to entry: Effective reference point of an assembly is located at a distance, stated by the manufacturer for specified energy, from a reference point of the assembly to be used in order to position the assembly at a point where the conventionally true value of a quantity to be measured is known.

3.2.3
point of test
point at which the reference point of the assembly is placed and at which the conventionally true value of air kerma (rate), air absorbed dose (rate) or ambient dose equivalent (rate) is known

Note 1 to entry: For all tests involving the use of radiation, the reference point of the assembly shall be placed at the point of test and, apart from the test for variation in response with angle of incidence, in the orientation indicated by the manufacturer, i.e. with the radiation field incident from the manufacturer's stated calibration condition.

3.2.4
qualification tests
tests performed on a representative sample of equipment to verify the adequacy of the design and that the equipment meets the specifications agreed upon between manufacturer and user under normal operational conditions and anticipated operation occurrences

Note 1 to entry: Qualification tests are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled.

Note 2 to entry: Qualification tests are subdivided into type tests and routine tests.

3.2.5
type test
conformity test made on one or more items representative of the production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.2.6
routine test
conformity test made on each individual item during or after manufacture

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.2.7
acceptance test
contractual test to prove to the purchaser that the device fulfils certain specifications

Copyright International Electrotechnical Commission

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.2.8
supplementary tests
tests intended to provide supplementary information on certain specifications

Note 1 to entry: The term “dose” used in this standard means the quantity, air kerma, air absorbed dose, and ambient dose equivalent, that the instrument is intended to measure. The radiation tests are defined by the manufacturer in terms of this quantity.

3.3 Abbreviations and symbols

EMC electromagnetic compatibility

3.4 Quantities and units

In this standard, units of the International System (SI) are used [1]. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-395. The corresponding old units (non SI) are indicated in brackets.

Nevertheless, the following units may also be used:

– for energy: electron-volt (symbol: eV), 1 eV = 1,602 × 10^{-19} J;
– for time: years (symbol: y), days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min).

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

4 General test procedure

4.1 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual clauses, all tests enumerated in this standard are to be considered as "type tests". Nevertheless, by agreement between the manufacturer and the purchaser, some of them may be considered as acceptance tests.

4.2 Reference conditions and standard test conditions

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

4.3 Radiation performance tests

The radiation performance tests are listed in Table 2, which indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the clause where the corresponding test method is described. The tests shall be performed under test conditions detailed in Table 1, except for the quantity being tested.

4.4 Tests performed with variation of influence quantities

The classification of electrical, mechanical and environmental characteristics tests is shown in Table 3. Those tests are intended to determine the effects of variations in the influence

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

Copyright International Electrotechnical Commission

quantities given in Table 4 and Table 5. All other influence quantities shall be maintained within the limits for the standard test conditions given in Table 1 unless otherwise specified in the test procedure concerned.

4.5 Statistical fluctuations

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

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

4.6 Reference radiation

All tests shall be conducted with ^{137}Cs unless specified otherwise. As an alternative, ^{60}Co may be used. In this case, correction shall be made for the difference in response of the detector assembly between ^{60}Co and ^{137}Cs. These radiation qualities are specified in ISO 4037 series.

4.7 Point of test

The point of test at which the photon dose rate is to be determined shall be chosen such that the distance between the radiation source and the detector assembly shall be sufficiently large to ensure that any error due to the non-uniformity of irradiation of the detector is not more than ±5 %.

5 General requirements

5.1 Summary of requirements

In Table 2, Table 4, and Table 5 the requirements are summarized.

5.2 General characteristics

5.2.1 Energy and measurement range

The equipment shall measure the air kerma (rate), air absorbed dose (rate) or ambient dose equivalent (rate) to photon energies over a range of at least 80 keV to 3 MeV. The dynamic measurement range of the equipment shall be at least three orders of magnitude.

5.2.2 Effective range of dose rate and dose

The effective range of dose rate and dose meters shall be from 30 nGy·h^{-1} or 30 nSv·h^{-1} to at least 30 μGy·h^{-1} or 30 μSv·h^{-1}. Where the instrument is to be used during emergency conditions, the upper limit should be at least 1 mGy·h^{-1} or 1 mSv·h^{-1}.

The indication of integrating assemblies shall be expressed in units of air kerma or air absorbed dose, Gy or in units of ambient dose equivalent, Sv. For most applications, the effective range of measurement shall be at least from 10 nGy or 10 nSv to 10 mGy or 10 mSv. The requirements of this standard are also applicable where an assembly has an upper limit higher than 10 mGy or 10 mSv. Where more than one detector is used for measurement over the complete range, automatic switching shall be provided between the detectors when changing range, and the corresponding measurements and read-out scale shall be simultaneous. The specification and configuration of the system using two detectors is exemplified in Annex C.

Copyright International Electrotechnical Commission

Where it is not practical to perform radiation tests in very low backgrounds for the purpose of this standard, it may be necessary to increase at least the lower limit of the effective range to 100 nGy·h^{-1} or 100 nSv·h^{-1}.

Annex D discusses the problems of testing and calibrating at low air kerma or absorbed dose or ambient dose equivalent rates.

5.2.3 Ease of decontamination

The assembly shall be designed and constructed in such a manner as to minimize the risk of it becoming contaminated in use and to facilitate decontamination by using smooth non-reactive materials that resist contamination.

5.3 Equipment configuration

The type of equipment defined in this standard generally comprises up to three types of assemblies, which may be interconnected in a number of configurations.

These assemblies are:

– detector assembly: assembly which contains one or more detectors and associated electronic devices. It can also include programmable electronic circuits;
– processing assembly: assembly which converts the output signal from the detector assemblies into a form, generally digital, suitable for transmission to a display device, which may be connected together either rigidly or by means of a flexible cable or incorporated into a signal assembly;
– alarm assembly: assembly which gives alarms when the output signal from the detector assemblies or the processing assemblies get over the previously set-point value, which may be connected together either rigidly or by means of a flexible cable or incorporated into a signal assembly.

5.4 Alarm facilities

For installed assemblies to measure dose rate, the alarm and the instrument fault alarm facilities shall be appropriate for the purpose of the equipment. Alarm units shall be operable either to hold an alarm condition until specifically reset by a reset control or to automatically reset when the alarm state disappears.

All alarm functions shall be provided with test facilities to allow checking of alarm operation. In the case of adjustable alarms, checking shall be possible over the range of adjustment with indication of the actual alarm operation point.

Alarm functions shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

6 Radiation detection requirements

6.1 Linearity

6.1.1 Requirements

This refers to the linearity of the instrument's measurement range. The instrument error is to be established in respect of the radiation quantity that the equipment is designed to measure.

Under standard test conditions, the linearity of the detector assembly to dose rate, when exposed to either of the reference radiations shall not exceed the range from −15 % to +22 % over the effective measurement range, but it shall not exceed ±30 % for dose rate up to 0,1μGy·h^{-1} or 0,1 μSv·h^{-1}.

Copyright International Electrotechnical Commission

This uncertainty is additional to the uncertainty in the value of the conventional true dose rate.; D_I shall not exceed the range from −15 % to +22 % of ($D_T + U$), where the U is the uncertainty of the conventional true dose rate.

6.1.2 Test source of photon radiation

6.1.2.1 Requirements

The test shall be performed with a source of ^{137}Cs or ^{60}Co. The use of ^{60}Co is subject to the requirements of 4.6.

The conventional true dose rate shall be known and the uncertainty stated (see 3.1.6).

6.1.2.2 Tests to be performed

A type test shall be performed on monitoring units comprised of at least one of each type of detector, processing, and alarm assemblies.

Routine tests shall be carried out on all possible combinations of detector assembly, processing units and alarm units.

All tests shall be carried out using a radiation field unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

6.1.2.3 Type tests

The type test shall be performed with one or more representative instruments of a given model. The test shall be performed at two points on the most sensitive range (lowest dose rate range), one at the mid-point of an intermediate range and two on the least sensitive range (highest dose rate range). The two points shall be at 20 % and 80 % of that range.

6.1.2.4 Routine tests

The routine test shall be carried out at one point on one value (between 10 % and 90 %) in the range or decade in which the highest alarm is set.

6.1.2.5 Method of test

For the tests described in 6.1.2.3 and 6.1.2.4, the detector assembly shall be exposed to known levels of radiation providing the stated indications. The response determined shall be within −15 % to +22 % of the reference response.

6.2 Variation of response with photon radiation energy

6.2.1 Requirements

The response in the reference direction to photon energy between 80 keV and 1,5 MeV shall be within ±30 %.

For assemblies intended for use in energies between 50 keV and 80 keV and/or higher than 1,5 MeV, the variation shall be subject to agreement between the purchaser and manufacturer.

If the monitor is to be used in the vicinity of nuclear power installations, the response up to 7 MeV should fulfil the above requirement by agreement between the purchaser and manufacturer.

In principle, this test should be performed at the same dose rate for each radiation energy. In practice this may not be possible, in which case the indicated dose rate of each radiation

Copyright International Electrotechnical Commission

energy should be corrected for the non-linearity (interpolated if necessary) at the indicated dose rate and for the reference radiation.

In the case of multiple detectors covering different dose rate ranges, the test should be performed for each detector at the appropriate dose rate and energy.

6.2.2 Method of test

The following energies (specified as mean energy in keV) should be used for low dose rates (taken from the ISO 4037 series):

mean energy (keV)

– 60 keV (^{241}Am) where applicable;
– 83 keV (type N-100 X-ray tube);
– 662 keV (^{137}Cs);
– 1 250 keV (^{60}Co).

For 6,61 MeV the following alternatives may be used:

– 6,61 MeV (R-F); or

NOTE Reference radiations produced by nuclear reactions are denoted by the letter R followed by the chemical symbol of the element of the target responsible for the emission of the radiation. See Table 1 in ISO 4037-3:1999.

– 6,61 MeV (R-O); or
– verification by Monte Carlo simulation especially for this energy.

The test for this high energy shall be agreed between the purchaser and manufacturer.

The results shall be expressed as a ratio of the indication per unit dose rate for each radiation source normalized to the response per unit dose rate for the reference photon radiation (^{137}Cs).

6.3 Variation of response with angle of incidence

6.3.1 General

This standard relates to detector assemblies with a wide angle of acceptance and having essentially circular symmetry in one plane, normally horizontal, in use (see Figure 1). The standard recognizes the practical limitations of achieving a uniform response over 4π.

6.3.2 Requirements

The variation of response with angle of incidence against the direction of calibration (angular response) in more than one plane shall be within the following limits:

For the range 80 keV to 1,5 MeV

– for 662 keV at 15° intervals from 0° to ±120°, ±20 %;
– for 83 keV at 15° intervals from 0° to ±120°, to be defined by the manufacturer.

For the range 50 keV to 80 keV

– for 60 keV at 15° intervals from 0° to ±120°, to be defined by the manufacturer where applicable.

The manufacturer shall state the relative variation of the response beyond ±120°.

Copyright International Electrotechnical Commission

The results should be expressed as a ratio of the response at each test angle to the response at zero degrees angle of incidence.

The necessity of additional angles to be tested for the other photon radiation exposures shall be determined in accordance with the agreement between the manufacturer and purchaser.

a) The direction of radiation shall be changed in steps of 15° in a plane including the calibration direction specified by the manufacturer and the response determined throughout the range of angles as specified.
b) The procedure of a) above shall be repeated for the plane perpendicular to that used in a) but still including the calibration direction.

6.3.3 Method of test

The assembly shall be mounted so as to most conveniently enable measurements to be made at the required angle.

For this test, the reference point of the detector assembly shall be placed at a point of test where the dose (rate) is known. The photon radiation qualities of the narrow spectrum 83 keV X-ray and the gamma sources ^{137}Cs and ^{241}Am specified by ISO 4037 series should be used if possible.

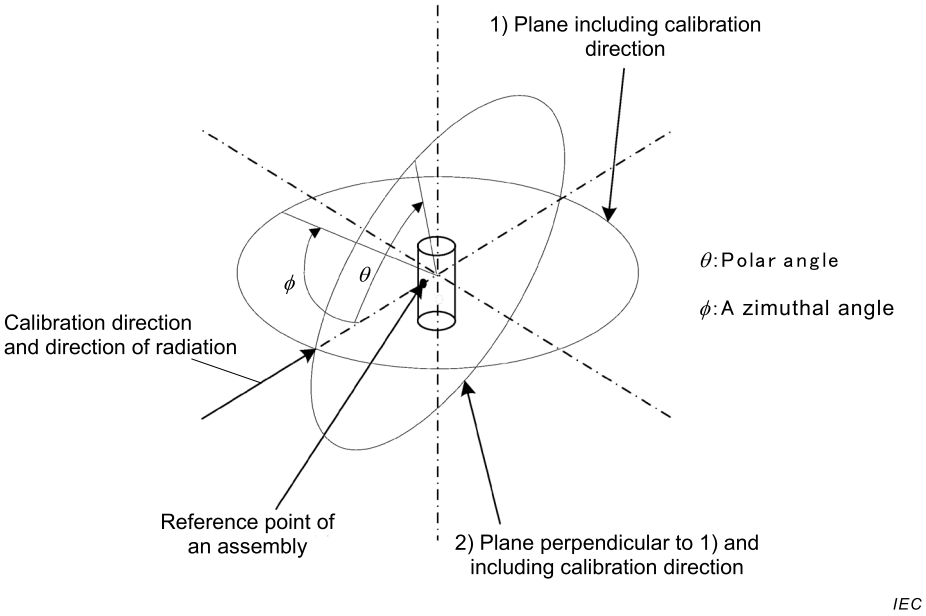


Figure 1 – Example of the rotation of the detector assembly

6.4 Overload characteristics

6.4.1 Requirements

For dose rates greater than that corresponding to a scale maximum, the indication of the detector assembly/monitoring unit shall be off scale at the higher end of the scale and shall remain so. For instruments using a digital display, an appropriate over-range indication shall be provided.

6.4.2 Method of test

Prior to the overload test, reference readings shall be established.

The detector assembly shall then be exposed for 5 min to a dose rate at least two times the scale maximum. The indication of the assembly shall remain off scale at the high end of the

Copyright International Electrotechnical Commission

scale for the duration of the test. For instruments using a digital display, the display shall indicate that it is “over-range” for the duration of the test.

The time taken by the monitor to return to normal after the dose rate is returned to the preexposure level shall not be greater than the time specified by the manufacturer. The post test reading shall be within ±20 % of the pre-test or reference readings.

6.5 Statistical fluctuations

6.5.1 Requirements

The coefficient of variation of the dose rate due to random fluctuations shall be less than 20 % for the most sensitive scale.

6.5.2 Method of test

The detector assembly shall be exposed to a source of radiation giving a dose rate corresponding to an indication between one-third and one-half of the scale maximum on the most sensitive range (linear) or decade (logarithmic scale) or the second least significant decade (digital indication).

Sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings and coefficient of variation can be determined. Take a series of at least ten readings on indication of the detector assembly.

6.6 Response time

6.6.1 Requirements

The response time is the time taken after a sudden increase or decrease in dose rate for the indication to reach the following value:

$$D_{\mathrm{i}} + 0{,}9\left(D_{\mathrm{f}} - D_{\mathrm{i}}\right)$$

where D_{i} is the initial indication and D_{f} is the final indication.

The number of tests to be performed shall be specified by the manufacturer as determined during the type testing.

The response times shall be specified by the manufacturer.

6.6.2 Method of test

The test may be carried out either with a suitable source of radiation or by the input of a suitable electrical signal into the input of the measuring dose rate meter assembly.

The initial and final dose rates shall differ by a factor of ten or more and measurements shall be carried out for both an increase and a decrease in the dose rate by this factor.

Measurements shall be made over each order of magnitude of dose rate indication for dose rate meters detector assembly provided with a digital or a logarithmic display, and on each scale range for dose rate meter detector assemblies provided with a linear display.

For linear scale dose rate meters the lower dose rate may be taken as zero or background and the upper one as that corresponding to at least 80 % of the scale maximum on all ranges.

Copyright International Electrotechnical Commission

For dose rate meters with switchable ranges, the response time shall be tested on each scale range.

If the electrical method of test is employed, this shall be stated in the accompanying documents. The injected signals shall correspond to the above requirements.

For the increasing dose equivalent rate test, the dose rate meter detector assembly shall be subjected first to the higher dose rate and the indication D_{f} noted. The dose rate meter detector assembly shall then be subjected to the lower dose equivalent rate for a time sufficient for the indication D_{i} to reach a steady value and this indication noted. The dose rate shall then be changed as quickly as possible ($<$ 1 s) to that corresponding to the indication D_{f} and the time taken to reach the value given by the formula in 6.6.1 be measured.

In addition, the dose rate shall be changed by about a factor of 10 within about 10 s.

NOTE This can be achieved by varying the distance from about 1 m to 3 m during the irradiation.

The decreasing dose equivalent rate test is performed in the same way.

6.7 Alarm requirements

6.7.1 Requirements

6.7.1.1 High level alarms

For installed assemblies to measure dose rate, one high level alarm should be provided as a minimum. The alarm may be triggered at a networked control hub remote from the detector assemblies.

The alarm set points may be fixed or adjustable. Each alarm shall activate within 1 s of the displayed value reaching the set point. Other (alert level) alarms may be provided to operate on increasing dose rates but at a level below the alarm level.

Adjustable alarms should cover from at least 10 % to 100 % of scale reading (linear scales), from 50 % of the lowest order of magnitude scale to 100 % of the highest order of magnitude scale (logarithmic scales). For digital displays, adjustable alarms should cover all but the least significant decade.

6.7.1.2 Low level alarms

For installed assemblies to measure dose rate, a low level alarm facility should be provided. These are to operate on decreasing dose rate and generally act as an additional fault alarm.

It should be possible to set a low level alarm to a point below the minimum of the effective range of measurement such that on failure of the detector assembly this alarm will operate within 5 min of the failure.

6.7.1.3 Instrument fault alarms

Diagnostic facilities should be provided as far as reasonably practicable to detect electronic component, inter-unit communication and processing firmware (software) failures, which may cause loss of the safety function of the equipment. These facilities shall result in fault indication or alarm. Separate indication of the source of the fault may be provided.

Copyright International Electrotechnical Commission

6.7.2 Method of test

6.7.2.1 High level alarms

This test shall be performed on the detector assembly/processing unit, but may exclude the detector. Using appropriate signal injection equipment, the range of the detector output shall be simulated. The alarms shall be adjusted to within 10 % of their lowest setting and the input signal increased until the alarms operate. The indication of the equipment shall be noted. The alarm settings shall be re-adjusted to their highest settings and the procedure repeated.

6.7.2.2 Low level alarms

This test shall be performed on the detector assembly/processing unit, but may exclude the detector. Using appropriate signal injection equipment, the range of the detector output shall be simulated. The alarms shall be adjusted to within 10 % of their lowest setting and the input signal decreased until the alarms operate. The indication of the equipment shall be noted. The alarm settings shall be re-adjusted to their highest settings and the procedure repeated.

6.7.2.3 Instrument fault alarms

The instrument fault alarm shall normally be tested in accordance with 6.7.1.3. Tests of failure alarms against appropriate equipment malfunctions shall be carried out.

Alarm functions shall be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

6.8 Alarm response time and stability

6.8.1 Requirements

Radiation alarm thresholds shall not deviate by more than ±10 % from the selected alarm set point and shall conform to the requirements of 6.7.1.1.

6.8.2 Method of test

The alarm threshold shall be adjusted to a reasonable dose rate level to enable the test to proceed. Expose the detector assembly to a dose rate that is 80 % of the alarm threshold. The alarm shall not activate for the duration of an exposure of 1 min. Increase the dose rate to 120 % of the alarm threshold. The alarm shall activate within 1 min.

Additional alarm responses may be agreed upon between the purchaser and the manufacturer.

6.9 Warm-up

6.9.1 Requirements

The manufacturer shall state the warm up time. The warm up time used to reach standard test conditions is indicated in Table 1.

6.9.2 Method of test

With the detector assembly/monitoring unit switched off, expose the detector to an appropriate source of radiation that will provide an indication of at least half the maximum scale. Switch on the assembly and note the readings of the assembly every 30 s after switching on until the manufacturer’s stated warm up time is exceeded. On a graph of indication as a function of time, draw a smooth curve that is the best fit.

Thirty minutes after switching on, take at least ten readings and use the mean value of these as the "final value" of the indication. From the graph, the time related to 90 % of this value is the warm-up time.

Copyright International Electrotechnical Commission

7 Electrical, mechanical and environmental characteristics

7.1 Power supplies

7.1.1 Mains operation

7.1.1.1 Requirements

Assemblies should be designed to operate from single-phase AC supply voltage in one of the following categories in accordance with IEC 60038:

– series I: 230 V AC;

– series II: 100 V AC;

– series III: 120 V and/or 240 V AC.

The assemblies may be designed to operate from 24 V DC (series IV). Line operated assemblies should be designed to operate from single-phase AC supply voltage of 100 V to 240 V and from 47 Hz to 63 Hz. The equipment shall operate with a supply voltage tolerance from –12 % to +10 % of the nominal value.

7.1.1.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. With the supply voltage at its nominal value, determine and record the mean reading from each detector.

Take sufficient readings with the supply voltage 10 % above the nominal value and sufficient readings with the supply voltage 12 % below the nominal value. The mean values shall not differ from those obtained with nominal supply voltage by more than 10 %.

The above tests shall be repeated but instead of changing the voltage, the frequency shall be changed from 57 Hz to 63 Hz for 60 Hz supply voltage or from 47 Hz to 53 Hz for 50 Hz supply voltage.

7.1.2 Battery operation

7.1.2.1 Requirements

a) General

Means shall be provided for checking the battery under conditions corresponding to maximum load. Batteries may be arranged in any desired manner but preferably shall be individually replaceable. The correct polarity shall be clearly indicated on the assembly by the manufacturer.

b) Primary batteries (non-rechargeable)

When power is supplied by primary batteries, the capacity of these should be such that, after operation under standard test conditions for 40 h of intermittent use the indication of the assembly shall not differ by more than 10 % from that obtained after the initial 15 min stabilization time of operation.

When primary batteries are used, they should be selected from those specified in IEC 60086-1.

NOTE 40 h intermittent use means 8 h of continuous use followed by 16 h with the assembly switched off, for five consecutive days.

c) Secondary batteries (rechargeable)

Copyright International Electrotechnical Commission

When power is supplied by secondary batteries, the capacity of these shall be such that after 12 h of continuous use, the indication of the assembly should not differ by more than 10 % from that obtained after the initial 15 min of operation.

If secondary batteries are used, it should be possible to recharge the batteries from the mains supply within 16 h. The use of a device that switches off the charger when the complete charge is obtained should be included.

7.1.2.2 Method of test

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for this test. Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Take sufficient readings (see 4.5). Leave the assembly continuously working in this radiation field for the periods or period given in 7.1.2.1 b) or 7.1.2.1 c) as appropriate. At the end of this time again take sufficient readings and verify that this mean value does not differ from the original mean value by more than 10 %.

7.2 Electromagnetic compatibility (EMC)

7.2.1 General

Special precautions shall be taken in the design of the monitoring units to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbance, particularly radio-frequency fields (see IEC 61000-4-3). Electromagnetic disturbances may cause increases or decreases in the radiation readings, or functional changes in the monitoring system (e.g, alarm activation). For each of the EMC tests given in 7.2.2 to 7.2.9, the detector assembly shall be set to the most sensitive range and irradiated with five times the lower end of the measuring range of the detector assembly.

7.2.2 Electrostatic discharge

7.2.2.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by electrostatic discharges at the value shown in Table 5. The readings obtained after exposure to the discharges shall be within ±15 % of the pre-test values. The apparatus shall continue to operate as intended after the test.

7.2.2.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications at the display and at any data output terminals, while discharging a suitable test generator as described in IEC 61000-4-2 at least five times to those various external parts of the complete equipment which may be touched by the operator during a normal measurement, when the dose equivalent (rate) meter detector assemblies with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV (severity level 3) shall be used.

7.2.3 General radiated electromagnetic fields

7.2.3.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by exposure to radio-frequency fields from 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz with an intensity of 10 V/m (Table 5). The readings shall remain within ±15 % of the readings obtained when not exposed to the radio-frequency field, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the radio-frequency field alone.

Copyright International Electrotechnical Commission

7.2.3.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing assembly with the dose equivalent (rate) detector assembly set to the most sensitive range.

The electromagnetic field strength shall be 10 V/m in the frequency range of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz in steps of 1 % (see IEC 61000-4-3).

To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement, the test can be performed at a field strength of 20 V/m in one orientation only. If any indication that a susceptibility exists is observed, additional tests in the range of ±15 % around this frequency range of susceptibility with a field strength of 10 V/m shall be carried out with the dose equivalent (rate) meter detector assembly in all three orientations as described in IEC 61000-4-3.

7.2.4 Conducted disturbances induced by fast transients or bursts

7.2.4.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by conducted disturbances induced by fast transients or bursts at the values shown in Table 5. The readings obtained after exposure to the disturbances shall be within ±15 % of the pre-test values. The apparatus shall continue to operate as intended after the test.

7.2.4.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Fast transients or bursts should be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing assembly, with the dose equivalent (rate) detector assembly set to the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-4 with a peak voltage of ±2 kV.

The severity of the test shall be as follows:

- for equipment installed in protected room: level 2;
- for other equipment: level 3.

7.2.5 Conducted disturbances induced by surges

7.2.5.1 Requirements

The monitoring assembly designed to operate from AC supply voltage shall not be affected by conducted disturbances induced by surges at the values shown in Table 5. The readings obtained after exposure to the disturbances shall be within ±15 % of the pre-test values. The apparatus shall continue to operate as intended after the test.

7.2.5.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Copyright International Electrotechnical Commission

Pulses should be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing assembly with the dose equivalent (rate) detector assembly set to the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-5 with a voltage of ±2 kV or ±1 kV as given in Table 5.

7.2.6 Conducted disturbances induced by radio-frequencies

7.2.6.1 Requirements

The monitoring assembly designed to operate from AC supply voltage shall not be affected by conducted disturbances induced by radio-frequencies shown in Table 5. The readings shall remain within ±15 % of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated, and no other functional changes shall occur as a result of the disturbances alone.

7.2.6.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display of the processing unit, with the dosemeter detector assembly set to the most sensitive range.

The voltage shall be equivalent to 10 V in the frequency range of 150 kHz to 80 MHz in steps of 1 % according to IEC 61000-4-6.

7.2.7 Ring wave immunity

7.2.7.1 Requirements

The monitoring assembly designed to operate from AC supply voltage shall not be affected by oscillatory waves injected shown in Table 5. The readings shall remain within ±15 % of the readings obtained when not exposed to the disturbances, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the oscillatory waves alone.

The test procedures are defined in IEC 61000-4-12, with the following details concerning the dampened oscillatory wave:

- oscillation frequency: 1 MHz + 10 %;
- mains supply frequency between 50 Hz and 400 Hz and non-synchronized on the network frequency.

7.2.7.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Injection takes place in common mode using the coupling/uncoupling network. If the manufacturer’s specifications stipulate that an earth connection is required for one of the circuit conductors, the test of this circuit shall be performed in differential mode while applying the specified common mode severities.

The severity of the test shall be as follows:

- circuits connecting the protected room: level 1;
- circuits exiting other place: level 3.

Copyright International Electrotechnical Commission

On completion of this test, the performances of the system shall comply with the performances stipulated by the manufacturer.

7.2.8 50 Hz/60 Hz magnetic field

7.2.8.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by 50 Hz or 60 Hz magnetic fields. The readings shall remain within ±15 % of the readings obtained when not exposed to the magnetic fields, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the magnetic field alone.

7.2.8.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

Compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing unit while measurements are performed on the most sensitive range. The dose equivalent (rate) meter detector assembly shall be exposed to continuous fields of 30 A/m at a frequency of 50 Hz or 60 Hz. The dose equivalent (rate) detector assembly should be exposed in a minimum of two orientations (0° and 90°) relative to the field lines.

7.2.9 Voltage dips and short interruptions

7.2.9.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by voltage dips and short interruptions. The readings obtained after exposure to the voltage changes shall be within ±15 % of the pre-test values. The behavior of the apparatus is given in Table 5.

7.2.9.2 Method of test

For mains-operated dose equivalent (rate) detector assemblies, compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals of the processing unit while measurements are performed on the most sensitive range. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-11, with voltage reductions as given in Table 5.

7.3 Mechanical characteristics

7.3.1 Microphonics/impact

7.3.1.1 Requirements

The monitoring assembly shall not be affected by microphonic conditions such as those that may occur from low intensity sharp contacts with hard surfaces. The readings shall remain within ±15 % of the readings obtained when not exposed to the microphonic conditions, no alarms shall be activated and no other functional changes shall occur as a result of the microphonic conditions.

7.3.1.2 Method of test

Place a ^{137}Cs source as defined in 4.6 adjacent to the detector assembly. Determine and record the mean reading.

The test can be performed either according to IEC 60068-2-75 or IEC 62262.

Copyright International Electrotechnical Commission

Switch on the assemblies and allow them to warm up during specified time for normal work. Using an appropriate test device (i.e. a spring hammer), expose the detector assembly case to three impacts at an energy of 1,0 joules (J). The test shall be performed on each side of the detector assembly while observing the response.

The monitoring unit response shall be unaffected (remain within ±15 % of the pre-test values) by the impacts.

7.3.2 Mechanical shock

7.3.2.1 Requirements

Transportable, mobile instrumentation shall function normally during exposure to ten shock pulses of 50 g peak acceleration, each applied for a normal 18 ms in each of three mutually orthogonal axes. The physical condition of instruments shall not be affected by ten shocks (e.g., solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

7.3.2.2 Method of test

With the radiation instrument functioning normally, subject it to ten pulses of peak acceleration of 50 g (half-sine-wave pulse), each applied for a nominal time interval of 18 ms in three orthogonal directions. After each set of ten shocks, verify the functionality of the device. After the test, inspect the device for mechanical damage and loose components.

7.4 Environmental characteristics

7.4.1 Ambient temperature

7.4.1.1 Requirements

The monitoring equipment shall be capable of operating over a temperature range of –25 ˚C to 55 ˚C. The test shall take account of self-heating where the equipment is installed in enclosed cabinets. The indicated value shall remain within the ±20 % of the indicated value at 20 ˚C over the temperature range –10 ˚C to 40 ˚C. Over the temperature range –25 ˚C to 55 ˚C the indicated range shall remain within 50 % of the indicated value at 20 ˚C.

If the equipment for the control of the temperature of the detector is installed in the monitor the indicated value shall remain within ±5 % of the indicated value at 20 ˚C over the temperature range from –10 ˚C to 40 ˚C

For battery operated equipment the manufacturer shall specify the lowest temperature that the equipment will operate, within the requirements of this standard. The manufacturer shall specify any special procedures necessary to operate at low temperature.

7.4.1.2 Method of test

This test shall include measurements of dose rate induced by ambient background and measurements of dose rate induced by photon radiation sources as defined in 6.1.2. The geometry of test shall stay the same throughout the test cycle.

The temperature shall be maintained at each of its extreme values for a minimum of 4 h and the indication of the assembly measured every 60 min during this period. Humidity levels should be low enough to prevent condensation (< 50 %). The rate of change for temperature shall not exceed 15 $^{\circ}C \cdot h^{-1}$. The limits of variation of indications shall be within the value given in Table 4.

Portions of the system that are intended for installation in a controlled environment may be excluded from this test.

Copyright International Electrotechnical Commission

If the monitoring assembly incorporates temperature control devices, those assemblies shall be tested as complete assemblies. For those monitoring assemblies that do not provide internal temperature control for individual assemblies, it is permitted to test each assembly as grouped components.

7.4.2 Relative humidity

7.4.2.1 Requirements

The monitoring assembly shall be able to operate during and after exposure to relative humidity levels of up to 90 % at an ambient temperature of +35 ˚C. Acceptable operation is indicated by a ≤ 15 % change in detector count rate with that measured at +20 ˚C and 65 % RH both during and after exposure. There shall be no observable effects from the exposure to high humidity.

If the equipment for performing humidity control of a detector is installed in a monitor, acceptable operation is indicated by a ≤ 5 % change in detector count rate with that measured at +20 ˚C and 65 % RH during and after exposure.

Higher humidity limit (90 % RH at +40 ˚C) may be required in accordance with the agreement between the purchaser and the manufacturer. In such a case, a test shall be conducted for such expanded conditions.

7.4.2.2 Method of test

The test shall be carried out at a single temperature of 35 ˚C using an environmental chamber. For this test the monitoring unit, including the detector assembly, shall be switched on and exposed to the reference photon radiation as defined in 6.1.2. The humidity shall be maintained at its extreme values for a minimum of 4 h and the indications of the assembly noted every 1 h during this period. The permitted variation in the indications as specified in Table 4 is additional to the permitted variations due to temperature alone. Following exposure, each assembly shall be inspected for corrosion or other humidity caused effects. There shall be no observable effects from the exposure.

Portions of the system that are intended for installation in a controlled environment may be excluded from this test.

7.4.3 Sealing

7.4.3.1 Requirements

The monitoring assembly shall be designed to prevent the ingress of moisture. The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture.

The sealing of the monitoring assembly shall satisfy the requirements of IPX3 in IEC 60529.

7.4.3.2 Method of test

All components that are intended for outdoor use shall be exposed to a rain test with exposure based on component area, 10 l/min for a period of time based on the measured surface area of the monitor. The time is 1 min/m^2 with a minimum of 5 min. The spray nozzle should be approximately 2 m from the monitor. Water sprayed at an angle up to 60° on either side of the vertical shall have no harmful effects. After exposure, each component shall be inspected to determine if moisture penetrated the installed seals.

Copyright International Electrotechnical Commission

8 Documentation

8.1 Type test report

The manufacturer shall make available, at the request of the purchaser, the report on the type tests performed to the requirements of this standard.

8.2 Certificate

A certificate shall be provided with each monitoring unit and detector assembly, including at least the following information in accordance to IEC 61187:

– manufacturer's name or registered trademark;
– type of the assembly and serial number;
– types of radiation the assembly is intended to measure;
– reference point of the assembly;
– locations and dimensions of the sensitive volumes;
– power supply requirements;
– operating temperature range;
– declaration of conformity with respect to this standard.

8.3 Operation and maintenance manual

An operation and maintenance manual containing at least the following information in accordance with IEC 61187 shall be supplied:

– schematic electrical diagrams including spare parts list;
– operational details, maintenance and testing procedures.

The maintenance manual user instructions shall be written in an unambiguous manner. These instructions have to be the same for all parts of the type test and cover routine use.

Copyright International Electrotechnical Commission

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference photon radiation source	^{137}Cs***	^{137}Cs
Warm-up time	30 min	>30 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C**
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %**
Atmospheric pressure	101,3 kPa	70 kPa to 106 kPa**
Power supply voltage*	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ±1 %
Power supply frequency*	Nominal frequency	Nominal frequency ±2 %
Power supply waveform*	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Photon radiation background	Air kerma rate and air absorbed dose rate 0,1 $\mu Gy \cdot h^{-1}$	Less than air kerma rate and air absorbed dose rate of 0,25 $\mu Gy \cdot h^{-1}$
	Ambient dose equivalent rate 0,1 $\mu Sv \cdot h^{-1}$	Less than ambient dose equivalent rate of 0,25 $\mu Sv \cdot h^{-1}$
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by the manufacturer	Direction given ±10°
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to earth's magnetic field
Orientation of assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation ±10°
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible

* Only for installed assemblies which can also be operated from the mains.

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

*** ^{60}Co may be used as an alternative (see 4.6).

Copyright International Electrotechnical Commission

Table 2 – Radiation performance tests

Characteristics under test	Minimum range of values of influence quantities	Limits of variation of indications or of the responses	Subclause
Linearity	Over the effective measurement range	−15 % to +22 %	6.1
Variation of response with photon radiation energy.	80 keV to 1,5 MeV	±30 %	6.2
Variation of response with angle incidence	For 662 keV at 15° intervals from 0° to ±120° For 83 keV at 15° intervals from 0° to ±120° For 60 keV at 15° intervals from 0° to ±120°	– ±20 % – to be stated by manufacturer – to be stated by manufacturer (where applicable)	6.3
Overload characteristics	For dose rates greater than that corresponding to a scale maximum	The indication of the detector assembly/monitoring unit shall be off scale at the higher end of the scale and shall remain so	6.4
Statistical fluctuations	For the most sensitive scale	Less than 20 %	6.5
Response time		Shall be specified by the manufacturer	6.6
Alarm requirements		For installed assemblies to measure dose rate, one high level alarm should be provided as a minimum. Each alarm shall activate within 1 s of the displayed value reaching the set point. For installed assemblies to measure dose rate, a low level alarm facility should be provided. It should be possible to set the fault alarm to a point below the minimum of the effective range of measurement such that on failure of the detector assembly this alarm will operate within 5 min of the failure	6.7
Alarm response time and stability		Shall not deviate by more than ±10 % from the selected alarm set point	6.8
Warm up		The manufacturer shall state the warm up time	6.9

Copyright International Electrotechnical Commission

Table 3 – Classification of electricity, mechanical, and environmental testing

No.	Title	Installed	Transportable	Mobile
7.1	Power supplies			
7.1.1	Mains operation	Applicable	a	a
7.1.2	Battery operation	N/A	b	b
7.2	Electromagnetic compatibility (EMC)			
7.2.2	Electrostatic discharge	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.3	General radiated electromagnetic fields	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.4	Conducted disturbances induced by fast transients or bursts	Applicable	a	a
7.2.5	Conducted disturbances induced by surges	Applicable	a	a
7.2.6	Conducted disturbances induced by radio-frequencies	Applicable	a	a
7.2.7	Ring wave immunity	Applicable	a	a
7.2.8	50 Hz/60 Hz magnetic field	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.9	Voltage dips and short interruptions	Applicable	a	a
7.3	Mechanical characteristics			
7.3.1	Microphonics/impact	Applicable	Applicable	Applicable
7.3.2	Mechanical shock	N/A	Applicable	Applicable
7.4	Environmental characteristics			
7.4.1	Ambient temperature	Applicable	Applicable	Applicable
7.4.2	Relative humidity	Applicable	Applicable	Applicable
7.4.3	Sealing	Applicable	Applicable	Applicable
a Applicable for AC power supply.				
b Applicable for battery power supply.				

Copyright International Electrotechnical Commission

Table 4 – Tests performed with variations of influence quantities

Characteristic under test or influence quantity	Range of values of influence quantities	Limits of variation of indications or of the responses	Subclause
Mains operation	– From 100 V to 240 V power supply voltage – From 47 Hz to 63 Hz	–12 % to +10 %	7.1.1
Battery operation	Primary batteries: 40 h of intermittent use Secondary batteries: 12 h of continuous use	±10 %	7.1.2
Microphonics/impact	Three impacts at an intensity of 1,0 joules at different locations on the detector assembly	Response shall be unaffected by exposure ±15 %	7.3.1
Mechanical shock	Ten shock pulses of 50 g, 18 ms	The instrument shall function normally during exposure. The physical condition shall not be affected.	7.3.2
Ambient temperature [a]	–10 °C to +40 °C –25 °C to +55 °C	±20 %, ±5 % [b] ±50 %	7.4.1
Relative humidity	40 % to 90 % at +35 °C	±15 %, ±5 % [b]	7.4.2
Sealing	1 min/m^2 for a minimum of 5 min	No moisture ingress	7.4.3

[a] Assemblies intended for temperate climates. In hotter or colder climates other limits may be specified. For assemblies intended for operation at very low temperature, means of heating the batteries may be provided.

[b] An installed monitor with equipment for performing temperature or humidity control of a detector.

Copyright International Electrotechnical Commission

Table 5 – Maximum values of additional indications due to electromagnetic disturbances

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to IEC standard	Frequency	Allowed change of response at five times the lower end of the measuring range	Criterion [a]	Subclause
Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ±8 kV air discharge 0 kV to ±4 kV contact discharge	IEC 61000-4-2	Five disturbances	±15 %	B	7.2.2
Radiated electromagnetic fields, field strength and modulation	80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz 0 V/m to 10 V/m (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % of time	±15 %	A	7.2.3
Conducted disturbances induced by fast transients / burst, peak voltage	Power ports: 0 kV to ±2 kV Signal ports: 0 kV to ± 1 kV 5/50 ns (tr/th)	IEC 61000-4-4	Ten disturbances per hour	±15 %	B	7.2.4
Conducted disturbances induced by surges, peak voltage and rise time	AC power ports, line-to-earth: 0 kV to ±2 kV AC power ports, line-to-line: 0 kV to ±1 kV Signal ports, line-to-earth: 0 kV to ±1 kV DC power ports: 0 kV to ± 2 kV 1,2/50 (8/20) μs (tr/th)	IEC 61000-4-5	Ten disturbances per hour	±15 %	B	7.2.5
Conducted disturbances induced by radio-frequencies, frequency and voltage	150 kHz to 80 MHz 0 V to 10 V (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-6	10 % of time	±15 %	A	7.2.6
Ring wave immunity	Oscillation frequency: 1 MHz +10 %, mains supply frequency between 50 Hz and 400 Hz and non-synchronized on the network frequency	IEC 61000-4-12	10 % of time	±15 %	A	7.2.7
50 Hz/60 Hz magnetic field, field strength	0 A/m to 30 A/m	IEC 61000-4-8	10 % of time	±15 %	A	7.2.8
Voltage dips/short interruptions, duration	1 cycle (100 % reduction) (20 ms at 50 Hz; 17 ms at 60 Hz)	IEC 61000-4-11	Ten disturbances per hour	±15 %	B	7.2.9

Copyright International Electrotechnical Commission

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to IEC standard	Frequency	Allowed change of response at five times the lower end of the measuring range	Criterion [a]	Subclause
Voltage dips/short interruptions, duration	500 ms (30 % reduction) 200 ms (60 % reduction) 5 000 ms (100 % reduction)	IEC 61000-4-11	Ten disturbances per hour	±15 %	C	7.2.9

[a] Criteria A, B and C according to IEC 61000-6-2:

A The apparatus shall continue to operate as intended during and after the test.

B The apparatus shall continue to operate as intended after the test.

C Temporary loss of function is allowed, provided the function is self-recoverable or can be restored by the operation of the controls.

Copyright International Electrotechnical Commission

Annex A
(informative)

Example types of detectors and their characteristics

A.1 Ionization chamber

This is suitable for the measurement of air kerma and air absorbed dose from the detection principle, but to measure ambient dose equivalent, it is necessary to increase the detection efficiency around 100 keV to fit the fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient given by ICRP 74 [2]. The major advantage is a flat energy response, the main disadvantage is the comparatively low counting efficiency. Large volume ionization chambers or high pressure chambers are suitable for environmental monitoring by discriminating natural background radiation. In the environment, the correction due to temperature and atmospheric pressure is required.

A.2 GM counter

The detection efficiency is higher than the ionization chamber, but the correction of the detection efficiency is required to fit each conversion coefficient from fluence, in order to measure air kerma, air absorbed dose and ambient dose equivalent for using energy compensation techniques by using filters. In the environment, the correction due to temperature and atmospheric pressure is required.

A.3 Scintillation detector

Scintillation detectors offer the highest efficiency and the environmental radiation at background level can easily be measured. The correction of the detection efficiency is required to fit each conversion coefficient from fluence, in order to measure air kerma, air absorbed dose and ambient dose equivalent. This correction can be done using the spectrum-weighting function (G-function) coupled with the pulse height distribution (energy spectrum) from the detector outputs. The G-function method (Annex B) is quite useful to get the ambient dose equivalent in good accuracy. The isotope identification is also available from the energy spectrum measurement. In the environment, the temperature correction of the photomultiplier is required.

A.4 Semiconductor detector

This detector is much smaller than the other detectors and the smaller-sized assembly is achievable. The applied voltage of the detector circuit is several tens of volts and the downsizing and low power of the circuit is available. The fast response of output pulses makes possible to measure high counting rates, but the detection efficiency is relatively low. The energy response of the detection efficiency can be corrected with attaching an adequate filter to fit each conversion coefficient from fluence, in order to measure air kerma, air absorbed dose and ambient dose equivalent.

---

2 International Commission on Radiological Protection: “Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation”, *ICRP Publ. 74*, 1995.

Copyright International Electrotechnical Commission

Annex B
(informative)

Introduction of spectrum-weight G-function

The ambient dose equivalent, $H^*(10)$, is given by:

$$H^*(10) = \int \phi(E) h(E) dE \tag{B.1}$$

where E is an incident photon energy, $h(E)$ is the fluence-to-ambient-dose-equivalent conversion coefficient in Sv/cm^{-2}, which is given by ICRP publication 74 and $\phi(E)$, is the photon energy spectrum in cm^{-2} [3].

Then, the spectrum-weight function, so-called G-function, is introduced:

$$h(E) = \int R(E,L) G(L) dL \tag{B.2}$$

where L is a deposition energy in the photon detector, $R(E, L)$ is the response function per photon in count/cm^{-2} , $G(L)$ is spectrum-weight correction factor corresponding to L.

The measured pulse height distribution, $P(L)$, is given by:

$$P(L) = \int R(E,L) \phi(E) dE \tag{B.3}$$

By combining formula (B.1) and formula (B.2), we can get $H^*(10)$ from pulse height distribution, $P(L)$, using G-function, $G(L)$, as below:

$$H^*(10) = \int P(L) G(L) dL \tag{B.4}$$

The G-function can be calculated from the response function of the detector $R(E,L)$ from formula (B.2) by employing the unfolding technique (mathematical inverse transformation), when $R(E,L)$ is known by experiment and/or calculation [4],[5],[6].An example of G-functions for several size NaI(Tl) scintillator are shown in Figure B.1 [7]. The discrimination bias modulation method can be applied according to the thus-obtained G-function in order to get $H^*(10)$ from formula (B.4).

---

3 ICRP Publication 74, "Conversion Coefficients for use in Radiation Protection against External Radiation", *Ann. ICRP 26 (3-4)*, 1996.

4 S. Moriuchi and I. Miyanaga, "A spectrometric method for measurement of low-level gamma exposure dose", *Health Phys.* 12, 541, 1966.

5 S. Moriuchi, "A new method of dose evaluation by spectrum-dose conversion operator and determination of the operator", *JAERI 1209*, Japan Atomic Energy Research Institute, July, 1971 (in Japanese).

6 S. Moriuchi, T. Nagaoka, R. Sakamoto, K. Saito, "Determination of spectrum-dose conversion operator for spherical NaI(Tl) scintillators", *JAERI-M 8092*, Japan Atomic Energy Research Institute, February, 1979 (in Japanese)

7 S. Yamamura, T. Nakamura, K. Itou, O.Hatakeyama, K. Masui, "Development of Wide-energy Range X/gamma-ray Survey-meter", *J. Nucl. Sci. Technol.*, Suppl. 5, 187-190, 2008.

Copyright International Electrotechnical Commission

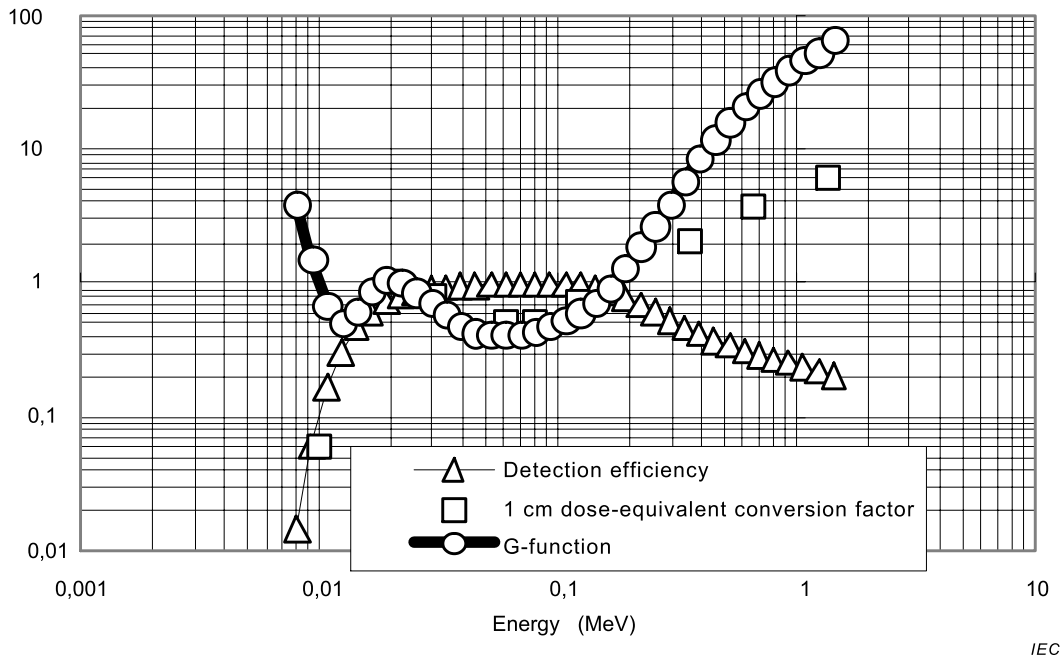


Figure B.1 – Calculated spectrum-weight G-function (pSv/count) as a function of photon energy, compared with the detection efficiency (count/cm^{-2}) and the fluence-to-ambient-dose-equivalent conversion coefficient (pSv/cm^{-2}) for the NaI(Tl) scintillator (12,7 mm diameter and 12,7 mm thick cylinder)

Copyright International Electrotechnical Commission

Annex C
(informative)

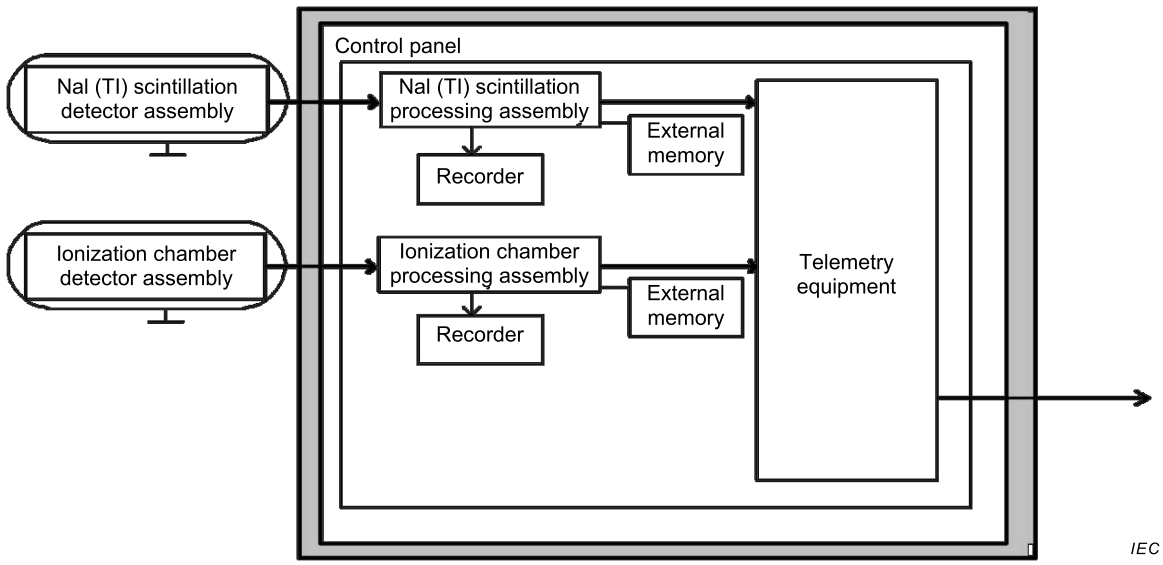
Specification and configuration of the system using two types of detector

C.1 Combination of NaI type and ionization chamber type

a) Example of technical specification

Item	NaI type dose rate measurement system	Ionization chamber type dose rate measurement system
Detector	NaI(Tl) scintillation detector	Spherical ionization chamber detector
Detector size	5 cm diameter × 5 cm (2" diameter × 2") or others	Approx. 14,5 l
Measurement range	Background level to 10^5 nGy·h^{-1}	Background level to 10^8 nGy·h^{-1}
Linearity	±15 %	±15 %
Variation of response with photon radiation energy	50 keV to 1,5 MeV: ±30 %	50 keV to 1,5 MeV: ±30 %
Variation of response with angle of incidence	±20 %	±20 %
Ambient temperature (based on the value at 20 °C)	–10 °C to +40 °C ±20 %	–10 °C to +40 °C ±20 %

b) Diagram showing an example of an installed configuration



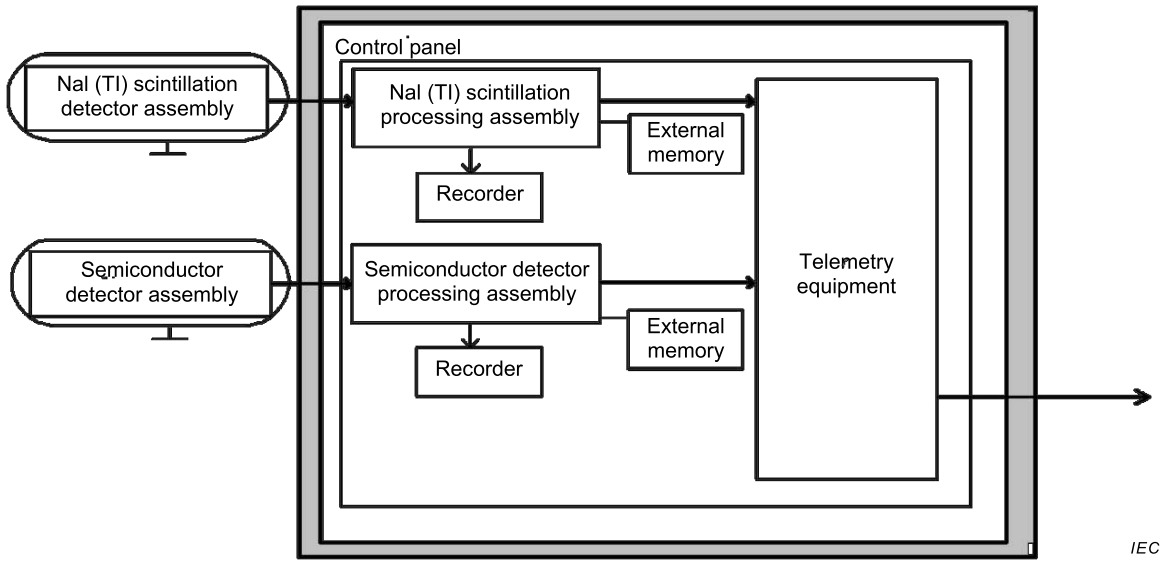
Copyright International Electrotechnical Commission

C.2 Combination of NaI type and semiconductor type

a) Example of technical specification

Item	NaI type dose rate measurement system	Semiconductor detector measurement system
Detector	NaI(Tl) scintillation detector	Semiconductor detector
Detector size	5 cm diameter × 5 cm (2" diameter × 2") or others	-
Measurement range	Background level to 10^5 nGy·h^{-1}	10^4 nGy·h^{-1} to 10^8 nGy·h^{-1}
Linearity	±15 %	±15 %
Variation of response with photon radiation energy	50 keV to 1,5 MeV: ±30 %	50 keV to 1,5 MeV: ±30 %
Variation of response with angle of incidence	±20 %	±20 %
Ambient temperature (based on the value at 20 °C)	–10 °C to +40 °C ±20 %	–10 °C to +40 °C ±20 %

b) Diagram showing an example of an installed configuration



Copyright International Electrotechnical Commission

Annex D
(informative)

Calibration of dose rate and dose meters

For the measurement of low ambient dose equivalent rates, it is necessary to take into account the contribution of background radiation to the ambient dose equivalent rate at the point of test. This requires a detailed knowledge of the detector's response to the different components of the background. These problems are discussed in this annex. The cosmic radiation response and the internal background of each assembly should be determined [8].

The indication D_i of an assembly that is irradiated by a calibration source may be represented by:

$$D_i = R_c\, D_c + R_t\, D_t + R_s\, D_s + R_i$$

where

D_i is the instrument indication in appropriate units of charge (current), voltage, counts (count rate) or meter indication in $Gy \cdot h^{-1}$ or $Sv \cdot h^{-1}$;

D_c is the air kerma (kerma rate), air absorbed dose (dose rate) or ambient dose equivalent (dose equivalent rate) due to the cosmic component of the background radiation in the calibration room;

D_t is the air kerma (kerma rate), air absorbed dose (dose rate) or ambient dose equivalent (dose equivalent rate) due to the terrestrial gamma component of the background radiation in the calibration room;

D_s is the air kerma (kerma rate), air absorbed dose (dose rate) or ambient dose equivalent (dose equivalent rate) due to the calibration source;

R_c is the response to the cosmic component of the background radiation;

R_t is the response to the terrestrial gamma component of the background radiation;

R_s is the response to the radiation of the calibration source;

R_i is the contribution to the reading arising from any internal radioactive contamination or from the electronic noise of the instrument.

For many detectors, R_c, R_t and R_s are usually not equal and the factor, R_s depends on the photon energy, so that the value R_s derived from a laboratory calibration with point sources or beams, will not be equal to R_t and cannot be directly used for field measurements. To determine R_c, R_t, R_s and R_i, it is necessary to measure each response separately by elimination of the other three influence quantities. This can be done in the following way.

a) By determining how R_s values vary with energy and weighting the appropriate R_s values by the environmental energy spectrum, a value of R_t applicable to the field use of the assembly can be calculated.

b) The indication R_i due to the internal background of any instrument can be estimated, for example, by observing the instrument reading when it is taken to large depths below ground. At a depth of 100 m, cosmic radiation is effectively eliminated and by placing the detector within a 10 cm thick lead shield its response to the radiation from the local rocks can also be virtually eliminated.

   For ionization chambers, R_i can normally be considered as due to intrinsic alpha radioactivity in the chamber. It can be estimated by placing the chamber in a shielded low background facility and monitoring the electrometer output with a short time constant recorder. Alpha pulses can be identified by large spikes produced in the recorder output.

---

8 BURU, *A guide to the measurement of environmental gamma radiation*, J.A.B. Gibson, I.M.G. Thompson and F.W. Spiers, 1993.

Copyright International Electrotechnical Commission

Periodic checks for leakage current and for insulator stresses should also be made. The unidirectional currents arising from stress within the insulator can be determined by making measurements with both positive and negative polarizing voltages.

The internal background of any instrument should not change significantly during its life because the radio nuclides present have long half-lives. Nevertheless, occasional checks are advisable since the instrument may become contaminated by external sources itself.

c) The determination of the cosmic response R_c can be made either experimentally or from a theoretical calculation of the interaction of the cosmic rays in the detector. The experimental measurement of the cosmic ray response can be made on a boat or on a swimming platform, constructed from material of low radioactivity, on a fresh water lake or reservoir or at sea at least 100 m to 1 km from the shore.

The X or gamma ray calibration of the instrument R_s may be accomplished as follows:

1) The background reading, D_{1b}, of the instrument is first taken before exposure to the calibration source.
2) The assembly is then exposed to the source and the reading D_{1s} noted.
3) $R_s = (D_{1s} - D_{1b})/D_s$.

This method eliminates the effects of the response due to cosmic radiation, that due to the calibration laboratory background dose rate or dose and from the R_i contribution. It should be noted, however, that it is only applicable if the scattered radiation from the source is negligible. Where significant scattered radiation is present, these two measurements shall be replaced by one with the source present and by a second with a 5 cm deep lead shadow shield placed between the detector and the source, whose shape is just sufficient to shield the detector from the direct radiation from the calibration source. Subtraction of the lead shield reading allows the response to the source primary radiation to be determined.

Alternatively, in a low background environment, e. g. 100 m or more below ground, use at least three different ambient dose equivalent rates for calibration. The lowest dose rate should be close to but significantly above internal background of the environment.

4) Determine the contribution to the reading, R_i, arising from any internal radioactive contamination or from the electronic noise of the instrument by extrapolating the indication to zero ambient dose equivalent rate.
5) Determine the response R_s from the slope of the linear dependence of the instrument reading D_{1s} versus ambient dose equivalent rate D_s of the calibration source.

D_t may become large in a post-accident condition. When the D_t is large and precise value of R_s is difficult to be obtained, the R_s should be checked by the following steps.

i) Measure dose rate of environment around the assembly by using a dose rate meter or monitor.

ii) Estimate the expected indication of the assembly by considering differences of energy response and angular distribution of response.

iii) Obtain the R_s as a ratio of the indicated value to the expected indication of the assembly.

iv) The R_s should not exceed ±10 % of ($R_{S0} + U$), where R_{S0} is a response of the assembly that was obtained in the previous measurement and U is an uncertainty arising from use of the dose rate meter or monitor.

NOTE A more complete description and useful information is given in a CEC report: European Commission, Radiation Protection 106, Technical recommendations on measurement of external environmental gamma radiation doses. A report of EURADOS Working Group 12 “Environmental radiation monitoring” Edited by I.M.G.Thompson, L Botter-Jensen, S. Deme, F. Pernicka and J.C. Saez- Vergara, 1999.

Copyright International Electrotechnical Commission

Copyright International Electrotechnical Commission

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 47
INTRODUCTION 49
1 Domaine d'application 50
2 Références normatives 51
3 Termes, définitions, abréviations, symboles, quantités et unités 52
3.1 Termes et définitions 52
3.2 Nomenclature d'essai 54
3.3 Abréviations et symboles 55
3.4 Quantités et unités 55
4 Procédure générale d'essai 55
4.1 Nature des essais 55
4.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai 56
4.3 Essais de performances de rayonnement 56
4.4 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence 56
4.5 Fluctuations statistiques 56
4.6 Rayonnement de référence 56
4.7 Point d'essai 56
5 Exigences générales 56
5.1 Résumé des exigences 56
5.2 Caractéristiques générales 57
5.2.1 Plage de mesure et d'énergie 57
5.2.2 Plage effective de dose et de débit 57
5.2.3 Facilité de décontamination 57
5.3 Configuration de l'équipement 57
5.4 Installations d'alarme 58
6 Exigences de détection de rayonnement 58
6.1 Linéarité 58
6.1.1 Exigences 58
6.1.2 Source d'essai du rayonnement de photons 58
6.2 Ecart de la réponse avec l'énergie de rayonnement de photons 59
6.2.1 Exigences 59
6.2.2 Méthode d'essai 59
6.3 Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence 60
6.3.1 Généralités 60
6.3.2 Exigences 60
6.3.3 Méthode d'essai 60
6.4 Caractéristiques de surcharge 61
6.4.1 Exigences 61
6.4.2 Méthode d'essai 61
6.5 Fluctuations statistiques 61
6.5.1 Exigences 61
6.5.2 Méthode d'essai 61
6.6 Temps de réponse 62
6.6.1 Exigences 62
6.6.2 Méthode d'essai 62
6.7 Exigences d'alarme 63

Copyright International Electrotechnical Commission

6.7.1 Exigences 63
6.7.2 Méthode d'essai 63
6.8 Stabilité et temps de réponse de l'alarme 64
6.8.1 Exigences 64
6.8.2 Méthode d'essai 64
6.9 Préchauffage 64
6.9.1 Exigences 64
6.9.2 Méthode d'essai 64
7 Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales 64
7.1 Sources d'alimentation 64
7.1.1 Fonctionnement sur le secteur 64
7.1.2 Fonctionnement sur batterie 65
7.2 Compatibilité électromagnétique (CEM) 66
7.2.1 Généralités 66
7.2.2 Décharge électrostatique 66
7.2.3 Champs électromagnétiques rayonnés de type général 66
7.2.4 Perturbations conduites induites par les salves ou les transitoires rapides 67
7.2.5 Perturbations de courant induites par des ondes de choc 67
7.2.6 Perturbations de courant induites par des radiofréquences 68
7.2.7 Immunité à l'onde sinusoïdale amortie 68
7.2.8 Champ magnétique 50 Hz/60 Hz 69
7.2.9 Creux de tension et coupures brèves 69
7.3 Caractéristiques mécaniques 69
7.3.1 Effets microphoniques/impact 69
7.3.2 Choc mécanique 70
7.4 Caractéristiques environnementales 70
7.4.1 Température ambiante 70
7.4.2 Humidité relative 71
7.4.3 Etanchéité 71
8 Documentation 72
8.1 Rapport d'essai de type 72
8.2 Certificat 72
8.3 Manuel d'utilisation et de maintenance 72
Annexe A (informative) Exemples types de détecteurs et leurs caractéristiques 79
A.1 Chambre d'ionisation 79
A.2 Compteur GM 79
A.3 Détecteur à scintillation 79
A.4 Détecteur de semiconducteur 79
Annexe B (informative) Introduction à la fonction G de poids de spectre 80
Annexe C (informative) Spécification et configuration du système avec deux types de détecteurs 82
C.1 Combinaison de type NaI et de type de chambre d'ionisation 82
C.2 Combinaison de type NaI et de type de semiconducteur 83
Annexe D (informative) Etalonnage des compteurs de débit de dose et des dosimètres 84

Figure 1 – Exemple de rotation de l'ensemble du détecteur 61

Copyright International Electrotechnical Commission

Figure B.1 – Fonction G de poids de spectre calculée (pSv/count) comme fonction de l'énergie de photons, en comparaison avec l'efficacité de détection (count/cm^{-2}) avec le coefficient de conversion fluence/équivalent de dose ambiant (pSv/cm^{-2}) pour le scintillateur NaI(Tl) (cylindre de 12,7 mm de diamètre et 12,7 mm d'épaisseur) 81

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai 73

Tableau 2 – Essais de performances de rayonnement 74

Tableau 3 – Classification de l'essai électrique, mécanique et environnemental 75

Tableau 4 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence 76

Tableau 5 – Valeurs maximales des indications supplémentaires provoquées par les perturbations électromagnétiques 77

Copyright International Electrotechnical Commission

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉQUIPEMENT TRANSPORTABLE, MOBILE OU INSTALLÉ POUR MESURER LE RAYONNEMENT DE PHOTONS POUR LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale 61017 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette première édition de l'IEC 61017 annule et remplace la première édition de l'IEC 61017-1, publiée en 1991, ainsi que la première édition de l'IEC 61017-2, publiée en 1994. Cette édition constitue une révision technique.

Les principales modifications techniques par rapport aux éditions précédentes sont les suivantes:

– la présente norme décrit explicitement la dose absorbée dans l'air et le débit de dose absorbée, l'équivalent de dose ambiant et le débit d'équivalent de dose ambiant, en plus du kerma dans l'air et du débit de kerma dans l'air;

Copyright International Electrotechnical Commission

– la présente norme inclut la description des types de détecteurs typiques utilisés dans la surveillance de l'environnement.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/825/FDIS	45B/837/RVD

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

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

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

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

Copyright International Electrotechnical Commission

INTRODUCTION

L'exposition du public à des rayonnements ionisants produits par des installations nucléaires ou autres est soumise à contrôle. Une partie essentielle du contrôle est la mesure des niveaux de rayonnement environnemental dans le voisinage de ces installations.

L'évaluation de la dose de rayonnement environnemental des photons est difficile. La composition du rayonnement d'arrière-plan est complexe et inclut des contributions de source naturelle, par exemple le rayonnement cosmique et la radioactivité terrestre, en plus de la radioactivité créée par l'homme issue de l'exploitation des équipements nucléaires et des essais d'armes nucléaires. Cette composition, si elle est en outre complexifiée par l'écart de dose de rayonnement d'arrière-plan naturel, varie dans le temps en fonction de l'écart des concentrations ambiantes de radon et dans l'espace en fonction de l'hétérogénéité spatiale de l'arrière-plan naturel de l'environnement.

Les exigences spécifiées dans la présente norme sont relatives à l'exploitation normale de l'ensemble. Si l'ensemble doit être exigé dans des conditions d'urgence sur site pour des équipements nucléaires, il convient que les exigences de l'IEC 60846-2 soient également appliquées à l'ensemble, en particulier pour les caractéristiques de surcharge. Les exigences des outils de surveillance du lieu de travail portables pour mesurer l'équivalent de dose (débit) ambiante et/ou directionnelle sont spécifiées dans l'IEC 60846-1.

Copyright International Electrotechnical Commission

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – ÉQUIPEMENT TRANSPORTABLE, MOBILE OU INSTALLÉ POUR MESURER LE RAYONNEMENT DE PHOTONS POUR LA SURVEILLANCE DE L'ENVIRONNEMENT

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable aux ensembles transportables, mobiles ou installés destinés à mesurer les débits de kerma dans l'air ou les débits de dose absorbée dans l'air de 30 $nGy \cdot h^{-1}$ à 30 $\mu Gy \cdot h^{-1}$ ou les débits d'équivalent de dose ambiante de 30 $nSv \cdot h^{-1}$ à 30 $\mu Sv \cdot h^{-1}$, le kerma dans l'air ou la dose absorbée dans l'air de 10 nGy à 10 mGy, l'équivalent de dose ambiant de 10 nSv à 10 mSv, à cause des rayonnements de photons de l'énergie entre 50 keV et 7 MeV. La plage mesurable de dose et de débit peut être étendue par accord entre l'acheteur et le fabricant. Pour réaliser cette extension, on peut combiner plusieurs détecteurs, par exemple le scintillateur NaI(Tl) et la chambre d'ionisation. Pour la plupart des applications environnementales, des instruments peuvent mesurer une plage d'énergie plus limitée de 80 keV à 3 MeV.

NOTE 1 80 keV à 3 MeV a été choisi pour couvrir les énergies des principaux radionucléides environnementaux et de fabrication humaine qui contribuent à la dose environnementale. Le terme "dose" utilisé dans cette norme signifie la quantité, le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'air et l'équivalent de dose ambiant que l'instrument est destiné à mesurer.

Si l'ensemble doit être utilisé pour mesurer ces quantités dans la zone qui entoure un réacteur nucléaire qui produit un rayonnement de 6 MeV à partir de l'isotope ^{16}N, il sera nécessaire de déterminer la réponse à cette énergie. Une dose absorbée dans l'air, qui utilise la même unité, Gy, que le kerma dans l'air, peut être prise pour avoir la même valeur numérique que le kerma dans l'air dans la condition d'équilibre des électrons.

Les appareils passifs tels que les dosimètres à thermoluminescence (DTL), les dosimètres de luminescence stimulée optiquement (OSL) ou les dosimètres en verre à radiophotoluminescence (RPL) ne sont pas couverts par la présente norme.

Il convient que les ensembles installés soient capables de fonctionner en continu.

La présente norme ne fournit pas la mesure du rayonnement bêta et de neutrons

L'équipement couvert par la présente norme comprend un ensemble détecteur et des circuits de traitement, qui peuvent être connectés entre eux de façon rigide ou via un câble flexible ou être incorporés dans un ensemble unique. L'ensemble de l'équipement peut également inclure des circuits pour afficher les lectures, les alarmes et les communications.

Il convient que cet équipement satisfasse aux conditions d'utilisation environnementales.

Les exemples d'instruments incluent (des informations détaillées sont fournies à l'Annexe A):

a) Chambre d'ionisation

Adaptée pour la mesure du kerma dans l'air, ainsi que la dose absorbée dans l'air et le débit de dose. Dans l'environnement, la correction due à la température et à la pression atmosphérique peut être exigée.

NOTE 2 Pour la mesure de l'équivalent de dose ambiant et du débit d'équivalent de dose, la réponse de l'énergie peut être compensée.

Copyright International Electrotechnical Commission

b) Compteur Geiger-Muller (GM)

Il convient de corriger la réponse d'énergie. Les compteurs GM peuvent surestimer les lectures à cause de la dose (du débit) du rayonnement cosmique.

c) Détecteur à scintillation

Il convient de corriger la réponse d'énergie. Des informations détaillées sont fournies à l'Annexe A et à l'Annexe B.

d) Détecteur de semiconducteur

Il convient de corriger la réponse d'énergie.

2 Références normatives

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

IEC 60038, *Tensions normales de la CEI*

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

IEC 60068-2-75, *Essais d'environnement – Partie 2-75: Essais – Essai Eh: Essais aux marteaux*

IEC 60086-1, *Primary batteries – Part 1: General* (disponible en anglais uniquement)

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

IEC 61000-4-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

IEC 61000-4-5, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

IEC 61000-4-8, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

Copyright International Electrotechnical Commission

IEC 61000-4-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale amortie*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61187, *Equipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*

IEC 62262, *Degrés de protection procurés par les enveloppes de matériels électriques contre les impacts mécaniques externes (Code IK)*

ISO 4037-1:1996, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

ISO 4037-2:1997, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

ISO 4037-3:1999, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

ISO 4037-4:2004, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 4: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels dans des champs de référence X de faible énergie*

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

3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

NOTE La terminologie générale sur la détection et la mesure du rayonnement ionisant et l'instrumentation nucléaire est donnée dans l'IEC 60050-395 et l'IEC 60050-151.

3.1.1
équivalent de dose ambiant
***H**(10)**
équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement, qui serait produit par le champ unidirectionnel et expansé correspondant, dans la sphère de l'ICRU, à une profondeur de 10 mm, sur le rayon qui fait face à la direction du champ unidirectionnel

3.1.2
alarme
signal sonore, visuel ou autre déclenché lorsque la lecture d'un instrument excède une valeur prédéterminée ou se trouve en dehors d'une étendue fixée à l'avance, ou lorsque l'instrument détecte la présence de la source de rayonnement conformément à une condition prédéterminée

3.1.3
niveau d'arrière-plan
champ de rayonnement dans lequel l'instrument est destiné à être utilisé et qui inclut l'arrière-plan produit par des matériaux naturellement radioactifs

Copyright International Electrotechnical Commission

3.1.4
fabricant
concepteur et vendeur de l'équipement

3.1.5
type de moniteur

3.1.5.1
installé
instruments de radioprotection qui peuvent être montés de manière permanente à un emplacement d'utilisation

Note 1 à l'article: Après accord entre le fabricant et l'acheteur, il convient que ces ensembles soient fournis avec des équipements appropriés pour indiquer les lectures.

3.1.5.2
transportable
instruments de rayonnement non destinés à être utilisés quand ils sont transportés

3.1.5.3
mobile
instruments de radioprotection montés sur des plates-formes mobiles et fonctionnant en mouvement

3.1.6
valeur conventionnellement vraie de la quantité (dose ou débit conventionnellement vrai)
meilleure estimation de la valeur de la quantité utilisée pour l'étalonnage de l'équipement; cette valeur et son incertitude doivent être déterminées à partir d'une norme principale ou secondaire ou par un instrument de référence étalonné par rapport à une norme principale ou secondaire

3.1.7
erreur d'indication
différence entre la valeur indiquée d'une quantité D_I et la valeur conventionnellement vraie de cette quantité au point de mesure D_T

3.1.8
réponse
la réponse R d'un ensemble est le rapport entre la valeur indiquée de l'ensemble et la valeur conventionnellement vraie:

$$R = \frac{\dot{D}_I}{\dot{D}_T}$$

3.1.9
erreur d'indication relative
quotient exprimé sous forme de pourcentage de l'erreur d'indication d'une quantité par la valeur conventionnellement vraie de la quantité mesurée. Il peut être exprimé en tant que

$$I(\%) = \frac{\dot{D}_I - \dot{D}_T}{\dot{D}_T} \times 100$$

Copyright International Electrotechnical Commission

3.1.10
erreur intrinsèque relative
erreur d'indication relative d'un ensemble par rapport à une quantité en cas de soumission à un rayonnement de référence spécifié dans des conditions de référence spécifiées

3.1.11
coefficient de variation
rapport V entre l'écart type estimé s et la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'une série de n mesures x_i que donne la formule suivante:

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

3.1.12
étendue de mesure effective
plage des valeurs de la grandeur à mesurer, à l'intérieur de laquelle les performances d'un équipement répondent aux exigences de la présente norme

3.2 Nomenclature d'essai

3.2.1
direction d'étalonnage
direction du rayonnement incident au cours de l'étalonnage indiqué par le fabricant

3.2.2
point de référence d'un ensemble
marque physique sur l'ensemble indiquant le centre d'une partie sensible d'un ensemble détecteur, à utiliser pour calculer un point de référence effectif de l'ensemble

Note 1 à l'article: Le point de référence effectif d'un ensemble est situé à une distance indiquée par le fabricant pour l'énergie spécifiée à partir d'un point de référence de l'ensemble à utiliser afin de positionner l'ensemble à un point où la valeur conventionnellement vraie d'une quantité à mesurer est connue.

3.2.3
point d'essai
point auquel le point de référence de l'ensemble est placé et auquel la valeur conventionnellement vraie du kerma dans l'air (débit), de la dose absorbée dans l'air (débit) ou de l'équivalent de dose ambiant (débit) est connue

Note 1 à l'article: Pour tous les essais dans lesquels des rayonnements sont utilisés, le point de référence de l'ensemble doit être placé au point d'essai et, à l'exception de l'essai pour la variation de réponse avec l'angle d'incidence, dans l'orientation indiquée par le fabricant, c'est-à-dire avec l'incident du champ de rayonnement de la condition d'étalonnage indiquée par le fabricant.

3.2.4
essais de qualification
essais effectués sur un échantillon représentatif d'équipement pour vérifier que la conception est adéquate et que l'équipement satisfait aux spécifications qui ont fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur dans des conditions d'exploitation normales et dans des cas d'exploitation anticipés

Note 1 à l'article: Les essais de qualification sont réalisés afin de vérifier que les exigences d'une spécification sont respectées.

Note 2 à l'article: Les essais de qualification sont divisés en essais de type et en essais individuels de série.

3.2.5
essai de type
essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

Copyright International Electrotechnical Commission

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16]

3.2.6
essai individuel de série
essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-17]

3.2.7
essai de réception
essai contractuel ayant pour objet de démontrer à l'acheteur que l'appareil respecte certaines spécifications

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-23]

3.2.8
essais supplémentaires
essais destinés à fournir des informations supplémentaires sur certaines spécifications

Note 1 à l'article: Le terme "dose" utilisé dans cette norme signifie la quantité, le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'air et l'équivalent de dose ambiant que l'instrument est destiné à mesurer. Les essais de rayonnement sont définis par le fabricant en fonction de cette quantité.

3.3 Abréviations et symboles

CEM Compatibilité électromagnétique

3.4 Quantités et unités

Dans cette norme, on utilise les unités du système international (SI)[1]. Les définitions des quantités de rayonnement sont données dans l'IEC 60050-395. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre parenthèses.

On peut néanmoins également utiliser les unités suivantes:

– énergie: électronvolt (symbole: eV), 1 eV = 1,602 × 10^{-19} J;
– temps: années (symbole: y, *year*), jours (symbole: d, *day*), heures (symbole: h), minutes (symbole: min).

Si cela est possible, on utilisera des multiples et des sous-multiples des unités SI, conformément au système SI.

4 Procédure générale d'essai

4.1 Nature des essais

Sauf indication contraire exprimée dans les articles individuels, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des "essais de type". Néanmoins, par accord entre le fabricant et l'acheteur, certains peuvent être considérés comme des essais d'acceptation.

---

1 Bureau International des Poids et Mesures: Système International d'unités, 8ème édition, 2006.

Copyright International Electrotechnical Commission

4.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

La référence et les conditions d'essai normales sont données dans le Tableau 1. Les conditions de référence sont celles auxquelles l'aptitude à la fonction de l'instrument fait référence, et les conditions normalisées d'essai définissent les tolérances nécessaires pour la réalisation des essais. Sauf spécification contraire, les essais décrits dans la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normalisées d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 1.

4.3 Essais de performances de rayonnement

Les essais de performances de rayonnement sont répertoriés dans le Tableau 2 qui indique, pour chaque caractéristique objet de l'essai, les exigences en accord avec l'article où la méthode d'essai correspondante est décrite. Les essais doivent être effectués selon les conditions d'essai détaillées au Tableau 1, à l'exception de la quantité d'essai.

4.4 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence

La classification des essais des caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales est donnée dans le Tableau 3. Ces essais sont destinés à déterminer les effets des variations des quantités d'influence données au Tableau 4 et au Tableau 5. Toutes les autres quantités d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions d'essai de la norme données au Tableau 1, sauf indication contraire dans la procédure d'essai concernée.

4.5 Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation de rayonnements, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication provenant uniquement du rayonnement naturel est une fraction significative de l'écart de l'indication tolérée dans l'essai, alors un nombre de lectures suffisant doit être effectué pour assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec suffisamment de précision pour déterminer la conformité avec l'essai en question.

L'intervalle entre ces lectures doit être suffisant pour assurer que les lectures sont statistiquement indépendantes.

4.6 Rayonnement de référence

Tous les essais doivent être effectués avec du ^{137}Cs sauf spécification contraire. En variante, ^{60}Co peut être utilisé. Dans ce cas, une correction doit être apportée pour la différence dans la réponse de l'ensemble détecteur entre ^{60}Co et ^{137}Cs. Ces qualités de rayonnement sont spécifiées dans la série ISO 4037.

4.7 Point d'essai

Le point d'essai auquel le débit de photons doit être déterminé doit être choisi de sorte que la distance entre la source de rayonnement et l'ensemble détecteur doit être assez grande pour garantir qu'une erreur due à l'absence d'uniformité du rayonnement ne dépasse pas ±5 %.

5 Exigences générales

5.1 Résumé des exigences

Les exigences sont résumées dans les Tableau 2, Tableau 4 et Tableau 5.

Copyright International Electrotechnical Commission

5.2 Caractéristiques générales

5.2.1 Plage de mesure et d'énergie

L'équipement doit mesurer le kerma dans l'air (débit), la dose absorbée dans l'air (débit) ou l'équivalent de dose ambiant (débit) aux énergies de photons sur une plage d'au moins 80 keV à 3 MeV. La plage de mesure dynamique de l'équipement doit couvrir au moins trois ordres de magnitude.

5.2.2 Plage effective de dose et de débit

La plage effective des compteurs de débit de dose et des dosimètres doit être comprise entre 30 $nGy \cdot h^{-1}$ ou 30 $nSv \cdot h^{-1}$ et au moins 30 $\mu Gy \cdot h^{-1}$ ou 30 $\mu Sv \cdot h^{-1}$. Quand l'instrument doit être utilisé dans des conditions d'urgence, il convient que la limite supérieure soit au minimum de 1 $mGy \cdot h^{-1}$ ou de 1 $mSv \cdot h^{-1}$.

L'indication de l'intégration des ensembles doit être exprimée en unités de kerma dans l'air ou de dose absorbée dans l'air Gy ou en unités de l'équivalent de dose ambiant Sv. Pour la plupart des applications, l'étendue de mesure effective doit être au moins de 10 nGy ou de 10 nSv à 10 mGy ou à 10 mSv. Les exigences de cette norme sont également applicables quand la limite haute de l'ensemble est supérieure à 10 mGy ou à 10 mSv. Lorsque plusieurs détecteurs sont utilisés pour la mesure sur la plage complète, une commutation automatique doit être fournie entre les détecteurs lors de la modification de la plage; les mesures correspondantes et l'échelle de lecture doivent être simultanées. La spécification et la configuration d'un système avec deux détecteurs sont décrites à l'Annexe C.

Quand il n'est pas pratique d'effectuer des essais de rayonnement dans des arrière-plans très bas afin d'appliquer cette norme, il peut être nécessaire d'augmenter la limite inférieure de la plage effective à 100 $nGy \cdot h^{-1}$ ou à 100 $nSv \cdot h^{-1}$.

L'Annexe D décrit les problèmes liés à l'essai et à l'étalonnage à des débits de kerma dans l'air, de dose absorbée ou d'équivalent de dose ambiant bas.

5.2.3 Facilité de décontamination

L'ensemble doit être conçu et construit de manière à minimiser le risque d'être contaminé lors de son utilisation et afin de faciliter la décontamination à l'aide de matériaux lisses non réactifs qui résistent à la contamination.

5.3 Configuration de l'équipement

Le type d'équipement défini dans cette norme comprend généralement jusqu'à trois types d'ensembles, qui peuvent être interconnectés dans différentes configurations.

Ces ensembles sont les suivants:

– ensemble détecteur: ensemble qui contient un ou plusieurs détecteurs et les appareils électroniques associés; il peut également inclure des circuits électroniques programmables;

– ensemble de traitement: ensemble qui convertit le signal de sortie des ensembles détecteurs dans un format, généralement numérique, adapté à la transmission à un appareil d'affichage, qui peut être connecté de façon rigide ou via un câble flexible ou être incorporé dans un ensemble de signal;

– ensemble d'alarme: ensemble qui émet des alarmes quand le signal de sortie des ensembles détecteurs ou des ensembles de traitement dépasse la valeur de point défini précédente, qui peut être connecté de façon rigide ou via un câble flexible ou être incorporé dans un ensemble de signal.

Copyright International Electrotechnical Commission

5.4 Installations d'alarme

Pour que les ensembles installés mesurent le débit de dose, les installations d'alarme et d'alarme de défaut de l'instrument doivent être adaptées à l'équipement. Les unités d'alarme doivent être exploitables pour maintenir une condition d'alarme jusqu'à une réinitialisation spécifique via une commande de réinitialisation ou jusqu'à une réinitialisation automatique à la disparition de l'état d'alarme.

Toutes les fonctions d'alarme doivent être fournies avec des installations d'essai pour permettre la vérification du fonctionnement des alarmes. Dans le cas d'alarmes ajustables, la vérification doit être possible sur la plage de réglage avec indication du point d'exploitation réel de l'alarme.

Les fonctions d'alarme doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

6 Exigences de détection de rayonnement

6.1 Linéarité

6.1.1 Exigences

Cela fait référence à la linéarité de la plage de mesure de l'instrument. L'erreur de l'instrument doit être établie par rapport à la quantité de rayonnement que l'équipement mesure selon sa conception.

Dans des conditions d'essai normalisées, la linéarité de l'ensemble détecteur pour le débit de dose, en cas d'exposition à l'un des rayonnements de référence, ne doit pas dépasser la plage allant de –15 % à +22 % de la plage de mesure effective, mais ne doit pas dépasser ±30 % du débit de dose allant jusqu'à 0,1 $\mu Gy \cdot h^{-1}$ ou 0,1 $\mu Sv \cdot h^{-1}$.

Cette incertitude s'ajoute à celle de la valeur vraie conventionnelle du débit de dose; D_I ne doit pas dépasser la plage allant de –15 % à +22 % de ($D_T + U$), où U est l'incertitude de valeur conventionnellement vraie du débit de dose.

6.1.2 Source d'essai du rayonnement de photons

6.1.2.1 Exigences

L'essai doit être effectué avec une source de ^{137}Cs ou de ^{60}Co. L'utilisation de ^{60}Co est soumise aux exigences de 4.6.

La valeur conventionnellement vraie du débit de dose doit être connue et l'incertitude indiquée (voir 3.1.6).

6.1.2.2 Essais à effectuer

Un essai de type doit être effectué sur les unités de surveillance qui comporte au moins un de chaque type d'ensemble détecteur, de traitement et d'alarme.

Des essais individuels de série doivent être effectués sur toutes les combinaisons possibles d'ensembles détecteurs, d'unités de traitement et d'unités d'alarme.

Tous les essais doivent être effectués avec un champ de rayonnement sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur.

Copyright International Electrotechnical Commission

6.1.2.3 Essais de type

L'essai de type doit être effectué avec un ou plusieurs instruments représentatifs d'un modèle donné. L'essai doit être effectué à deux points de la plage la plus sensible (plage de débit de dose la plus basse), à un point au milieu d'une plage intermédiaire et deux à la plage la moins sensible (plage de débit de dose la plus haute). Les deux points doivent être à 20 % et à 80 % de cette plage.

6.1.2.4 Essais individuels de série

L'essai individuel de série doit être effectué à un point sur une valeur (entre 10 % et 90 %) dans la plage ou la décade dans laquelle l'alarme la plus haute est définie.

6.1.2.5 Méthode d'essai

Pour les essais décrits en 6.1.2.3 et en 6.1.2.4, l'ensemble détecteur doit être exposé à des niveaux connus de rayonnement conformes aux indications. La réponse déterminée doit être dans une limite de –15 % à +22 % de la réponse de référence.

6.2 Ecart de la réponse avec l'énergie de rayonnement de photons

6.2.1 Exigences

La réponse dans la direction de référence de l'énergie des photons entre 80 keV et 1,5 MeV doit être dans une limite de ±30 %.

Pour les ensembles destinés à être utilisés dans des énergies entre 50 keV et 80 keV et/ou supérieures à 1,5 MeV, l'écart doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Si le moniteur doit être utilisé à proximité des installations d'une centrale nucléaire, il convient que la réponse jusqu'à 7 MeV respecte l'exigence ci-dessus selon un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Il convient en principe que cet essai soit effectué au même débit de dose pour chaque énergie de rayonnement. En pratique, cela peut ne pas être possible. Dans ce cas, il convient que le débit de dose indiqué de chaque énergie de rayonnement soit corrigé pour la non-linéarité (interpolée si nécessaire) au débit de dose indiqué et pour le rayonnement de référence.

Si plusieurs détecteurs couvrent différentes plages de débit de dose, il convient que l'essai soit effectué pour chaque détecteur à l'énergie et au débit de dose appropriés.

6.2.2 Méthode d'essai

Il convient que les énergies suivantes (spécifiées en tant qu'énergies moyennes en keV) soient utilisées pour les débits de dose faibles (de la série ISO 4037):

énergie moyenne (keV)

– 60 keV (^{241}Am) si applicable;
– 83 keV (tube de rayons X de type N-100);
– 662 keV (^{137}Cs);
– 1 250 keV (^{60}Co).

Pour 6,61 MeV, les alternatives suivantes peuvent être utilisées:

– 6,61 MeV (R-F); ou

Copyright International Electrotechnical Commission

NOTE Les rayonnements de référence produits par des réactions nucléaires sont dénotés par la lettre R suivie du symbole chimique de l'élément de la cible responsable de l'émission des rayonnements. Voir Tableau 1 dans l'ISO 4037-3:1999.

– 6,61 MeV (R-O); ou

– vérification par simulation Monte Carlo en particulier pour cette énergie.

L'essai pour cette énergie élevée doit faire l'objet d'un d'accord entre l'acheteur et le fabricant.

Les résultats doivent être exprimés en tant que rapport de l'indication par débit de dose d'unité pour chaque source de rayonnement normalisé à la réponse par débit de dose d'unité pour le rayonnement de photons de référence (^{137}Cs).

6.3 Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence

6.3.1 Généralités

Cette norme est relative aux ensembles détecteurs avec un grand angle d'acceptation et une symétrie essentiellement circulaire dans un plan, normalement horizontal (voir Figure 1). La norme reconnaît les limites pratiques de l'obtention d'une réponse uniforme sur 4π.

6.3.2 Exigences

L'écart de la réponse avec l'angle d'incidence par rapport à la direction de l'étalonnage (réponse angulaire) dans plusieurs plans doit être dans les limites suivantes:

Pour la plage 80 keV à 1,5 MeV

– pour 662 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120°, ±20 %;

– pour 83 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120°, à définir par le fabricant.

Pour la plage 50 keV à 80 keV

– pour 60 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120°, à définir par le fabricant si applicable.

Le fabricant doit indiquer la variation relative de la réponse au-delà de ±120°.

Il convient que les résultats soient exprimés en tant que rapport de la réponse à chaque angle d'essai par rapport à la réponse à l'angle de degré zéro d'incidence.

La nécessité d'avoir d'autres angles à soumettre à des essais pour les autres expositions aux rayonnements de photons doit être déterminée conformément à l'accord entre le fabricant et l'acheteur.

a) La direction du rayonnement doit être modifiée par incréments de 15° dans un plan qui inclut la direction d'étalonnage spécifiée par le fabricant et la réponse déterminée sur toute la plage d'angles comme spécifié.

b) La procédure a) ci-dessus doit être répétée pour le plan perpendiculaire à celui utilisé en a) et toujours avec la direction d'étalonnage.

6.3.3 Méthode d'essai

L'ensemble doit être monté de sorte à permettre le plus efficacement possible les mesures à l'angle exigé.

Pour cet essai, le point de référence de l'ensemble de détection doit être placé à un point d'essai où la dose (ou le débit) est connue. Il convient que les qualités du rayonnement de photons de la série de spectres étroits de rayons X 83 keV et les sources gamma ^{137}Cs et ^{241}Am spécifiées par la série ISO 4037 soient utilisées, si possible.

Copyright International Electrotechnical Commission

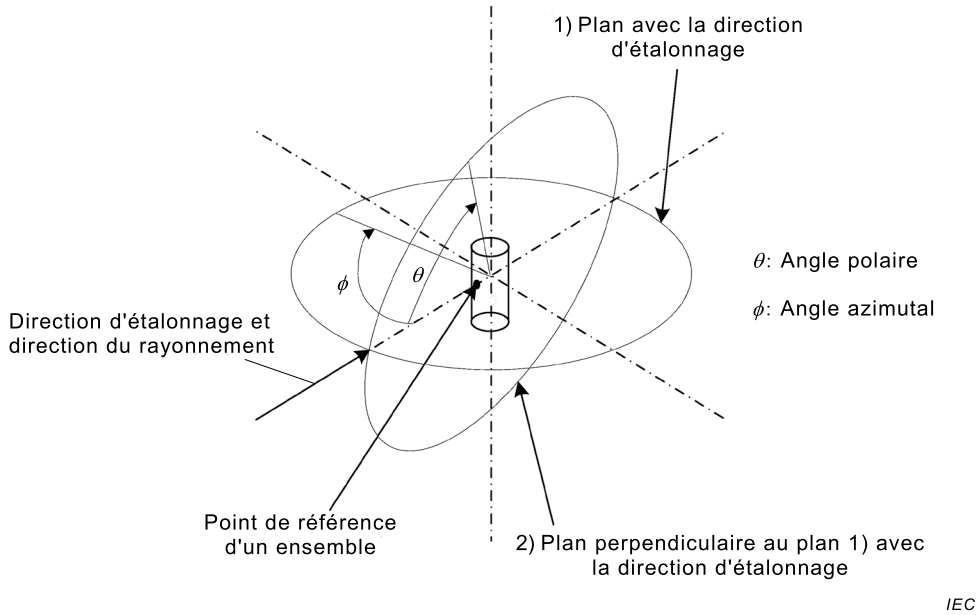


Figure 1 – Exemple de rotation de l'ensemble du détecteur

6.4 Caractéristiques de surcharge

6.4.1 Exigences

Pour les débits de dose supérieurs à ce qui correspond à une échelle maximale, l'indication de l'ensemble détecteur/de l'unité de surveillance doit être hors échelle à l'extrémité supérieure de l'échelle et doit le rester. Pour les instruments qui utilisent un affichage numérique, une indication de surcharge appropriée doit être fournie.

6.4.2 Méthode d'essai

Avant l'essai de surcharge, des lectures de référence doivent être établies.

L'ensemble détecteur doit alors être exposé pendant 5 min à un débit de dose égal à au moins deux fois la valeur d'échelle maximale. L'indication de l'ensemble doit rester hors échelle à l'extrémité supérieure de l'échelle pour la durée de l'essai. Pour les instruments qui utilisent un affichage numérique, l'affichage doit indiquer qu'il est en "surcharge" pour toute la durée de l'essai.

La durée dont le moniteur a besoin pour revenir à la normale après le retour du débit de dose au niveau de pré-exposition ne doit pas être supérieure à la durée spécifiée par le fabricant. La lecture après essai doit être dans les ±20 % des lectures de référence ou avant essai.

6.5 Fluctuations statistiques

6.5.1 Exigences

Le coefficient de variation du débit de dose dû à des fluctuations aléatoires doit être inférieur à 20 % de l'échelle la plus sensible.

6.5.2 Méthode d'essai

L'ensemble détecteur doit être exposé à une source de rayonnement qui donne un débit de dose qui correspond à une indication entre un tiers et la moitié de l'échelle maximale de la plage (linéaire) ou de la décade (échelle logarithmique) la plus sensible ou de la deuxième décade la moins significative (indication numérique).

Copyright International Electrotechnical Commission

Des lectures suffisantes doivent être faites pour garantir que la valeur moyenne et que le coefficient de variation puissent être déterminés. Prendre une série d'au moins dix lectures à l'indication de l'ensemble détecteur.

6.6 Temps de réponse

6.6.1 Exigences

Le temps de réponse est le temps nécessaire après une hausse ou une baisse soudaine du débit de dose pour que l'indication atteigne la valeur suivante:

$$D_{\mathrm{i}} + 0{,}9\left(D_{\mathrm{f}} - D_{\mathrm{i}}\right)$$

où D_{i} est l'indication initiale et D_{f} est l'indication finale.

Le nombre d'essais à effectuer doit être spécifié par le fabricant comme déterminé lors de l'essai de type.

Les temps de réponse doivent être spécifiés par le fabricant.

6.6.2 Méthode d'essai

L'essai peut être réalisé avec une source de rayonnement appropriée ou par l'entrée d'un signal électrique adapté à l'entrée du débitmètre de dose de mesure.

Les débits de dose initial et final doivent être différents d'au moins un facteur dix et des mesures doivent être réalisées pour un débit de dose croissant et décroissant selon ce facteur.

Des mesures doivent être effectuées pour chaque ordre de grandeur de l'indication de dose pour les ensembles détecteurs de débit de dose pourvus d'un affichage numérique ou logarithmique et sur chaque étendue d'échelle pour les ensembles détecteurs de débit de dose pourvus d'un affichage linéaire.

Pour les débitmètres de dose d'échelle linéaire, le débit de dose le plus bas peut être pris à zéro ou en arrière-plan et le plus élevé comme correspondant à au moins 80 % de l'échelle maximale sur toutes les plages.

Pour les débitmètres de dose avec des plages interchangeables, le temps de réponse doit faire l'objet d'un essai sur chaque plage d'échelle.

Si la méthode d'essai électrique est utilisée, cela doit être indiqué dans les documents d'accompagnement. Les signaux injectés doivent correspondre aux exigences ci-dessus.

Pour l'essai avec débit d'équivalent de dose croissant, les ensembles détecteurs de débit de dose doivent d'abord être soumis au débit d'équivalent de dose le plus élevé et l'indication D_{f} notée. Le débitmètre de dose de mesure doit alors être soumis au débit d'équivalent de dose le plus faible pendant un temps suffisant pour que l'indication D_{i} atteigne une valeur stable et cette indication doit être notée. Le débit de dose doit alors être modifié le plus rapidement possible ($<$ 1 s) pour correspondre à l'indication D_{f} et le temps nécessaire pour atteindre la valeur donnée par la formule de 6.6.1 mesuré.

Le débit doit en outre être modifié d'un facteur de 10 environ dans les 10 s.

NOTE Pour cela, la distance peut varier de 1 m à 3 m pendant l'irradiation.

L'essai de débit d'équivalent de dose en baisse est effectué de la même manière.

Copyright International Electrotechnical Commission

6.7 Exigences d'alarme

6.7.1 Exigences

6.7.1.1 Alarmes à haut niveau

Pour que les ensembles installés mesurent le débit, il convient de fournir une alarme de niveau élevé au minimum. L'alarme peut être déclenchée par un concentrateur de commande mis en réseau à distance des ensembles détecteurs.

Les points définis d'alarme peuvent être fixes ou ajustables. Chaque alarme doit s'activer au maximum 1 s après que la valeur affichée a atteint le point défini. D'autres alarmes (niveau d'alerte) peuvent être fournies pour des débits de dose en augmentation, mais à un niveau inférieur au niveau d'alarme.

Il convient que des alarmes ajustables couvrent au moins 10 % à 100 % de la lecture d'échelle (échelles linéaires), de 50 % de l'ordre le plus bas de l'échelle de magnitude à 100 % de l'ordre le plus haut de l'échelle de magnitude (échelles logarithmiques). Pour les affichages numériques, il convient que les alarmes ajustables couvrent toutes les décades sauf la moins significative.

6.7.1.2 Alarmes à bas niveau

Pour que les ensembles installés mesurent le débit, il convient de fournir un système d'alarme de niveau bas. Ils doivent être exploités sur un débit de dose en baisse et servent généralement d'alarme de défaut supplémentaire.

Il convient qu'il soit possible de définir une alarme de niveau bas à un point inférieur au minimum de l'étendue de mesure effective, de sorte que, en cas de panne de l'ensemble détecteur, cette alarme se déclenchera dans les 5 min qui suivent la panne.

6.7.1.3 Alarmes de défaut de l'instrument

Il convient de fournir des installations de diagnostic autant que raisonnablement pratique afin de détecter les dysfonctionnements de composants électroniques, de communications entre unités et de micrologiciels de traitement (logiciels), qui peuvent provoquer la perte de la fonction de sécurité de l'équipement. Ces installations doivent résulter dans une alarme ou une indication de défaut. Une indication séparée de la source du défaut peut être fournie.

6.7.2 Méthode d'essai

6.7.2.1 Alarmes à haut niveau

Cet essai doit être effectué sur l'ensemble détecteur/l'unité de traitement, mais peut exclure le détecteur. A l'aide d'un équipement d'injection de signal approprié, la plage de sortie du détecteur doit être simulée. Les alarmes doivent être ajustées à 10 % de leur réglage le plus bas et le signal d'entrée augmenté jusqu'à ce que l'alarme se déclenche. L'indication de l'équipement doit être notée. Les paramètres d'alarme doivent être réajustés à leur valeur la plus élevée et la procédure répétée.

6.7.2.2 Alarmes à bas niveau

Cet essai doit être effectué sur l'ensemble détecteur/l'unité de traitement, mais peut exclure le détecteur. A l'aide d'un équipement d'injection de signal approprié, la plage de sortie du détecteur doit être simulée. Les alarmes doivent être ajustées à 10 % de leur réglage le plus bas et le signal d'entrée réduit jusqu'à ce que l'alarme se déclenche. L'indication de l'équipement doit être notée. Les paramètres d'alarme doivent être réajustés à leur valeur la plus élevée et la procédure répétée.

Copyright International Electrotechnical Commission

6.7.2.3 Alarmes de défaut de l'instrument

L'alarme de défaut de l'instrument doit normalement être soumise à un essai conformément à 6.7.1.3. Les essais d'alarme de défaillance contre les dysfonctionnements de l'équipement doivent être effectués.

Les fonctions d'alarme doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

6.8 Stabilité et temps de réponse de l'alarme

6.8.1 Exigences

Les seuils d'alarme de rayonnement ne doivent pas dévier de plus de ±10 % du point défini de l'alarme sélectionnée et doivent être conformes aux exigences de 6.7.1.1.

6.8.2 Méthode d'essai

Le seuil d'alarme doit être ajusté à un niveau de débit de dose raisonnable pour permettre à l'essai d'avoir lieu. Exposer l'ensemble détecteur à un débit de dose égal à 80 % la valeur du seuil de l'alarme. L'alarme ne doit pas s'activer pendant la durée d'une exposition de 1 min. Augmenter le débit de dose à 120 % du seuil d'alarme. L'alarme doit s'activer en 1 min.

Les réponses d'alarme supplémentaires peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

6.9 Préchauffage

6.9.1 Exigences

Le fabricant doit fournir le temps de préchauffage. Le temps de préchauffage utilisé pour atteindre les conditions d'essai de la norme est indiqué au Tableau 1.

6.9.2 Méthode d'essai

Avec l'ensemble détecteur/l'unité de surveillance hors tension, exposer le détecteur à une source appropriée de rayonnement qui fournira une indication d'au moins la moitié de l'échelle maximale. Mettre l'ensemble sous tension et noter les lectures de l'ensemble toutes les 30 s après la mise sous tension jusqu'à ce que le temps de préchauffage indiqué par le fabricant soit dépassé. Sur un graphique d'indication comme fonction de temps, dessiner une courbe lisse qui correspond le mieux.

Trente minutes après la mise sous tension, relever au moins dix valeurs et utiliser la moyenne de ces valeurs comme "valeur finale" de l'indication. A partir du graphique, le temps relatif à 90 % de cette valeur est le temps de préchauffage.

7 Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales

7.1 Sources d'alimentation

7.1.1 Fonctionnement sur le secteur

7.1.1.1 Exigences

Il convient que les ensembles soient conçus pour fonctionner à partir d'une tension d'alimentation CA monophasée dans l'une des catégories suivantes, conformément à l'IEC 60038:

– série I: 230 V CA;

– série II: 100 V CA;

Copyright International Electrotechnical Commission

– série III: 120 V et/ou 240 V CA.

Les ensembles peuvent être conçus pour fonctionner en 24 V CC (série IV). Il convient de concevoir les ensembles alimentés par le secteur électrique pour qu'ils fonctionnent à partir d'une alimentation en courant alternatif monophasé de 100 V à 240 V et de 47 Hz à 63 Hz. L'équipement doit fonctionner avec une tolérance de tension d'alimentation de –12 % à +10 % de la valeur nominale.

7.1.1.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Avec la tension d'alimentation à sa valeur nominale, déterminer et enregistrer la lecture moyenne de chaque détecteur.

Prendre suffisamment de lectures avec la tension d'alimentation à 10 % au-dessus de la valeur nominale et suffisamment de lectures avec la tension d'alimentation à 12 % en dessous de la valeur nominale. Les valeurs moyennes ne doivent pas différer de celles obtenues avec la tension d'alimentation nominale de plus de 10 %.

Les essais ci-dessus doivent être répétés; toutefois, au lieu de modifier la tension, on doit modifier la fréquence de 57 Hz à 63 Hz pour une tension d'alimentation à 60 Hz ou de 47 Hz à 53 Hz pour une tension d'alimentation à 50 Hz.

7.1.2 Fonctionnement sur batterie

7.1.2.1 Exigences

a) Généralités

Des moyens doivent être fournis pour vérifier la batterie dans des conditions qui ressemblent à leur maximum de charge. Les batteries peuvent être arrangées de n'importe quelle manière, mais doivent de préférence être remplaçables individuellement. La polarité correcte doit être clairement indiquée par le fabricant sur l'ensemble.

b) Batteries principales (non rechargeables)

Quand l'alimentation est fournie par les batteries principales, il convient que leur capacité soit, après exploitation dans des conditions d'essai normales pendant 40 h d'utilisation intermittentes, telle que l'indication de l'ensemble ne doive pas être différente de plus de 10 % de celle obtenue après la durée de stabilisation initiale de 15 min.

Lorsque des batteries principales sont utilisées, il convient de les sélectionner parmi celles spécifiées dans l'IEC 60086-1.

NOTE 40 h d'utilisation intermittente signifie 8 h d'utilisation non ininterrompue suivies par 16 h d'arrêt de l'ensemble, pendant cinq jours consécutifs.

c) Batteries secondaires (rechargeables)

Quand l'alimentation est fournie par les batteries secondaires, leur capacité doit être telle, après 12 h d'utilisation continue, qu'il convienne que l'indication de l'ensemble ne soit pas différente de plus de 10 % de celle obtenue après 15 min d'exploitation.

Si des batteries sont utilisées, il convient qu'il soit possible de recharger les batteries à partir de l'alimentation principale pendant 16 h. Il convient que soit incluse l'utilisation d'un appareil qui coupe automatiquement le chargeur une fois la charge complète obtenue.

7.1.2.2 Méthode d'essai

De nouvelles batteries principales ou des batteries secondaires complètement chargées doivent être utilisées pour cet essai, comme indiqué par le fabricant. Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Prendre des lectures suffisantes (voir

Copyright International Electrotechnical Commission

4.5). Laisser l'ensemble fonctionner en continu dans ce champ de rayonnement pendant les périodes données en 7.1.2.1 b) ou en 7.1.2.1 c) comme approprié. A la fin de cette période, prendre à nouveau des lectures suffisantes et vérifier que cette valeur moyenne ne soit pas différente de la valeur moyenne originale de plus de 10 %.

7.2 Compatibilité électromagnétique (CEM)

7.2.1 Généralités

Des précautions spécifiques doivent être prises dans la conception des unités de surveillance pour assurer son fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques, particulièrement celles résultant de champs de radiofréquences (voir l'IEC 61000-4-3). Des perturbations électromagnétiques peuvent provoquer des hausses/des baisses dans les lectures de rayonnement ou des changements fonctionnels du système de surveillance (par exemple, l'activation d'une alarme). Pour chacun des essais CEM donnés de 7.2.2 à 7.2.9, l'ensemble détecteur doit être défini sur la plage la plus sensible et être recevoir des rayonnements avec cinq fois l'extrémité inférieure de la plage de mesure de l'ensemble détecteur.

7.2.2 Décharge électrostatique

7.2.2.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des décharges électrostatiques à la valeur indiquée au Tableau 5. Les lectures obtenues après l'exposition aux décharges doivent être égales à ±15 % des valeurs avant essai. L'appareillage doit continuer à fonctionner normalement après l'essai.

7.2.2.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

La conformité à cette exigence de performance doit être vérifiée par l'observation et l'enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les données sur chaque sortie de bornes pendant la décharge d'un générateur d'essai adéquat tel que décrit par l'IEC 61000-4-2, au minimum cinq fois sur les parties externes de l'équipement complet que l'opérateur peut toucher pendant un processus de mesure normal quand les ensembles détecteurs de l'équivalent de dose (ou de débit) avec des surfaces isolées sont soumis à des essais, la méthode de décharge de l'air avec une tension de 8 kV (niveau de sécurité 3) doit être utilisée.

7.2.3 Champs électromagnétiques rayonnés de type général

7.2.3.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par l'exposition aux champs de radiofréquences de 80 MHz à 1 000 MHz et 1,4 GHz à 2,5 GHz avec une intensité de 10 V/m (Tableau 5). Les lectures doivent rester à ±15 % des lectures obtenues en l'absence d'exposition au champ de radiofréquences, aucune alarme ne doit être activée et aucun autre changement fonctionnel ne doit se produire à la suite du champ de radiofréquences.

7.2.3.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les sorties de données de

Copyright International Electrotechnical Commission

l'ensemble de traitement, l'ensemble du détecteur (ou du débit) d'équivalent de dose étant configuré avec l'étendue la plus sensible.

La puissance du champ électromagnétique doit être de 10 V/m dans la plage de fréquence de 80 MHz à 1 000 MHz et 1,4 GHz à 2,5 GHz par incréments de 1 % (voir IEC 61000-4-3).

Pour réduire la quantité de mesures nécessaires pour assurer la conformité avec l'exigence ci-dessus, l'essai peut être effectué à une amplitude de champ de 20 V/m dans une seule orientation. Si une indication de présence d'une susceptibilité est observée, des essais supplémentaires dans l'étendue de ±15 % autour de cette fréquence avec une amplitude de champ de 10 V/m doivent être réalisés avec l'instrument de mesure d'équivalent de dose (débit) dans les trois positions décrites dans l'IEC 61000-4-3.

7.2.4 Perturbations conduites induites par les salves ou les transitoires rapides

7.2.4.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des perturbations conduites par des transitoires rapides ou des salves aux valeurs indiquées au Tableau 5. Les lectures obtenues après l'exposition aux perturbations doivent être égales à ±15 % des valeurs avant essai. L'appareillage doit continuer à fonctionner normalement après l'essai.

7.2.4.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

Il convient d'appliquer des transitoires rapides ou des salves aux terminaux d'alimentation via un réseau de couplage/découplage ou un équipement équivalent. Le taux de répétition ne doit pas dépasser un par minute. La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les sorties de données de l'ensemble de traitement, l'ensemble du détecteur (ou du débit) d'équivalent de dose étant configuré avec l'étendue la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans l'IEC 61000-4-4 avec une tension de crête de ±2 kV.

Le degré de sévérité de l'essai doit être comme suit:

- pour un équipement installé dans une pièce protégée: niveau 2;
- pour un autre équipement: niveau 3.

7.2.5 Perturbations de courant induites par des ondes de choc

7.2.5.1 Exigences

L'ensemble de surveillance conçu pour une exploitation sous une tension d'alimentation CA ne doit pas être affecté par les perturbations conduites induites par les pics de valeurs du Tableau 5. Les lectures obtenues après l'exposition aux perturbations doivent être égales à ±15 % des valeurs avant essai. L'appareillage doit continuer à fonctionner normalement après l'essai.

7.2.5.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

Il convient d'appliquer des pulsations aux terminaux d'alimentation via un réseau de couplage/découplage ou un équipement équivalent. Le taux de répétition ne doit pas dépasser un par minute. La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les

Copyright International Electrotechnical Commission

sorties de données de l'ensemble de traitement, l'ensemble du détecteur (ou du débit) d'équivalent de dose étant configuré avec l'étendue la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans l'IEC 61000-4-5 avec une tension de ±2 kV ou de ±1 kV comme indiqué au Tableau 5.

7.2.6 Perturbations de courant induites par des radiofréquences

7.2.6.1 Exigences

L'ensemble de surveillance conçu pour une exploitation sous une tension d'alimentation CA ne doit pas être affecté par les perturbations conduites induites par les radiofréquences du Tableau 5. Les lectures doivent rester à ±15 % des lectures obtenues en l'absence d'exposition aux perturbations, aucune alarme ne doit être activée et aucun autre changement fonctionnel ne doit se produire à la suite des seules perturbations.

7.2.6.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage de l'unité de traitement, l'ensemble du détecteur du dosimètre étant configuré avec l'étendue la plus sensible.

La tension doit être équivalente à 10 V dans la plage de fréquences de 150 kHz à 80 MHz par palier de 1 % conformément à l'IEC 61000-4-6.

7.2.7 Immunité à l'onde sinusoïdale amortie

7.2.7.1 Exigences

L'ensemble de surveillance conçu pour une exploitation sous une tension d'alimentation CA ne doit pas être affecté par les ondes oscillatoires injectées du Tableau 5. Les lectures doivent rester à ±15 % des lectures obtenues en l'absence d'exposition aux perturbations, aucune alarme ne doit être activée et aucun autre changement fonctionnel ne doit se produire à la suite des seules ondes oscillatoires.

Les procédures d'essai sont définies dans l'IEC 61000-4-12, avec les détails suivants sur l'onde d'oscillation amortie:

- fréquence d'oscillation: 1 MHz +10 %;
- fréquence d'alimentation électrique entre 50 Hz et 400 Hz et non synchronisée sur la fréquence du réseau.

7.2.7.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

L'injection a lieu en mode commun à l'aide du réseau de couplage/découplage. Si les spécifications du fabricant stipulent qu'une connexion à la terre est exigée pour un des conducteurs du circuit, l'essai de ce circuit doit être effectué en mode différentiel tout en appliquant les sévérités du mode commun spécifié.

Le degré de sévérité de l'essai doit être comme suit:

- circuits qui connectent la salle protégée: niveau 1;
- circuits qui partent d'un autre endroit: niveau 3.

Copyright International Electrotechnical Commission

A l'issue de cet essai, les performances du système doivent être conformes aux performances stipulées par le fabricant.

7.2.8 Champ magnétique 50 Hz/60 Hz

7.2.8.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des champs magnétiques de 50 Hz ou 60 Hz. Les lectures doivent rester à ±15 % des lectures obtenues en l'absence d'exposition aux champs magnétiques, aucune alarme ne doit être activée et aucun autre changement fonctionnel ne doit se produire à la suite du seul champ magnétique.

7.2.8.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les sorties de données de bornes de l'unité de traitement, les mesures étant effectuées sur l'étendue la plus sensible. Le débitmètre d'équivalent de dose (ou du débit d'équivalent de dose) doit être exposé à des champs continus de 30 A/m à la fréquence de 50 Hz ou 60 Hz. Il convient que l'ensemble détecteur d'équivalent de dose (ou du débit) soit exposé au minimum dans deux orientations (0° et 90°) par rapport aux lignes de champs.

7.2.9 Creux de tension et coupures brèves

7.2.9.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des chutes de tension et à de courtes interruptions. Les lectures obtenues après l'exposition aux variations de tension doivent être égales à ±15 % des valeurs avant essai. Le comportement de l'appareillage est donné au Tableau 5.

7.2.9.2 Méthode d'essai

Pour les ensembles détecteurs d'équivalent de dose (de débit) qui fonctionnent sur secteur, la conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage et de toutes les sorties de données de bornes de l'unité de traitement, les mesures étant effectuées sur l'étendue la plus sensible. Les essais doivent être effectués comme décrit dans l'IEC 61000-4-11, avec les réductions de tension données au Tableau 5.

7.3 Caractéristiques mécaniques

7.3.1 Effets microphoniques/impact

7.3.1.1 Exigences

L'ensemble de surveillance ne doit pas être affecté par des conditions microphoniques telles que celles qui peuvent résulter d'un contact acéré de faible intensité sur une surface dure. Les lectures doivent rester à ±15 % des lectures obtenues en l'absence d'exposition aux conditions de l'effet microphonique, aucune alarme ne doit être activée et aucun autre changement fonctionnel ne doit se produire à la suite des conditions de l'effet microphonique.

7.3.1.2 Méthode d'essai

Placer une source ^{137}Cs comme défini en 4.6 à côté de l'ensemble du détecteur. Déterminer et enregistrer la lecture moyenne.

Copyright International Electrotechnical Commission

L'essai peut être effectué conformément à l'IEC 60068-2-75 ou à l'IEC 62262.

Mettre les ensembles sous tension et les laisser un temps de préchauffage spécifié pour un fonctionnement normal. Avec un appareil d'essai approprié (par exemple, un marteau à ressort), exposer le boîtier de l'ensemble détecteur à trois impacts avec une énergie de 1,0 joule (J). L'essai doit être réalisé sur chaque côté de l'ensemble du détecteur, tandis que la réponse est observée.

La réponse de l'unité de surveillance ne doit pas être affectée (rester dans la limite de ±15 % des valeurs avant essai) par les impacts.

7.3.2 Choc mécanique

7.3.2.1 Exigences

Les instruments transportables mobiles doivent fonctionner normalement lorsqu'ils sont exposés à dix impulsions de choc d'une accélération de 50 g crête, appliquées chacune pendant un intervalle normal de 18 ms sur chaque axe parmi trois axes mutuellement orthogonaux. Dix chocs ne doivent pas modifier pas l'état physique des instruments (par exemple: les jonctions de soudure doivent tenir, les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer).

7.3.2.2 Méthode d'essai

L'instrument de rayonnement fonctionnant normalement, le soumettre à dix impulsions d'une accélération crête de 50 g (impulsions d'onde en demi-sinusoïde), appliquées chacune pendant une durée nominale de 18 ms dans trois directions orthogonales. Après chaque jeu de dix chocs, vérifier la fonctionnalité de l'appareil. Après l'essai, contrôler les dégradations mécaniques et les composants desserrés de l'appareil.

7.4 Caractéristiques environnementales

7.4.1 Température ambiante

7.4.1.1 Exigences

L'équipement de surveillance doit pouvoir être exploité sur une plage de températures de –25 °C à 55 °C. L'essai doit tenir compte de la surchauffe quand l'équipement est installé dans une armoire fermée. La valeur indiquée doit rester dans les ±20 % de la valeur indiquée à 20 °C au-dessus de la plage de températures de –10 °C à 40 °C. Sur la plage de températures de –25 °C à 55 °C, la plage indiquée doit rester dans les 50 % de la valeur indiquée à 20 °C.

Si l'équipement pour le contrôle de la température du détecteur est installé dans le moniteur, la valeur indiquée doit rester dans les ±5 % de la valeur indiquée à 20 °C sur la plage de température de –10 °C à 40 °C.

Pour un équipement alimenté par batterie, le fabricant doit spécifier la température la plus basse à laquelle l'équipement fonctionnera, selon les exigences de cette norme. Le fabricant doit spécifier toute procédure spéciale nécessaire pour l'exploitation à basse température.

7.4.1.2 Méthode d'essai

Cet essai doit inclure les mesures du débit de dose induit par l'arrière-plan ambiant et les mesures du débit de dose induit par les sources de rayonnement de photons, tel que défini en 6.1.2. La géométrie de l'essai doit rester la même pendant tout le cycle d'essai.

La température doit être maintenue à chacune de ses valeurs extrêmes pendant au minimum 4 h et l'indication de l'ensemble mesurée toutes les 60 min pendant cette période. Il convient que les niveaux d'humidité soient suffisamment bas pour éviter toute condensation (<50 %).

Copyright International Electrotechnical Commission

Le taux de variation de la température ne doit pas dépasser 15 $^{\circ}C \cdot h^{-1}$. Les limites des écarts d'indications doivent respecter la valeur donnée dans le Tableau 4.

Les portions du système destinées à être installées dans un environnement contrôlé peuvent être exclues de cet essai.

Si l'ensemble de surveillance contient des appareils de contrôle de la température, cet ensemble doit faire l'objet d'un essai en tant qu'ensemble complet. Pour les ensembles de surveillance qui ne fournissent pas de contrôle de la température interne pour les ensembles individuels, il est permis de faire un essai pour chaque ensemble sous forme de composants groupés.

7.4.2 Humidité relative

7.4.2.1 Exigences

L'ensemble de surveillance doit pouvoir fonctionner pendant et après l'exposition à des niveaux d'humidité relative jusqu'à 90 % à une température ambiante de +35 °C. Une exploitation acceptable est indiquée par un changement ≤ 15 % du débit de compte du détecteur par rapport à celui mesuré à +20 °C et à une humidité relative de 65 % pendant et après l'exposition. L'exposition à une humidité élevée ne doit avoir aucun effet observable.

Si l'équipement de contrôle de l'humidité d'un détecteur est installé dans un moniteur, une exploitation acceptable est indiquée par un changement ≤ 5 % du débit de compte du détecteur par rapport à celui mesuré à +20 °C et à une humidité relative de 65 % pendant et après l'exposition.

Une limite d'humidité supérieure (90 % d'humidité relative à +40 °C) peut être exigée, conformément à l'accord entre l'acheteur et le fabricant. Dans ce cas, un essai doit être effectué pour ces conditions étendues.

7.4.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé dans une chambre environnementale à la température de 35 °C. Pour cet essai, l'unité de surveillance, y compris l'ensemble détecteur, doit être sous tension et être exposée au rayonnement de photons de référence, tel que défini en 6.1.2. L'humidité doit être maintenue à ses valeurs extrêmes pendant au minimum 4 h et les indications de l'ensemble notées 1 fois par heure pendant cette période. La variation autorisée dans les indications, comme spécifié dans le Tableau 4, s'ajoute à la variation due à la température seule. Après l'exposition, chaque ensemble doit être inspecté à la recherche de corrosion ou de toute autre trace d'humidité. L'exposition ne doit avoir aucun effet observable.

Les portions du système destinées à être installées dans un environnement contrôlé peuvent être exclues de cet essai.

7.4.3 Etanchéité

7.4.3.1 Exigences

L'ensemble de surveillance doit être conçu pour éviter la pénétration de l'humidité. Le fabricant doit indiquer les précautions qui ont été prises pour éviter la pénétration de l'humidité.

L'étanchéité de l'ensemble de surveillance doit satisfaire aux exigences IPX3 de l'IEC 60529.

7.4.3.2 Méthode d'essai

Tous les composants destinés à être utilisés en extérieur doivent être exposés à un essai de pluie avec une exposition basée sur la zone de composant, 10 l/min pour une durée basée

Copyright International Electrotechnical Commission

sur la surface mesurée du moniteur. La durée est de 1 min/m^2 avec un minimum de 5 min. Il convient que la buse de pulvérisation soit à environ 2 m du moniteur. De l'eau vaporisée à un angle jusqu'à 60° des deux côtés de la verticale ne doit avoir aucun effet néfaste. Après l'exposition, chaque composant doit être inspecté afin de déterminer si de l'humidité a pénétré dans les joints.

8 Documentation

8.1 Rapport d'essai de type

Le fabricant doit tenir à la disposition du client le rapport des essais de type réalisés conformément aux exigences de la présente norme.

8.2 Certificat

Un certificat doit être fourni avec chaque unité de surveillance et ensemble détecteur, y compris au moins les informations suivantes conformément à l'IEC 61187:

– nom du fabricant ou non de marque déposée;
– type de l'ensemble et numéro de série;
– types de rayonnements que l'ensemble doit mesurer;
– point de référence de l'ensemble;
– emplacements et dimensions des volumes sensibles;
– exigences pour l'alimentation électrique;
– plage de températures d'exploitation;
– déclaration de conformité par rapport à cette norme.

8.3 Manuel d'utilisation et de maintenance

Un manuel de maintenance et d'exploitation avec au moins les informations suivantes, conformément à l'IEC 61187, doit être fourni:

– des diagrammes électriques schématiques y compris la liste des pièces détachées;
– des détails d'exploitation, des informations de maintenance et des procédures d'essai.

Les instructions destinées aux utilisateurs du manuel de maintenance doivent être écrites de manière non ambiguë. Ces instructions doivent être les mêmes pour toutes les parties de l'essai de type et couvrir l'utilisation individuelle de série.

Copyright International Electrotechnical Commission

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normalisées d'essai

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normalisées d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Source du rayonnement de référence de photons	^{137}Cs***	^{137}Cs
Temps de préchauffage	30 min	>30 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C**
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %**
Pression atmosphérique	101,3 kPa	70 kPa à106 kPa**
Tension d'alimentation électrique*	Tension d'alimentation nominale	Tension nominale d'alimentation ±1 %
Fréquence de l'alimentation*	Fréquence nominale	Fréquence nominale ±2 %
Forme d'onde de la puissance d'alimentation*	Vibrations sinusoïdales	Sinusoïdale avec une distorsion harmonique totale inférieure à 5 %
Arrière-plan du rayonnement de photons	Débit de kerma dans l'air et débit de dose absorbée dans l'air 0,1 $\mu Gy \cdot h^{-1}$	Inférieur au débit de kerma dans l'air et débit de dose absorbée dans l'air de 0,25 $\mu Gy \cdot h^{-1}$
	Débit d'équivalent de dose ambiant 0,1 $\mu Sv \cdot h^{-1}$	Inférieur au débit d'équivalent de dose ambiant de 0,25 $\mu Sv \cdot h^{-1}$
Angle d'incidence du rayonnement	Direction d'étalonnage donnée par le fabricant	Direction donnée ±10°
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à la valeur la plus faible provoquant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure au double de la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation de l'ensemble	A établir par le fabricant	Orientation établie ±10°
Contrôles de l'ensemble	Configuration pour une exploitation normale	Configuration pour une exploitation normale
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable

* Uniquement pour les ensembles installés qui peuvent également être exploités depuis le circuit principal.

** Les valeurs indiquées dans le tableau sont destinées aux essais effectués sous des climats tempérés. Sous d'autres climats, les valeurs réelles des quantités au moment de l'essai doivent être indiquées. De façon similaire, une limite inférieure de pression de 70 kPa peut être autorisée à des altitudes supérieures.

*** ^{60}Co peut être utilisé comme alternative (voir 4.6).

Copyright International Electrotechnical Commission

Tableau 2 – Essais de performances de rayonnement

Caractéristiques en essai	Plage de valeurs minimales des grandeurs d'influence	Limites de l'écart des indications ou des réponses	Paragraphe
Linéarité	Sur la plage de mesure effective	–15 % à +22 %	6.1
Ecart de la réponse avec l'énergie de rayonnement de photons.	80 keV à 1,5 MeV	±30 %	6.2
Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence	Pour 662 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120° Pour 83 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120° Pour 60 keV à des intervalles de 15° de 0° à ±120°	– ±20% – à indiquer par le fabricant – à indiquer par le fabricant (si applicable)	6.3
Caractéristiques de surcharge	Pour les débits de dose supérieurs à une correspondance d'échelle maximale	L'indication de l'ensemble détecteur/de l'unité de surveillance doit être hors échelle à l'extrémité supérieure de l'échelle et doit le rester	6.4
Fluctuations statistiques	Pour l'échelle la plus sensible	Moins de 20 %	6.5
Temps de réponse		Doit être spécifié par le fabricant	6.6
Exigences d'alarme		Pour que les ensembles installés mesurent le débit, il convient de fournir une alarme de niveau élevé au minimum. Chaque alarme doit s'activer au maximum 1 s après que la valeur affichée a atteint le point défini. Pour que les ensembles installés mesurent le débit, il convient de fournir un système d'alarme de niveau bas. Il convient qu'il soit possible de définir l'alarme de défaut à un point inférieur au minimum de l'étendue de mesure effective, de sorte que, en cas de panne de l'ensemble détecteur, cette alarme se déclenchera dans les 5 min qui suivent la panne	6.7
Stabilité et temps de réponse de l'alarme		Ne doit pas dévier de plus de ±10 % du point défini d'alarme sélectionné	6.8
Préchauffage		Le fabricant doit fournir le temps de préchauffage	6.9

Copyright International Electrotechnical Commission

Tableau 3 – Classification de l'essai électrique, mécanique et environnemental

N°	Titre	Installé	Transportable	Mobile
7.1	Sources d'alimentation			
7.1.1	Fonctionnement sur le secteur	Applicable	a	a
7.1.2	Fonctionnement sur batterie	N/A	b	b
7.2	Compatibilité électromagnétique (CEM)			
7.2.2	Décharge électrostatique	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.3	Champs électromagnétiques rayonnés de type général	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.4	Perturbations conduites induites par les salves ou les transitoires rapides	Applicable	a	a
7.2.5	Perturbations de courant induites par des ondes de choc	Applicable	a	a
7.2.6	Perturbations de courant induites par des radiofréquences	Applicable	a	a
7.2.7	Immunité à l'onde sinusoïdale amortie	Applicable	a	a
7.2.8	Champ magnétique 50 Hz/60 Hz	Applicable	Applicable	Applicable
7.2.9	Creux de tension et coupures brèves	Applicable	a	a
7.3	Caractéristiques mécaniques			
7.3.1	Effets microphoniques/impact	Applicable	Applicable	Applicable
7.3.2	Choc mécanique	N/A	Applicable	Applicable
7.4	Caractéristiques environnementales			
7.4.1	Température ambiante	Applicable	Applicable	Applicable
7.4.2	Humidité relative	Applicable	Applicable	Applicable
7.4.3	Etanchéité	Applicable	Applicable	Applicable
a	Applicable pour l'alimentation électrique CA.			
b	Applicable pour l'alimentation électrique par batterie.			

Copyright International Electrotechnical Commission

Tableau 4 – Essais réalisés avec variations des grandeurs d'influence

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage de valeurs des grandeurs d'influence	Limites de l'écart des indications ou des réponses	Paragraphe
Fonctionnement sur le secteur	– De 100 V à 240 V tension d'alimentation électrique – De 47 Hz à 63 Hz	–12 % à +10 %	7.1.1
Fonctionnement sur batterie	Batteries principales: 40 h d'utilisation intermittente Batteries secondaires: 12 h d'utilisation continue	±10 %	7.1.2
Effets microphoniques/impact	Trois impacts à une intensité de 1,0 joule à différents emplacements de l'ensemble détecteur	La réponse ne doit pas être affectée par l'exposition ±15 %	7.3.1
Choc mécanique	Dix impulsions de choc de 50 g, 18 ms	L'instrument doit fonctionner normalement pendant l'exposition. La condition physique ne doit pas être affectée.	7.3.2
Température ambiante [a]	–10 °C à +40 °C –25 °C à +55 °C	±20 %, ±5 % [b] ±50 %	7.4.1
Humidité relative	40 % à 90 % à +35 °C	±15 %, ±5 % [b]	7.4.2
Etanchéité	1 min/m^2 pendant au minimum 5 min	Pas de pénétration d'humidité	7.4.3

[a] Ensembles destinés à être utilisés dans des climats tempérés. Dans des climats plus chauds ou plus froids, d'autres limites peuvent être spécifiées. Pour les ensembles destinés à être utilisés à des températures très basses, des moyens de chauffer les batteries peuvent être fournis.

[b] Un moniteur installé avec un équipement pour contrôler la température ou l'humidité d'un détecteur.

Copyright International Electrotechnical Commission

Tableau 5 – Valeurs maximales des indications supplémentaires provoquées par les perturbations électromagnétiques

Grandeur d'influence ou paramètre de l'instrument	Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	Essai conformément à la norme IEC	Fréquence	Changement autorisé de réponse à cinq fois l'extrémité inférieure de la plage de mesure	Critère [a]	Paragraphe
Décharge électrostatique, Tension de charge	Décharge d'air de 0 kV à ±8 kV Décharge de contact de 0 kV à ±4 kV	IEC 61000-4-2	Cinq perturbations	±15 %	B	7.2.2
Champs électromagnétiques rayonnés, amplitude de champ et modulation	80 MHz à 1 000 MHz et 1,4 GHz 2,5 GHz 0 V/m à 10 V/m (eff, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % du temps	±15 %	A	7.2.3
Perturbations conduites induites par les transitoires rapides/les salves ou la tension de crête	Ports d'alimentation: 0 kV à ±2 kV Ports de signal: 0 kV à ±1 kV 5/50 ns (tr/th)	IEC 61000-4-4	Dix perturbations par heure	±15 %	B	7.2.4
Perturbations conduites induites par des perturbations, la tension de crête et le temps de montée	Ports d'alimentation CA, ligne à terre: 0 kV à ±2 kV Ports d'alimentation CA, ligne à ligne: 0 kV à ±1 kV Ports de signal, ligne à terre: 0 kV à ±1 kV Ports d'alimentation CC: 0 kV à ±2 kV 1,2/50 (8/20) μs (tr/th)	IEC 61000-4-5	Dix perturbations par heure	±15 %	B	7.2.5
Perturbations conduites induites par des radiofréquences, fréquence et tension	150 kHz à 80 MHz 0 V à 10 V (eff, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-6	10 % du temps	±15 %	A	7.2.6
Immunité à l'onde sinusoïdale amortie	Fréquence d'oscillation: 1 MHz +10 %, fréquence d'alimentation électrique entre 50 Hz et 400 Hz et non synchronisée sur la fréquence du réseau	IEC 61000-4-12	10 % du temps	±15 %	A	7.2.7
Champ magnétique 50 Hz/60 Hz, amplitude de champ	0 A/m à 30 A/m	IEC 61000-4-8	10 % du temps	±15 %	A	7.2.8
Creux de tension/courtes interruptions, durée	1 cycle (100 % de réduction) (20 ms à 50 Hz; 17 ms à 60 Hz)	IEC 61000-4-11	Dix perturbations par heure	±15 %	B	7.2.9

Copyright International Electrotechnical Commission

Grandeur d'influence ou paramètre de l'instrument	Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	Essai conformément à la norme IEC	Fréquence	Changement autorisé de réponse à cinq fois l'extrémité inférieure de la plage de mesure	Critère [a]	Paragraphe
Creux de tension/courtes interruptions, durée	500 ms (30 % de réduction) 200 ms (60 % de réduction) 5 000 ms (100 % de réduction)	IEC 61000-4-11	Dix perturbations par heure	±15 %	C	7.2.9

[a] Critères A, B et C conformément à l'IEC 61000-6-2:

A L'appareil doit continuer à fonctionner comme prévu pendant et après l'essai.

B L'appareillage doit continuer à fonctionner normalement après l'essai.

C Une perte de fonction temporaire est autorisée, à condition que la fonction soit autorécupérable ou puisse être rétablie par une intervention sur les commandes.

Copyright International Electrotechnical Commission

Annexe A
(informative)

Exemples types de détecteurs et leurs caractéristiques

A.1 Chambre d'ionisation

Cet équipement est adapté pour la mesure du kerma dans l'air et de la dose absorbée dans l'air à partir du principe de détection; en revanche, pour mesurer l'équivalent de dose ambiant, il est nécessaire d'augmenter l'efficacité de détection à environ 100 keV pour s'adapter au coefficient de conversion fluence/équivalent de dose ambiant donné par l'ICRP 74 [2]. Le principal avantage d'une chambre d'ionisation consiste en une réponse d'énergie plate alors que son principal inconvénient est l'efficacité relative de comptage faible. Des chambres d'ionisation de grand volume ou des chambres à haute pression conviennent à une surveillance de l'environnement par rayonnement d'arrière-plan naturel de discrimination. Dans l'environnement, la correction due à la température et à la pression atmosphérique est exigée.

A.2 Compteur GM

L'efficacité de détection est supérieure à la chambre d'ionisation, mais la correction de l'efficacité de détection est exigée pour s'adapter à chaque coefficient de conversion de fluence, afin de mesurer le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'air et l'équivalent de dose ambiant à des fins d'utilisation de techniques de compensation d'énergie à l'aide de filtres. Dans l'environnement, la correction due à la température et à la pression atmosphérique est exigée.

A.3 Détecteur à scintillation

Les détecteurs de scintillation offrent l'efficacité la plus élevée et le rayonnement environnemental dans le niveau d'arrière-plan peut être facilement mesuré. La correction de l'efficacité de détection est exigée pour s'adapter à chaque coefficient de conversion de fluence, afin de mesurer le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'air et l'équivalent de dose ambiant. Cette correction peut être faite à l'aide de la fonction de poids de spectre (fonction G) couplée avec la distribution de hauteur de pulsation (spectre d'énergie) des sorties du détecteur. La méthode de fonction G (Annexe B) est utile pour se procurer l'équivalent de dose ambiant de façon fiable. L'identification d'isotope est aussi disponible depuis la mesure du spectre d'énergie. Dans l'environnement, la correction de température du photomultiplicateur est exigée.

A.4 Détecteur de semiconducteur

Ce détecteur est beaucoup plus petit que les autres détecteurs et l'ensemble de petite taille est possible. La tension appliquée du circuit du détecteur est de plusieurs dizaines de volts; la réduction de la taille et de l'alimentation du circuit est disponible. La réponse rapide des pulsations de sortie rend possible la mesure des taux de comptage élevés, mais l'efficacité de la détection est relativement basse. La réponse d'énergie de l'efficacité de détection peut être corrigée par la liaison d'un filtre adéquat pour s'adapter à chaque coefficient de conversion de fluence, afin de mesurer le kerma dans l'air, la dose absorbée dans l'air et l'équivalent de dose ambiant.

---

2 International Commission on Radiological Protection: "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation", *ICRP Publ. 74*, 1995.

Copyright International Electrotechnical Commission

Annexe B
(informative)

Introduction à la fonction G de poids de spectre

L'équivalent de dose ambiant, $H^*(10)$, est donné par:

$$H^*(10) = \int \phi(E) h(E) dE \tag{B.1}$$

où E est une énergie de photons d'incident, $h(E)$ est le coefficient de conversion fluence/équivalent de dose ambiant en Sv/cm^{-2}, donné par la publication ICRP 74 et $\phi(E)$ et le spectre d'énergie de photons en cm^{-2} [3].

La fonction de poids de spectre, aussi appelée fonction G, est alors introduite,

$$h(E) = \int R(E,L) G(L) dL \tag{B.2}$$

où L est une énergie de déposition dans le détecteur de photons, $R(E, L)$ est la fonction de réponse par photon en count/cm^{-2}, $G(L)$ est le facteur de correction de poids du spectre qui correspond à L.

La distribution de hauteur de pulsation mesurée, $P(L)$, est donnée par:

$$P(L) = \int R(E,L) \phi(E) dE \tag{B.3}$$

En associant la formule (B.1) et la formule (B.2), les valeurs suivantes peuvent être obtenues: $H^*(10)$ de la distribution de hauteur de pulsation, $P(L)$, avec la fonction G, $G(L)$, comme ci-dessous:

$$H^*(10) = \int P(L) G(L) dL \tag{B.4}$$

La fonction G peut être calculée à partir de la fonction de réponse du détecteur $R(E,L)$ depuis la formule (B.2) à l'aide de la technique de dépliement (transformation mathématique inverse), quand $R(E,L)$ est connu par expérience et/ou calcul [4],[5],[6]. Un exemple de fonction G pour un scintillateur NaI(Tl) à plusieurs tailles est donné à la Figure B.1[7]. La méthode de modulation de biais de discrimination peut être appliquée conformément à la fonction G ainsi obtenue afin d'obtenir $H^*(10)$ depuis la formule (B.4).

---

3 Publication ICRP 74, "Conversion Coefficients for use in Radiation Protection against External Radiation", *Ann. ICRP 26 (3-4)*, 1996.

4 S. Moriuchi and I. Miyanaga, "A spectrometric method for measurement of low-level gamma exposure dose", *Health Phys.* 12, 541, 1966.

5 S. Moriuchi, "A new method of dose evaluation by spectrum-dose conversion operator and determination of the operator", *JAERI 1209*, Japan Atomic Energy Research Institute, July, 1971 (en japonais).

6 S. Moriuchi, T. Nagaoka, R. Sakamoto, K. Saito, "Determination of spectrum-dose conversion operator for spherical NaI(Tl) scintillators", *JAERI-M 8092*, Japan Atomic Energy Research Institute, February, 1979 (en japonais).

7 S. Yamamura, T. Nakamura, K. Itou, O.Hatakeyama, K. Masui, "Development of Wide-energy Range X/gamma-ray Survey-meter", *J. Nucl. Sci. Technol.*, Suppl. 5, 187-190, 2008 (en japonais).

Copyright International Electrotechnical Commission

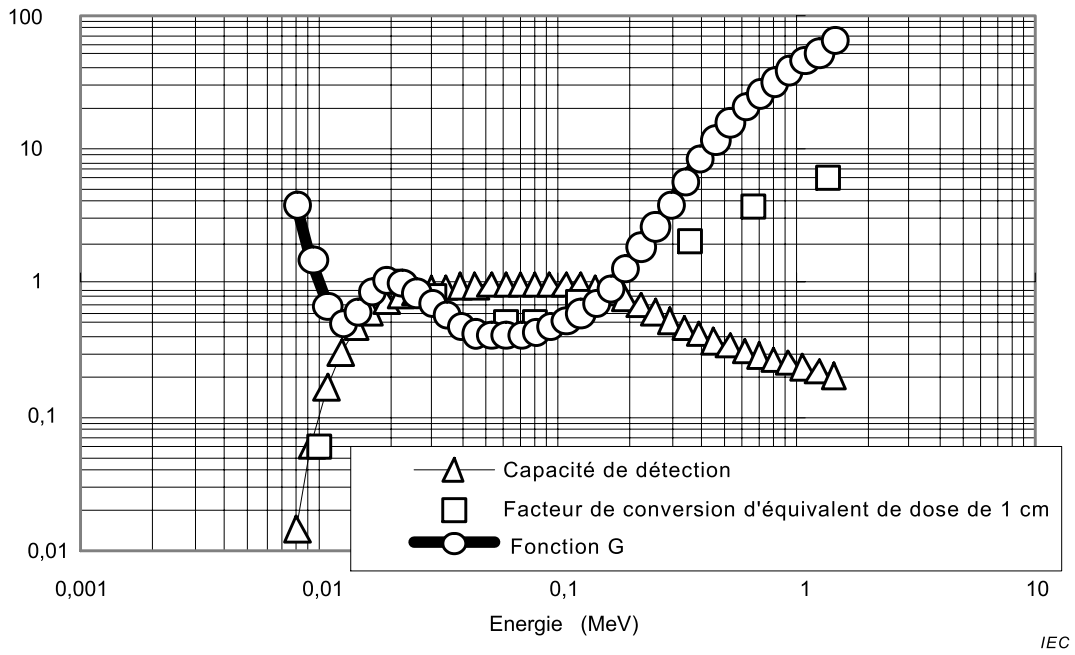


Figure B.1 – Fonction G de poids de spectre calculée (pSv/count) comme fonction de l'énergie de photons, en comparaison avec l'efficacité de détection (count/cm^{-2}) avec le coefficient de conversion fluence/équivalent de dose ambiant (pSv/cm^{-2}) pour le scintillateur NaI(Tl) (cylindre de 12,7 mm de diamètre et 12,7 mm d'épaisseur)

Copyright International Electrotechnical Commission

Annexe C
(informative)

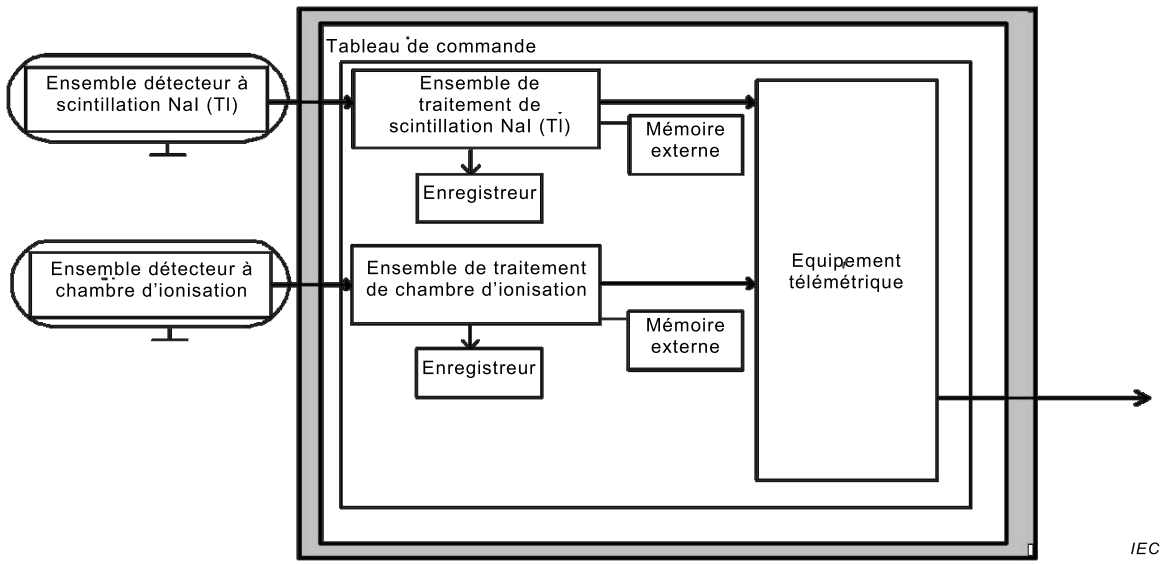
Spécification et configuration du système avec deux types de détecteurs

C.1 Combinaison de type NaI et de type de chambre d'ionisation

a) Exemple de spécification technique

Elément	Système de mesure du débit de dose de type NaI	Système de mesure du débit du type de chambre d'ionisation
Détecteur	Détecteur à scintillation NaI(Tl)	Détecteur de chambre d'ionisation sphérique
Taille du détecteur	5 cm diamètre × 5 cm (2" diamètre × 2") ou autres	Environ 14,5 l
Plage de mesures	Niveau d'arrière-plan à 10^5 nGy·h^{-1}	Niveau d'arrière-plan à 10^8 nGy·h^{-1}
Linéarité	±15 %	±15 %
Ecart de la réponse avec l'énergie de rayonnement de photons	50 keV à 1,5 MeV: ±30 %	50 keV à 1,5 MeV: ±30 %
Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence	±20 %	±20 %
Température ambiante (sur la base de la valeur à 20 °C)	–10 °C à +40 °C ±20 %	–10 °C à +40 °C ±20 %

b) Diagramme qui montre un exemple de configuration fixe



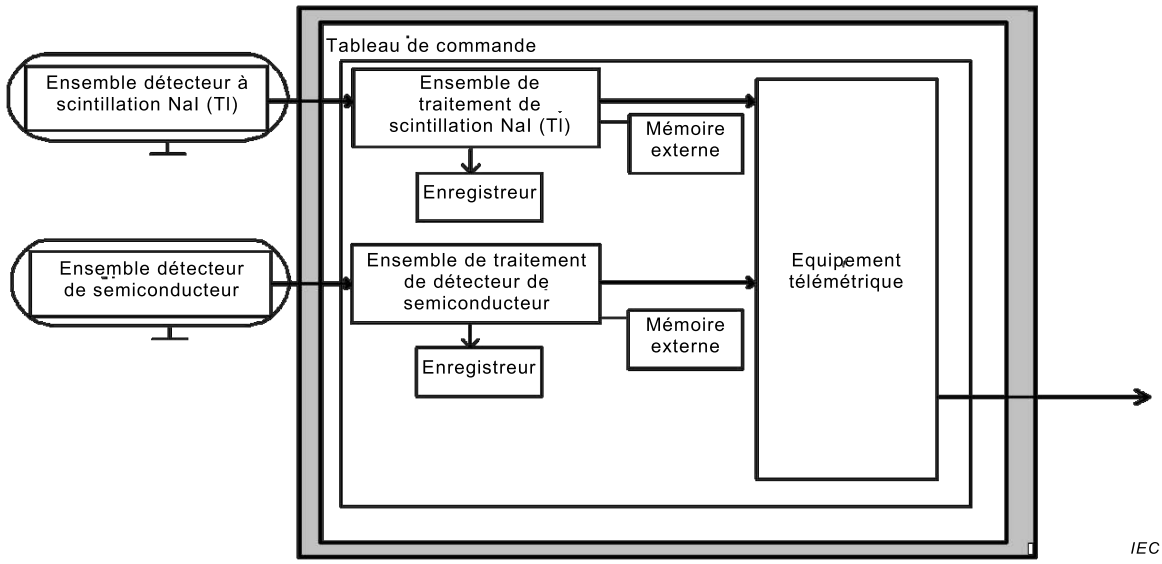
Copyright International Electrotechnical Commission

C.2 Combinaison de type NaI et de type de semiconducteur

a) Exemple de spécification technique

Elément	Système de mesure du débit de dose de type NaI	Système de mesure du détecteur de semiconducteur
Détecteur	Détecteur à scintillation NaI(Tl)	Détecteur de semiconducteur
Taille du détecteur	5 cm diamètre × 5 cm (2" diamètre × 2") ou autres	-
Plage de mesures	Niveau d'arrière-plan à 10^5 nGy·h^{-1}	10^4 nGy·h^{-1} à 10^8 nGy·h^{-1}
Linéarité	±15 %	±15 %
Ecart de la réponse avec l'énergie de rayonnement de photons	50 keV à 1,5 MeV: ±30 %	50 keV à 1,5 MeV: ±30 %
Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence	±20 %	±20 %
Température ambiante (sur la base de la valeur à 20 °C)	–10 °C à +40 °C ±20 %	–10 °C à +40 °C ±20 %

b) Diagramme qui montre un exemple de configuration fixe



Copyright International Electrotechnical Commission

Annexe D
(informative)

Etalonnage des compteurs de débit de dose et des dosimètres

Pour la mesure des débits d'équivalent de dose faibles, la contribution du rayonnement d'arrière-plan au débit d'équivalent de dose ambiant doit être prise en considération au point d'essai. Ceci exige une connaissance précise de la réponse du détecteur aux différentes composantes du rayonnement naturel. Ces aspects sont abordés dans la présente annexe. Il convient de déterminer la réponse au rayonnement cosmique et le bruit de fond thermique de chaque appareil[8)].

L'indication D_i d'un dispositif qui est irradié par une source d'étalonnage peut être représentée par:

$$D_i = R_c\, D_c + R_t\, D_t + R_s\, D_s + R_i$$

où

D_i est l'indication de l'instrument en unités de charge appropriées (courant), de tension, de nombre (débit) ou de compteur en $Gy \cdot h^{-1}$ ou en $Sv \cdot h^{-1}$;

D_c est le kerma dans l'air (débit de kerma), la dose absorbée dans l'air (débit de dose) ou l'équivalent de dose ambiant (débit d'équivalent de dose) de la composante cosmique du rayonnement d'arrière-plan dans la salle d'étalonnage;

D_t est le kerma dans l'air (débit de kerma), la dose absorbée dans l'air (débit de dose) ou l'équivalent de dose ambiant (débit d'équivalent de dose) de la composante gamma terrestre du rayonnement d'arrière-plan dans la salle d'étalonnage;

D_s est le kerma dans l'air (débit de kerma), la dose absorbée dans l'air (débit de dose) ou l'équivalent de dose ambiant (débit d'équivalent de dose) de la source d'étalonnage;

R_c est la réponse à la composante cosmique du rayonnement d'arrière-plan;

R_t est la réponse à la composante gamma terrestre du rayonnement d'arrière-plan;

R_s est la réponse au rayonnement de la source d'étalonnage;

R_i est la contribution à la lecture provenant de toute contamination radioactive interne ou du bruit électronique de l'instrument.

Pour beaucoup de détecteurs, R_c, R_t et R_s sont généralement inégaux et le facteur R_s dépend de l'énergie de photons de telle sorte que la valeur R_s déduite d'un étalonnage en laboratoire avec des sources ponctuelles ou des faisceaux n'est pas égale à R_t et ne peut pas être utilisée directement pour les mesures en exploitation. Pour déterminer R_c, R_t, R_s and R_i, chaque réponse doit être mesurée séparément par élimination des trois autres quantités d'influence. Ceci peut être fait de la façon décrite ci-après.

a) En déterminant comment les valeurs R_s varient avec l'énergie et en pondérant les valeurs R_s appropriées par le spectre d'énergie environnemental, une valeur de R_t applicable à l'utilisation de l'ensemble en exploitation peut être calculée.

b) La réponse R_i due à l'environnement interne de tout instrument peut être estimée, par exemple, en observant la lecture de l'instrument lorsqu'elle est prise pour des grandes profondeurs dans le sol. A une profondeur de 100 m, le rayonnement cosmique est effectivement éliminé et en plaçant le détecteur dans un blindage de 10 cm de plomb, sa réponse au rayonnement des roches à proximité peut aussi être virtuellement éliminée.

   Pour les chambres d'ionisation, R_i peut être normalement considéré comme dû à la radioactivité alpha intrinsèque dans la chambre. Elle peut être estimée en plaçant la

8 BURU, *A guide to the measurement of environmental gamma radiation*, J.A.B. Gibson, I.M.G. Thompson et F.W. Spiers, 1993 (disponible en anglais seulement).

Copyright International Electrotechnical Commission

chambre dans un équipement de faible rayonnement ambiant blindé et en surveillant la sortie de l'électromètre avec un enregistreur à faible constante de temps. Les impulsions alpha peuvent être identifiées par les forts pics produits à la sortie de l'enregistreur. Il convient que des contrôles périodiques du courant de fuite et des contraintes dans l'isolateur soient aussi effectués. Les courants unidirectionnels provenant des contraintes dans l'isolateur peuvent être déterminés en effectuant des mesures avec des tensions de polarisation positives et négatives.

Il convient que le bruit de fond de tout instrument ne change pas significativement pendant sa vie parce que les radionucléides présents ont une longue demi-vie. Néanmoins, des contrôles occasionnels sont conseillés puisque l'instrument peut finir par être contaminé lui-même par des sources externes.

c) La détermination de la réponse cosmique R_c peut être faite soit expérimentalement, soit par des calculs théoriques de l'action des rayonnements cosmiques sur le détecteur. La mesure expérimentale de la réponse du rayonnement cosmique peut être faite sur une plateforme ou sur un bateau construits en matériaux de faible radioactivité, sur un lac, un réservoir d'eau claire ou en mer à au moins 100 m à 1 km des rives.

L'étalonnage des rayonnements X ou gamma de l'instrument R_s peut être réalisé comme suit:

1) la lecture du bruit de fond, D_{1b}, de l'instrument est d'abord faite avant l'exposition à la source d'étalonnage;
2) l'ensemble est alors exposé à la source et la lecture D_{1s} est notée;
3) $R_s = (D_{1s} - D_{1b})/D_s$.

Cette méthode élimine les effets de la réponse due au rayonnement cosmique, celle due à la dose ou au débit de dose d'arrière-plan du laboratoire d'étalonnage et celle de la contribution R_i. Il convient de noter, cependant, que ce n'est applicable que si le rayonnement diffusé à partir de la source est négligeable. Lorsqu'un rayonnement diffusé par la source est significatif et présent, ces deux mesures doivent être remplacées par une première en présence de la source, la seconde avec un blindage de plomb d'une épaisseur de 5 cm placé entre le détecteur et la source, dont la forme est juste suffisante pour assurer le blindage du détecteur du rayonnement direct de la source d'étalonnage. La soustraction de la lecture faite en présence du blindage permet de déterminer la réponse au rayonnement primaire de la source.

Autrement, dans un environnement de faible rayonnement naturel, par exemple à une profondeur de 100 m ou plus sous terre, utiliser au moins trois débits d'équivalent de dose différents pour l'étalonnage. Il convient que le débit de dose le plus faible soit proche du bruit de fond interne de l'environnement, mais significativement au-dessus;

4) détermination de la contribution à la lecture, R_i, provenant de toute contamination radioactive interne ou du bruit électronique de l'instrument par extrapolation de l'indication pour un débit d'équivalent de dose ambiant nul;
5) détermination de la réponse R_s à partir de la pente de la dépendance linéaire de la lecture de l'instrument D_{1s} par rapport au débit d'équivalent de dose ambiant D_s de la source d'étalonnage.

D_t peut devenir grand dans une condition de post-accident. Quand D_t est grand et qu'une valeur précise de R_s est difficile à obtenir, il convient de vérifier R_s comme suit:

i) mesurer le débit de l'environnement autour de l'ensemble à l'aide d'un dosimètre ou d'un moniteur;

ii) estimer l'indication attendue de l'ensemble à l'aide des différences de la réponse d'énergie et de la distribution angulaire de la réponse;

iii) obtenir la valeur de R_s en tant que rapport de la valeur indiquée à l'indication attendue de l'ensemble;

iv) Il convient que R_s ne dépasse pas ±10 % de ($R_{S0} + U$), où R_{S0} est une réponse de l'ensemble obtenu dans la mesure précédente et U est une incertitude issue de l'utilisation du dosimètre ou du moniteur.

Copyright International Electrotechnical Commission

NOTE Une description plus complète et des informations utiles sont fournies dans un rapport CEC: European Commission, Radiation Protection 106, Technical recommendations on measurement of external environmental gamma radiation doses. A report of EURADOS Working Group 12 "Environmental radiation monitoring", édité par I.M.G.Thompson, L Botter-Jensen, S. Deme, F. Pernicka et J.C. Saez-Vergara, 1999 (disponible en anglais seulement).

_____

Copyright International Electrotechnical Commission

Copyright International Electrotechnical Commission

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

Copyright International Electrotechnical Commission