

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Instrumentation pour la radioprotection – Instruments pour la mesure et/ou la surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit d'équivalent de dose) ambiant et/ou directionnel pour les rayonnements bêta, X et gamma – Partie 1: Instruments de mesure et de surveillance portables pour les postes de travail et l'environnement



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: 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.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

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

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Instrumentation pour la radioprotection – Instruments pour la mesure et/ou la surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit d'équivalent de dose) ambiant et/ou directionnel pour les rayonnements bêta, X et gamma – Partie 1: Instruments de mesure et de surveillance portables pour les postes de travail et l'environnement

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XA

ICS 13.280

ISBN 2-8318-1035-4

CONTENTS

FOREWORD.....	6
1 Scope and object.....	8
2 Normative references	9
3 Terms and definitions	10
4 Units and list of symbols.....	15
4.1 Units	15
4.2 List of symbols	16
5 General characteristics of ambient and directional dose equivalent (rate) meters	18
5.1 Indication	18
5.2 Read-out	18
5.3 Dose equivalent rate range.....	18
5.4 Effective range of measurement	18
5.5 Minimum range of measurement.....	19
5.6 Rated range of an influence quantity	19
5.7 Minimum rated range of influence quantity	19
5.8 Alarm levels	19
5.9 Additional indication	20
5.10 Failure operation of indication	20
5.11 Ease of decontamination	20
5.12 Information given on the instruments	20
5.13 Algorithm to evaluate the indicated value	20
5.14 Classification of the dosimeters	20
6 General test procedures	20
6.1 Instructions for use.....	20
6.2 Nature of tests.....	21
6.3 Reference conditions and standard test conditions	21
6.4 Tests for influence quantities of type F	21
6.5 Tests for influence quantities of type S.....	21
6.6 Consideration of non-linearity.....	21
6.7 Consideration of several detectors or signals in a dosimeter	21
6.8 Position of dose equivalent (rate) meter for test purposes	22
6.9 Low dose equivalent rates	22
6.10 Statistical fluctuations	22
6.11 Production of reference radiation.....	22
6.12 Reference photon radiation	22
6.13 Reference beta radiation	23
6.14 Determination of dose equivalent (rate) response.....	23
7 Additivity of indicated value	23
7.1 Requirements	23
7.2 Method of test	23
7.3 Interpretation of the results	24
8 Radiation performance requirements and tests	24
8.1 General.....	24
8.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value	24
8.3 Model function.....	24

8.4	Variation of the response due to photon radiation energy and angle of incidence.....	24
8.4.1	Measuring quantity $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$	24
8.4.2	Measuring quantity $H^*(10)$ or $\dot{H}^*(10)$	25
8.5	Variation of the response due to beta radiation energy and angle of incidence.....	26
8.5.1	Measuring quantity $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$	26
8.5.2	Measuring quantity $H^*(10)$ or $\dot{H}^*(10)$	27
8.6	Response to neutron radiation.....	28
8.6.1	Requirements	28
8.6.2	Test method	28
8.7	Linearity and statistical fluctuations	28
8.7.1	General	28
8.7.2	Requirements	28
8.7.3	Method of test	28
8.7.4	Interpretation of the results.....	29
8.8	Overload characteristics	30
8.8.1	Dose equivalent meters	30
8.8.2	Dose equivalent ratemeters	30
8.9	Response time	31
8.9.1	Dose equivalent meters	31
8.9.2	Dose equivalent ratemeters	31
8.10	Interrelation between response time and statistical fluctuations.....	32
8.11	Variation of the response due to dose rate dependence of dose measurements.....	32
8.11.1	General	32
8.11.2	Requirements	32
8.11.3	Method of test using radiation sources	33
8.11.4	Method of test using natural radiation	33
8.11.5	Interpretation of the results.....	33
8.12	Response to pulsed ionizing radiation fields	33
8.12.1	Requirements	33
8.12.2	Test method	33
8.13	Requirements on the accuracy of alarm of dose equivalent (rate) monitors.....	33
8.13.1	Dose equivalent alarm	33
8.13.2	Dose equivalent rate alarm.....	34
9	Electrical characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters	35
9.1	Stability of zero indication with time.....	35
9.1.1	Requirements	35
9.1.2	Test method	35
9.1.3	Interpretation of the results.....	35
9.2	Warm-up time.....	35
9.2.1	Requirements	35
9.2.2	Test method	35
9.2.3	Interpretation of the results.....	35
9.3	Power supplies	36
9.3.1	General	36
9.3.2	Requirements	36
9.3.3	Test method	36

10	Mechanical characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters	37
10.1	Shock during operation (microphonics).....	37
10.1.1	General	37
10.1.2	Requirements	37
10.1.3	Method of test and interpretation of the results	37
10.2	Drop test during transport.....	38
10.2.1	Requirements	38
10.2.2	Test method	38
10.2.3	Interpretation of the results.....	38
10.3	Orientation of dose equivalent (rate) meter (geotropism)	38
10.3.1	General	38
10.3.2	Requirements	38
10.3.3	Test method	38
11	Environmental characteristics, performance requirements and tests	39
11.1	General	39
11.2	Ambient temperature	39
11.2.1	Requirements	39
11.2.2	Test method	39
11.2.3	Interpretation of the results.....	39
11.3	Relative humidity.....	39
11.3.1	Requirements	39
11.3.2	Test method	39
11.3.3	Interpretation of the results.....	40
11.4	Atmospheric pressure.....	40
11.4.1	Requirements	40
11.4.2	Test method	40
11.5	Sealing against moisture	40
11.6	Storage and transport.....	40
11.7	Electromagnetic compatibility	40
11.7.1	General	40
11.7.2	Emission of electromagnetic radiation.....	41
11.7.3	Electrostatic discharge	41
11.7.4	Radiated electromagnetic fields.....	41
11.7.5	Conducted disturbances induced by radio-frequencies	42
11.7.6	50 Hz/60 Hz magnetic field.....	42
12	Software.....	43
12.1	General	43
12.2	Requirements	43
12.2.1	General requirements	43
12.2.2	Design and structure of the software	43
12.2.3	Protection of the software and data	43
12.2.4	Documentation	44
12.3	Method of test	44
12.3.1	General	44
12.3.2	Testing the documentation.....	45
13	Summary of characteristics	45
14	Documentation	45

14.1 Information on the instrument.....	45
14.2 Certificate	45
14.3 Operation and maintenance manual	46
14.4 Type test report.....	46
Annex A (normative) Statistical fluctuations	52
Annex B (informative) Usage categories of ambient/directional dose (rate) meters	54
Annex C (informative) Calibration of ambient dose equivalent (rate) meters for environmental monitoring.....	55
Bibliography.....	57
Table 1 – Measuring quantities and energy ranges covered by the standard.....	8
Table 2 – Symbols (and abbreviated terms).....	16
Table 3 – Values of c_1 and c_2 for w different dose (rate) values and n indications for each dose (rate) value	46
Table 4 – Reference conditions and standard test conditions	47
Table 5 – Radiation characteristics of directional dose equivalent (rate) meters.....	48
Table 6 – Radiation characteristics of ambient dose equivalent (rate) meters	49
Table 7 – Electrical, mechanical and environmental characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters	50
Table 8 – Maximum values of deviation due to electromagnetic disturbances	50
Table 9 – Mechanical performance under test conditions	51
Table A.1 – Number of instrument readings required to detect true differences (95 % confidence level) between two sets of instrument readings on the same instrument.....	53
Table B.1 – Usage categories of ambient or directional dose (rate) meters	54

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
AMBIENT AND/OR DIRECTIONAL DOSE EQUIVALENT (RATE)
METERS AND/OR MONITORS FOR BETA, X AND GAMMA RADIATION –**

Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60846-1 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This edition cancels and replaces the second edition of IEC 60846 published in 2002 of which it constitutes a technical revision. It also replaces IEC 61017-1:1991 and IEC 61017-2:1994 as far as portable equipment is concerned.

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

FDIS	Report on voting
45B/603/FDIS	45B/611/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.

A list of all parts of the IEC 60846 series can be found, under the general title *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation*, on the IEC website.

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

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

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – AMBIENT AND/OR DIRECTIONAL DOSE EQUIVALENT (RATE) METERS AND/OR MONITORS FOR BETA, X AND GAMMA RADIATION –

Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors

1 Scope and object

This part of the IEC 60846 series applies to dose equivalent (rate) meters and/or monitors for the measurement of ambient dose equivalent (rate) and/or directional dose equivalent (rate) from external beta, X and gamma radiation, as recommended in ICRU, Report 47.

NOTE 1 If both quantities, ambient dose equivalent and directional dose equivalent are meant, the term dose equivalent may be used as an abbreviation.

This part of IEC 60846 series applies only to portable meters and monitors which are intended to be used in both the workplace and the environment. It applies to devices that measure the dose equivalent or dose equivalent rate from external beta and/or X and gamma radiation in the dose range between 0,01 μSv and 10 Sv and the dose rate range between 0,01 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ and 10 Sv h^{-1} and in the energy ranges given in the following Table. All the energy values are mean energies with respect to the prevailing dose quantity.

Table 1 – Measuring quantities and energy ranges covered by the standard

Measuring quantity	Energy range for Photon radiation	Energy range for Beta-particle radiation
$H^*(10)$	12 keV to 10 MeV	—
$H'(0,07)$	8 keV to 250 keV	0,07 MeV ^a to 1,2 MeV almost equivalent to E_{max} from 225 keV to 3,54 MeV
^a For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (almost equivalent to 0,07 mm of ICRU tissue) nominal depth.		

NOTE 2 Where a dose rate meter or monitor may be attached to a supplementary probe used to monitor contamination, the relevant standard for that probe is IEC 60325.

If national legislation requires the use of different measuring quantities, for example, air kerma or exposure, the standard may be used with the respective adjustments.

In this document, the expression "dose equivalent (rate)" is used when the provisions apply to both the measurement of dose equivalent and the measurement of dose equivalent rate.

NOTE 3 It does not apply to medical radiology which is within the scope of technical committee 62, where the conditions of radiation exposure may be extremely inhomogeneous, but precisely known.

NOTE 4 It does not apply to instruments intended to be worn by an individual for the purpose of estimating the radiation dose received by that individual.

The object of this standard is to specify the design requirements and the performance characteristics of dose equivalent (rate) meters intended for the determination of ambient dose equivalent (rate) and directional dose equivalent (rate) as defined in ICRU Report 47.

Accordingly, this standard specifies:

- a) general characteristics, the functions and performance characteristics of dose equivalent (rate) meters;

- b) the methods of test to be used to determine compliance with the requirements of this standard.

Some countries may wish to use this type of dose equivalent (rate) meter for measurements in the framework of legal metrology.

2 Normative references

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

IEC 60050-151:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

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

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

IEC 60068-2-31:2008, *Environmental testing – Part 2-31: Tests – Test Ec: Rough handling shocks, primarily for equipment-type specimens*

IEC 60086-1:2006, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60086-2:2006, *Primary batteries – Part 2: Physical and electrical specifications*

IEC 60359:2001, *Electrical and electronic measurement equipment – Expression of performance*

IEC 60529:1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*
Amendment 1 (1999)¹

IEC 61000-4-2:1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*
Amendment 1 (1998)
Amendment 2 (2000)²

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*
Amendment 1 (2007)³

IEC 61000-4-6:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measurement techniques – Immunity to conducted disturbances, induced by radio-frequency fields*

IEC 61000-4-8:1993, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*
Amendment 1 (2000)⁴

¹ There exists a consolidated edition (2.1) which includes IEC 60529 (1989) and its Amendment 1 (1999).

² There exists a consolidated edition (1.2) which includes IEC 61000-4-2 (1995), its Amendment 1 (1998) and its Amendment 2 (2000).

³ There exists a consolidated edition (3.1) which includes IEC 61000-4-3 (2006) and its Amendment 1 (2007).

⁴ There exists a consolidated edition (1.1) which includes IEC 61000-4-8 (1993) and its Amendment 1 (2000).

IEC 61000-6-2:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*

IEC/TR 62461:2006, *Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

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

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

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

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

ISO 6980-1:2006, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 1: Methods of production*

ISO 6980-2:2004, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 2: Calibration fundamentals related to basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 6980-3:2006, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the definitions given in IEC 60050-393, IEC 60050-394 and IEC 60359, as well as the following terms and definitions apply.

3.1

acceptance test

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

3.2

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

NOTE 1 The SI unit of ambient dose equivalent is the sievert (Sv) or its decimal multiples or submultiples (e.g. mSv).

NOTE 2 The ambient dose equivalent (rate), used for the monitoring of strongly penetrating radiation, is not an appropriate quantity for any beta radiation even that which is nominally penetrating (ICRU Report 47, 1992).

NOTE 3 When the term dose equivalent alone is used in this standard, the quantities ambient dose equivalent and directional dose equivalent are implied.

3.3 ambient dose equivalent rate

$\dot{H}^*(10)$

ratio of $dH^*(10)$ by dt , where $dH^*(10)$ is the increment of ambient dose equivalent in the time interval dt

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

NOTE The SI unit of ambient dose equivalent rate is the sievert per second (Sv s^{-1}). Units of ambient dose equivalent rate are any quotient of the sievert or its decimal multiples or submultiples by a suitable unit of time (e.g. mSv h^{-1}).

3.4 coefficient of variation

v

ratio of the estimate of standard deviation s to the arithmetic mean \bar{x} of a set of n measurements

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

3.5 (complete) result of a measurement

set of values attributed to a measurand, including a value, the corresponding uncertainty and the unit of the measurand

NOTE 1 The central value of the whole (set of values) can be selected as measured value M and a parameter characterizing the dispersion as uncertainty.

NOTE 2 The result of a measurement is related to the indicated value given by the instrument G and to the values of correction obtained by calibration and by the use of a model.

NOTE 3 The estimation of M can be based on one or more indicated values.

[IEV 311-01-01, modified]

3.6 conventional quantity value

H

quantity value attributed by agreement to a quantity for a given purpose

NOTE 1 The term “conventional true quantity value” is sometimes used for this concept, but its use is discouraged.

NOTE 2 Sometimes a conventional quantity value is an estimate of a true quantity value.

NOTE 3 A conventional quantity value is generally accepted as being associated with a suitably small measurement uncertainty, which might be zero.

NOTE 4 In this standard the quantity is the dose equivalent (rate).

[VIM 2.12]

**3.7
deviation**

D

difference between the indicated values for the same value of the measurand of a dose equivalent (rate) meter, when an influence quantity assumes, successively, two different values [IEV 311-07-03, modified]

$$D = G - G_r$$

where *G* is the indicated value under the effect of an influence quantity and *G_r* is the indicated value under reference conditions.

NOTE 1 The original term in IEV 311-07-03 reads “variation (due to an influence quantity)”. In order not to confuse variation (of the indicated value) and variation of the response, in this standard, the term is called “deviation”.

NOTE 2 The deviation can be positive or negative resulting in an increase or a decrease of the indicated value, respectively.

NOTE 3 The deviation is of special importance for influence quantities of Type S.

**3.8
directional dose equivalent**

H'(0,07)

dose equivalent at a point in a radiation field that would be produced by the corresponding expanded field in the ICRU sphere at a depth of 0,07 mm, on a radius in a specified direction

NOTE The SI unit of directional dose equivalent is the sievert (Sv) or its decimal multiples or submultiples (e.g. mSv).

**3.9
directional dose equivalent rate**

H'(0,07)

ratio of *dH'(0,07)* by *dt*, where *dH'(0,07)* is the increment of directional dose equivalent in the time interval *dt*

$$\dot{H}'(0,07) = \frac{dH'(0,07)}{dt}$$

NOTE The SI unit of directional dose equivalent rate is the sievert per second (Sv s⁻¹). Units of directional dose equivalent rate are any quotient of the sievert or its decimal multiples or submultiples by a suitable unit of time (e.g. mSv h⁻¹).

**3.10
dose equivalent (rate) meter**

assembly intended to measure or evaluate the dose equivalent (rate)

**3.11
effective range of measurement (of a dose equivalent (rate) meter)**

range of values of the quantity to be measured over which the performance of a dose equivalent (rate) meter meets the requirements of this standard

**3.12
indicated value (for the purpose of this standard)**

G

value given by the (digital) indication of the dosimeter in units of dose equivalent or dose equivalent rate

**3.13
influence quantity**

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

NOTE 1 For example, temperature of a micrometer used to measure length.

[GUM B.2.10]

NOTE 2 If the effect on the result of a measurement of an influence quantity depends on another influence quantity, these influence quantities are treated as a single one. In this standard, this is the case for the influence quantities “radiation energy and angle of radiation incidence”.

3.14

influence quantity of type F

influence quantity whose effect on the indicated value is a change in response

NOTE 1 An example is radiation energy and angle of radiation incidence.

NOTE 2 “F” stands for factor: The indication due to radiation is multiplied by a factor due to the influence quantity.

3.15

influence quantity of type S

influence quantity whose effect on the indicated value is a deviation independent of the indicated value

NOTE 1 An example is the electromagnetic disturbance.

NOTE 2 All requirements for influence quantities of type S are given with respect to the value of the deviation D .

NOTE 3 “S” stands for sum. The indication is the sum of the indication due to radiation and due to the influence quantity, e.g., electromagnetic disturbance.

3.16

lower limit of effective range of measurement

H_0

lowest dose (rate) value included in the effective range of measurement

3.17

maximum dose equivalent rate (for dosimeters)

\dot{H}_{\max}

doserate, specified by the manufacturer, below which the effect of the dose rate on the dose reading is within specified limits

3.18

measured value

M

value that can be obtained from the indicated value G by applying the model function for the measurement

NOTE 1 The model function is necessary to evaluate the uncertainty of the measured value according to the GUM (see GUM 3.1.6, 3.4.1 and 4.1).

NOTE 2 An example of a model function is given here. It combines the indicated value G with the reference calibration factor N_0 , the correction for non-linear response r_n , the l deviations D_p ($p = 1..l$) for the influence quantities of type S, and the m relative response values r_q ($q = 1..m$) for the influence quantities of type F:

$$M = \frac{N_0}{r_n \prod_{q=1}^m r_q} \left[G - \sum_{p=1}^l D_p \right].$$

NOTE 3 The calculations according to such model function are usually not performed, only in the case that specific influence quantities are well known and an appropriate correction is applied.

NOTE 4 If necessary another model function closer to the design of a certain dosimeter may be used.

NOTE 5 With the calibration controls adjusted according to the manufacture's instructions, the reference calibration factor, the correction for non-linear response and all relative response values are set to one and the deviations are set to zero, these settings cause an uncertainty of measurement which can be determined from the measured variation of the response values and the measured deviations. For a dosimeter tested according to this standard, all these data are available.

3.19

minimal rated range (of use)

smallest range being specified for an influence quantity or instrument parameter over which the dose equivalent (rate) meter shall operate within the specified limits of variation in order to comply with this standard

NOTE The minimal rated ranges of the influence quantities dealt with in this standard are given in the second column of Tables 5 to 8.

3.20

non-linearity

variation of the value of the (relative) response with the dose (rate) being measured

3.21

point of test (of a dose equivalent (rate) meter)

point at which the conventional quantity value is determined and at which the reference point of the dose equivalent (rate) meter is placed for calibration and test purposes

3.22

qualification tests

tests which are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled. Qualification tests are sub-divided into type tests and routine tests as defined below

3.23

rated range (of use) (of a dose equivalent (rate) meter)

range of values of an influence quantity or instrument parameter over which the dose equivalent (rate) meter will operate within the specified limits of variation. Its limits are the maximum and minimum rated values

3.24

reference orientation (of a dose equivalent (rate) meter)

orientation of the dose equivalent (rate) meter with respect to the direction of the incident radiation during calibration

3.25

reference point (of a dose equivalent (rate) meter)

physical mark or marks on the outside of the dose equivalent (rate) meter used to position it at the point of measurement or the point of test

3.26

reference response

R_0

response for a reference value $H_{r,0}$ of the quantity to be measured under reference conditions

$$R_0 = \frac{G_{r,0}}{H_{r,0}}$$

where $G_{r,0}$ is the corresponding indicated value

NOTE 1 The reference response is the reciprocal of the reference calibration factor.

NOTE 2 The reference values for the dose (rate) are given in Table 4.

3.27

relative response

r

quotient of the response R and the reference response R_0

$$r = \frac{R}{R_0}$$

3.28 response (of a radiation measuring assembly)

R
ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R = \frac{G}{H}$$

where G is the indicated value of the quantity measured by the equipment or assembly under test (dosemeter) and

H is the conventional quantity value of this quantity

3.29 routine test

a test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

3.30 standard test conditions

conditions representing the range of values of a set of influence quantities under which a calibration or a determination of response is carried out

NOTE 1 Ideally, calibrations should be carried out under reference conditions. As this is not always achievable (for example for ambient air pressure) or convenient (for example for ambient temperature), a (small) interval around the reference values may be used. The deviations of the calibration factor from its value under reference conditions caused by these deviations should in principle be corrected for.

NOTE 2 During type tests, all values of influence quantities which are not the subject of the test are fixed within the interval of the standard test conditions.

[ISO 4037-3, 3.2.3, modified]

3.31 standard test values

a value, values, or range of values of an influence quantity or instrument parameter, which are permitted when carrying out calibrations or tests on another influence quantity or instrument parameter

NOTE Under standard test conditions, influence quantities and instrument parameters have their standard test values.

3.32 supplementary tests

tests intended to provide supplementary information on certain characteristics of the dose equivalent (rate) meters

3.33 type test

conformity testing on the basis of one or more specimens of a product representative of the production

4 Units and list of symbols

4.1 Units

In the present standard, the units of the International System (SI) are used. The definition of radiation quantities and dosimetric terms are given in IEC 60050-393, IEC 60050-394 and ICRU report 51. Nevertheless, the following units may be acceptable in common usage:

– for energy: electron-volt (symbol eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;

– for time: year, day, hour (symbol h), minute (symbol min).

Multiples and submultiples of SI unit may be used, according to the SI system.

The SI unit of dose equivalent is the sievert (symbol Sv). 1 Sv = 1 J kg⁻¹.

4.2 List of symbols

Table 2 gives a list of the symbols (and abbreviated terms) used.

Table 2 – Symbols (and abbreviated terms)

Symbol	Meaning	Unit
α	Angle of radiation incidence	°
α_{\max}	Maximum value of α within rated range of use	°
D	Deviation	Sv
d	Depth in soft tissue. Recommended depths are 10 mm and 0,07 mm	m
D_p	Deviation due to influence quantity no. p of type S	Sv
\bar{E}	Mean radiation energy	eV
G	Indicated dose value	Sv
\dot{G}	Indicated doserate value	Sv h ⁻¹
\dot{G}_0	Indicated doserate value arising from any internal radioactive contamination or from the electronic noise of the instrument	Sv h ⁻¹
$\dot{G}_{0,s}$	Indicated background doserate value in the calibration laboratory	Sv h ⁻¹
G_e	Indicated dose (rate) value produced by the electrical signal q_e	Sv
\dot{G}_f	Final dose rate indication after a step increase in dose equivalent rate	Sv
\dot{G}_i	Initial dose rate indication before a step increase in dose equivalent rate	Sv
G_K	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional true dose value H_K	Sv
G_{K+L}	Indicated dose value due to a combined (simultaneous) irradiation with the conventional true dose value $H_K + H_L$	Sv
G_{nat}	Indicated dose value after exposure to natural background radiation for the time t_{env}	Sv
G_L	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional true dose value H_L	Sv
G_{low}	Indication of the dosimeter under the same conditions as given for G_{nom} , but when the battery voltage is low, for example the dosimeter indicates "low battery" for the first time	Sv
G_{nom}	Indication of the dosimeter under given conditions when the battery voltage has its nominal value.	Sv
G_r	Indicated dose(rate) value under specified reference conditions	Sv (Sv h ⁻¹)
$G_{r,0}$	Reference value of the indicated dose(rate) due to exposure to $H_{r,0}$	Sv (Sv h ⁻¹)
\dot{G}_s	Indicated doserate due to exposure to a source including background radiation indication	Sv h ⁻¹
Δg_{mix}	Relative change in indication caused by subsequent and mixed exposure, see Clause 6	—
H_0	Lower dose limit of the effective range of measurement	Sv
\dot{H}_0	Lower doserate limit of the effective range of measurement	Sv h ⁻¹
H_a	Dose value which produces the indication to which the alarm is set	Sv
\dot{H}_a	Doserate value which produces the indication to which to the alarm is set	Sv h ⁻¹

Symbol	Meaning	Unit
\dot{H}_{\max}	Maximum dose equivalent rate (for dosimeters)	Sv h ⁻¹
$H(0,07)$	Directional dose equivalent at a depth 0,07 mm	Sv
$H^*(10)$	Ambient dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
H_{nat}	Expected ambient dose equivalent due to natural environmental radiation	Sv
$\dot{H}^*(0,07)$	Directional dose equivalent rate at a depth 0,07 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)$	Ambient dose equivalent rate at a depth 10 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_c$	Ambient dose equivalent rate due to the cosmic component of the background radiation in the calibration room	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_t$	Ambient dose equivalent rate due to the terrestrial gamma component of the background radiation in the calibration room	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_s$	Ambient dose equivalent rate due to a calibration source	Sv h ⁻¹
\dot{H}_{nat}	Known ambient dose equivalent rate due to natural environmental radiation	Sv h ⁻¹
H	Conventional quantity value of the dose(rate)	Sv (Sv h ⁻¹)
H_r	Conventional quantity value of the dose(rate) under specified reference conditions	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{r,0}$	Reference dose(rate) value of the quantity to be measured	Sv (Sv h ⁻¹)
I_{low}	Supply current of the dosimeter when the indication is \bar{G}_{low}	A
k	Coverage factor (see GUM)	—
K	Symbol for the first of two exposure conditions, for example 3 mSv and N-80 and 60° of radiation incidence	—
l	Total number of influence quantities of type S	—
L	Symbol for the second of two exposure conditions, for example 4 mSv and S-Co and 0° of radiation incidence	—
M	Measured dose(rate) value	Sv (Sv h ⁻¹)
m	Total number of influence quantities of type F	—
n	Number of indicated values for one dose (rate) value	—
N	Calibration factor	—
N_0	Reference calibration factor	—
p	Index giving the number of an influence quantities of type S	—
q	Index giving the number of an influence quantities of type F	—
q_e	Strength of electrical signal to simulate the detector signal	dependent
$q_{r,0}$	Strength of electrical signal to produce the indication $\bar{G}_{r,0}$	dependent
Q_{nom}	Nominal capacity of the batteries	A h
r	Relative response	—
R	Response	—
R_0	Reference response	—
R_c	Response to the cosmic component of the background radiation	—
R_t	Response to the terrestrial gamma component of the background radiation	—
R_s	Response to the radiation of a calibration source	—
r_n	Correction for non-linearity	—
r_q	Relative response due to influence quantity no. q of type F	—
S_K	Symbol of radiation quality of condition K, for example N-80	—
S_L	Symbol of radiation quality of condition L, for example S-Co	—
t_{env}	Measuring time in the environment	h

Symbol	Meaning	Unit
t_{\min}	Minimal time required for continuous operation of the dosimeter, 100 h for primary batteries and 24 h for secondary batteries	h
U	Expanded uncertainty	As quantity
u_c	Combined standard uncertainty	As quantity
u_i	Standard uncertainty due to component no. i	As quantity
U_{low}	Battery voltage under conditions prevailing for the determination of G_{low}	V
U_{nom}	Nominal value of the battery voltage	V
U_{rel}	Relative expanded uncertainty	—
v	Coefficient of variation	—
v_{max}	Maximum permitted coefficient of variation at the dose rate to which the alarm is set	—
w	Number of dose (rate) values used for test of linearity and coefficient of variation	—

5 General characteristics of ambient and directional dose equivalent (rate) meters

5.1 Indication

Any dose (rate) indication of the dose equivalent (rate) meter shall be in units of dose equivalent or dose equivalent rate, for example millisieverts or millisieverts per hour, respectively.

5.2 Read-out

The changing of measuring range and read-out scale shall be simultaneous and shall be clearly displayed. All scales shall be readable under normal lighting conditions.

5.3 Dose equivalent rate range

The implementation of the ICRP recommendations requires the determination of dose equivalent rate over a wide range of values. Under some circumstances, dose equivalent rates as high as 10 Sv h^{-1} require measurement. At the other extreme, dose equivalent rates as low as $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ could be obtained. For many applications, the dose equivalent rates of interest are within the range from approximately $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ to 10 mSv h^{-1} .

5.4 Effective range of measurement

The effective range of measurement, starting at \dot{H}_0 or H_0 , shall be not less than the following:

- a) for dose equivalent (rate) meters with an analogue type of display (e.g. linear or logarithmic) and one range per order of magnitude from 10 % to 100 % of the scale maximum angular deflection on each scale range and for dose equivalent (rate) meters with two ranges per order of magnitude from 30 % to 100 % of the scale maximum angular deflection on each scale range;

NOTE The requirement on the coefficient of variation is 5 % for any dose(rate) value greater than 11 times the lower limit of the effective range of measurement. To achieve this the scale resolution should be of the order of half of this, for example 3 %. At 10 % of the scale maximum angular deflection this is for a linear scale equivalent to about 30 divisions. Therefore, the linear scale requires about 300 divisions in total. An alternative is to limit the effective range of measurement to 30 % to 100 % of the scale maximum angular deflection on each scale range. In that case a linear scale with 100 divisions is sufficient to measure the required coefficient of variation of 5 %. For a linear scale this requires at least two ranges per order of magnitude, e. g. with the scale maximum 1, 3, 10 etc.

- b) for dose equivalent (rate) meters with a digital display, from an indication in the second least significant digit up to the maximum indication on each range. As an example, for a display with a maximum indication of 9 999,9, the effective range can extend from 1,0 to

9 999,9 - i.e. four orders of magnitude – or from 3,0 to 9 999,9 - i.e. three and a half orders of magnitude;

- c) for dose equivalent (rate) meters with a digital and scientific display (e.g. x,yz E ± ab) the mantissa shall have three digits at least (for instance 1,00 to 9,99). The manufacturer shall define the effective range of measurement (for instance 1,00 E-7 to 9,99 E-2 with the unit Sv h⁻¹).

For dose equivalent (rate) meters with more than one scale, the effective range of measurement shall be from 10 % of the lowest scale range to 100 % of the highest scale and all scales shall be arranged to make the total range covered by the effective range of measurement.

When the test methods do not extend over the whole of the effective range of measurement and any of the observed variations are near the permitted limit, further tests to demonstrate compliance with the requirement in question over the whole effective range of measurement may be necessary. Supplementary tests shall be agreed between the purchaser and the manufacturer.

5.5 Minimum range of measurement

The minimum effective range of measurement of dose equivalent rate shall cover at least three orders of magnitude and shall include 10 μSv h⁻¹ for the measuring quantity $\dot{H}^*(10)$ and 0,1 mSv h⁻¹ for the measuring quantity $\dot{H}^*(0,07)$. The minimum effective range of dose equivalent shall cover at least three orders of magnitude and shall include 0,1 mSv.

5.6 Rated range of an influence quantity

The rated range of any influence quantity has to be stated in the documentation. In addition, some rated ranges have to be stated on the instrument, see 5.12.

5.7 Minimum rated range of influence quantity

The minimum rated range of the specified influence quantity is given in the second column of Tables 4 to 8.

5.8 Alarm levels

The visual and/or audible alarms (if provided) for dose equivalent rate and/or dose equivalent should be pre-settable.

When any alarm is set, it must not be possible to deactivate all available alarms (silence the audible alarm, deactivate the visual alarm, deactivate the vibration alarm and others) simultaneously.

It shall be possible to set the dose equivalent alarm either to any value over the effective range of measurement or at least one value in each order of magnitude of this range, for example 3 μSv, 30 μSv, 300 μSv, 3 mSv, 30 mSv, and 300 mSv.

It shall be possible to set the dose equivalent rate alarm either to any value over the effective range of measurement or at least one value in each order of magnitude of this range, for example 3 μSv h⁻¹, 30 μSv h⁻¹, 300 μSv h⁻¹, 3 mSv h⁻¹, 30 mSv h⁻¹ and 300 mSv h⁻¹.

The frequency of the audible alarm should be within the range of 1 000 Hz to 3 000 Hz. Where an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s. The A-weighted sound level should not exceed 100 dBA at 30 cm from the alarm source and shall be at least 75 dBA at that point.

NOTE The manufacturer should indicate whether the setting of the alarm point is to be done with the aid of a tool, by software interface or manually.

5.9 Additional indication

Indication shall be given of operation conditions in which the accumulation of dose equivalent is not accurate (within the specifications of this standard), for example, low battery, detector failure or dose equivalent rate overload.

5.10 Failure operation of indication

A provision to test for failure of the display shall be installed.

5.11 Ease of decontamination

The dose equivalent (rate) meter should be designed and constructed in such a manner as to facilitate decontamination.

5.12 Information given on the instruments

The following information shall be clearly visible on the dose equivalent (rate) meter:

- a) the quantity that is measured;
- b) the effective range of measurement;
- c) the type of radiation (for example photon and/or beta) the dosimeter is suitable for;
- d) the rated range of particle energy;
- e) reference point and reference orientation (or in the manual);
- f) usage category according to Annex B.

NOTE An example is: $0,1 \mu\text{Sv} \leq H^*(10) \leq 1 \text{ Sv}$; $55 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} \leq 1,5 \text{ MeV}$; IEC 60846-1 series category: Gm.

5.13 Algorithm to evaluate the indicated value

For the type test according to this standard, the manufacturer shall deliver the evaluation algorithm of the indicated value starting from the signal(s) of the detector(s) and ending at the indicated value. This shall include all the calculations and/or the decision tree.

If more than one signal is used to evaluate the indicated value, the manufacturer has to supply a possibility to read out the separate signals of the detector(s) for the type test.

NOTE This algorithm may be confidential and only be used by the testing laboratory for the purpose of type testing.

5.14 Classification of the dosimeters

The different types of dose equivalent (rate) meters may be classified according to the type of radiation, the dose (rate) range and the rated range of radiation energy and direction of radiation incidence. The classification scheme is given in Annex B.

If a dose equivalent (rate) meter has been designed to carry out the functions of both an ambient and directional dose equivalent (rate) meter, it shall comply with the requirements pertaining to both of these functions.

6 General test procedures

6.1 Instructions for use

The instructions for use of the dose equivalent (rate) meter have to be unambiguously given in the manual, see 14.3. These instructions have to be the same for all parts of the type test and for the routine use as well.

6.2 Nature of tests

Unless otherwise specified in the individual clauses, all the tests enumerated in this standard are to be considered as type tests (see 3.33). Certain tests may be considered as acceptance tests by agreement between the purchaser and the manufacturer.

6.3 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 4. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be carried out under the standard test conditions given in the third column of Table 4. For those tests carried out under standard test conditions, the values of temperature, pressure and relative humidity at the time of test shall be stated and the appropriate corrections made to give the response under reference conditions.

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 4, all other influence quantities should be maintained within the limits for standard test conditions given in Table 4, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

6.4 Tests for influence quantities of type F

These tests may be performed at any value of the quantity to be measured above or equal $10 \dot{H}_0$ or $10 H_0$. From the result of each test, the respective variation of the relative response r can be determined.

It is accepted that some small part of the effects of the influence quantities classed as type F could be regarded as the effects produced by type S influence quantities. If these effects are small they shall be ignored in relation to the use of this standard. If during testing larger effects of type S are observed then the respective test shall be performed at a dose value of $10 \dot{H}_0$ or $10 H_0$ and these findings shall be reported in the type test report.

6.5 Tests for influence quantities of type S

These tests shall be performed at a value of the quantity to be measured of less or equal than 10 times the lower limit \dot{H}_0 or H_0 of the effective range of measurement, even zero dose (rate) is possible if no other specification is given in the respective subclause and a negative deviation can be excluded. The result of each test is a deviation D_p .

It is accepted that some small part of the effects of the influence quantities classed as type S could be regarded as the effects produced by Type F influence quantities. If these effects are small they should be ignored in relation to the use of this standard. If during testing larger effects of Type F or significant negative effects are observed then the respective test shall be performed at a dose value of $10 \dot{H}_0$ or $10 H_0$ and these findings shall be reported in the type test report.

NOTE Due to the generally lower indicated value when compared to tests according to 6.4 the necessary number of measurements may be increased.

6.6 Consideration of non-linearity

The effect of a non-constant response shall be regarded.

Testing should be undertaken in a dose (rate) region where non-linearity is not significant. A practical method is to undertake the linearity test first, in order to identify the region of non-linearity, then to perform the other tests in a dose (rate) region where non-linearity is negligible (1 % to 2 %).

6.7 Consideration of several detectors or signals in a dosimeter

If more than one signal or detector is used to evaluate the indicated value, each signal or detector shall be tested separately. Separate tests are necessary when the different signals

are used to evaluate the indicated value in different regions of the measuring range or in different regions of an influence quantity.

NOTE 1 If this applies, this means that the complete amount of testing according to this standard is multiplied by the number of signals being used in different ranges.

NOTE 2 Examples:

- 1) If a second detector or signal is used to evaluate the dose above a dose equivalent rate of 200 mSv/h, for this detector or signal, all the requirements according to this standard have to be measured within its operating range, i.e., above a dose equivalent rate of 200 mSv/h.
- 2) If a second detector or signal is used to evaluate the dose at very low particle energies (for example a very thin detector for low energy beta radiation), for this detector or signal all the requirements according to this standard have to be measured within its operating range, i.e., at low particle energies.

6.8 Position of dose equivalent (rate) meter for test purposes

For all tests involving the use of radiation, the reference point of the dose equivalent (rate) meter shall be placed at the point of test, and in the orientation indicated by the manufacturer (except for the tests of combined energy and angular dependence, see 8.4 and 8.5).

6.9 Low dose equivalent rates

For the measurement of low dose equivalent rates, it is necessary to take account of the contribution of background radiation to the dose equivalent rate at the point of test. See Annex C for details.

6.10 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 determine whether the requirements for the characteristic under test are met.

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

The number of readings required to settle the true difference between two sets of fluctuating dose equivalent (rate) meter readings on the same instruments under unchanged conditions is given in Table A.1.

6.11 Production of reference radiation

Unless otherwise specified in the individual test methods, all tests involving the use of beta or X and gamma radiation should be carried out with a specified type of radiation (see Table 4). The nature, construction and conditions of use of the radiation sources shall be in accordance with the following recommendations:

- a) ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4;
- b) ISO 6980-1, ISO 6980-2, ISO 6980-3.

6.12 Reference photon radiation

The reference photon radiation shall be that provided by the nuclide ^{137}Cs for the ambient dose equivalent (N-100 filtered X-radiation of the narrow series spectrum if the minimum rated range is 30 keV to 150 keV), and by N-80 filtered X-radiation for the directional dose equivalent (see ISO 4037-1, ISO 4037-3 and ISO 4037-4).

6.13 Reference beta radiation

The reference beta radiation shall be that provided by the nuclide $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ for the directional dose equivalent (see ISO 6980-1 and ISO 6980-3).

6.14 Determination of dose equivalent (rate) response

Although the question of whether the radiation being measured is photon or beta radiation is not relevant for ambient and directional dose equivalent (rate) measurements, it is nevertheless necessary to perform the calibration of such dose equivalent (rate) meters with beta and photon radiation separately and also to establish both the beta radiation characteristics and the photon radiation characteristics of such dose equivalent (rate) meters.

The method for determining the ambient and directional dose equivalent (rate) response at the point of test is given in ISO 4037-3, ISO 4037-4 and ISO 6980-3.

Guidance on the features which should be considered when determining the conventional quantity value of the dose equivalent (rate) is given in ISO 4037-2, ISO 4037-4 and ISO 6980-2.

7 Additivity of indicated value

7.1 Requirements

The indicated value shall be additive with respect to simultaneous irradiation with different types of radiation (for example, X and gamma or gamma and beta) and with different energies and angles of radiation incidence.

If the dosimeter uses only one signal (measured with one detector) to evaluate the indicated value, then this requirement is fulfilled.

If a dosimeter uses more than one signal (measured either with several detectors or with one detector using for example pulse height analysis) to evaluate the indicated value, then this requirement is not automatically fulfilled. In that case, it shall be assured that the relative change in indication, Δg_{mix} , caused by the mix of radiation shall not exceed $\pm 0,1$.

NOTE If the algorithm used to evaluate the indicated value, see 5.13, is either a linear combination of the signals or a linear optimization of them, then this requirement is fulfilled and no tests are required.

7.2 Method of test

Perform subsequently two irradiations under the two different irradiation conditions K and L (different energies, different angles of incidence or even different types of radiations) with the conventional quantity values H_K and H_L . Determine the indicated values G_K and G_L for the two irradiations. Then perform a third simultaneous irradiation under the two irradiation conditions K and L with the conventional quantity value $H_{K+L} = H_K + H_L$ and determine the indicated value G_{K+L} for this simultaneously mixed irradiation.

The relative change in indication is then given by:

$$\Delta g_{\text{mix}} = \frac{G_K + G_L - G_{K+L}}{G_{K+L}}$$

Δg_{mix} shall be determined for any value of H_K and H_L and any simultaneous combination of radiation fields S_K and S_L . As simultaneous irradiations are very difficult to perform, the use of calculations as a replacement for the simultaneous irradiations is permitted and recommended for this test. A prerequisite of the use of calculations is the knowledge of measured response values of each signal to all the irradiation conditions K and L and of the

evaluation procedure to determine the indicated value from these signals. The calculation of the response of the entire dosimeter with the aid of radiation transport simulations to determine the response values of each signal to all the irradiation conditions is not permitted.

NOTE The non-linearity of the signals is treated in 8.7. Therefore, when no calculation is performed, the signals shall be corrected for non-linearity for this test. When different dosimeters are used to determine G_K , G_L and G_{K+L} , any difference in the reference calibration factor shall be corrected.

7.3 Interpretation of the results

The relative change in indication, Δg_{mix} , shall not exceed $\pm 0,1$. In this case, the requirements of 7.1 can be considered to be met.

8 Radiation performance requirements and tests

8.1 General

All influence quantities dealt with in this clause are regarded as of type F.

NOTE 1 The requirements for the influence quantity radiation energy and angle of radiation incidence are given with respect to the reference response, R_0 , under reference conditions (reference radiation and 0° radiation incidence, reference dose and/or dose rate and all the other reference conditions as given in Table 4). The possible reference radiations are given in Table 4.

NOTE 2 Reasons for the non symmetric limits for the relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence are given in IEC 62461.

When a dose equivalent (rate) meter utilises more than one radiation detector to cover the full range of dose equivalent (rates) indicated by the dose equivalent (rate) meter, these requirements apply to the relevant ranges for each detector separately.

8.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value

The expanded ($k = 2$) relative uncertainty, U_{rel} , of the conventional quantity value of the dose equivalent or dose equivalent rate shall be less than $10\% = 0,1$ and shall be considered. Any requirement needing the use of radiation is considered to be given for $U_{\text{rel}} = 0$. For $U_{\text{rel}} \neq 0$, the allowed variation of the relative response shall be enlarged by U_{rel} . If several tests are to be performed with the same radiation quality, for example linearity of the response, only the uncertainty of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate) shall be considered when enlarging the allowed variation. In case of other requirements, the consideration is mentioned in the respective method of test.

8.3 Model function

The manufacture shall state the general form of the model function for the measurement with the dosimeter. He can use the example given in 3.18 or other functions. He shall state any interdependencies between the variables of the model function. The actual values of the variables will be determined during the type test according to this standard.

8.4 Variation of the response due to photon radiation energy and angle of incidence

8.4.1 Measuring quantity $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$

8.4.1.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for photon radiation within the rated range of use shall be within the interval from 0,71 to 1,67 (see Table 5). The minimum rated range of use covers energies between 10 keV and 250 keV and angles of radiation incidence between 0° and 45° . For angles of radiation incidence outside the rated range up to $\pm 90^\circ$ the relative response shall be stated by the manufacturer for all radiation energies of the rated range.

All indicated dose values shall be corrected for non-linearity and for the effect of the influence quantity dose rate on dose measurements.

8.4.1.2 Method of test

For this test, the reference point of the dosimeter shall be placed at a point of test where the dose (rate) is known. The photon radiation qualities of the narrow spectrum series of ISO shall be used if possible, otherwise low air kerma rate series or K-fluorescence reference radiations of ISO shall be used.

In principle, the relative response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm 75^\circ$, $\alpha = \pm 90^\circ$ (and $\alpha = \pm \alpha_{\max}$ if α_{\max} is not in this list). Measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. In practice, several angles of incidence can be omitted, if

- the response values for different angles of incidence are similar, e.g., at higher energies, and
- the design of the dosimeter and especially of the energy compensating filters gives no reason for the angular dependence of the response to be non-monotonous.

In principle, it is desirable that this test be performed at the same indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality. In practice, this may not be possible, in which case the indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality shall be corrected for the relative response at the indicated dose equivalent (rate) (see 8.7).

NOTE 1 Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3 and ISO 4037-4.

NOTE 2 From ISO 4037-1 and ISO 4037-3, typical $\dot{H}'(0,07)$ dose rates of 1 mSv h⁻¹ to 10 mSv h⁻¹ can be concluded for the narrow spectrum series for 1 m distance from the X-ray focal spot and the tube operating at 1 mA.

8.4.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values of the rated range of use due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the interval from 0,71 to 1,67. In that case, the requirements of 8.4.1.1 can be considered to be met. To achieve this, the rated range of use shall be fixed accordingly using the determined relative response values. If necessary, the limits of the rated range of use can be determined by linear interpolation.

8.4.2 Measuring quantity $H^*(10)$ or $\dot{H}^*(10)$

8.4.2.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for photon radiation within the rated range of use shall be within the interval from 0,71 to 1,67 (see Table 6). The minimum rated range of use covers energies between 80 keV and 1,5 MeV or between 20 keV and 150 keV and angles of radiation incidence between 0° and 45°. For angles of radiation incidence outside the rated range up to $\pm 90^\circ$ the relative response shall be stated by the manufacturer for all radiation energies of the rated range.

All indicated dose values shall be corrected for non-linearity and, if necessary, for the effect of the influence quantity dose rate on dose measurements.

If the ambient dose meter is to be used in the vicinity of nuclear power installations, the response up to 10 MeV shall to be stated by the manufacturer. The relative response at high energies in the reference direction shall be determined and should be within the interval from 0,71 to 1,67.

NOTE The two minimum rated ranges reflect the two main workplace conditions. The minimum rated range of use from 80 keV to 1,5 MeV is for workplaces where gamma sources are used, e.g. in industry, and the minimum rated range of use from 20 keV to 150 keV is for workplaces where X-rays are used, e.g. in medical diagnostic. Both ranges can be extended until in the extreme case the rated range of use covers all energies from 10 keV to 10 MeV.

8.4.2.2 Method of test

For this test, the reference point of the dosimeter shall be placed at a point of test where the dose (rate) is known. The photon radiation qualities of the narrow spectrum series and the gamma sources ^{60}Co , ^{137}Cs and ^{241}Am specified by ISO shall be used if possible.

In principle, the relative response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm 75^\circ$, $\alpha = \pm 90^\circ$ (and $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$ if α_{max} is not in this list). Measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. In practice, several angles of incidence can be omitted, if

- the response values for different angles of incidence are similar, e.g., at higher energies, and
- the design of the dosimeter and especially of the energy compensating filters gives no reason for the angular dependence of the response to be non-monotonous.

In principle, it is desirable that this test be performed at the same indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality. In practice, this may not be possible, in which case the indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality shall be corrected for the relative response at the indicated dose equivalent (rate) (see 8.7).

NOTE 1 Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3 and ISO 4037-4.

NOTE 2 From ISO 4037-1 and ISO 4037-3, typical $\dot{H}^*(10)$ dose rates of 1 mSv h⁻¹ to 10 mSv h⁻¹ can be concluded for the narrow spectrum series for 1 m distance from the X-ray focal spot and the tube operating at 1 mA.

8.4.2.3 Interpretation of the results

All the relative response values of the rated range of use due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the interval from 0,71 to 1,67. In this case, the requirements of 8.4.2.1 can be considered to be met. To achieve this, the rated range of use shall be fixed accordingly using the determined relative response values. If necessary, the limits of the rated range of use can be determined by linear interpolation.

8.5 Variation of the response due to beta radiation energy and angle of incidence

8.5.1 Measuring quantity $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$

8.5.1.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for beta radiation within the rated range of use shall be within the interval from 0,71 to 1,67 (see Table 5). The minimum rated range of use covers mean energies between 0,2 MeV and 0,8 MeV and angles of radiation incidence between 0° and 45° . For angles of radiation incidence outside the rated range up to $\pm 60^\circ$, the relative response shall be stated by the manufacturer for all radiation energies of the rated range. In addition, if the rated range of use does not cover 0,06 MeV, then the variation of the relative response due to beta radiation energy and angle of incidence shall be stated for that energy by the manufacturer (see Table 5).

All indicated dose values shall be corrected for non-linearity and for the effect of the influence quantity dose rate on dose measurements.

8.5.1.2 Method of test

For this test, the reference point of the dosimeter shall be placed at a point of test where the dose (rate) is known. The following reference radiation qualities selected from the list of beta reference radiations specified by ISO shall be used:

^{147}Pm ($\bar{E} \approx 0,06$ MeV);

^{204}Tl or ^{85}Kr ($\bar{E} \approx 0,24$ MeV);

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($\bar{E} \approx 0,8$ MeV).

In principle, the relative response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ (and $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$ if α_{max} is not in this list). Measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. In practice, several angles of incidence can be omitted, if

- the response values for different angles of incidence are similar, e.g., at higher energies, and
- the design of the dosimeter and especially of the energy compensating filters gives no reason for the angular dependence of the response to be non-monotonous.

In principle, it is desirable that this test be performed at the same indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality. In practice, this may not be possible, in which case the indicated dose equivalent (rate) for each radiation quality shall be corrected for the relative response at the indicated dose equivalent (rate) (see 8.7).

NOTE Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in ISO 6980-1, ISO 6980-2 and ISO 6980-3.

8.5.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values of the rated range of use due to beta radiation energy and angle of incidence shall be within the interval from 0,71 to 1,67. In this case, the requirements of 8.5.1.1 can be considered to be met. To achieve this, the rated range of use shall be fixed accordingly using the determined relative response values.

8.5.2 Measuring quantity $H^*(10)$ or $\dot{H}^*(10)$

8.5.2.1 Requirements

The dosimeter shall be as insensitive as possible to beta radiation, because the effective dose equivalent, for which $H^*(10)$ is a conservative estimate, is not a suitable quantity for beta radiation.

8.5.2.2 Method of test

For this test, the reference point of the dosimeter shall be placed at a point of test where the $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$ dose (rate) is known. Expose the dosimeter at 0° angle of radiation incidence to beta reference radiation specified by ISO of the following quality:

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($\bar{E} \approx 0,8$ MeV).

NOTE Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in ISO 6980-1, ISO 6980-2 and ISO 6980-3.

8.5.2.3 Interpretation of the results

The indicated dose (rate) value G shall be less than 10 % of the exposed $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$ dose (rate) value.

8.6 Response to neutron radiation

8.6.1 Requirements

If the dose equivalent (rate) meter is intended to be used in the presence of neutron radiation, then the response to this radiation shall be stated. A test for neutron response is not mandatory and needs only be carried out if this requirement is specified.

In any case, dose equivalent (rate) meters shall be designed in such a way as to limit as far as possible the influence of neutron radiation on their photon and beta indication.

8.6.2 Test method

The method of test shall be subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.

NOTE Details of test procedures for neutron dose (rate) meters are given in IEC 61005. Some of these can also be applied for the dose (rate) meters considered here.

8.7 Linearity and statistical fluctuations

8.7.1 General

The tests for linearity (constancy of the dose (rate) response) and statistical fluctuations are performed using the same measurement data.

NOTE Details of test procedures are explained in the paper of Brunzendorf and Behrens, see Bibliography.

If the methods of detection are different for photon and beta radiation, this requirement shall be tested separately for all types of radiation.

For instruments intended to measure the dose (rate) due to natural environmental radiation see Annex C.

8.7.2 Requirements

Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the variation of the relative dose (rate) response due to the non-linearity shall not exceed the range from – 15 % to + 22 % over the whole of the effective range of measurement for either the X, the gamma or the beta reference radiation chosen.

The coefficient of variation of the dose (rate) indication shall not exceed the limits given in Tables 5 and 6.

8.7.3 Method of test

a) Sources to be used

The tests shall be performed with appropriate reference sources. For the ambient dose equivalent (rate) ^{137}Cs or ^{60}Co shall be used and for the directional dose equivalent (rate) N-80 or S-Am for photon radiation and $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ for beta radiation. All irradiations of the dosimeter shall be performed in the reference direction. For tests where the consideration of the background radiation is required, see Annex C for further information.

Although the required reference photon radiation for the directional dose equivalent is the N-80 filtered X-radiation or S-Am, it may not be practical to produce these at all the dose equivalent (rates) required for this test. If the full range of dose equivalent (rates) required for this test cannot be provided by the X-radiation, it is permissible to substitute the reference radiation of ^{137}Cs in order to determine the variation of the relative response at the dose equivalent (rates) which cannot be provided by the X-radiation. In this case, it is necessary to ensure that the variation of the relative response is determined at a minimum of one common dose equivalent (rate) for both the X-radiation and the ^{137}Cs reference

radiation. This will enable the appropriate correction to be applied for any difference in the response of the detector at the ^{137}Cs energy compared to the X-radiation energy.

In the case of the gamma reference radiation, secondary electron equilibrium conditions shall be established at the detector of the dose equivalent (rate) meter under test, see ISO 4037-3.

b) Tests to be performed

The test shall be carried out on one or more dose equivalent (rate) meters of the series. The time interval between dosimeter readings shall be large enough to ensure that the readings are statistically independent. The manufacturer shall provide the necessary information. For dose equivalent (rate) meters provided with substantially linear analogue scales, the test shall consist of measurements of the variation of the relative response carried out on all the scale ranges of the dose equivalent (rate) meter, and on at least three values of each order of magnitude. It is recommended that these points be at approximately 20 %, 40 % and 80 % of the scale maximum on each range. If the range covers less than one order of magnitude, then the test at 20 % shall be omitted.

For dose equivalent (rate) meters with a substantially logarithmic graduation or with digital presentation the test shall be performed for at least three values in each order of magnitude of dose equivalent (rate) indicated. It is recommended that these values be at approximately 20 %, 40 % and 80 % of each order of magnitude. If the range starts at values greater than 20 % of the scale maximum, then the test at this value shall be omitted.

If the same detector is used for both the beta and gamma reference radiations, it is not necessary to perform the measurements on all ranges with both reference radiations, but measurements on at least one range (or order of magnitude) shall be performed with both the beta and gamma reference radiations.

NOTE 1 The direct use of the reference radiation sources for these tests may require the use of an inconveniently large number of sources of reference radiation, or, at the higher dose equivalent (rates), sources of inconveniently high activity. In this case, some other source of radiation (e.g. a suitable X-ray generator) may be used provided that suitable corrections are made for any difference in the response of the dose equivalent (rate) meter to such radiation and to the reference radiation, caused by the difference in the energy of the radiation used. In determining these corrections, it is essential that the response of the dose equivalent (rate) meter to the reference radiation and the radiation source used be compared for at least one point, at dose equivalent (rates) that give the same indication on the dose equivalent (rate) meter scale.

NOTE 2 See also the note to 5.4.

8.7.4 Interpretation of the results

Determine the mean value and the coefficient of variation of the n values of the indication for each of the w dose (rate) values.

Using the w mean values, the variation of the relative response due to the non-constancy of the response shall not exceed the range from – 15 % to + 22 %. And, using the w values of the coefficients of variation and the values of c_1 and c_2 given in Table 3, show that

- for $w - 2$ dose (rate) values the coefficients of variation are less than c_1 times the limits given in Tables 5 and 6 and
- for the remaining two dose (rate) values – which shall not be adjacent – the coefficients of variation are less than c_2 times the limits given in Tables 5 and 6.

In that case, the requirements of 8.7.2 can be considered to be met.

NOTE 1 The value of c_1 is always smaller than that of c_2 .

NOTE 2 This method assures, that the probability of passing the test is independent of the number w of dose (rate) values at which the test is performed. Without applying the factors c_1 and c_2 the probability of passing the test decreases with increasing number w of dose (rate) values at which the tests are performed.

8.8 Overload characteristics

8.8.1 Dose equivalent meters

8.8.1.1 Requirements

- 1) The dose equivalent meter shall read off-scale on the high side or shall indicate overload when exposed to doses greater than the maximum of its measuring range. This requirement shall apply to all ranges.
- 2) When subjected to dose rates high enough to cause wrong dose indication, there shall be indication that the equipment is not able to provide correct dose indication.

8.8.1.2 Test method

- 1) Subject the dosimeter to a dose in excess of 100 times the maximum dose that can be indicated, at most 50 Sv, at least 1 Sv. The doserate during the exposure shall be less than the maximum doserate capability as specified by the manufacturer. The equipment shall not be reset or switched off for at least 30 min after the equipment has been subjected to the test dose.
- 2) Subject the dose equivalent meter to a doserate 10 % in excess of that specified as the doserate limit by the manufacturer for a period of 100 s. In case, no error of the dose value (due to doserate overload) is indicated, subject the dose equivalent meter to further increased dose rates in steps of 10 % for 100 s until the error indication of the dose value (due to doserate overload) is displayed.

8.8.1.3 Interpretation of the results

- 1) The indication shall be off-scale on the high side or overload shall be indicated and shall remain so until the dose indication is reset or the equipment is switched off.
- 2) Ensure that either the dose indication has increased appropriately or indication is given that the reading of dose (due to doserate overload) is in error. Prior to the error indication the dose indication shall increase as appropriate.

8.8.2 Dose equivalent ratemeters

8.8.2.1 Requirements

The dose equivalent ratemeter shall read off-scale on the high side or shall indicate overload when exposed to dose rates greater than the maximum of its measuring range. This requirement shall apply to all ranges.

8.8.2.2 Test method

The dose equivalent ratemeter shall be submitted to the following dose equivalent rates for a period of 5 min

- 100 times the range maximum for range maxima up to and including $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$;
- 10 times the range maximum, or 10 Sv h^{-1} , whichever is the greater, for range maxima in excess of $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$ up to and including 5 Sv h^{-1} ;
- 2 times the range maximum for dose rates in excess of 5 Sv h^{-1} .

8.8.2.3 Interpretation of the results

The indication of the dose equivalent rate shall read off-scale on the high side or indicate overload throughout this period and the dose equivalent ratemeter shall function within the specification 5 min after completion of this test. If the device is not in a position to do so, a warning must be displayed. Assignment of this warning to the cause of its release must be unambiguous. The warning may extinguish only when the device meets again the specifications without restrictions. This test is applicable to each range.

8.9 Response time

8.9.1 Dose equivalent meters

8.9.1.1 Requirements

When subjected to a dose rate the dose equivalent meter shall within 10 s indicate at least 91 % but not more than 111 % of the appropriate increase in dose.

8.9.1.2 Test method

Subject the dose equivalent meter for 10 s to a dose rate \dot{H} in the range of measurement, for which the dose increment can be read with sufficient accuracy, for instance of $360 \mu\text{Sv h}^{-1}$. The dose reading shall have increased by $9,1 \text{ s} \times H$ to $11,1 \text{ s} \times H$ at the end of this 10 s period, for the example by $0,91 \mu\text{Sv}$ to $1,11 \mu\text{Sv}$.

Subject the dose equivalent meter for 10 s to the dose rate limit of the instrument as specified by the manufacturer. At the end of the 10 s period the dose, indication shall have increased by $0,0025 \{ \dot{H}_{\text{lim}} \} \mu\text{Sv}$ to $0,0031 \{ \dot{H}_{\text{lim}} \} \mu\text{Sv}$, where $\{ \dot{H}_{\text{lim}} \}$ is the dose rate limit defined by the manufacturer in $\mu\text{Sv h}^{-1}$.

NOTE An exposure of 10 s at a dose rate of $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ results in a dose of $0,0028 \mu\text{Sv}$.

8.9.2 Dose equivalent ratemeters

8.9.2.1 Requirements

When the dose equivalent ratemeter is subjected to a step or slow increase or decrease in dose equivalent rate, the indication shall reach the following value in less than 10 s after the dose equivalent ratemeter is subjected to the final dose equivalent rate:

$$\dot{G}_i + \frac{90}{100}(\dot{G}_f - \dot{G}_i)$$

where

\dot{G}_i is the initial indication, and

\dot{G}_f is the final indication.

The response time shall be stated by the manufacturer.

The time of 10 s applies to values of \dot{G}_f of more than $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ but less than 10 mSv h^{-1} . For values of \dot{G}_f above this, the time shall be 2 s or less.

In addition, after 60 s the indication shall reach $(1 \pm 0,1) \dot{G}_f$ for all values of \dot{G}_f .

8.9.2.2 Test method

The test may be carried out either with a suitable source of radiation or by the injection of a suitable electrical signal into the input of the measuring dose equivalent ratemeter.

The initial and final dose equivalent rates shall differ by a factor of 10 or more and measurements shall be carried out for both an increase and a decrease in the dose equivalent rate by this factor.

Measurements shall be made over each order of magnitude of dose equivalent rate indication for dose equivalent ratemeters provided with a digital or a logarithmic display, and on each scale range for dose equivalent ratemeters provided with a linear display.

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 equivalent ratemeter shall be subjected first to the higher dose equivalent rate and the indication \hat{G}_f noted.

The dose equivalent ratemeter shall then be subjected to the lower dose equivalent rate for a time sufficient for the indication \hat{G}_l to reach a steady value and this indication noted.

The dose equivalent rate shall then be changed both as quickly as possible (< 1 s) and, if possible, slowly (> 10 s) to that corresponding to the indication \hat{G}_f , and the time taken from subjecting the final dose equivalent rate to reach the value given by the formula in 8.9.2.1 be measured.

The decreasing dose equivalent rate test shall be performed in the same way with the values of dose equivalent rates corresponding to \hat{G}_l and \hat{G}_f interchanged.

8.10 Interrelation between response time and statistical fluctuations

The response time and coefficient of variation of the statistical fluctuations are interdependent characteristics, acceptable limits for which are given above.

For high dose equivalent rates, it is recommended that, whenever possible, the response time be reduced, while conforming to the limits laid down for the statistical fluctuations.

If, however, the limits in 8.9 can be met with a response time of not more than 1 s, it is preferable to reduce the statistical fluctuations rather than to reduce the response time below 1 s.

If a dose equivalent (rate) meter has provision for a number of different, pre-selected statistical fluctuations and/or response times, then at least one pre-selected value shall conform to the requirements of both 8.9.1 and 8.9.2.

8.11 Variation of the response due to dose rate dependence of dose measurements

8.11.1 General

If the methods of detection are different for photon or beta radiation or for specific energy ranges of these radiations, then this requirement shall be tested separately for all types of radiation.

If the manufacturer can show that the technical design of the dose equivalent meter assures the fulfilment of the requirements for a large range of dose rate values, then the number of tests can be reduced.

For instruments intended to measure the dose due to natural environmental radiation, see Annex C.

8.11.2 Requirements

The variation of the relative response due to dose rate dependence shall not exceed the range from -13% to $+18\%$ for all dose rates of the rated range of use. The minimum rated range of use for dose rate dependence is given in Tables 5 and 6. If this requirement cannot be met up to 1 Sv h^{-1} , it shall be met up to at least the maximum value of the measuring range of dose rate and the maximum value of the rated range of use shall be indicated on the dosimeter.

In addition, the variation of the relative response due to low dose rates down to natural environmental radiation shall be stated by the manufacturer.

8.11.3 Method of test using radiation sources

Determine the response values at 80 % of each order of magnitude of the effective range of dose measurement when the dose equivalent meter is exposed to a reference source. Perform the test for each dose value at one dose rate of each order of magnitude of the rated range of use for dose rate dependence.

Since at the lower dose values, the exposure times is too short for the higher rates, whilst at high dose values, the exposure times are too long for the lower rates, these tests shall exclude any exposure involving times of less than 10 s or exceeding 10 h.

If the integration of the dose equivalent meter is done digitally by a counter, one test of about 100 s per dose rate is sufficient.

The variation of the response is determined from the measured response values.

8.11.4 Method of test using natural radiation

Place the dose equivalent meter for at least one week (t_{env}) in a normal laboratory environment and assume a background dose rate \dot{H}_{nat} of $2 \mu\text{Sv d}^{-1}$, if no other information is available. Determine the instrument's accumulated dose, G_{nat} , for time t_{env} . Calculate the expected dose value from the known or assumed dose rate due to natural environmental radiation, $H_{nat} = 2 \mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{env}$.

8.11.5 Interpretation of the results

The variation of the relative response due to dose rate dependence determined in 8.11.3 shall not exceed the range from –13 % to +18 %. In that case, the requirements of 8.11.2 can be considered to be met.

State the response to natural environmental radiation as $\frac{G_{nat}}{H_{nat}}$.

8.12 Response to pulsed ionizing radiation fields

8.12.1 Requirements

Some types of dose equivalent (rate) meters may give spuriously low indications in pulsed ionizing radiation fields, particularly if the duration of the pulse of radiation is small compared with the interval between pulses. The manufacturers shall give an appropriate warning if a dose equivalent (rate) meter may give a reduced indication in pulsed radiation fields. A test for the response of the dose equivalent (rate) meter in pulsed radiation fields is not mandatory.

8.12.2 Test method

The test method shall be subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.

8.13 Requirements on the accuracy of alarm of dose equivalent (rate) monitors

8.13.1 Dose equivalent alarm

8.13.1.1 Requirement

Let H_a be the dose equivalent value which produces the indication to which the alarm is set. Under standard test conditions, when the dose equivalent meter or monitor is subject to a dose equivalent of $0,8 H_a$, no alarm shall be given, and when the dose equivalent meter or monitor is subject to a dose equivalent rate of $1,2 H_a$, the alarm shall be actuated.

When a dose equivalent (rate) meter utilizes more than one radiation detector to cover the full range of dose equivalent indicated by the dose equivalent (rate) meter, these requirements apply to the relevant ranges for each detector separately.

8.13.1.2 Method of test

At least two tests shall be carried out, one with H_a near to the maximum effective range and one with H_a near to the maximum of the second least significant order of magnitude. The alarm shall be reset, the dose indication shall be set to zero and then the dose equivalent meter or monitor shall be subjected to a conventional true dose equivalent rate so that the alarm will not occur for at least 100 s. The time of exposure until the alarm of the dose equivalent monitor occurs shall be measured.

8.13.1.3 Interpretation of the results

If the ratio of H_a and the product of the dose equivalent rate used and the measured time is within the range $0,8 (1 - U_{rel})$ to $1,2 (1 + U_{rel})$, where U_{rel} is the expanded ($k = 2$) relative uncertainty of the conventional true dose equivalent, then the requirements of 8.13.1.1 can be considered to be met.

8.13.2 Dose equivalent rate alarm

8.13.2.1 Requirement

Let \dot{H}_a be the dose equivalent rate value which produces the indication to which the alarm is set. Under standard test conditions, when the dose equivalent (rate) meter or monitor is subject to a dose equivalent rate of $0,8 \dot{H}_a$ for 10 min, the alarm shall not be activated for more than 10 % of the period of test. Similarly at a dose equivalent rate of $1,2 \dot{H}_a$ for 10 min, the alarm shall be activated for 90 % of the test period and the alarm should actuate the first time within 10 s or within a time so that the product of this time and the dose equivalent rate of the alarm point is less than $10 \mu\text{Sv}$.

When a dose equivalent (rate) meter utilizes more than one radiation detector to cover the full range of dose equivalent rates indicated by the dose equivalent (rate) meter, these requirements apply to the relevant ranges for each detector separately.

8.13.2.2 Method of test

At least two tests shall be carried out, one with \dot{H}_a near to the maximum effective range and one with \dot{H}_a near to the maximum of the second least significant order of magnitude. Expose the dose equivalent (rate) meter for both \dot{H}_a values for 10 min each to a dose equivalent rate of $(0,8 - U_{rel}) \dot{H}_a$ and record the time period for which the alarm is activated. Repeat the tests with a dose equivalent rate of $(1,2 + U_{rel}) \dot{H}_a$ and record again the time period for which the alarm is activated and the time for the alarm to be actuated the first time.

8.13.2.3 Interpretation of the results

If all the on-times of the alarm for $(0,8 - U_{rel}) \times \dot{H}_a$ are less than 60 s and all the on-times for $(1,2 + U_{rel}) \times \dot{H}_a$ are greater than 540 s and in addition the alarm actuates the first time within 10 s or within a time so that the product of this time and the dose equivalent rate \dot{H}_a is less than $10 \mu\text{Sv}$, then the requirements of 8.13.2.1 can be considered to be met. U_{rel} is the expanded ($k = 2$) relative uncertainty of the conventional true dose equivalent rate.

9 Electrical characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters

9.1 Stability of zero indication with time

9.1.1 Requirements

The indication of a dose equivalent (rate) meter with a zero setting switch that has been set to zero after the dose equivalent (rate) meter has been in operation for 30 min under standard test conditions shall not differ from the indication after zero setting by more than $\pm 0,2 H_0$ or $\pm 0,2 H_0$ during the next 4 h.

For dose equivalent (rate) meters without a zero-set control, the same requirements and test method apply except the step of setting to zero.

9.1.2 Test method

Switch on the dose equivalent (rate) meter and leave it for a period of 30 min. If a zero-set control is available to the operator, this shall then be adjusted to bring the indication to a point stated by the manufacturer. For some dose equivalent (rate) meters with a non-linear scale, such a control is used to bring the indication to some reference point rather than to zero. If this is the case, the control shall be set to bring the indication to the appropriate reference point.

The dose equivalent (rate) meter shall be left in this condition and the reading noted every 30 min for a further 4 h period.

9.1.3 Interpretation of the results

If the noted readings are proved to be within the limits of 9.1.1, then the requirements are met.

9.2 Warm-up time

9.2.1 Requirements

The time taken for a dose equivalent (rate) meter, after switching on while it is exposed to the reference radiation, to give an indication which does not differ by more than 5 % from the final value obtained under standard test conditions shall be stated by the manufacturer for each range.

9.2.2 Test method

With the dose equivalent (rate) meter switched off, expose it to an appropriate radiation source that will provide an indication of at least half of the scale maximum on the most sensitive range or order of magnitude. Switch on the instrument and note the readings every 15 s during a period of 6 min after switching on.

30 min after switching on, take a sufficient number of readings and use the mean value as the final value of the indication.

9.2.3 Interpretation of the results

From the graph of readings as a function of time note the warm-up time, where the reading should be within 5 % of the final reading.

9.3 Power supplies

9.3.1 General

Battery power shall be provided for portable dose equivalent (rate) meters. Facilities shall be provided for testing the battery under maximum load. Also, provision shall be made for indicating when the battery condition is no longer adequate for the performance of the dose equivalent (rate) meter to meet the requirements of this standard. Batteries may be connected in any desired manner but shall be individually replaceable; the correct polarity shall be clearly indicated on the dose equivalent (rate) meter by the manufacturer. Only primary or secondary batteries of physical dimensions as specified in IEC 60086-1 or IEC 60086-2 should be used.

Below $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, the capacity of most types of batteries strongly decreases with decreasing temperature. This shall be considered.

9.3.2 Requirements

The manufacturer shall state the makers (manufacturers) and types of batteries with which the requirements of this standard are fulfilled.

If the methods of detection are different for photon and beta radiation, then these requirements shall be tested separately for all types of radiation.

The capacity of the batteries should be such that, after 40 h of intermittent use⁵ during operation under standard test conditions, the indication of the dose equivalent (rate) meter shall remain within $\pm 5\%$, other functions remaining within specification.

For secondary batteries the manufacturer shall indicate the charging time.

9.3.3 Test method

9.3.3.1 General

The evaluation of the remaining battery capacity of the dose equivalent (rate) meter can be done either by measuring the actual voltage of the internal batteries or, especially for secondary batteries, by performing charge measurements during use and recharging.

Two test methods are provided. The first method uses batteries and shall be chosen if the remaining battery capacity is determined by performing charge measurements during use and recharging, the second method uses a power supply and may be chosen if the remaining battery capacity is determined by measuring the actual voltage of the internal batteries.

9.3.3.2 Test using batteries

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for this test.

Expose the dose equivalent (rate) meter to a dose equivalent rate of between $10\text{ }\mu\text{Sv h}^{-1}$ and 1 mSv h^{-1} .

Leave the dose equivalent (rate) meter working in this field for a period of 8 h followed by 16 h with the dose equivalent (rate) meter switched off. Perform this test for 5 consecutive days and note the reading at the end of the period.

The corresponding variation of the relative response shall not exceed $\pm 0,05$ and no indication that the battery voltage is low, for example "low battery", shall be given.

⁵ 40 h intermittent use means 8 h continuous use followed by 16 h with the dose equivalent (rate) meter switched off, for 5 consecutive days.

9.3.3.3 Test using power supply

The internal batteries shall be removed and the instrument connected to an external power supply with a suitable series resistor to simulate the battery impedance. The power supply shall be set to the nominal battery voltage U_{nom} . Expose the dosimeter to a dose equivalent rate of between $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ and 1mSv h^{-1} . The instrument shall be switched on and allowed to stabilise.

The dosimeter indication \dot{G}_{nom} shall then be recorded. The supply voltage shall then be reduced until the instrument indicates that the battery voltage is low, for example "low battery". The corresponding supply current I_{low} shall be noted together with the instrument indication \dot{G}_{low} .

The test is passed if the following requirements are met:

- $0,95 \leq \frac{\dot{G}_{\text{low}}}{\dot{G}_{\text{nom}}} \leq 1,05$,
- all auxiliary functions operating as selected and
- $\frac{Q_{\text{nom}}}{I_{\text{low}}} \geq 40 \text{ h}$,

where Q_{nom} is the nominal capacity of the batteries (given e.g. in mA h) for the appropriate discharge conditions and considering the rated range of temperature (see 11.2).

10 Mechanical characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters

10.1 Shock during operation (microphonics)

10.1.1 General

This influence quantity is considered to be of type S.

10.1.2 Requirements

For portable dose equivalent (rate) meters, the additional indication due to microphonics shall not exceed $\pm 0,7 H_0$, if the dose equivalent (rate) meter is subjected to 60 repeated shocks, each shock corresponding to a drop from a height of at least 0,1 m, on to a hard steel surface (see Table 9). The stored dose information shall not be lost by the drops. The physical condition of dosimeters shall not be affected by these drops (for example solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

10.1.3 Method of test and interpretation of the results

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display before and after the test while the dose equivalent (rate) meter is in operation.

The dose equivalent (rate) meter shall be dropped 60 times on a hard steel surface (IEC 60068-2-31), from a given height, so that 10 shocks occur on each of the six main faces. The minimal height is 0,1 m.

After the test, the dose equivalent (rate) meter shall be inspected and the physical condition documented.

If the deviation due to microphonics does not exceed $\pm 0,7 H_0$, then the requirements of 10.1.2 can be considered to be met.

10.2 Drop test during transport

10.2.1 Requirements

When packaged for transport, portable dose equivalent (rate) meters shall be able to withstand, without damage, 6 falls on orthogonal directions from a given height on concrete surface. The minimal height is 1 m.

In order to meet the above requirements, a (directional) dose equivalent (rate) meter normally requires some form of protective cover or case. The nature of the protection provided shall be stated. The requirements are not applicable to (directional) dose equivalent (rate) meters when they are in operation.

10.2.2 Test method

Perform the test as given in IEC 60068-2-31.

10.2.3 Interpretation of the results

After the tests, the dose equivalent (rate) meter shall be checked for mechanical damage or loose fittings. After maintaining normal conditions for the time specified in the certificate, the dose equivalent (rate) meter shall be switched on and the technical characteristics checked as specified for this type test.

10.3 Orientation of dose equivalent (rate) meter (geotropism)

10.3.1 General

This influence quantity is considered to be of type F.

10.3.2 Requirements

When exposed to the reference beta or gamma radiation, the indication of a portable dose equivalent (rate) meter shall not vary by more than $\pm 2\%$ of the full scale maximum angular deflection from that indicated in the reference orientation of use for any orientation of the dose equivalent (rate) meter.

The reference orientation shall be stated by the manufacturer.

10.3.3 Test method

Although, in principle, this test should be performed with the dose equivalent (rate) meter in any orientation, in general, only the indicating meter itself is influenced by differences in orientation. The orientations tested may therefore be confined to those that may be assumed by the meter with the dose equivalent (rate) meter held in the hand, and in which the reading scale would be visible to the operator.

During this test, the angle of incidence of radiation with respect to the dose equivalent (rate) meter should be constant. This may conveniently be done by attaching a suitable small test source to the dose equivalent (rate) meter.

NOTE If appropriate, the battery test function together with a power supply to generate an indication may be used for this test.

11 Environmental characteristics, performance requirements and tests

11.1 General

The influence quantity of 11.2 is considered to be of both types F and S, the influence quantities of 11.3 and 11.4 are considered to be of type F and the influence quantity of 11.7 is considered to be of type S.

11.2 Ambient temperature

11.2.1 Requirements

Over the rated range of temperature, the indication shall remain within –13 % to +18 % of that obtained under standard test conditions. Minimum rated range of temperature for dose equivalent (rate) meters is from –10 °C to +40 °C. For instruments designed for indoor use only the minimum rated range is from +5 °C to +40 °C. Such instruments shall be labelled “for indoor use only”. If the detector is an unsealed ionisation chamber, it is permissible for the indicated value to be corrected for air density, either by manual calculation or automatically by the dose equivalent (rate) meter, before the requirement is met.

NOTE For dose equivalent (rate) meters intended to operate at temperatures below –10 °C, some means of maintaining the batteries at a higher temperature may be required.

11.2.2 Test method

This test normally needs to be carried out in an environmental chamber. It is not, in general, necessary to control the humidity of the air in the box unless the dose equivalent (rate) meter is particularly sensitive to changes of humidity.

Expose the dose equivalent (rate) meter to a source of radiation suitable to give a dose equivalent or dose equivalent rate of $10 H_0$ or $10 \dot{H}_0$ and note the reading under standard test conditions (see Table 4).

The temperature shall then be maintained at each of its extreme values for at least 4 h, and the dose equivalent (rate) meter exposed as before. The indication of the dose equivalent (rate) meter shall be measured during the last 30 min of this period.

11.2.3 Interpretation of the results

If the measured indications are proved to be within the limits of 11.2.1, then the requirements are met.

11.3 Relative humidity

11.3.1 Requirements

The indication of the dose equivalent (rate) meter shall not vary by more than –9 % to +11 % from that obtained under standard test conditions, with the exception of 35 °C ambient temperature, for all relative humidities within the rated range. The minimal rated range covers all relative humidity levels up to 85 % at a temperature of 35 °C.

11.3.2 Test method

The test shall be carried out at a single temperature of 35 °C, using an environmental chamber. Each humidity value shall be maintained for at least 4 hours and the indication measured at the end of the period. The permitted variation of –9 % to +11 % in the indication is additional to the permitted variation due to temperature alone.

11.3.3 Interpretation of the results

If the measured indications are proved to be within the limits of 11.3.1, then the requirements are met.

11.4 Atmospheric pressure

11.4.1 Requirements

Over the range of atmospheric pressure from 70 kPa to 106 kPa, the response of the dose equivalent (rate) meter shall not vary by more than -9% and $+11\%$ from that under reference conditions. If the detector is an unsealed ionisation chamber it is permissible for the indicated value to be corrected for air density, either by manual calculation or automatically by the dose equivalent (rate) meter, before the requirement is met.

A test of this influence quantity is only required if the manufacturer cannot prove that the instrument is insensitive to atmospheric pressure.

11.4.2 Test method

The response shall be measured at an air pressure of 70 kPa and at 106 kPa and be compared with the measurement result for the reference atmospheric pressure of 101,3 kPa. The differences shall be less than $\pm 10\%$.

11.5 Sealing against moisture

For dose equivalent (rate) meters intended for outdoor use, the manufacturer shall state the precautions that shall be taken to prevent the ingress of moisture. The IP classification according to IEC 60529 shall be stated by the manufacturer, at least IP 53 shall be fulfilled.

11.6 Storage and transport

All apparatus designed for use in temperate climates shall be designed to operate within the specifications of this standard after sufficient time has been allowed to reach ambient temperature following storage (or transport), without batteries, for a period of at least three months in the manufacturer's packaging at any temperature between -25 °C and $+50\text{ °C}$.

In certain circumstances, more severe specifications may be required, such as capability for withstanding air transport at low ambient pressure.

11.7 Electromagnetic compatibility

11.7.1 General

Special precautions shall be taken in the design of a dosimeter to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances, particularly radio-frequency fields (see IEC 61000-4-3). All EMC tests cause deviations of the dose equivalent (rate) meter. Therefore, all requirements are given with respect to the lower limit H_0 or \dot{H}_0 of the effective range of measurement. For each of the EMC tests given in 11.7.3 to 11.7.6, the dose equivalent (rate) meter shall be set to the most sensitive range and the dose value set to zero and any deviations due to the tests shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$. The duration of the electromagnetic disturbance shall be such that it is equivalent to 1 h operation according to the frequency data given in Table 8. All tests shall be done in accordance with IEC 61000-4 series.

For all tests, the rated ranges are taken from IEC 61000-6-2 together with performance criteria A, B or C, see Table 8. Only criteria A or B are permitted. If criterion B is permitted, then the requirements given in Table 8 apply to the values of the dose equivalents indicated before and after the test. The electric field strength at 800 MHz to 960 MHz and 1,4 GHz to 2,7 GHz are orientated to the field strength in the vicinity of cellular phones.

NOTE If the duration of the electromagnetic disturbance is different from the equivalent of 1 h of operation, the effect of the electromagnetic disturbance should be calculated for 1 h operation.

11.7.2 Emission of electromagnetic radiation

The relevant IEC standards are applicable.

11.7.3 Electrostatic discharge

a) Requirements

The maximum spurious deviations (both transient and permanent) at the display or data output due to electrostatic discharge shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$ after 10 discharges (see Table 8).

b) Test method

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications at the display and 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 is on and, if the ranges are selectable, set to its most sensitive range. The electrostatic discharge shall be performed as described in IEC 61000-4-2 with a voltage of 4 kV. When dose equivalent (rate) meters with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV (severity level 3) shall be used.

11.7.4 Radiated electromagnetic fields

11.7.4.1 General radiated electromagnetic fields

a) Requirements

The maximum spurious deviations (both transient and permanent) of the display or data output due to electromagnetic fields of 10 V m^{-1} in the frequency range of 80 MHz to 800 MHz and 960 MHz to 1,4 GHz shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$. For a dose equivalent meter, this deviation shall not be exceeded after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see Table 8).

b) Test method

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals with the dose equivalent (rate) meter set to the most sensitive range. During the tests, the device shall be exposed to a dose rate of about $7 \dot{H}_0$.

To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement, the following method is suggested.

Perform tests at frequencies of (80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 290; 320; 350; 380; 420; 460; 510; 560; 620; 680; 750) MHz and (1,0; 1,1; 1,2 and 1,3) GHz with a field strength of 20 V m^{-1} in one orientation only. At each frequency, the test shall be performed for 6 min or the result corrected for a 6 min measuring time. If any deviation greater than one-third of the limits given in Table 8 is observed at one of these given frequencies, additional tests in the range of $\pm 5 \%$ around this frequency in steps of 1 % and with a field strength of 10 V m^{-1} shall be carried out with the dose equivalent (rate) meter in all three orientations as described in IEC 61000-4-3.

11.7.4.2 Radiated electromagnetic fields of mobile phones and wireless LAN

a) Requirements

The maximum spurious deviations (both transient and permanent) of the display or data output due to electromagnetic fields of 30 V m^{-1} in the frequency range of 800 MHz to 960 MHz and 1,4 GHz to 2,7 GHz shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$. For a dose equivalent meter this deviation shall not be exceeded after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see Table 8).

b) Method of test

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display with the dosimeter set to the most sensitive range. During the tests, the device shall be exposed to a dose rate of about $7 \dot{H}_0$.

To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement the following method is suggested.

Perform tests at frequencies of (820; 900) MHz and (1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 and 2,7) GHz with a field strength of 60 V m^{-1} in one orientation only. At each frequency the test shall be performed for 6 min or the result corrected for a 6 min measuring time. If any deviation greater than one-third of the limits given in Table 8 is observed at one of these given frequencies, additional tests in the range of $\pm 5 \%$ around this frequency in steps of 1 % and with a field strength of 30 V m^{-1} shall be carried out with the dose equivalent (rate) meter in all three orientations as described in IEC 61000-4-3.

11.7.5 Conducted disturbances induced by radio-frequencies

a) Requirements

The maximum spurious deviation (both transient and permanent) of the display or data output due to conducted disturbances induced by radio-frequencies shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$. For a dose equivalent meter, this indication shall not be exceeded after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see Table 8). Dose equivalent (rate) meters that do not have at least one conducting cable (e.g. signal line) are excluded from this test.

b) Test method

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display with the dosimeter set to the most sensitive range.

The voltage shall be 10 V in the frequency range of 150 kHz to 80 MHz in steps of 1 % and the disturbances shall be induced according to IEC 61000-4-6. To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement, methods similar to those given in 11.7.4 may be used.

11.7.6 50 Hz/60 Hz magnetic field

a) Requirements

The additional spurious deviation (both transient and permanent) of the display or data output due to 50 Hz or 60 Hz magnetic field shall not exceed $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$. For a dose equivalent meter, this indication shall not be exceeded after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the magnetic field (see Table 8).

b) Test method

Compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display and any data output terminals while measurements are performed on the most sensitive range. The dose equivalent (rate) meter shall be exposed to continuous fields of 30 A m^{-1} at a frequency of 50 Hz or 60 Hz. The dose equivalent (rate) meter should be exposed in a minimum of two orientations (0° and 90°) relative to the field lines.

12 Software

12.1 General

The final version of the software shall be available at the beginning of the type test, as a great part of the software test is indirectly covered by the metrological test. The manufacturer shall be aware of the fact that any change of the “data relevant part” of the software may question the validity of the type test.

NOTE In modern instruments, the software has increasing importance for the generation of the measured value. Therefore, the type test automatically includes the performance of the software running in the device under test. This is considered by the given requirements.

The requirements given are guided by the WELMEC software guide 7.2, see Bibliography. The requirements are based on the requirements for instruments with embedded software in a built-for-purpose measuring instruments (Type P) and a risk class B (low level).

12.2 Requirements

12.2.1 General requirements

The requirements set shall prevent any unintended modification of the software of the data. In addition, any intended modification of the software shall be prevented unless done in the foreseen way by authorized personnel.

12.2.2 Design and structure of the software

The software shall be designed in such a way that the part relevant for the indicated value is not affected by other software unless the effect is required for the correct use of the dose equivalent (rate) meter.

NOTE One possible technical solution is to separate the software into two parts. One part contains all the functions necessary to evaluate, store and display the indicated values. This part is the “data relevant part”. The other parts of the software, the “non data relevant part”, contain for example value, date and time of a maximum of the indication. The data relevant part has well defined functions (software interface) that are used to communicate with the non data relevant software parts. This technical concept of software separation has the advantage, that the “non data relevant part” may be modified without influencing the “data relevant part”. The concept of software separation is state of the art in software engineering.

12.2.3 Protection of the software and data

12.2.3.1 Identification

The “data relevant part” of the software (see note to 12.2.2) shall have an identification. It shall be possible to display this identification while the software is running. This identification can be compared with the identification given in the test record or in the user instructions.

NOTE If the identification automatically changes in case the software is changed – in that case a simple version number is not sufficient – an additional benefit is given. Any change of a bit in the stored software of the dose equivalent (rate) meter, e.g. due to radiation, is recognized. One possible technical solution is a checksum, at least CRC-16, built over the software. The reference value of the checksum is stored. During start up of the instrument, the checksum is calculated again and compared with the stored reference value. In case a change occurred, the software stops and supplies an appropriate error message.

12.2.3.2 Alarm under abnormal operating conditions

When abnormal operating conditions occur in components of the dose equivalent (rate) meter, this shall be indicated. These abnormal operating conditions include those that lead to a faulty indication or loss of dose information, for example high voltage failure in a photomultiplier tube.

12.2.3.3 Control of input data

All values used for the determination of the indicated value, for example, calibration factors and high voltage of a GM tube, shall be secured against unauthorised modification.

NOTE One possible technical solution is to require a password before any change of such data.

12.2.3.4 User interfaces, hardware interfaces and software interfaces

All entered commands or values received via interfaces (for example, user interfaces as keyboard, software interfaces) shall influence the instrument's data and functions in an admissible way only. All commands or values have to be defined, i.e., they shall either have a meaning and processing by the instrument shall be possible, or the instrument shall identify them as being invalid. Invalid commands shall not have any effect whatsoever on the data and functions of the instrument.

NOTE In principle, it is possible to circumvent a software interface. This can usually be excluded by software separation, see note to 12.2.2, when the data relevant part of the software is realized in a separate binary file.

12.2.4 Documentation

12.2.4.1 Documentation in the instruction manual

The whole functionality and all menus and submenus of the software shall be described in the instruction manual, see Clause 14.

12.2.4.2 Documentation for the type test

Beside the documentation listed in Clause 14, the following information shall be given by the manufacturer for the purpose of type testing:

- a description of the structure of the software according to 12.2.2;
- the method to evaluate and display the identification and to prevent measurements with changed software, see 12.2.3.1;
- the measures to recognize abnormal operation conditions, see 12.2.3.2;
- a complete list of all relevant parameters, their ranges and nominal values, the method to make sure that they are in allowed ranges, where they are stored, how they may be viewed, and how they can be changed, see 12.2.3.3;
- a complete list of all commands (e.g. menu items) and values that can be received via the interfaces, including their effect, see 12.2.3.4.

12.3 Method of test

12.3.1 General

Testing of software can be a very complex item, however, it shall not dominate the testing-time. Therefore, no specific test is given and a large amount of responsibility is handed over to the manufacturer. The only test is done indirectly by performing the type test with the final version of the software and using the manufacturer's documentation, see 12.2.4, to perform the tests. The only test is on the documentation.

12.3.2 Testing the documentation

By using the software during the type test a lot of menus will be used. All of them shall be documented in the instruction manual. The rest of the menus shall be checked by “playing” with the running software and comparing the corresponding parts of the instruction manual. If not all of the menus found in the software and in the instruction manual fit together, the requirement is not met. This should also be done for additional software and for the interfaces. In addition, the identification (see 12.2.3.1) shall be displayed and given in the certificate.

13 Summary of characteristics

The requirements of the various performance characteristics are summarized, for convenience, in Tables 4 to 9. These tables also give the number of the relevant clauses in which the requirements for each particular characteristic are described.

14 Documentation

14.1 Information on the instrument

Each dose equivalent (rate) meter shall give the following information on its housing:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of the dose equivalent (rate) meter and serial number;
- type of radiation the dose equivalent (rate) meter is intended to measure;
- measuring quantity;
- effective range of measurement;
- rated range of the combined influence quantity radiation energy and angle of radiation incidence;
- rated range of ambient temperature;
- reference point of the dose equivalent (rate) meter;
- reference direction.

14.2 Certificate

A certificate shall accompany each dose equivalent (rate) meter, giving at least the following information (IEC 61187):

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of the dose equivalent (rate) meter and serial number;
- type of radiation the dose equivalent (rate) meter is intended to measure;
- scale limits for each measuring range;
- measuring quantity;
- measuring range and variation of the response due to non-linear response;
- coefficient of variation as a function of the dose equivalent;
- relative response as a function of radiation energy and angle of incidence (for both beta and photon radiation);
- rated ranges of all other influence quantities and the corresponding variation of the response or deviation;
- reference point of the dose equivalent (rate) meter for calibration purposes and reference orientation relative to the calibration source;
- reference direction;

- identification of the software.

14.3 Operation and maintenance manual

Each dose equivalent (rate) meter shall be supplied with an appropriate instruction manual in accordance with IEC 61187.

14.4 Type test report

On request by the customer, the manufacturer shall provide the type test report according to this standard.

Table 3 – Values of c_1 and c_2 for w different dose (rate) values and n indications for each dose (rate) value

w	Value of c_1 for n equal							Value of c_2 for n equal						
	4	7	10	15	20	25	∞	4	7	10	15	20	25	∞
5	1,000	1,007	1,009	1,009	1,009	1,009	1	1,499	1,400	1,344	1,290	1,255	1,231	1
6	1,058	1,051	1,046	1,039	1,035	1,032	1	1,572	1,454	1,389	1,326	1,287	1,261	1
8	1,147	1,117	1,100	1,084	1,074	1,067	1	1,687	1,536	1,458	1,383	1,336	1,304	1
10	1,215	1,166	1,141	1,117	1,102	1,092	1	1,772	1,597	1,508	1,423	1,372	1,335	1
12	1,269	1,205	1,173	1,143	1,124	1,112	1	1,840	1,645	1,548	1,455	1,399	1,360	1
14	1,315	1,238	1,200	1,164	1,142	1,128	1	1,895	1,684	1,578	1,480	1,421	1,379	1
16	1,351	1,265	1,222	1,182	1,158	1,142	1	1,940	1,716	1,605	1,502	1,440	1,396	1
18	1,388	1,289	1,242	1,211	1,171	1,153	1	1,980	1,743	1,628	1,409	1,453	1,409	1
20	1,418	1,311	1,259	1,233	1,183	1,164	1	2,015	1,767	1,646	1,394	1,466	1,421	1
25	1,483	1,355	1,295	1,240	1,210	1,186	1	2,081	1,812	1,683	1,563	1,445	1,444	1
50	1,683	1,494	1,407	1,328	1,283	1,252	1	2,275	1,945	1,789	1,646	1,561	1,504	1

NOTE Values taken from Brunzendorf and Behrens, see Bibliography.

EXAMPLE For 12 different dose rates and 10 indications taken at every dose rate value, the c_1 value becomes $c_1 = 1,173$ and the c_2 value becomes $c_2 = 1,548$.

Table 4 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Photon radiation energy for: 1) Ambient dose equivalent, $H^*(10)$ 2) Directional dose equivalent, $H'(0,07)$	Gamma radiation from ^{137}Cs or N-100 (ISO 4037-3) N-80 or S-Am (ISO 4037-3)	Gamma radiation from ^{137}Cs or N-100 (ISO 4037-3) N-80 or S-Am (ISO 4037-3)
Beta radiation energy 2) Directional dose equivalent, $H'(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980-1)	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980-1)
Dose for: $H^*(10)$ $H'(0,07)$	100 μSv 100 μSv	10 μSv to 1 mSv ^a 10 μSv to 1 mSv ^a
Dose rate for: $\dot{H}^*(10)$ $\dot{H}'(0,07)$	10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	3 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ^a 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 mSv h^{-1} ^a
Stabilization time	15 min	≥ 15 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ^a
Relative humidity	65 %	55 % to 75 % ^a
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,6 kPa ^a
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 1 %
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by manufacturer	Direction given $\pm 5^\circ$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the induction due to the earth's magnetic field
Orientation of dose equivalent (rate) meter and/or monitor	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 5^\circ$
Dose equivalent (rate) meter and/or monitor controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Radiation background	0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ or less if practical	Less than 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
^a The actual values at the time of test shall be stated.		

Table 5 – Radiation characteristics of directional dose equivalent (rate) meters

Characteristics under test or influence quantity	(Minimum) rated range of influence quantity	Limits of variation of the relative response	Subclause
Linearity	Three orders of magnitude including 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ and 100 μSv	– 15 % to + 22 %	5.5 and 8.7
Statistical fluctuation: dose equivalent	$H = H_0$ ^a $H_0 < H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	15 % (16 – H / H_0) % 5 %	8.7
Statistical fluctuation: dose equivalent rate	$\dot{H} = \dot{H}_0$ ^a $\dot{H}_0 < \dot{H} < 11 \dot{H}_0$ $\dot{H} \geq 11 \dot{H}_0$	15 % (16 – \dot{H} / \dot{H}_0) % 5 %	8.7
Beta radiation energy and angle of incidence	E_{mean} of beta radiation 200 keV to 800 keV and 0° to $\pm 45^\circ$ from reference direction	– 29 % to + 67 %	8.5.1
X and gamma radiation energy and angle of incidence	10 keV to 250 keV and 0° to $\pm 45^\circ$ from reference direction	– 29 % to + 67 %	8.4.1
Angle of incidence – beta radiation	0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	To be stated by the manufacturer	8.5.1
Angle of incidence – X and gamma radiation	0° to $\pm 90^\circ$ from reference direction	To be stated by the manufacturer	8.4.1
Dose rate for dose measurements	5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^b	–13 % to +18 %	8.11
Overload	100 times the range maximum for range maxima up to and including 0,1 Sv h^{-1} 10 times the range maximum, or 10 Sv h^{-1} , whichever is the greater, for range maxima more than 0,1 Sv h^{-1}	Indication to be off-scale on the high side or dose equivalent (rate) meter to indicate overload (for 5 min)	8.8
Effects of neutron radiation	Not applicable	Response to be stated by the manufacturer	8.6.1

^a H_0 and \dot{H}_0 are the lower limits of the measuring range of dose equivalent and dose equivalent rate.

^b At least maximum value of measuring range of dose rate.

Table 6 – Radiation characteristics of ambient dose equivalent (rate) meters

Characteristic under test or influence quantity	(Minimum) rated range of influence quantity	Limits of variation of the relative response	Subclause
Linearity	Three orders of magnitude including 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ and 100 μSv	– 15 % to + 22 %	5.5 and 8.7
Statistical fluctuation: dose equivalent	$H = H_0$ ^a $H_0 < H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	15 % $(16 - H / H_0) \%$ 5 %	8.7
Statistical fluctuation: dose equivalent rate	$\dot{H} < \dot{H}_0$ ^a $\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 11 \dot{H}_0$ $\dot{H} \geq 11 \dot{H}_0$	15 % $(16 - \dot{H} / \dot{H}_0) \%$ 5 %	8.7
Beta radiation energy and angle of incidence	E_{mean} of beta radiation 800 keV and 0° from reference direction	Indication less than 10 % of the exposed $H'(0,07)$ or $\dot{H}'(0,07)$ dose (rate) value	8.5.1
X and gamma radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,5 MeV or 20 keV to 150 keV and 0° to $\pm 45^\circ$ from reference direction	– 29 % to + 67 %	8.4.2
Angle of incidence – X and gamma radiation	0° to 90° from reference direction	To be stated by the manufacturer	8.4.2
Dose rate for dose measurements	5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^b	–13 % to +18 %	8.11
Overload	100 times the range maximum for range maxima up to and including 0,1 Sv h^{-1} 10 times the range maximum, or 10 Sv h^{-1} , whichever is the greater, for range maxima more than 0,1 Sv h^{-1}	Indication to be off-scale on the high side or dose equivalent (rate) meter to indicate overload (for 5 min)	8.8
Effects of neutron radiation	Not applicable	Response to be stated by the manufacturer	8.6.1
Response time	Not applicable	$\dot{G}_f < 10 \text{ mSv h}^{-1}$: < 10 s to indicate 90 % of change $\dot{G}_f > 10 \text{ mSv h}^{-1}$: 2 s After 60 s: indicate $(1 \pm 0,1)\dot{G}_f$	8.9
^a H_0 and \dot{H}_0 are the lower limits of the measuring range of dose equivalent and dose equivalent rate. ^b At least maximum value of measuring range of dose rate.			

Table 7 – Electrical, mechanical and environmental characteristics of directional and ambient dose equivalent (rate) meters

Characteristic under test or influence quantity	(Minimum) rated range of influence quantity	Limits of variation of the relative response or of the deviation	Sub-clause
Zero drift	Period of 4 h	$\pm 0,2 H_0$ or $\pm 0,2 \dot{H}_0$ respectively	9.1
Warm-up time	Not applicable	Time to read within $\pm 5 \%$ of final value under reference conditions to be stated	9.2
Power supplies Primary and secondary batteries	For 40 h intermittent use	$\pm 5 \%$	9.3
Orientation of dose equivalent (rate) meter	Any	$\pm 2 \%$ of full scale maximum angular deflection	10.3
Ambient temperature	-10 °C to +40 °C Instruments labelled "for indoor use only": +5 °C to +40 °C	-13 % to +18 % for a dose of $10 H_0$ or a dose rate of $10 \dot{H}_0$	11.2
Relative humidity	up 85 % relative humidity at 35 °C	-9 % to +11 % ^a	11.3
Atmospheric pressure	70 kPa to 106 kPa	-9 % to +11 %	11.4
Sealing	IP 53 according to IEC 60529	Precautions to be stated	11.5
Storage	-25 °C to +50 °C for three months	To operate within specification after unpacking	11.6

^a Limit of variation from the indication at 35 °C and reference humidity.

Table 8 – Maximum values of deviation due to electromagnetic disturbances

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to	Frequency	Maximum value of deviation ^a	Criterion ^b	Subclause
Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 4 kV contact discharge	IEC 61000-4-2	10 disturbances per hour	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	B	11.7.3
General radiated electromagnetic fields, field strength and modulation	80 MHz to 800 MHz and 960 MHz to 1,4 GHz 0 V m^{-1} to 10 V m^{-1} (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % of time	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	A	11.7.4.1
Radiated electromagnetic fields of mobile phones and wireless LAN, field strength and modulation	800 MHz to 960 MHz and 1,4 GHz to 2,7 GHz 0 V m^{-1} to 30 V m^{-1} (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % of time	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	A	11.7.4.2
Conducted disturbances induced by radio-frequencies, frequency and voltage	150 kHz to 80 MHz 0 to 10 V (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-6	10 % of time	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	A	11.7.5
50 Hz/60 Hz magnetic field, field strength	0 A m^{-1} to 30 A m^{-1}	IEC 61000-4-8	10 % of time	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	A	11.7.6

^a H_0 is the lower limit of the effective range of measurement.
^b See IEC 61000-6-2.

Table 9 – Mechanical performance under test conditions

Influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Test conditions	Subclause
Microphonics	0,1 m	60 drops from a given height onto steel surface (IEC 60068-2-31)	10.1
Drop during transport	1 m	6 falls on orthogonal directions from a given height on concrete surface	10.2

Annex A (normative)

Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, the magnitude of the statistical fluctuations of the reading arising from the random nature of radiation alone may be a significant fraction of the variation of the mean reading permitted in the test. A sufficient number of readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient precision to demonstrate compliance or non-compliance with the test requirement. Table A.1 provides guidance on the number of dosimeter readings required to determine true differences between two sets of dosimeter readings at the 95 % confidence level. Listed are the percentage difference between the means, the coefficient of variation of the sets of readings (assumed to be equal for each set), and the number of dosimeter readings required.

Whenever possible during testing, dose equivalent rates should be used such that the effect of the statistical fluctuation of the dosimeter readings is minimized. It may be necessary to take dosimeter readings mid-scale or mid-order of magnitude on the second or third most sensitive scale or order of magnitude in order to accomplish this.

The interval between dosimeter readings shall be large enough to ensure that the readings are statistically independent. The manufacturer shall provide the necessary information.

Table A.1 – Number of instrument readings required to detect true differences (95 % confidence level) between two sets of instrument readings on the same instrument ⁶

Percentage difference between true value and obtained values	Coefficient of variation specified by manufacturer %	Number of readings required to get percentage difference
5	0,5	1
5	1,0	1
5	2,0	4
5	3,0	9
5	4,0	16
5	5,0	25
5	7,5	56
5	10,0	99
5	12,5	154
5	15,0	223
5	20,0	396
10	0,5	1
10	1,0	1
10	2,0	1
10	3,0	3
10	4,0	4
10	5,0	6
10	7,5	14
10	10,0	24
10	12,5	37
10	15,0	53
10	20,0	94
15	0,5	1
15	1,0	1
15	2,0	1
15	3,0	1
15	4,0	2
15	5,0	3
15	7,5	6
15	10,0	10
15	12,5	16
15	15,0	23
15	20,0	40
20	0,5	1
20	1,0	1
20	2,0	1
20	3,0	1
20	4,0	1
20	5,0	2
20	7,5	3
20	10,0	6
20	12,5	9
20	15,0	12
20	20,0	21

This table is derived under the assumption that the probability of saying that there is a difference when there is no true difference and the probability of saying that there is no difference when there is a true difference are both equal to 0,05.

⁶ Information taken from the American standard ANSI N42.17A.D8.

Annex B (informative)

Usage categories of ambient/directional dose (rate) meters

The usage categories, given in Table B.1 can be used to categorize ambient or directional dose (rate) equivalent meters for approval purposes.

Table B.1 – Usage categories of ambient or directional dose (rate) meters

Main Category	Symbol	Minimum required range of use	Optional extensions			
			for energy range	for angle range	for dose rate range	for dose range
$H^*(10)$ gamma radiation	G	energy: 80 keV to 1,5 MeV angle: - 45° to + 45° dose rate: 3 orders of magnitude, including $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ dose (if provided): 3 orders of magnitude, including 0,1 mSv	m (mid): lower limit 60 keV l (low): lower limit 20 keV h (high): includes 6 MeV	w (wide): - 90° to + 90°	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit $0,03 \mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): upper limit 2 Sv f : lower limit $10 \mu\text{Sv}$ k : lower limit $0,1 \mu\text{Sv}$
$H^*(10)$ X radiation	X	energy: 20 keV to 150 keV angle: - 45° to + 45° dose rate: 3 orders of magnitude, including $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ dose (if provided): 3 orders of magnitude, including 0,1 mSv	l (low): lower limit 10 keV h (high): includes 300 keV	w (wide): - 90° to + 90°	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit $0,03 \mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): upper limit 2 Sv f : lower limit $10 \mu\text{Sv}$ k : lower limit $0,1 \mu\text{Sv}$
$H'(0,07)$ X, gamma radiation	S (skin)	energy: 10 keV to 250 keV dose rate: 3 orders of magnitude, including $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ dose (if provided): 3 orders of magnitude, including 0,1 mSv	h : (high) includes 300 keV u : (ultra) includes 1,3 MeV		a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit $0,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): upper limit 2 Sv f : lower limit $10 \mu\text{Sv}$
$H'(0,07)$ Beta radiation	B	mean-energy (E_{mean}): 200 keV to 800 keV dose rate: 3 orders of magnitude, including $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ dose (if provided): 3 orders of magnitude, including 0,1 mSv	l : low limit 60 keV (E_{mean})		a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit $0,5 \mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): upper limit 2 Sv f : lower limit $10 \mu\text{Sv}$

EXAMPLE A gamma dosimeter for a nuclear plant to measure in accidental conditions may be classified as **Gha**. A fixed installed dosimeter for environmental monitoring of dose rate may be classified as **Gmhwe** and for dose as **Gmhwk**.

Annex C (informative)

Calibration of ambient dose equivalent (rate) meters for environmental monitoring

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.

The indication \dot{G} of an assembly that is irradiated by a calibration source may be represented by:

$$\dot{G} = R_c \dot{H}^*(10)_c + R_t \dot{H}^*(10)_t + R_s \dot{H}^*(10)_s + \dot{G}_0$$

where

- \dot{G} is the dose rate indication in terms of $H^*(10)$, e.g. in units of nSv h⁻¹;
- $\dot{H}^*(10)_c$ is the ambient dose equivalent rate due to the cosmic component of the background radiation in the calibration room;
- $\dot{H}^*(10)_t$ is the ambient dose equivalent rate due to the terrestrial gamma component of the background radiation in the calibration room;
- $\dot{H}^*(10)_s$ is the ambient 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;
- \dot{G}_0 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 \dot{G}_0 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 varies 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 \dot{G}_0 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, \dot{G}_0 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. Periodic checks for leakage current and for insulator stresses should also be made. The unidirec-

tional 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, $\dot{G}_{0,s}$, of the instrument is first taken before exposure to the calibration source;
- 2) the assembly is then exposed to the source and the reading \dot{G}_s noted;

$$3) R_s = \frac{\dot{G}_s - \dot{G}_{0,s}}{H^*(10)_s}.$$

This method eliminates the effects of the response due to cosmic radiation, that due to the calibration laboratory background dose and from the \dot{G}_0 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, \dot{G}_0 , 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 \dot{G}_s versus ambient dose equivalent rate $\dot{H}^*(10)_s$ of the calibration source.

Bibliography

IEC 60325:2002, *Radiation protection instrumentation – Alpha, beta and alpha-beta (beta energy >60 keV) contamination meters and monitors*

IEC 61005:2003, *Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent (rate) meters*

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

ICRU report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*, International Commission on Radiation Units and Measurements

WELMEC:2005, *WELMEC 7.2, Software Guide: Measuring Instruments Directive 2004/22/EC, Issue 1*, downloadable from <http://www.welmec.org/publications/7-2en.pdf>

Brunzendorf, J. and Behrens, R., *How to type test the coefficient of variation of an indication*, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 123, pp. 21-31 (2007)

BCRU, *Guide to the Measurement of Environmental Gamma-Ray Dose Rate*, F. W. Spiers, J. A. B. Gibson and I.M.G. Thompson (1981)

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	62
1 Domaine d'application et objet.....	64
2 Références normatives.....	65
3 Termes et définitions.....	67
4 Unités et liste de symboles.....	72
4.1 Unités.....	72
4.2 Liste de symboles.....	72
5 Caractéristiques générales des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou de débit) ambiant et directionnel.....	75
5.1 Affichage.....	75
5.2 Lecture.....	75
5.3 Etendue de débit d'équivalent de dose.....	75
5.4 Etendue de mesure effective.....	75
5.5 Etendue de mesure minimale.....	76
5.6 Etendue assignée pour une grandeur d'influence.....	76
5.7 Etendue minimale d'utilisation pour une grandeur d'influence.....	76
5.8 Niveaux d'alarme.....	76
5.9 Affichage complémentaire.....	77
5.10 Défaut d'affichage.....	77
5.11 Facilité de décontamination.....	77
5.12 Informations portées sur les instruments.....	77
5.13 Algorithme pour évaluer la valeur indiquée.....	77
5.14 Classification des dosimètres.....	77
6 Procédures générales d'essais.....	78
6.1 Instructions pour l'utilisation.....	78
6.2 Nature des essais.....	78
6.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	78
6.4 Essais pour les grandeurs d'influence de type F.....	78
6.5 Essais pour les grandeurs d'influence de type S.....	78
6.6 Considération sur la non-linéarité.....	79
6.7 Considération sur un dosimètre ayant plusieurs détecteurs ou signaux.....	79
6.8 Position de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour les essais.....	79
6.9 Débits d'équivalent de dose faibles.....	79
6.10 Fluctuations statistiques.....	79
6.11 Production des rayonnements de référence.....	80
6.12 Rayonnement de référence photonique.....	80
6.13 Rayonnement de référence bêta.....	80
6.14 Détermination de la réponse de l'équivalent de dose (ou du débit).....	80
7 Additivité de la valeur indiquée.....	80
7.1 Exigences.....	80
7.2 Méthode d'essai.....	81
7.3 Interprétation des résultats.....	81
8 Exigences d'aptitude à la fonction et essais.....	81
8.1 Généralités.....	81
8.2 Considération sur l'incertitude de la valeur conventionnelle de la grandeur.....	82

8.3	Fonction modèle.....	82
8.4	Variation de la réponse due à l'énergie du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence.....	82
8.4.1	Grandeur à mesurer $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$	82
8.4.2	Grandeur à mesurer $H^*(10)$ ou $\dot{H}^*(10)$	83
8.5	Variation de la réponse due à l'énergie du rayonnement bêta et à l'angle d'incidence.....	84
8.5.1	Grandeur à mesurer $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$	84
8.5.2	Grandeurs à mesurer $H^*(10)$ ou $\dot{H}^*(10)$	85
8.6	Réponse au rayonnement neutronique	85
8.6.1	Exigences.....	85
8.6.2	Méthode d'essai	85
8.7	Linéarité et fluctuations statistiques.....	86
8.7.1	Généralités.....	86
8.7.2	Exigences.....	86
8.7.3	Méthode d'essai	86
8.7.4	Interprétation des résultats	87
8.8	Caractéristiques de surcharge.....	87
8.8.1	Instruments de mesure d'équivalent de dose	87
8.8.2	Instruments de mesure d'équivalent de débit de dose.....	88
8.9	Temps de réponse.....	89
8.9.1	Instruments de mesure d'équivalent de dose	89
8.9.2	Instruments de mesure de débit d'équivalent de dose.....	89
8.10	Relation entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques	90
8.11	Variation de la réponse due à l'influence du débit de dose sur les mesures de dose.....	90
8.11.1	Généralités.....	90
8.11.2	Exigences.....	91
8.11.3	Méthode d'essai utilisant des sources de rayonnement.....	91
8.11.4	Méthode d'essai utilisant le rayonnement naturel.....	91
8.11.5	Interprétation des résultats	91
8.12	Réponse aux champs de rayonnement ionisants pulsés	92
8.12.1	Exigences.....	92
8.12.2	Méthode d'essai	92
8.13	Exigences relatives à la précision de l'alarme des moniteurs d'équivalent de dose (ou du débit)	92
8.13.1	Alarme d'équivalent de dose.....	92
8.13.2	Alarme de débit d'équivalent de dose	92
9	Caractéristiques électriques des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel et ambiant.....	93
9.1	Stabilité temporelle de l'indication de zéro.....	93
9.1.1	Exigences.....	93
9.1.2	Méthode d'essai	93
9.1.3	Interprétation des résultats	94
9.2	Temps de chauffage.....	94
9.2.1	Exigences.....	94
9.2.2	Méthode d'essai	94
9.2.3	Interprétation des résultats	94
9.3	Alimentation électrique	94

9.3.1	Généralités.....	94
9.3.2	Exigences.....	94
9.3.3	Méthode d'essai	95
10	Caractéristiques mécaniques des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel et ambiant.....	96
10.1	Chocs pendant le fonctionnement (effets microphoniques)	96
10.1.1	Généralités.....	96
10.1.2	Exigences.....	96
10.1.3	Méthode d'essai et interprétation des résultats	96
10.2	Essai de chute pendant le transport	96
10.2.1	Exigences.....	96
10.2.2	Méthode d'essai	97
10.2.3	Interprétation des résultats	97
10.3	Orientation de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) (géotropisme).....	97
10.3.1	Généralités.....	97
10.3.2	Exigences.....	97
10.3.3	Méthode d'essai	97
11	Caractéristiques environnementales, exigences d'aptitude et essais	97
11.1	Généralités.....	97
11.2	Température ambiante	98
11.2.1	Exigences.....	98
11.2.2	Méthode d'essai	98
11.2.3	Interprétation des résultats	98
11.3	Humidité relative	98
11.3.1	Exigences.....	98
11.3.2	Méthode d'essai	98
11.3.3	Interprétation des résultats	98
11.4	Pression atmosphérique	99
11.4.1	Exigences.....	99
11.4.2	Méthode d'essai	99
11.5	Scellement contre l'humidité.....	99
11.6	Stockage et transport	99
11.7	Compatibilité électromagnétique.....	99
11.7.1	Généralités.....	99
11.7.2	Emission de rayonnements électromagnétiques	100
11.7.3	Décharge électrostatique.....	100
11.7.4	Champs électromagnétiques rayonnés	100
11.7.5	Perturbations de courant induites par des radiofréquences.....	101
11.7.6	Champ magnétique 50 Hz/60 Hz	102
12	Logiciel.....	102
12.1	Généralités.....	102
12.2	Exigences	102
12.2.1	Exigences générales	102
12.2.2	Conception et structure du logiciel.....	102
12.2.3	Protection du logiciel et des données	103
12.2.4	Documentation	103
12.3	Méthode d'essai	104
12.3.1	Généralités.....	104

12.3.2 Vérification de la documentation	104
13 Résumé des caractéristiques	104
14 Documentation	104
14.1 Informations portées sur l'instrument	104
14.2 Certificat	105
14.3 Manuel d'utilisation et de maintenance	105
14.4 Rapport d'essai de type	105
Annexe A (normative) Fluctuations statistiques	111
Annexe B (informative) Catégories d'utilisation des instruments de lecture d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant/directionnel	113
Annexe C (informative) Etalonnage des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour la surveillance de l'environnement	114
Bibliographie	116
Tableau 1 – Grandeurs de mesure et gammes d'énergie couvertes par la norme	64
Tableau 2 – Symboles (et abréviations)	73
Tableau 3 – Valeurs de c_1 et c_2 pour différentes valeurs de dose (ou de débit) w et pour n indications pour chaque valeur de dose (ou de débit)	105
Tableau 4 – Conditions de référence et conditions normales d'essai	106
Tableau 5 – Caractéristiques des rayonnements pour les instruments de mesures d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel	107
Tableau 6 – Caractéristiques des rayonnements pour les instruments de mesures d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant	108
Tableau 7 – Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel	109
Tableau 8 – Valeurs maximales des écarts provoqués par les perturbations électromagnétiques	110
Tableau 9 – Aptitudes mécaniques dans les conditions d'essai	110
Tableau A.1 – Nombre de lectures de l'instrument requises pour déterminer de différences réelles (niveau de confiance 95 %) entre deux séries de lectures sur le même instrument	112
Tableau B.1 – Catégories d'utilisation pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant or directionnel	113

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS POUR LA MESURE ET/OU LA SURVEILLANCE DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE (OU DU DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE) AMBIANT ET/OU DIRECTIONNEL POUR LES RAYONNEMENTS BÊTA, X ET GAMMA –

Partie 1: Instruments de mesure et de surveillance portables pour les postes de travail et l'environnement

AVANT-PROPOS

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

La norme internationale CEI 60846-1 a été préparée par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

La présente norme annule et remplace la seconde édition de la CEI 60846 publiée en 2002, dont elle constitue une révision technique. Elle remplace également la CEI 61017-1:1991 et la CEI 61017-2:1994 pour ce qui concerne les instruments portables.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/603/FDIS	45B/611/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60846, présentées sous le titre général *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments pour la mesure et/ou la surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit d'équivalence de dose) ambiant et/ou directionnel pour les rayonnements bêta, X et gamma*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

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

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS POUR LA MESURE ET/OU LA SURVEILLANCE DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE (OU DU DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE) AMBIANT ET/OU DIRECTIONNEL POUR LES RAYONNEMENTS BÊTA, X ET GAMMA –

Partie 1: Instruments de mesure et de surveillance portables pour les postes de travail et l'environnement

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60846 s'applique aux appareils de mesure et/ou de surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit), destinés à la mesure de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit) et/ou de l'équivalent de dose directionnel (ou du débit) dû à l'exposition externe aux rayonnements bêta, X et gamma, suivant la recommandation de la ICRU (Commission Internationale d'Unités Radiologiques), Rapport 47.

NOTE 1 Si les deux quantités, équivalent de dose ambiant et équivalent de dose directionnel sont implicites, le terme équivalent de dose peut être utilisé comme abréviation.

La présente partie de la CEI 60846 s'applique uniquement aux instruments de mesure et de surveillance portables destinés à une utilisation des postes de travail et de l'environnement. Elles s'applique aux dispositifs qui mesurent l'équivalent de dose ou le débit d'équivalent de dose des rayonnements externes bêta et/ou X et gamma dans l'étendue de dose entre 0,01 μSv et 10 Sv et l'étendue de débit de dose entre 0,01 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ et 10 Sv h^{-1} et dans les étendues d'énergie données dans le tableau suivant. Toutes les valeurs d'énergie sont des énergies moyennes en référence à la grandeur de dose dominante.

Tableau 1 – Grandeurs de mesure et gammes d'énergie couvertes par la norme

Grandeur à mesurer	Etendue d'énergie pour le rayonnement photonique	Etendue d'énergie pour le rayonnement bêta
$H^*(10)$	12 keV à 10 MeV	—
$H'(0,07)$	8 keV à 250 keV	0,07 MeV ^a à 1,2 MeV le plus souvent équivalent à E_{max} de 225 keV à 3,54 MeV
^a Pour le rayonnement bêta, une énergie de 0,07 MeV est requise pour pénétrer la couche morte de peau de 0,07 mm (le plus souvent équivalente à 0,07 mm d'épaisseur nominale (tissu ICRU).		

NOTE 2 Lorsque l'instrument de mesure ou de surveillance de débit de dose peut être relié à une sonde supplémentaire utilisée pour surveiller la contamination, la norme applicable pour cette sonde est la CEI 60325.

Si une réglementation nationale exige l'utilisation de grandeurs de mesure différentes, par exemple le kerma de l'air ou l'exposition, la norme peut être utilisée avec les modifications appropriées.

Dans le présent document, l'expression «équivalent de dose (ou du débit)» est utilisée quand les dispositions s'appliquent tout autant à la mesure de l'équivalent de dose et à la mesure du débit d'équivalent de dose.

NOTE 3 Elle ne s'applique pas à la radiologie médicale qui est du domaine d'application du comité d'études 62, où les conditions d'exposition au rayonnement peuvent être extrêmement inhomogènes, mais précisément connues.

NOTE 4 Elle ne s'applique pas aux instruments destinés à être portés par un individu dans le but d'estimer la dose de rayonnement reçue directement par cet individu.

L'objet de la présente norme est de spécifier les exigences relatives à la conception et aux caractéristiques des performances des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) destinés à la détermination de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit) et de l'équivalent de dose directionnel (ou du débit), comme cela est défini dans le Rapport 47 de la ICRU.

En conséquence, la présente norme spécifie:

- a) les caractéristiques générales, les fonctions et les caractéristiques des performances des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit),
- b) les méthodes d'essai à utiliser pour déterminer la conformité aux exigences de la présente norme.

Certains pays peuvent souhaiter utiliser ce type d'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) pour des mesures entrant dans le cadre de la métrologie légale.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-151:2001, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

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

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

CEI 60068-2-31:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-31: Essais – Essai Ec: Choc lié à des manutentions brutales, essai destiné en premier lieu aux matériels*

CEI 60086-1:2006, *Piles électriques – Partie 1: Généralités*

CEI 60086-2:2006, *Piles électriques – Partie 2: Spécifications physiques et électriques*

CEI 60359:2001, *Appareils de mesure électriques et électroniques – Expression des performances*

CEI 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*
Amendement 1 (1999)¹

CEI 61000-4-2:1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*
Amendement 1 (1998)
Amendement 2 (2000)²

CEI 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences*

¹ Il existe une édition consolidée (2.1) qui comprend la CEI 60529 (1989) et son Amendement 1 (1999).

² Il existe une édition consolidée (1.2) qui comprend la CEI 61000-4-2 (1995), son Amendement 1 (1998) et son Amendement 2 (2000).

radioélectriques

Amendement 1 (2007)³

CEI 61000-4-6:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

CEI 61000-4-8:1993, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*
Amendement 1 (2000)⁴

CEI 61000-6-2:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – Immunité pour les environnements industriels*

CEI 61187:1993, *Equipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*

CEI/TR 62461:2006, *Instrumentation pour la radioprotection – Détermination de l'incertitude de mesure*

Guide ISO/CEI 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM: 1995)*

Guide ISO/CEI 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

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*

ISO 6980-1:2006, *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 1: Méthodes de production*

ISO 6980-2:2004, *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ du rayonnement*

ISO 6980-3:2006, *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 3: Etalonnage des dosimètres individuels et des dosimètres de zone et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta*

³ Il existe une édition consolidée (3.1) qui comprend la CEI 61000-4-3 (2006) et son Amendement 1 (2007).

⁴ Il existe une édition consolidée (1.1) qui comprend la CEI 61000-4-8 (1993) et son Amendement 1 (2000).

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions données dans la CEI 60050-393, dans la CEI 60050-394 et dans la CEI 60359, ainsi que les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

essai d'acceptation

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification

3.2

équivalent de dose ambiant

$H^*(10)$

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

NOTE 1 L'unité du Système International pour l'équivalent de dose ambiant est le sievert (Sv) ou ses décimales ou sous-multiples (par exemple mSv).

NOTE 2 L'équivalent de dose (ou du débit) ambiant utilisé pour la surveillance de rayonnements très pénétrants, n'est pas une grandeur pertinente pour les rayonnements bêta même s'ils sont considérés être nominalement pénétrants (Rapport 47 de la ICRU, 1992).

NOTE 3 Lorsque l'expression «équivalent de dose» est utilisée seule dans la présente norme, les grandeurs «équivalent de dose ambiant» et «équivalent de dose directionnel» sont implicites.

3.3

débit d'équivalent de dose ambiant

$\dot{H}^*(10)$

rapport de $dH^*(10)$ à dt , où $dH^*(10)$ est la variation de l'équivalent de dose ambiant dans l'intervalle de temps dt

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

NOTE L'unité de débit d'équivalent de dose ambiant dans le système SI est le sievert par seconde (Sv s^{-1}). Les unités de débit d'équivalent de dose ambiant sont le quotient du sievert ou de ses multiples ou multiples décimaux par une unité de temps convenablement choisie (par exemple mSv h^{-1}).

3.4

coefficient de variation

v

rapport de l'estimation de l'écart type s à la moyenne arithmétique \bar{x} d'un ensemble de n mesures:

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

3.5

résultat de mesure (complet)

ensemble de valeurs attribuées à un mesurande, comprenant une valeur, l'incertitude correspondante et l'unité du mesurande

NOTE 1 La valeur centrale de l'ensemble (des valeurs) peut être choisie comme valeur mesurée M et un paramètre caractérisant la dispersion, être choisie comme incertitude.

NOTE 2 Le résultat de la mesure est lié à la valeur indiquée donnée par l'instrument G et aux valeurs de correction obtenues par étalonnage ou par l'utilisation d'un modèle.

NOTE 3 L'estimation de M peut être basée sur une ou plusieurs valeurs indiquées.

[VEI 311-01-01, modifiée]

3.6

valeur conventionnelle de la grandeur

H

valeur attribuée par convention à une grandeur donnée

NOTE 1 Le terme «valeur conventionnellement vraie» est quelquefois utilisé à cette fin, mais son utilisation n'est pas recommandée.

NOTE 2 Parfois une valeur conventionnelle de grandeur est une estimation d'une valeur réelle de grandeur.

NOTE 3 Une valeur conventionnelle de grandeur est généralement acceptée comme étant associée à une petite incertitude de mesure acceptable qui pourrait être équivalente à zéro.

NOTE 4 Dans cette norme la grandeur est l'équivalent de dose (débit l'équivalent de dose).

[VIM 2.12, modifiée]

3.7

écart

D

différence entre les valeurs indiquées pour la même valeur du mesurande d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou de débit), lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs différentes

[VEI 311-07-03, modifiée]

$$D = G - G_r$$

où G est la valeur indiquée sous l'effet d'une grandeur d'influence, et

G_r est la valeur indiquée dans les conditions de référence.

NOTE 1 Le terme original du VEI 311-07-03 est «variation (due à une grandeur d'influence)». Afin de ne pas confondre écart (de la valeur indiquée) et variation de la réponse, dans la présente norme ce terme est appelé «variation».

NOTE 2 L'écart peut être positif ou négatif selon qu'il résulte respectivement d'une augmentation ou d'une diminution de la valeur indiquée.

NOTE 3 L'écart a une importance spéciale pour les grandeurs d'influence de Type S.

3.8

équivalent de dose directionnel

$H'(0,07)$

équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement qui serait produit par le champ de rayonnement expansé correspondant, dans la sphère ICRU, à une profondeur de 0,07 mm, selon un rayon de direction donnée

NOTE L'unité du Système International pour l'équivalent de dose directionnel est le sievert (Sv) ou ses décimales ou multiples (par exemple mSv).

3.9

débit d'équivalent de dose directionnel

$\dot{H}'(0,07)$

rapport de $dH'(0,07)$ à dt , où $dH'(0,07)$ est la variation de l'équivalent de dose directionnel dans l'intervalle de temps dt

$$\dot{H}'(0,07) = \frac{dH'(0,07)}{dt}$$

NOTE L'unité de débit d'équivalent de dose directionnel dans le système SI est le sievert par seconde (Sv s^{-1}). Les unités de débit d'équivalent de dose directionnel sont le quotient du sievert, ou de ses multiples ou sous-multiples décimaux, par une unité de temps convenablement choisie (par exemple mSv h^{-1}).

3.10

instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit)

dispositif destiné à mesurer ou évaluer l'équivalent de dose (ou le débit)

3.11

étendue de mesure d'un instrument de mesure (de l'équivalent de dose (ou du débit))

domaine des valeurs de la grandeur à mesurer, à l'intérieur duquel les performances de l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) répondent aux exigences de la présente norme

3.12

valeur indiquée (dans le cadre de la présente norme)

G

valeur donnée par une indication (numérique) du dosimètre, en unités d'équivalent de dose ou de débit d'équivalent de dose

3.13

grandeur d'influence

grandeur qui n'est pas le mesurande mais qui a un effet sur le résultat de la mesure

NOTE 1 Par exemple, température d'un micromètre lors de la mesure d'une longueur.

[GUM B.2.10]

NOTE 2 Si l'effet d'une grandeur d'influence sur le résultat d'une mesure dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une grandeur d'influence unique. Dans la présente norme, c'est le cas de la grandeur d'influence «énergie du rayonnement et angle d'incidence».

3.14

grandeur d'influence de type F

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée entraîne une modification de la réponse

NOTE 1 Par exemple, l'énergie et l'angle d'incidence du rayonnement.

NOTE 2 F signifie «facteur». L'indication due au rayonnement est multipliée par un facteur lié à la grandeur d'influence.

3.15

grandeur d'influence de type S

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée est un écart indépendant de la valeur indiquée

NOTE 1 La perturbation électromagnétique en est un exemple.

NOTE 2 Toute exigence sur une grandeur d'influence de type S est exprimée en fonction de l'écart D .

NOTE 3 S signifie «somme». L'indication est la somme de l'indication due au rayonnement et de celle due à la grandeur d'influence, par exemple, une perturbation électromagnétique.

3.16

limite inférieure de l'étendue de mesure

H_0

valeur de la dose (ou du débit) la plus basse appartenant à l'étendue de mesure

3.17

débit d'équivalent de dose maximum (pour les dosimètres)

\dot{H}_{max}

débit de dose spécifié par le constructeur au dessous duquel les variations de lecture de la dose sont dans les limites spécifiées

3.18
valeur mesurée

M

valeur qui peut être obtenue à partir de la valeur indiquée *G* en appliquant la fonction modèle de la mesure

NOTE 1 La fonction modèle est nécessaire pour évaluer l'incertitude de la valeur mesurée conformément au GUM (voir GUM 3.1.6, 3.4.1 et 4.1).

NOTE 2 Un exemple de fonction modèle est donnée ici. Elle combine la valeur indiquée *G* avec le facteur d'étalonnage de référence *N*₀, la correction pour la non-linéarité de la réponse *r*_n, les *l* écarts *D*_{*p*} (*p* = 1..*l*) pour les grandeurs d'influence de type S, et les *m* valeurs de la réponse relative *r*_{*q*} (*q* = 1..*m*) pour les grandeurs d'influence de type F:

$$M = \frac{N_0}{r_n \prod_{q=1}^m r_q} \left[G - \sum_{p=1}^l D_p \right].$$

NOTE 3 Les calculs selon cette fonction modèle ne sont généralement pas effectués, ou seulement dans le cas où des grandeurs d'influence spécifiques sont bien connues et où une correction appropriée est appliquée.

NOTE 4 Si nécessaire, une autre fonction modèle plus proche de la conception de certains dosimètres peut être utilisée.

NOTE 5 Les commandes d'étalonnage étant réglées en accord avec les instruction du constructeur, le facteur d'étalonnage de référence, la correction de non linéarité de la réponse et toutes les valeurs de réponse relatives sont établies à un et les écarts sont établis à zéro, ces réglages provoquant une incertitude de mesure qui peut être déterminée à partir de la variation des valeurs de réponse et des écarts mesurés. Pour un dosimètre soumis aux essais en accord avec la présente norme, toutes ces données sont disponibles.

3.19
étendue minimale assignée (d'utilisation)

plus petite étendue spécifiée d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental dans laquelle l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit fonctionner dans les limites d'écart spécifiées pour pouvoir satisfaire à la présente norme

NOTE La deuxième colonne des Tableaux 5 à 8 donne l'étendue minimale assignée des grandeurs d'influences considérées dans la présente norme.

3.20
non-linéarité

variation de la valeur de la réponse (relative) avec la dose (ou le débit) en cours de mesure

3.21
point d'essai (d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit))

point auquel la valeur conventionnelle de la grandeur est déterminée et auquel le point de référence de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) est placé pour l'étalonnage et les essais

3.22
essais de qualification

essais réalisés afin de vérifier que les exigences de la spécification sont respectées. Les essais de qualification sont classés en essais de type et en essais individuels de série comme défini ci-après

3.23
étendue assignée (d'utilisation) (d'un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit))

étendue des valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental dans laquelle l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) fonctionnera dans les limites de variation spécifiées. Ses limites sont les valeurs minimale et maximale assignées

3.24**orientation de référence (d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit))**

orientation de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) par rapport à la direction du rayonnement incident pendant l'étalonnage

3.25**point de référence (d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit))**

marque physique ou marques sur la surface extérieure de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) qui sont utilisées pour positionner celui-ci par rapport au point d'essai

3.26**réponse de référence** **R_0**

réponse pour une valeur de référence, $H_{r,0}$, de la grandeur à mesurer dans les conditions de référence

$$R_0 = \frac{G_{r,0}}{H_{r,0}}$$

où $G_{r,0}$ est la valeur indiquée correspondante

NOTE 1 La réponse de référence est l'inverse du facteur d'étalonnage de référence.

NOTE 2 Les valeurs de référence pour les doses (ou du débit) sont données dans le Tableau 4.

3.27**réponse relative** **r**

quotient de la réponse R par la réponse de référence R_0

$$r = \frac{R}{R_0}$$

3.28**réponse (d'un dispositif de mesure de rayonnements)** **R**

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation:

$$R = \frac{G}{H}$$

où G est la valeur indiquée de la grandeur mesurée par l'équipement ou le dispositif en essai (dosimètre), et

H est la valeur conventionnelle de la grandeur de cette grandeur

3.29**essai individuel de série**

un essai auquel chaque exemplaire d'un dispositif est soumis pendant ou après sa fabrication afin d'assurer sa conformité à certains critères

3.30**conditions normales d'essai**

conditions représentant l'étendue des valeurs d'une série de grandeurs d'influence pour lesquelles un étalonnage ou une détermination de la réponse est réalisée

NOTE 1 L'idéal serait de réaliser les étalonnages dans les conditions de référence. Comme cela n'est pas toujours possible (par exemple, pour la pression atmosphérique ambiante) ou commode (par exemple, pour la température ambiante), un (petit) intervalle encadrant les valeurs de référence peut être mis à profit. En principe, on devrait, en raison de ces écarts, corriger les variations du facteur d'étalonnage par la valeur qu'il aurait dans les conditions de référence.

NOTE 2 Pendant les essais de type, toutes les valeurs des grandeurs d'influence qui ne sont pas l'objet de l'essai sont fixées dans l'étendue des conditions normales d'essai.

[ISO 4037-3, 3.2.3, modifiée]

3.31

valeurs normales d'essai

une ou plusieurs valeurs, ou étendue des valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental, qui sont admises lors d'un étalonnage ou d'essais effectués sur une autre grandeur d'influence ou paramètre instrumental

NOTE Dans des conditions normales d'essai, les grandeurs d'influence et les paramètres instrumentaux ont leurs valeurs normales d'essai.

3.32

essais supplémentaires

essais destinés à fournir des informations supplémentaires sur certaines caractéristiques des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit)

3.33

essais de type

essai de conformité effectué sur un ou plusieurs exemplaires d'un produit, représentatifs de la production

4 Unités et liste de symboles

4.1 Unités

Dans la présente norme, les unités du Système International (SI) sont utilisées. La définition de la grandeur rayonnante et les termes dosimétriques sont donnés dans les CEI 60050-393, CEI 60050-394 et le rapport 51 du ICRU. Cependant, les unités suivantes peuvent être acceptées comme d'usage courant:

- pour l'énergie: l'électronvolt (symbole eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$;
- pour le temps: l'année, le jour, l'heure (symbole h), la minute (symbole min).

Les multiples et sous-multiples des unités SI peuvent être utilisés selon le système SI.

Le nom spécial de l'unité d'équivalent de dose est le sievert (symbole Sv). $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

4.2 Liste de symboles

Une liste de symboles (et des abréviations) utilisés est donnée dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Symboles (et abréviations)

Symbole	Signification	Unité
α	Angle d'incidence du rayonnement	°
α_{\max}	Valeur maximale de α dans l'étendue d'utilisation assignée	°
D	Ecart	Sv
d	Profondeur dans les tissus mous. Les profondeurs recommandées sont 10 mm et 0,07 mm	m
D_p	Ecart du à la grandeur d'influence no. p de type S	Sv
\bar{E}	Energie de rayonnement moyenne	eV
G	Valeur indiquée de la dose	Sv
\dot{G}	Valeur indiquée du débit de dose	Sv h ⁻¹
\dot{G}_0	Valeur indiquée du débit de dose provenant de toute contamination radioactive interne ou du bruit électronique de l'instrument	Sv h ⁻¹
$\dot{G}_{0,s}$	Valeur indiquée du débit de dose du rayonnement naturel dans le laboratoire d'étalonnage	Sv h ⁻¹
G_e	Valeur indiquée de la dose (ou du débit) produite par le signal électrique q_e	Sv
\dot{G}_f	Indication finale du débit de dose après une augmentation par pas du débit d'équivalent de dose	Sv
\dot{G}_i	Indication initiale du débit de dose avant une augmentation par pas du débit d'équivalent de dose	Sv
G_K	Valeur indiquée de la dose due à une seule irradiation avec la valeur de dose conventionnellement vraie H_K	Sv
G_{K+L}	Valeur indiquée de la dose due une irradiation combinée (simultanée) avec la valeur de dose conventionnellement vraie $H_K + H_L$	Sv
G_{nat}	Valeur indiquée de la dose après exposition au rayonnement naturel pour le temps t_{env}	Sv
G_L	Valeur indiquée de la dose due à une irradiation unique avec la valeur de dose conventionnellement vraie H_L	Sv
G_{low}	Indication du dosimètre dans les mêmes conditions que celles données pour G_{nom} , mais quand la tension de la batterie est faible, par exemple quand le dosimètre indique «batterie faible» pour la première fois	Sv
G_{nom}	Indication du dosimètre dans des conditions données quand la tension de la batterie est à sa valeur nominale	Sv
G_r	Valeur indiquée de la dose (ou du débit) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$G_{r,0}$	Valeur de référence de la dose indiquée (ou du débit) due à l'exposition à $H_{r,0}$	Sv (Sv h ⁻¹)
\dot{G}_s	Valeur de débit de dose du à l'exposition à une source, incluant l'indication de rayonnement naturel	Sv h ⁻¹
Δg_{mix}	Modification relative dans l'indication provoquée par une exposition mixte et ultérieure, voir Article 6	—
H_0	Limite inférieure de dose pour l'étendue de mesure effective	Sv
\dot{H}_0	Limite inférieure de débit de dose pour l'étendue de mesure effective	Sv h ⁻¹
H_a	Valeur de la dose qui produit l'indication à laquelle l'alarme est établie	Sv
\dot{H}_a	Valeur du débit de dose qui produit l'indication à laquelle l'alarme est établie	Sv h ⁻¹
\dot{H}_{\max}	Débit d'équivalent de dose maximum (pour les dosimètres)	Sv h ⁻¹
$H'(0,07)$	Equivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H^*(10)$	Equivalent de dose ambiant à une profondeur de 10 mm	Sv
H_{nat}	Equivalent de dose ambiant prévu et du au rayonnement naturel de l'environnement	Sv
$\dot{H}'(0,07)$	Débit d'équivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm	Sv h ⁻¹

Symbole	Signification	Unité
$\dot{H}^*(10)$	Débit d'équivalent de dose ambiant à une profondeur de 10 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_c$	Débit d'équivalent de dose ambiant du à la composante cosmique du rayonnement naturel dans la salle d'étalonnage	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_t$	Débit d'équivalent de dose ambiant du à la composante terrestre gamma du rayonnement naturel dans la salle d'étalonnage	Sv h ⁻¹
$\dot{H}^*(10)_s$	Débit d'équivalent de dose ambiant du à une source d'étalonnage	Sv h ⁻¹
\dot{H}_{nat}	Débit d'équivalent de dose connu du au rayonnement naturel de l'environnement	Sv h ⁻¹
H	Valeur conventionnelle de la grandeur de dose (ou de débit)	Sv (Sv h ⁻¹)
H_r	Valeur conventionnelle de la grandeur de dose (ou de débit) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{r,0}$	Valeur de dose (ou de débit) de référence de la grandeur à mesurer	Sv (Sv h ⁻¹)
I_{low}	Courant de l'alimentation du dosimètre quand l'indication est G_{low}	A
k	Facteur d'élargissement (voir GUM)	—
K	Symbole pour la première des deux conditions d'exposition, par exemple 3 mSv et N-80 et un angle d'incidence du rayonnement de 60°	—
l	Nombre total de grandeurs d'influence de type S	—
L	Symbole pour la seconde des deux conditions d'exposition, par exemple 4 mSv et S-Co et un angle d'incidence du rayonnement de 0°	—
M	Valeur de dose (ou du débit) mesurée	Sv (Sv h ⁻¹)
m	Nombre total de grandeurs d'influence de type F	—
n	Nombre de valeurs indiquées pour une valeur de dose (ou du débit)	—
N	Facteur d'étalonnage	—
N_0	Facteur d'étalonnage de référence	—
p	Index donnant le numéro d'une grandeur d'influence de type S	—
q	Index donnant le numéro d'une grandeur d'influence de type F	—
q_e	Amplitude signal électrique pour la simulation du signal du détecteur	selon le cas
$q_{r,0}$	Amplitude du signal électrique produisant l'indication $G_{r,0}$	selon le cas
Q_{nom}	Capacité nominale des piles/accumulateurs	A h
r	Réponse relative	—
R	Réponse	—
R_0	Réponse de référence	—
R_c	Réponse à la composante cosmique du rayonnement naturel	—
R_t	Réponse à la composante terrestre gamma du rayonnement naturel	—
R_s	Réponse au rayonnement d'une source d'étalonnage	—
r_n	Correction de non-linéarité	—
r_q	Réponse relative due à la grandeur d'influence no. q de type F	—
S_K	Symbole de la qualité de rayonnement de condition K, par exemple N-80	—
S_L	Symbole de la qualité de rayonnement de condition L, par exemple S-Co	—
t_{env}	Temps de mesure dans l'environnement	h
t_{min}	Temps minimum requis pour un fonctionnement continu du dosimètre, 100 h for des piles et 24 h pour des batteries d'accumulateurs	h
U	Incertitude élargie	comme la grandeur
u_c	Incertitude normalisée combinée	comme la grandeur
u_i	Incertitude normalisée due à la composante no. i	comme la grandeur

Symbole	Signification	Unité
U_{low}	Tension de batterie dans les conditions prévalant pour la détermination de G_{low}	V
U_{nom}	Valeur nominale de la tension de batterie	V
U_{rel}	Incertitude élargie relative	—
v	Coefficient de variation	—
v_{max}	Coefficient de variation maximum autorisé au débit de dose auquel l'alarme est établie	—
w	Nombre de valeurs de dose (ou de débit) utilisées pour l'essai de linéarité et de coefficient de variation	—

5 Caractéristiques générales des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou de débit) ambiant et directionnel

5.1 Affichage

Toutes les indications fournies par l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doivent être affichées en unités d'équivalent de dose ou de débit d'équivalent de dose, par exemple en millisieverts ou en millisieverts par heure, respectivement.

5.2 Lecture

Le changement d'échelle de mesure et de la lecture doivent être simultanés et doivent être clairement affichés. Toutes les échelles doivent être lisibles dans des conditions normales d'éclairage.

5.3 Etendue de débit d'équivalent de dose

L'application des recommandations de la CIPR implique de déterminer le débit d'équivalent de dose pour un domaine étendu de valeurs. Dans certains cas, il est nécessaire de mesurer des débits d'équivalent de dose jusqu'à 10 Sv h^{-1} . À l'opposé, on peut rencontrer des débits d'équivalent de dose de $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$. Pour la plupart des applications, les débits d'équivalent de dose se situent approximativement entre $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à 10 mSv h^{-1} .

5.4 Etendue de mesure effective

L'étendue de mesure commençant à \dot{H}_0 ou H_0 , ne doit pas être inférieure aux indications suivantes:

- a) pour un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) comportant un affichage de type analogique (par exemple linéaire ou logarithmique) et une plage de lecture par ordre de grandeur, allant de 10 % à 100 % de la déflexion angulaire maximale de l'échelle, pour chaque échelle de mesure, et pour un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ayant deux étendues de mesure par ordre de grandeur, allant de 30 % à 100 % de la déflexion angulaire maximale de l'échelle pour chaque échelle de mesure.

NOTE L'exigence relative au coefficient de variation est 5 % pour toute valeur d'équivalent de dose (ou du débit) supérieure à 11 fois la limite inférieure de l'étendue de mesure effective. Pour obtenir cela, il convient que la résolution d'échelle soit de l'ordre de la moitié de cette exigence, par exemple 3 %. A 10 % de la déflexion angulaire maximale de l'échelle, c'est pour une échelle linéaire, équivalent à environ 30 divisions. Ainsi, l'échelle linéaire exige environ 300 divisions en tout. Une autre possibilité est de limiter l'étendue de mesure effective entre 30 % et 100 % de la déflexion angulaire maximale de l'échelle pour chaque échelle de mesure. Dans ce cas, une échelle linéaire possédant 100 divisions est suffisante pour mesurer le coefficient de variation de 5 % exigé. Pour une échelle linéaire, cela nécessite au moins deux étendues par ordre de grandeur, par exemple, avec des maximum d'échelle 1, 3, 10 etc.

- b) pour un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) comportant un affichage digital, depuis la valeur du second chiffre le moins significatif jusqu'à l'indication maximale de chaque échelle. Par exemple, pour un affichage maximum possible de

9 999,9, l'étendue de mesure effective peut s'étendre de 1,0 à 9 999 (c'est à dire 4 ordres de grandeur) ou de 3,0 à 9 999,9 (c'est à dire trois et demi ordres de grandeur).

- c) pour un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) comportant un affichage digital et scientifique (par exemple $x,yz E \pm ab$) la mantisse doit avoir trois chiffres, au moins (par exemple 1,00 à 9,99). Le constructeur doit définir l'étendue de mesure effective (par exemple $1,00 E^{-7}$ à $9,99 E^{-2}$ en $Sv h^{-1}$).

Pour les instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) possédant plus d'une échelle, l'étendue de mesure doit aller de 10 % de l'échelle la plus faible à 100 % de l'échelle la plus grande et toutes les échelles doivent être conçues de manière à ce que la totalité de l'étendue mesure soit couverte.

Quand les méthodes d'essai ne couvrent pas la totalité de l'étendue de mesure et que des variations observées sont proches des limites admises, des essais supplémentaires peuvent s'avérer nécessaires pour démontrer l'accord avec l'exigence concernée sur l'ensemble de l'étendue de mesure. Les essais supplémentaires doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

5.5 Etendue de mesure minimale

L'étendue de mesure minimale du débit d'équivalent de dose doit couvrir au moins trois ordres de grandeur et doit inclure $10 \mu Sv h^{-1}$ pour la grandeur à mesurer $\dot{H}^*(10)$ et $0,1 mSv h^{-1}$ pour la grandeur à mesurer $\dot{H}'(0,07)$. L'étendue de mesure minimale de l'équivalent de dose doit couvrir au moins trois ordres de grandeur et doit contenir la valeur de $0,1 mSv$.

5.6 Etendue assignée pour une grandeur d'influence

L'étendue d'utilisation pour toute grandeur d'influence doit être précisée dans la documentation. De plus, certaines étendues d'utilisation sont à afficher sur l'instrument, voir 5.12.

5.7 Etendue minimale d'utilisation pour une grandeur d'influence

L'étendue minimale d'utilisation pour une grandeur d'influence donnée est indiquée dans la deuxième colonne des Tableaux 4 à 8.

5.8 Niveaux d'alarme

Il convient que les alarmes visuelles et/ou sonores (si elles existent) de débit d'équivalent de dose et/ou d'équivalent de dose soient directement pré-réglables.

Dans le cas où un niveau d'alarme est établi, il ne doit pas être possible de désactiver toutes les alarmes (réduire au silence l'alarme sonore, désactiver l'alarme visuelle, désactiver l'alarme vibrante et les autres) simultanément.

Il doit être possible d'établir l'alarme d'équivalent de dose à une valeur quelconque de l'étendue de mesure ou au moins pour une valeur dans chaque ordre de grandeur de cette étendue, par exemple $3 \mu Sv$, $30 \mu Sv$, $300 \mu Sv$, $3 mSv$, $30 mSv$ et $300 mSv$.

Il doit être possible de régler l'alarme de débit d'équivalent de dose à une valeur quelconque de l'étendue de mesure ou au moins pour une valeur dans chaque ordre de grandeur de cette étendue, par exemple $3 \mu Sv h^{-1}$, $30 \mu Sv h^{-1}$, $300 \mu Sv h^{-1}$, $3 mSv h^{-1}$, $30 mSv h^{-1}$ et $300 mSv h^{-1}$.

Il convient que la fréquence du signal sonore de l'alarme se situe dans le domaine de 1 000 Hz à 3 000 Hz. Pour une alarme intermittente, l'intervalle entre deux signaux ne doit

pas excéder 2 s. Il convient que le niveau sonore de l'alarme ne dépasse pas 100 dBA à 30 cm de la source sonore, et il doit être supérieur à 75 dBA en ce point.

NOTE Il convient que le constructeur indique si le réglage du point d'alarme se fait à l'aide d'un outil, par une interface informatique ou manuellement.

5.9 Affichage complémentaire

L'indication des conditions opératoires pour lesquelles l'intégration de l'équivalent de dose est défectueuse doit être affichée (selon les spécifications de la présente norme), par exemple, niveau de batterie faible, défaillance du détecteur ou débit d'équivalent de dose en surcharge.

5.10 Défaut d'affichage

L'appareil doit comprendre un essai de fonctionnement de l'affichage.

5.11 Facilité de décontamination

Il convient que l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) soit conçu et réalisé de sorte que sa décontamination soit aisée.

5.12 Informations portées sur les instruments

Les informations suivantes doivent être clairement visibles sur l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit):

- a) la grandeur mesurée,
- b) l'étendue effective de mesure,
- c) le type de rayonnement (par exemple photonique et/ou bêta) pour lequel l'instrument est approprié,
- d) l'étendue assignée d'énergie de particule,
- e) le point de référence et l'orientation de référence (ou sinon dans le manuel),
- f) la catégorie d'utilisation en accord avec l'Annexe B.

NOTE Par exemple: $0,1 \mu\text{Sv} \leq H^*(10) \leq 1 \text{ Sv}$; $55 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} \leq 1,5 \text{ MeV}$; CEI 60846-1 (toutes les parties) catégorie: Gm.

5.13 Algorithme pour évaluer la valeur indiquée

Pour l'essai de type selon la présente norme, le constructeur doit fournir l'algorithme d'évaluation de la valeur indiquée, en partant du signal (ou des signaux) du (ou des) détecteur(s) et en terminant avec la valeur indiquée. Ceci doit inclure tous les calculs et/ou l'arbre de décision.

Si plus d'un signal est utilisé pour évaluer la valeur indiquée, le constructeur doit fournir une possibilité de lire les signaux du (ou des) détecteur(s) séparément pour l'essai de type.

NOTE Cet algorithme peut être confidentiel et utilisé uniquement par le laboratoire d'essai dans le cadre des essais de type.

5.14 Classification des dosimètres

Les différents types d'instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) peuvent être classés selon le type de rayonnement, l'étendue de dose (ou de débit) et l'étendue assignée d'énergie de rayonnement et l'angle d'incidence du rayonnement. La classification est donnée en Annexe B.

Si un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) a été conçu pour posséder à la fois les fonctions d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant et directionnel, il doit être conforme à toutes les exigences relatives à ces fonctions.

6 Procédures générales d'essais

6.1 Instructions pour l'utilisation

Les instructions pour l'utilisation de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doivent être données dans le manuel sans ambiguïté, voir 14.3. Ces instructions doivent être les mêmes pour toutes les parties de l'essai de type, ainsi que pour l'utilisation en exploitation.

6.2 Nature des essais

Sauf indication contraire dans les articles particuliers, tous les essais énumérés dans la présente norme doivent être considérés comme des essais de type (voir 3.33). Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation par accord entre l'acheteur et le constructeur.

6.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la seconde colonne du Tableau 4. Sauf indications contraires, les essais de la présente norme doivent être exécutés dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 4. Pour les essais exécutés dans les conditions normales d'essai, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doivent être notées et les corrections appropriées doivent être apportées pour donner la réponse dans les conditions de référence.

Lors des essais prévus pour déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau 4, il convient que toutes les autres grandeurs d'influence soient maintenues dans les limites des conditions normales d'essai données dans le Tableau 4, sauf indications contraires spécifiées dans la procédure d'essai concernée.

6.4 Essais pour les grandeurs d'influence de type F

Ces essais peuvent être réalisés pour toute valeur de la grandeur à mesurer supérieure ou égale à $10 \dot{H}_0$ ou $10 H_0$. A partir du résultat de chaque essai, la variation respective de la réponse relative r peut être déterminée.

Il est acceptable que certaines petites parts des effets des grandeurs d'influence classées comme étant de type F soient considérées comme les effets produits par des grandeurs d'influence de type S. Si ces effets sont faibles, ils doivent être ignorés dans le cadre de l'utilisation de la présente norme. Si pendant l'essai des effets de type S plus importants sont observés, alors les essais concernés doivent être réalisés à une valeur de dose de $10 \dot{H}_0$ ou $10 H_0$ et ces observations doivent être consignées dans le rapport d'essai de type.

6.5 Essais pour les grandeurs d'influence de type S

Ces essais doivent être réalisés à une valeur de la grandeur à mesurer inférieure ou égale à 10 fois la limite inférieure \dot{H}_0 ou H_0 de l'étendue de mesure, zéro dose (ou débit) étant même possible si aucune autre spécification n'est donnée dans le paragraphe applicable et si un écart négatif peut être exclu. Le résultat de chaque essai est un écart D_p .

Il est acceptable que certaines petites parts des effets des grandeurs d'influence classées comme étant de type S soient considérées comme les effets produits par des grandeurs d'influence de type F. Si ces effets sont faibles, ils doivent être ignorés dans le cadre de l'utilisation de la présente norme. Si pendant l'essai des effets de type F plus importants sont

observés, alors les essais concernés doivent être réalisés à une valeur de dose de $10 \dot{H}_0$ ou $10 H_0$ et ces observations doivent être consignées dans le rapport d'essai de type.

NOTE Du fait de la valeur indiquée généralement plus faible lorsque l'on compare aux essais en accord avec 6.4, le nombre nécessaire de mesures peut être augmenté.

6.6 Considération sur la non-linéarité

L'effet d'une réponse non constante doit être pris en compte.

Il convient que l'essai soit réalisé dans une région de dose (ou de débit) où la non-linéarité n'est pas significative. Une méthode pratique consiste à commencer par l'essai de linéarité afin d'identifier la région de non-linéarité, puis de réaliser les autres essais dans la région de dose (ou du débit) où la non-linéarité est négligeable (1 % à 2 %).

6.7 Considération sur un dosimètre ayant plusieurs détecteurs ou signaux

Si plus d'un signal ou d'un détecteur est utilisé pour évaluer la valeur indiquée, chaque signal ou détecteur doit être soumis séparément aux essais. Des essais séparés sont nécessaires quand différents signaux sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée dans différentes régions de l'étendue de mesure ou différentes régions des valeurs d'une grandeur d'influence.

NOTE 1 Si cela s'applique, cela signifie que le nombre total d'essais selon la présente norme est multiplié par le nombre de signaux utilisés dans différents domaines.

NOTE 2 Exemples:

- 1) Si un second détecteur ou signal est utilisé pour évaluer un équivalent de dose supérieur à 200 mSv/h, pour ce détecteur ou signal, toutes les exigences de la présente norme sont à mesurer dans son étendue d'utilisation, c'est-à-dire au-dessus d'un débit d'équivalent de dose de 200 mSv/h.
- 2) Si un second détecteur ou signal est utilisé pour évaluer la dose pour des particules de très faible énergie (par exemple un détecteur très fin pour les rayonnements bêta de très faible énergie), pour ce détecteur ou signal, toutes les exigences de la présente norme sont à mesurer dans son étendue d'utilisation, c'est-à-dire pour les particules de faible énergie.

6.8 Position de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour les essais

Pour tous les essais impliquant l'utilisation de rayonnements, le point de référence de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être placé au point d'essai et dans l'orientation indiquée par le constructeur (sauf pour les essais combinés d'énergie et de dépendance angulaire, voir 8.4 et 8.5).

6.9 Débits d'équivalent de dose faibles

Pour la mesure des débits d'équivalent de dose faibles, il est nécessaire de prendre en compte la contribution du rayonnement naturel au débit d'équivalent de dose, au point d'essai. Voir Annexe C pour plus de détails.

6.10 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 si les exigences faisant l'objet d'essais sont satisfaites.

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

Le nombre de lectures nécessaires pour établir la véritable différence entre deux ensembles de lecture fluctuantes d'équivalents de dose (ou du débit) pour un même instrument dans des conditions inchangées est donné dans le Tableau A.1.

6.11 Production des rayonnements de référence

Sauf indications contraires spécifiées dans les méthodes individuelles d'essai, il convient que tous les essais impliquant l'utilisation d'un rayonnement bêta ou X et gamma soient effectués avec le type spécifié de rayonnement (voir Tableau 4). La nature, la réalisation et les conditions d'utilisation des sources de rayonnements doivent être en accord avec les recommandations suivantes:

- a) ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4;
- b) ISO 6980-1, ISO 6980-2, ISO 6980-3.

6.12 Rayonnement de référence photonique

Pour l'équivalent de dose ambiant, le rayonnement photonique de référence doit être fourni par le ^{137}Cs (rayonnement X filtré N-100 de la série des spectres étroits si le domaine minimal considéré est entre 30 keV et 150 keV), et par un rayonnement X filtré N-80 pour l'équivalent de dose directionnel (voir l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4).

6.13 Rayonnement de référence bêta

Pour l'équivalent de dose directionnel, le rayonnement de référence bêta doit être celui du $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (voir ISO 6980-1 et ISO 6980-3).

6.14 Détermination de la réponse de l'équivalent de dose (ou du débit)

Bien que, pour la mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ambiant et directionnel, la question de savoir si le rayonnement mesuré est un rayonnement photonique ou bêta ne soit pas pertinente, il est néanmoins nécessaire d'effectuer l'étalonnage des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) en rayonnements bêta et photonique séparément et aussi de déterminer les caractéristiques de ces instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à la fois pour le rayonnement bêta et le rayonnement photonique ensemble.

La méthode de détermination de l'équivalent de dose (ou du débit) ambiant et directionnel au point d'essai est donnée dans l'ISO 4037-3, l'ISO 4037-4 et l'ISO 6980-3.

Des recommandations sur les caractéristiques qu'il convient de prendre en compte pour déterminer l'équivalent de dose (ou du débit) conventionnel sont données dans l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-4 et l'ISO 6980-2.

7 Additivité de la valeur indiquée

7.1 Exigences

La valeur indiquée doit être additive par rapport à une exposition à différents types de rayonnement (par exemple X et gamma ou gamma et bêta) et d'énergies et angles d'incidence différents.

Si le dosimètre utilise un seul signal (mesuré avec un détecteur) pour évaluer la valeur indiquée, cette exigence est alors respectée.

Si un dosimètre utilise plus d'un signal (mesurés soit par plusieurs détecteurs, soit par un détecteur utilisant par exemple l'analyse de hauteur d'impulsion) pour évaluer la valeur indiquée, cette exigence n'est alors pas automatiquement respectée. Dans ce cas, il faut

alors s'assurer que la variation relative de l'indication, Δg_{mix} , provoquée par la combinaison des rayonnements ne doit pas être supérieure à $\pm 0,1$.

NOTE Si l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée (voir 5.13) est une combinaison linéaire des signaux ou une optimisation linéaire de ceux-ci, cette exigence est respectée et aucun essai n'est nécessaire.

7.2 Méthode d'essai

Effectuer deux expositions successives sous deux conditions d'exposition différentes K et L (différentes énergies, différents angles d'incidence ou même différents types de rayonnement) avec les valeurs conventionnelles des grandeurs H_K et H_L . Déterminer les valeurs indiquées G_K et G_L pour les deux expositions. Effectuer alors une troisième exposition simultanée sous les deux conditions d'exposition K et L avec la valeur conventionnelle de la grandeur $H_{K+L} = H_K + H_L$ et déterminer la valeur indiquée G_{K+L} pour cette exposition simultanée et combinée.

La variation relative de l'indication est alors donnée par:

$$\Delta g_{\text{mix}} = \frac{G_K + G_L - G_{K+L}}{G_{K+L}}$$

Δg_{mix} doit être déterminé pour toute valeur de H_K et H_L et toute combinaison simultanée de champs de rayonnement S_K et S_L . Comme les expositions simultanées sont très difficiles à réaliser, l'utilisation de calculs en remplacement des expositions simultanées est autorisée et recommandée pour cet essai. Un prérequis à l'utilisation de ces calculs est la connaissance des valeurs de réponses mesurées pour chaque signal dans toutes les conditions de rayonnement K et L et de la procédure d'évaluation pour déterminer la valeur indiquée à partir de ces signaux. Le calcul de la réponse d'un dosimètre complet avec l'aide de simulations d'expositions pour déterminer les valeurs de réponse de chaque signal dans toutes les conditions de rayonnement n'est pas autorisée.

NOTE La non-linéarité des signaux est traitée en 8.7 et donc, quand aucun calcul n'est effectué, les signaux doivent être corrigés pour la non-linéarité de cet essai. Quand différents dosimètres sont utilisés pour déterminer G_K , G_L et G_{K+L} , toute différence dans le facteur d'étalonnage de référence doit être corrigée.

7.3 Interprétation des résultats

La variation relative de l'indication, Δg_{mix} , ne doit pas être supérieure à $\pm 0,1$. Dans ce cas, les exigences de 7.1 peuvent être considérées comme respectées.

8 Exigences d'aptitude à la fonction et essais

8.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence concernées par le présent article doivent être considérées comme étant de type F.

NOTE 1 Les exigences pour les grandeurs d'influence énergie de rayonnement et angle d'incidence de rayonnement sont données par rapport à la réponse de référence, R_0 , dans des conditions de référence (rayonnement de référence et angle d'incidence de rayonnement 0° , dose de référence et/ou débit de dose de référence ainsi que toutes les autres conditions de référence sont données au Tableau 4). Les rayonnements de référence possibles sont donnés dans le Tableau 4.

NOTE 2 Les raisons pour lesquelles les limites sont asymétriques pour l'énergie de rayonnement et pour l'angle d'incidence de rayonnement sont données dans la CEI 62461.

Lorsqu'un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) utilise plus d'un détecteur de rayonnement pour couvrir l'étendue totale de l'équivalent de dose (ou du débit) indiquée par l'instrument, ces exigences s'appliquent séparément aux gammes pertinentes de chaque détecteur.

8.2 Considération sur l'incertitude de la valeur conventionnelle de la grandeur

L'incertitude relative étendue ($k = 2$), U_{rel} , de la valeur conventionnelle de la grandeur de l'équivalent de dose ou du débit d'équivalent de dose doit être inférieure à 10 % = 0,1 et doit être prise ne compte. Toute exigence nécessitant l'utilisation de rayonnements est supposée être donnée pour $U_{rel} = 0$. Pour $U_{rel} \neq 0$, la variation autorisée de la réponse relative doit être élargie par U_{rel} . Si plusieurs essais sont à réaliser avec la même qualité de rayonnement, par exemple la linéarité de la réponse, seule l'incertitude du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de la grandeur de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être prise ne compte lors de l'élargissement de la variation autorisée. Dans le cas où il y a d'autres exigences, la prise en compte est mentionnée dans la méthode d'essai concernée.

8.3 Fonction modèle

Le constructeur doit établir la forme générale de la fonction modèle pour la mesure avec le dosimètre. Il peut utiliser l'exemple donné en 3.18 ou d'autres fonctions. Il doit établir toute interdépendance entre les variables de la fonction modèle. Les valeurs réelles des variables sont déterminées pendant l'essai de type conforme à la présente norme.

8.4 Variation de la réponse due à l'énergie du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence

8.4.1 Grandeur à mesurer $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$

8.4.1.1 Exigences

La réponse relative due à l'énergie du rayonnement et à l'angle d'incidence pour le rayonnement photonique, dans l'étendue assignée pour l'utilisation doit être dans l'intervalle allant de 0,71 à 1,67 (voir le Tableau 5). L'étendue assignée minimale d'utilisation couvre les énergies entre 10 keV et 250 keV et les angles d'incidence entre 0° et 45° . Pour les angles d'incidence du rayonnement hors de l'étendue assignée et jusqu'à $\pm 90^\circ$, la réponse relative doit être établie par le constructeur pour toutes les énergies de rayonnement de l'étendue assignée.

Toutes les valeurs de dose indiquées doivent être corrigées pour la non-linéarité et pour l'effet de la grandeur d'influence débit de dose sur la mesure de la dose.

8.4.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le point de référence du dosimètre doit être placé au point d'essai où la dose (ou le débit) est connue. Les qualités du rayonnement photonique de la série des spectres étroits de l'ISO doivent être utilisées si possible, sinon la série de débit de kerma de l'air ou les rayonnements de fluorescence K de l'ISO doivent être utilisés.

En principe, les valeurs de réponse relative doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm 75^\circ$, $\alpha = \pm 90^\circ$ (et $\alpha = \pm \alpha_{max}$ si α_{max} n'est pas parmi ces valeurs). Les mesures doivent être effectuées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence passant par le point de référence du dosimètre. En pratique, plusieurs angles d'incidence peuvent être écartés si

- les valeurs de réponse pour des angles d'incidence différents sont similaires, par exemple aux énergies plus élevées et
- la conception du dosimètre et particulièrement des filtres compensateurs d'énergie ne fournit aucune raison pour une dépendance angulaire de la réponse non monotone.

En principe, il est souhaitable que cet essai soit réalisé au même équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement. En pratique, ceci peut ne pas être possible, auquel cas l'équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement doit être corrigé pour la réponse relative à l'équivalent de dose (ou du débit) indiqué (voir 8.7).

NOTE 1 Des détails sur les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage sont donnés dans les ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4.

NOTE 2 A partir de l'ISO 4037-1 et de l'ISO 4037-3, les débits de dose typique $\dot{H}'(0,07)$ de 1 mSv h^{-1} à 10 mSv h^{-1} peuvent être déduits pour la série des spectres étroits pour une distance de 1 m du point focal de rayon X, le tube fonctionnant à 1 mA.

8.4.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de réponse relative de l'étendue assignée d'utilisation dues à l'énergie de rayonnement photonique et à l'angle d'incidence doivent être dans l'intervalle 0,71 à 1,67. Dans ce cas, les exigences de 8.4.1.1 peuvent être considérées comme satisfaites. Pour obtenir ceci, l'étendue assignée d'utilisation doit être fixée en conséquence, en utilisant les valeurs de réponse relative déterminées. Si nécessaire, les limites de l'étendue assignée d'utilisation peuvent être déterminées par interpolation linéaire.

8.4.2 Grandeur à mesurer $H^*(10)$ ou $\dot{H}^*(10)$

8.4.2.1 Exigences

La réponse relative due à l'énergie du rayonnement et à l'angle d'incidence pour le rayonnement photonique, dans l'étendue assignée d'utilisation doit être dans l'intervalle allant de 0,71 à 1,67 (voir le Tableau 6). L'étendue assignée minimale d'utilisation couvre les énergies entre 80 keV et 1,5 MeV ou entre 20 keV et 150 keV et les angles d'incidence entre 0° et 45° . Pour les angles d'incidence du rayonnement hors de l'étendue assignée et jusqu'à $\pm 90^\circ$, la réponse relative doit être établie par le constructeur pour toutes les énergies de rayonnement de l'étendue assignée.

Toutes les valeurs de dose indiquées doivent être corrigées pour la non-linéarité et pour l'effet de la grandeur d'influence débit de dose sur la mesure de la dose.

Si l'instrument de mesure de la dose ambiante est à utiliser à proximité d'une centrale nucléaire, la réponse jusqu'à 10 MeV doit être établie par le constructeur. La réponse relative aux hautes énergies dans la direction de référence doit être déterminée et il convient qu'elle soit entre 0,71 et 1,67.

NOTE Les deux étendues assignées minimales reflètent les deux conditions principales dans les postes de travail. L'étendue assignée minimale d'utilisation de 80 keV à 1,5 MeV est pour les postes de travail où des sources gamma sont utilisées, par exemple dans l'industrie, et l'étendue assignée minimale d'utilisation de 20 keV à 150 keV est pour les postes de travail où des rayons X sont utilisés, par exemple pour des diagnostics médicaux. Les deux étendues peuvent être élargies dans les cas extrêmes jusqu'à ce que l'étendue assignée couvre toutes les énergies de 10 keV à 10 MeV.

8.4.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le point de référence du dosimètre doit être placé à un point d'essai où la dose (ou du débit) est connue. Les qualités du rayonnement photonique de la série de spectres étroits et les sources gamma ^{60}Co , ^{137}Cs et ^{241}Am spécifiées par l'ISO doivent être utilisées, si possible.

En principe, les valeurs de réponse relative doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm 75^\circ$, $\alpha = \pm 90^\circ$ (et $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$ si α_{max} n'est pas parmi ces valeurs). Les mesures doivent être effectuées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence passant pas le point de référence du dosimètre. En pratique, plusieurs angles d'incidence peuvent être écartés si

- les valeurs de réponse pour des angles d'incidence différents sont similaires, par exemple aux énergies plus élevées et
- la conception du dosimètre et particulièrement des filtres compensateurs d'énergie ne fournit aucune raison pour une dépendance angulaire de la réponse non monotone.

En principe, il est souhaitable que cet essai soit réalisé au même équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement. En pratique, ceci peut ne pas être possible, auquel cas l'équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement doit être corrigée pour la réponse relative à l'équivalent de dose (ou du débit) indiqué (voir 8.7).

NOTE 1 Des détails sur les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage sont donnés dans les ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3 et ISO 4037-4.

NOTE 2 A partir de l'ISO 4037-1 et de l'ISO 4037-3, les débits de dose typique $\dot{H}^*(10)$ de 1 mSv h^{-1} à 10 mSv h^{-1} peuvent être déduits pour la série de spectres étroits pour une distance de 1 m du point focal de rayon X, le tube fonctionnant à 1 mA.

8.4.2.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de réponse relative de l'étendue assignée d'utilisation dues à l'énergie de rayonnement photonique et à l'angle d'incidence doivent être dans l'intervalle 0,71 à 1,67. Dans ce cas, les exigences de 8.4.2.1 peuvent être considérées comme respectées. Pour obtenir ceci, l'étendue assignée d'utilisation doit être fixée en conséquence, en utilisant les valeurs de réponse relative déterminées. Si nécessaire, les limites de l'étendue assignée d'utilisation peuvent être déterminées par interpolation linéaire.

8.5 Variation de la réponse due à l'énergie du rayonnement bêta et à l'angle d'incidence

8.5.1 Grandeur à mesurer $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$

8.5.1.1 Exigences

La réponse relative due à l'énergie du rayonnement et à l'angle d'incidence pour le rayonnement bêta, dans l'étendue assignée pour l'utilisation doit être dans l'intervalle allant de 0,71 à 1,67 (voir le Tableau 5). L'étendue assignée minimale d'utilisation couvre les énergies moyennes entre 0,2 MeV et 0,8 MeV et les angles d'incidence entre 0° et 45° . Pour les angles d'incidence du rayonnement hors de l'étendue assignée jusqu'à $\pm 60^\circ$, la réponse relative doit être établie par le constructeur pour toutes les énergies de rayonnement de l'étendue assignée. De plus, si l'étendue assignée d'utilisation ne couvre pas 0,06 MeV, la variation de la réponse relative due à l'énergie du rayonnement bêta et à l'angle d'incidence doit être établie par le constructeur pour cette énergie (voir le Tableau 5).

Toutes les valeurs de dose indiquées doivent être corrigées pour la non-linéarité et pour l'effet de la grandeur d'influence débit de dose sur la mesure de la dose.

8.5.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le point de référence du dosimètre doit être placé à un point d'essai où la dose (ou le débit) est connue. Les qualités du rayonnement de référence suivant sélectionnés dans la liste des rayonnements de référence bêta spécifiés par l'ISO doivent être utilisées:

^{147}Pm ($\bar{E} \approx 0,06 \text{ MeV}$);

^{204}Tl or ^{85}Kr ($\bar{E} \approx 0,24 \text{ MeV}$);

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ($\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}$).

En principe, les valeurs de réponse relative doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ (et $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$ si α_{max} n'est pas parmi ces valeurs). Les mesures doivent être effectuées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence passant pas le point de référence du dosimètre. En pratique, plusieurs angles d'incidence peuvent être écartés si

- les valeurs de réponse pour des angles d'incidence différents sont similaires, par exemple aux énergies plus élevées et

- la conception du dosimètre et particulièrement des filtres compensateurs d'énergie ne fournit aucune raison pour une dépendance angulaire de la réponse non monotone.

En principe, il est souhaitable que cet essai soit réalisé au même équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement. En pratique, ceci peut ne pas être possible, auquel cas l'équivalent de dose (ou du débit) pour chaque qualité de rayonnement doit être corrigé pour la réponse relative à l'équivalent de dose (ou du débit) indiqué (voir 8.7).

NOTE Des détails sur les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage sont donnés dans les ISO 6980-1, ISO 6980-2 et ISO 6980-3.

8.5.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de réponse relative de l'étendue assignée d'utilisation due à l'énergie de rayonnement bêta et à l'angle d'incidence doivent être dans l'intervalle 0,71 à 1,67. Dans ce cas, les exigences de 8.5.1.1 peuvent être considérées comme respectées. Pour obtenir ceci, l'étendue assignée d'utilisation doit être fixée en conséquence, en utilisant les valeurs de réponse relative déterminées.

8.5.2 Grandeurs à mesurer $H^*(10)$ ou $\dot{H}^*(10)$

8.5.2.1 Exigences

Le dosimètre doit être aussi insensible que possible au rayonnement bêta parce que l'équivalent de dose effectif pour lequel $H^*(10)$ est une estimation prudente, n'est pas une grandeur pertinente pour le rayonnement bêta.

8.5.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le point de référence du dosimètre doit être placé à un point où l'équivalent de dose (ou de débit) $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$ est connu. Exposer le dosimètre sous un angle d'incidence 0° au rayonnement de référence bêta spécifié par l'ISO, de la qualité suivante:

$$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y} \quad (\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}).$$

NOTE Des détails sur les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage sont donnés dans les ISO 6980-1, ISO 6980-2 et ISO 6980-3.

8.5.2.3 Interprétation des résultats

La valeur de dose (ou du débit) indiquée G doit être inférieure à 10 % de la valeur de dose (ou du débit) exposée $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$.

8.6 Réponse au rayonnement neutronique

8.6.1 Exigences

Si l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) est censé être utilisé en présence de rayonnements neutroniques, la réponse à ces rayonnements doit être donnée. Un essai concernant la réponse aux neutrons n'est pas obligatoire et ne doit être effectué que si cette exigence est spécifiée.

Dans tous les cas, les instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doivent être conçus de sorte que l'éventuelle influence du rayonnement neutronique sur la valeur affichée pour les rayonnements photonique et bêta soit limitée le plus possible.

8.6.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

NOTE Des détails sur les procédures d'essai pour les instruments de mesure de dose (ou du débit) de neutrons sont donnés dans la CEI 61005. Certaines de ces procédures peuvent aussi être appliquées pour les instruments de mesure de dose (ou du débit) considérés ici.

8.7 Linéarité et fluctuations statistiques

8.7.1 Généralités

Les essais de linéarité (cohérence de la réponse de dose (ou du débit)) et pour les fluctuations statistiques sont effectués en utilisant les mêmes données de mesure.

NOTE Des détails de procédures d'essai sont expliqués dans la communication de Brunzendorf et Behrens, voir la bibliographie.

Si les méthodes de détection sont différentes pour le rayonnement photonique et le rayonnement bêta, cette exigence doit être essayée séparément de tous les autres types de rayonnement.

Pour les instruments destinés à la mesure de doses (ou de débits) dues au rayonnement naturel, voir l'Annexe C.

8.7.2 Exigences

Dans les conditions normales d'essai, avec les commandes d'étalonnage réglées selon les instructions du constructeur, la variation de la réponse relative de dose (ou du débit) due à la non-linéarité ne doit pas être supérieure à l'étendue -15% à $+22\%$ sur la totalité de l'étendue de mesure effective pour chacun des rayonnements de référence X, gamma ou bêta choisi.

Le coefficient de variation de l'indication de dose (ou du débit) ne doit pas être supérieur aux limites données dans les Tableaux 5 et 6.

8.7.3 Méthode d'essai

a) Sources à utiliser

L'essai doit être réalisé avec des sources de référence appropriées. Pour l'équivalent de dose (ou du débit) ambiant ^{137}Cs ou ^{60}Co doivent être utilisés et pour l'équivalent de dose (ou du débit) directionnel, N-80 ou S-Am pour le rayonnement photonique et $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ pour le rayonnement bêta. Toutes les irradiations du dosimètre doivent être réalisées dans la direction de référence. Pour les essais où la prise en compte du rayonnement naturel est requise, voir l'Annexe C pour plus d'information.

Bien que le rayonnement de référence photonique requis pour l'équivalent de dose directionnel soit N-80 filtré pour les rayons X ou S-Am, il peut être pratique de les produire à tous les équivalents de dose (ou de débit) requis pour cet essai. Si l'étendue totale de l'équivalent de dose requis pour cet essai ne peut être fournie par le rayonnement X, il est autorisé de substituer le rayonnement de référence de ^{137}Cs afin de déterminer la variation de la réponse relative à l'équivalent de dose (ou du débit) qui ne peut être fourni par le rayonnement X. Dans ce cas, il est nécessaire de s'assurer que la variation de la réponse relative est déterminée à un minimum d'un équivalent de dose (ou du débit) pour le rayonnement X et pour le rayonnement de référence ^{137}Cs . Ceci permettra d'appliquer la correction appropriée pour toute différence dans la réponse du détecteur à l'énergie de ^{137}Cs comparée à l'énergie de rayonnement X.

Dans le cas du rayonnement de référence gamma, les conditions d'équilibre des électrons secondaires doivent être établies au détecteur de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) en essai, voir l'ISO 4037-3.

b) Essais à effectuer

L'essai doit être réalisé sur un ou plusieurs instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) de la série. L'intervalle de temps entre les lectures du dosimètre doit être suffisant pour assurer que celles-ci sont statistiquement indépendantes. Le constructeur

doit fournir les informations nécessaires. Pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) fournis avec des échelles analogiques suffisamment linéaires, l'essai consiste en des mesures de la réponse relative réalisées sur toutes les étendues d'échelles de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit), et au moins à trois valeurs dans chaque ordre de grandeur. Il est recommandé que ces points soient approximativement 20 %, 40 % et 80 % du maximum de l'échelle dans chaque étendue. Si l'étendue couvre moins d'un ordre de grandeur, l'essai à 20 % sera évité.

Pour les instruments de mesure (du débit) d'équivalent de dose fournis avec des échelles logarithmiques suffisantes ou avec une présentation digitale, l'essai doit être effectué au moins à trois valeurs dans chaque ordre de grandeur pour le (débit) d'équivalent de dose indiqué. Il est recommandé que ces valeurs soient approximativement 20 %, 40 % et 80 % du chaque ordre de grandeur. Si l'étendue commence avec des valeurs supérieures à 20 % de l'échelle maximale, l'essai à cette valeur doit être évité.

Si le même détecteur est utilisé pour les rayonnements de référence bêta et gamma, il n'est pas nécessaire d'effectuer les mesures sur toutes les étendues avec les deux rayonnements de référence, mais des mesures sur au moins une étendue (ou un ordre de grandeur) doivent être effectuées avec les deux rayonnements de référence bêta et gamma.

NOTE 1 L'utilisation directe de sources de rayonnement de référence pour ces essais peut exiger un grand nombre de sources de rayonnement de référence ce qui peut être inconfortable ou, à des équivalents de dose (ou du débit) plus élevé, sources de forte activité gênantes. Dans ce cas, certaines autres sources de rayonnement (par exemple des générateurs de rayon X appropriés) peuvent être utilisées pourvu que les corrections pertinentes soient apportées à toute différence dans la réponse de l'instrument de mesure équivalent de dose (ou du débit) à ces rayonnements, provoquée par la différence dans l'énergie du rayonnement utilisé. Lors de la détermination de ces corrections, il est essentiel que la réponse de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) au rayonnement de référence et à la source de rayonnement utilisée soit comparée pour au moins un point à l'équivalent de dose (ou du débit) qui donne la même indication sur l'échelle de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit).

NOTE 2 Voir aussi la note de 5.4.

8.7.4 Interprétation des résultats

Déterminer la valeur moyenne et le coefficient de variation des n valeurs de l'indication pour chacune des w valeurs de dose (ou du débit).

En utilisant les w valeurs moyennes, la variation de la réponse relative due à la non-cohérence de la réponse ne doit pas dépasser l'étendue de -15% à $+22\%$. Et, en utilisant les w valeurs des coefficients de variation et les valeurs de c_1 et c_2 données dans le Tableau 3, montrer que

- pour $w - 2$ valeurs de dose (ou du débit), les coefficients de variation sont inférieurs à c_1 fois les limites données dans les Tableaux 5 et 6, et
- pour les deux valeurs de dose (ou du débit) restantes, qui ne doivent pas être adjacentes, les coefficients de variation sont inférieurs à c_2 fois les limites données dans les Tableaux 5 et 6.

Dans ce cas, les exigences de 8.7.2 peuvent être considérées comme respectées.

NOTE 1 La valeur de c_1 est toujours inférieure à celle de c_2 .

NOTE 2 Cette méthode assure que la probabilité de passer l'essai est indépendante du nombre w de valeurs de dose (ou du débit) auxquelles l'essai est effectué. Sans appliquer les facteurs c_1 et c_2 , la probabilité de réussir l'essai décroît quand augmente le nombre w de valeurs de dose (ou du débit) auxquelles l'essai a été soumis.

8.8 Caractéristiques de surcharge

8.8.1 Instruments de mesure d'équivalent de dose

8.8.1.1 Exigences

- 1) L'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être hors échelle par les valeurs hautes ou signaler une surcharge quand il est exposé à des débits d'équivalent de

dose supérieurs au maximum de l'étendue de mesure. Cette exigence s'applique à chaque étendue de mesure.

- 2) Lorsque le débit de dose est suffisamment élevé pour provoquer une indication erronée de dose, il doit y avoir une indication sur le fait que l'appareil n'est pas capable de fournir une indication correcte de dose.

8.8.1.2 Méthode d'essai

- 1) Soumettre le dosimètre à une dose excessive de 100 fois la dose maximale qui peut être indiquée, au plus 50 Sv, au moins 1 Sv. Le débit de dose pendant l'exposition doit être inférieur à la capacité maximale de débit de dose telle que spécifiée par le constructeur. L'appareil ne doit pas être remis à zéro ni éteint pendant une durée d'au moins 30 min après qu'il ait été soumis à la dose d'essai.
- 2) Soumettre le dosimètre à un débit de dose supérieur de 10 % à ce qui est spécifié comme limite de débit de dose par le constructeur pendant une durée de 100 s. Dans le cas où le dosimètre n'est pas en erreur (due à une surcharge), soumettre l'instrument de mesure d'équivalent de dose à des débits de dose croissants par pas de 10 % pendant une durée de 100 s jusqu'à ce que l'indication d'erreur (due à une surcharge) soit affichée.

8.8.1.3 Interprétation des résultats

- 1) L'indication doit être hors échelle sur le coté droit ou la surcharge doit être indiquée et doit rester ainsi jusqu'à ce que l'indication de dose soit remise à zéro ou bien que l'instrument soit éteint.
- 2) S'assurer que l'indication de dose a augmenté de façon appropriée ou bien que l'indication d'erreur de lecture de dose est donnée (due à une surcharge). Avant l'indication d'erreur, l'indication de dose doit augmenter comme il convient.

8.8.2 Instruments de mesure d'équivalent de débit de dose

8.8.2.1 Exigences

L'instrument de mesure de débit d'équivalent de dose doit être hors échelle par les valeurs hautes ou doit signaler une surcharge quand il est exposé à des débits d'équivalent de dose supérieurs au maximum de l'étendue de mesure. Cette exigence s'applique à chaque étendue de mesure.

8.8.2.2 Méthode d'essai

L'instrument de mesure de débit d'équivalent de dose doit être soumis aux débits d'équivalent de dose suivants pendant une durée de 5 min

- 100 fois l'étendue maximale pour un maximum de l'étendue jusqu'à $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$ inclus,
- 10 fois l'étendue maximale ou 10 Sv h^{-1} , la valeur la plus élevée prévalant, pour un maximum de l'étendue dépassant $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$ jusqu'à 5 Sv h^{-1} inclus,
- 2 fois l'étendue maximale de mesure du dosimètre au dessus de 5 Sv h^{-1} .

8.8.2.3 Interprétation des résultats

L'indication du débit d'équivalent de dose doit être hors échelle sur le coté droit ou indiquer la surcharge pendant cette durée et l'instrument de mesure d'équivalent de dose doit fonctionner dans sa spécification, 5 min après la fin de l'essai. Si le dispositif n'est pas en situation de faire ainsi, un avertissement doit s'afficher. Le lien entre cet avertissement et son origine doit être sans ambiguïté. L'avertissement peut s'arrêter seulement quand le dispositif répond à nouveau aux spécifications sans aucune restriction. Cet essai est appliqué pour chaque étendue.

8.9 Temps de réponse

8.9.1 Instruments de mesure d'équivalent de dose

8.9.1.1 Exigences

Lorsqu'il est soumis à un débit de dose, l'instrument de mesure d'équivalent de dose doit indiquer dans les 10 s, au moins 91 % de l'augmentation de dose approprié, mais pas plus de 111 %.

8.9.1.2 Méthode d'essai

Soumettre pendant 10 s l'instrument de mesure d'équivalent de dose à un débit de dose \dot{H} dans l'étendue de mesure pour laquelle la variation peut être lue avec une précision suffisante, par exemple $360 \mu\text{Sv h}^{-1}$. La lecture de dose doit augmenter de $9,1 \times \dot{H}$ à $11,1 \times \dot{H}$ à la fin de la période de 10 s, par exemple de $0,91 \mu\text{Sv}$ à $1,11 \mu\text{Sv}$.

Soumettre pendant 10 s l'instrument de mesure d'équivalent de dose au débit de dose limite de l'instrument tel que spécifié par le constructeur. A la fin de la période des 10 s, l'indication de dose doit avoir augmenté de $0,0025 \{ \dot{H}_{\text{lim}} \} \mu\text{Sv}$ à $0,0031 \{ \dot{H}_{\text{lim}} \} \mu\text{Sv}$ où $\{ \dot{H}_{\text{lim}} \}$ est la limite de débit de dose définie par le constructeur, en $\mu\text{Sv h}^{-1}$.

NOTE Une exposition de 10 s à un débit de dose de $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ conduit à une dose de $0,0028 \mu\text{Sv}$.

8.9.2 Instruments de mesure de débit d'équivalent de dose

8.9.2.1 Exigences

Lorsque l'instrument de mesure de débit d'équivalent de dose est soumis à une augmentation ou une diminution lente ou rapide du débit d'équivalent de dose, l'indication doit atteindre la valeur suivante en moins de 10 s après que l'instrument de mesure de débit d'équivalent de dose ait été soumis au débit final d'équivalent de dose:

$$\dot{G}_i + \frac{90}{100}(\dot{G}_f - \dot{G}_i)$$

où

\dot{G}_i est l'indication initiale, et

\dot{G}_f est l'indication finale.

Le temps de réponse doit être établi par le constructeur.

Le temps de 10 s s'applique aux valeurs de \dot{G}_f de plus de $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ mais inférieures à 10 mSv h^{-1} . Pour les valeurs de \dot{G}_f au dessus, le temps ne doit pas être supérieur à 2 s.

De plus, après 60 s l'indication doit atteindre $(1 \pm 0,1) \dot{G}_f$ pour toutes les valeurs de \dot{G}_f .

8.9.2.2 Méthode d'essai

L'essai peut être réalisé soit avec une source de rayonnement appropriée, soit par l'injection d'un signal électrique approprié à l'entrée de l'instrument de mesure de l'équivalent de dose lors de la mesure.

Les débits d'équivalent de dose initial et final doivent être différents d'au moins un facteur 10 et des mesures doivent être réalisées pour un débit d'équivalent de dose croissant et décroissant selon ce facteur.

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

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

Pour l'essai avec débit d'équivalent de dose croissant, l'instrument de mesure de l'équivalent de dose doit d'abord être soumis au débit d'équivalent de dose le plus élevé et l'indication \dot{G}_f doit être notée.

L'instrument de mesure d'équivalent de dose doit alors être soumis au débit d'équivalent de dose le plus faible pendant un temps suffisant pour que l'indication \dot{G}_i atteigne une valeur stable et cette indication doit être notée.

Le débit d'équivalent de dose doit alors être modifié d'une part le plus rapidement possible (< 1 s) et d'autre part si possible, lentement (> 10 s) pour correspondre à l'indication \dot{G}_f , et le temps nécessaire au débit d'équivalent de dose final pour atteindre la valeur donnée par l'équation de 8.9.2.1 doit être mesuré.

L'essai avec le débit d'équivalent de dose décroissant doit être effectué de la même façon, les valeurs de débits d'équivalent de dose correspondant à \dot{G}_i et \dot{G}_f étant permutées.

8.10 Relation entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques

Le temps de réponse et le coefficient de variation des fluctuations statistiques sont des caractéristiques interdépendantes, dont les limites acceptables sont données ci-dessus.

Pour les débits d'équivalent de dose élevés, il est recommandé que chaque fois que c'est possible, le temps de réponse soit réduit tout en se conformant aux limites établies pour les fluctuations statistiques.

Si, cependant, les limites de 8.9 peuvent être respectées avec un temps de réponse inférieur à 1 s, il est préférable de réduire les fluctuations statistiques plutôt que de réduire le temps de réponse sous 1 s.

Si un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) possède des possibilités pour un nombre de fluctuations statistiques et/ou temps de réponse différents et présélectionnés, alors au moins une valeur présélectionnée doit être conforme aux exigences de 8.9.1 et 8.9.2.

8.11 Variation de la réponse due à l'influence du débit de dose sur les mesures de dose

8.11.1 Généralités

Si les méthodes de détection sont différentes pour les rayonnements photonique ou bêta ou pour des étendues d'énergie spécifiques à ces rayonnements, cette exigence doit alors être vérifiée séparément pour tous les types de rayonnement.

Si le constructeur peut montrer que la conception technique de l'instrument de mesure d'équivalent de dose assure la conformité aux exigences pour une large étendue de valeurs de débit de dose, le nombre d'essai peut alors être réduit.

Pour des instruments destinés à mesurer la dose due au rayonnement naturel, voir l'Annexe C.

8.11.2 Exigences

La variation de la réponse relative due à la dépendance par rapport au débit de dose ne doit pas être hors de l'étendue -13% à $+18\%$ pour tous les débits de dose de l'étendue assignée d'utilisation. L'étendue assignée d'utilisation minimale pour la dépendance par rapport au débit de dose est donnée dans les Tableaux 5 et 6. Si cette exigence ne peut pas être respectée jusqu'à 1 Sv h^{-1} , elle doit être respectée au moins à la valeur maximale de l'étendue de mesure de l'instrument de mesure de débit de dose et la valeur maximale de l'étendue assignée d'utilisation doit être indiquée sur l'instrument de mesure de dose.

De plus, la variation de la réponse relative due aux débits de dose faibles du rayonnement naturel doit être établie par le constructeur.

8.11.3 Méthode d'essai utilisant des sources de rayonnement

Déterminer les valeurs de la réponse à 80% de chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure de dose effective quand l'instrument de mesure de dose est exposé à une source de référence. Effectuer l'essai pour chaque valeur de dose à un débit de dose dans chaque ordre de grandeur de l'étendue assignée d'utilisation pour la dépendance par rapport au débit de dose.

Puisqu'aux valeurs de dose les plus faibles, le temps d'exposition est trop court pour les débits les plus élevés tandis qu'aux valeurs élevées de dose, les temps d'exposition sont trop longs pour les débits les plus faibles, ces essais doivent exclure toute exposition impliquant des temps inférieurs à 10 s ou excédant 10 h .

Si l'intégration de l'instrument de mesure d'équivalent de dose est réalisée numériquement avec un ordinateur, un essai d'une durée d'environ 100 s par débit de dose est suffisant.

La variation de la réponse est déterminée à partir des valeurs de réponse mesurées.

8.11.4 Méthode d'essai utilisant le rayonnement naturel

Placer l'instrument de mesure de dose pendant au moins une semaine (t_{env}) dans un environnement normal de laboratoire et supposer un débit de dose de l'environnement \dot{H}_{nat} de $2\text{ }\mu\text{Sv d}^{-1}$, si aucune autre information n'est disponible. Déterminer la dose cumulée de l'instrument, G_{nat} , pour un temps t_{env} . Calculer la valeur de dose attendue à partir du débit de dose connu ou supposé du rayonnement naturel ambiant, $H_{\text{nat}} = 2\text{ }\mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{\text{env}}$.

8.11.5 Interprétation des résultats

La variation de la réponse relative due à la dépendance par rapport au débit de dose déterminée en 8.11.3 ne doit pas être hors de l'étendue -13% à $+18\%$. Dans ce cas, les exigences de 8.11.2 peuvent être considérées comme respectées.

Etablir la réponse au rayonnement naturel comme étant $\frac{G_{\text{nat}}}{H_{\text{nat}}}$.

8.12 Réponse aux champs de rayonnement ionisants pulsés

8.12.1 Exigences

Certains types d'instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) peuvent donner des indications faibles polluées dans des champs de rayonnement ionisants pulsés, particulièrement si la durée de l'impulsion de rayonnement est petite en comparaison de l'intervalle entre les impulsions. Les constructeurs doivent fournir l'avertissement adéquat si l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) peut fournir une indication minorée dans les champs de rayonnement pulsés. Un essai pour la réponse de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) dans les champs de rayonnement pulsés n'est pas exigé.

8.12.2 Méthode d'essai

La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le constructeur.

8.13 Exigences relatives à la précision de l'alarme des moniteurs d'équivalent de dose (ou du débit)

8.13.1 Alarme d'équivalent de dose

8.13.1.1 Exigence

Soit H_a la valeur d'équivalent de dose qui produit l'indication pour laquelle l'alarme est établie. Dans des conditions normales d'essai, quand l'instrument de mesure ou le moniteur d'équivalent de dose est soumis à un équivalent de dose de $0,8 H_a$, aucune alarme ne doit déclencher et lorsque l'instrument de mesure ou le moniteur est soumis à un débit d'équivalent de dose de $1,2 H_a$, l'alarme doit déclencher.

Lorsque l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) utilise plus d'un détecteur de rayonnement pour couvrir l'étendue complète d'équivalent de dose indiquée par l'instrument de mesure de dose (ou du débit), ces exigences s'appliquent séparément aux étendues pertinentes de chaque détecteur.

8.13.1.2 Méthode d'essai

Au moins deux essais doivent être réalisés, l'un avec H_a proche de l'étendue effective maximale et l'autre avec H_a proche du maximum du second ordre de grandeur le moins significatif. L'alarme doit être remise à zéro et l'instrument de mesure ou de surveillance de l'équivalent de dose (ou du débit) doit alors être soumis au débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai de sorte que l'alarme ne déclenche pas avant au moins 100 s. Le temps d'exposition jusqu'à ce que l'alarme du moniteur d'équivalent de dose se déclenche doit être mesuré.

8.13.1.3 Interprétation des résultats

Si le rapport entre H_a et le produit du débit d'équivalent de dose utilisé et le temps mesuré est dans l'étendue $0,8 (1 - U_{rel})$ à $1,2 (1 + U_{rel})$, où U_{rel} est l'incertitude relative élargie ($k = 2$) de la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose, alors les exigences de 8.13.1.1 peuvent être considérées comme respectées.

8.13.2 Alarme de débit d'équivalent de dose

8.13.2.1 Exigence

Soit \dot{H}_a la valeur de débit d'équivalent de dose qui produit l'indication pour laquelle l'alarme est établie. Dans des conditions normales d'essai, quand l'instrument de mesure ou le moniteur d'équivalent de dose (ou du débit) est soumis à un débit d'équivalent de dose de $0,8 \dot{H}_a$ pendant 10 min, aucune alarme ne doit se déclencher pour plus de 10 % de la durée de l'essai. De même lorsque l'instrument de mesure ou le moniteur est soumis à un débit

d'équivalent de dose de $1,2 \dot{H}_a$ pendant 10 min, l'alarme doit se déclencher pour 90 % de la durée de l'essai et il convient que l'alarme déclenche la première fois dans les 10 s ou dans un délai tel que le produit de ce temps et du débit d'équivalent de dose du point d'alarme soit inférieur à $10 \mu\text{Sv}$.

Lorsque l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) utilise plus d'un détecteur de rayonnement pour couvrir l'étendue complète des débits d'équivalent de dose indiqués par l'instrument de mesure, ces exigences s'appliquent séparément des étendues pertinentes de chaque détecteur.

8.13.2.2 Méthode d'essai

Au moins deux essais doivent être réalisés, l'un avec \dot{H}_a proche de l'étendue effective maximale et l'autre avec \dot{H}_a proche du maximum du second ordre de grandeur le moins significatif. Exposer l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour les deux valeurs \dot{H}_a pendant 10 min chacune à un débit d'équivalent de dose de $(0,8 - U_{\text{rel}}) \dot{H}_a$ et enregistrer la durée pour laquelle l'alarme se déclenche. Répéter les essais avec un débit d'équivalent de dose de $(1,2 + U_{\text{rel}}) \dot{H}_a$ et enregistrer à nouveau la durée pour laquelle l'alarme se déclenche et la durée nécessaire pour que l'alarme se déclenche la première fois.

8.13.2.3 Interprétation des résultats

Si toutes les alarmes «à temps» pour $(0,8 - U_{\text{rel}}) \times \dot{H}_a$ sont inférieures à 60 s et si toutes les alarmes «à temps» pour $(1,2 + U_{\text{rel}}) \times \dot{H}_a$ sont supérieures à 540 s et si de plus l'alarme se déclenche la première fois dans les 10 s ou dans un délai tel que le produit de ce temps et du débit d'équivalent de dose \dot{H}_a est inférieur à $10 \mu\text{Sv}$, alors les exigences de 8.13.2.1 peuvent être considérées comme respectées. U_{rel} est l'incertitude relative élargie ($k = 2$) de la valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose.

9 Caractéristiques électriques des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel et ambiant

9.1 Stabilité temporelle de l'indication de zéro

9.1.1 Exigences

L'indication d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) dont le réglage de zéro a été établi à zéro après un fonctionnement de 30 min dans des conditions normales d'essai ne doit pas s'écarter, au cours des 4 h suivantes, de plus de $\pm 0,2 H_0$ ou $\pm 0,2 \dot{H}_0$.

Pour les instruments mesure d'équivalent de dose (ou du débit) sans réglage de zéro, les mêmes exigences et méthodes d'essai s'appliquent hormis l'étape du réglage de zéro.

9.1.2 Méthode d'essai

Mettre en route l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) et attendre 30 min. Si un réglage de zéro est accessible à l'utilisateur, il doit être utilisé pour amener l'indication à un point établi par le constructeur. Pour certains instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) à échelle non linéaire, ce réglage peut être utilisé pour amener l'indication à un point de référence autre que zéro. Dans ce cas-là, le réglage de l'indication au point de référence approprié doit être effectué.

L'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être laissé dans ces conditions et la lecture doit être notée toutes les 30 min pendant la durée de 4 h.

9.1.3 Interprétation des résultats

Les exigences sont respectées si les lectures notées sont dans les limites de 9.1.1.

9.2 Temps de chauffage

9.2.1 Exigences

Le constructeur doit établir le temps nécessaire à un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour chaque étendue après mise en marche et alors qu'il est exposé à un rayonnement de référence, pour fournir une indication qui ne s'écarte pas de plus de 5 % de la valeur finale obtenue dans des conditions normales d'essai.

9.2.2 Méthode d'essai

L'instrument de mesure d'équivalent de dose étant hors tension, l'exposer à une source de rayonnement appropriée pour fournir une indication supérieure à au moins la moitié du maximum de l'échelle ou de l'ordre de grandeur le plus sensible. Mettre sous tension l'instrument et noter les valeurs indiquées toutes les 15 s pendant une durée de 6 min à partir de la mise en route.

30 min après la mise sous tension, relever un nombre suffisant de valeurs et utiliser la moyenne de ces valeurs comme valeur finale de l'indication.

9.2.3 Interprétation des résultats

Sur un graphique représentant les lectures en fonction du temps, noter le temps de chauffage pour lequel il convient que la lecture soit dans les 5 % de la valeur finale.

9.3 Alimentation électrique

9.3.1 Généralités

Les instruments portables de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doivent être alimentés par piles ou accumulateurs. Il doit être possible de tester si les piles ou accumulateurs sont à leur maximum de charge. Il doit être aussi prévu d'afficher si les conditions de charge des piles ou accumulateurs ne sont plus suffisantes pour que les performances de l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) répondent aux exigences de la présente norme. La connexion des piles ou accumulateurs n'est pas spécifiquement définie, mais elles doivent être individuellement remplaçables; le constructeur doit indiquer clairement sur l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) la polarité correcte des piles ou accumulateurs. Il est recommandé d'utiliser des piles ou accumulateurs de dimensions conformes à la CEI 60086-1 ou à la CEI 60086-2.

Au-dessous de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, la capacité de fonctionnement de la plupart des piles ou accumulateurs décroît fortement avec la température. Ceci doit être pris en considération.

9.3.2 Exigences

Le constructeur doit établir la liste des fabricants et types de piles ou accumulateurs avec lesquels les exigences de la présente norme sont respectées.

Si les méthodes de détection sont différentes pour les rayonnements photonique et bêta, ces exigences doivent alors être soumises séparément aux essais pour tous les types de rayonnement.

Il convient que la capacité des piles ou accumulateurs soit telle qu'après 40 h d'utilisation intermittente⁵ pendant un fonctionnement dans des conditions normales d'essai, l'indication de l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) reste dans les $\pm 5\%$, les autres fonctions de l'instrument restant dans les spécifications.

Pour les accumulateurs, le constructeur doit indiquer le temps de charge.

9.3.3 Méthode d'essai

9.3.3.1 Généralités

L'évaluation de la capacité restante des piles ou accumulateurs d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) peut être faite par la mesure de la tension réelle des piles ou particulièrement pour les accumulateurs, en effectuant des mesures de charge pendant l'utilisation et le processus de recharge.

Deux méthodes d'essai sont utilisables. La première méthode utilise des piles ou accumulateurs et doit être choisie si la capacité restante des piles ou accumulateurs est déterminée par une mesure de la charge pendant l'utilisation et pour les accumulateurs pendant le processus de recharge. La seconde méthode utilise une alimentation électrique et peut être choisie si la capacité restante des piles ou accumulateurs est déterminée par la mesure de la tension réelle des piles ou accumulateurs.

9.3.3.2 Essai utilisant des piles ou accumulateurs

Pour cet essai, on doit utiliser des piles neuves ou les accumulateurs à pleine charge du type indiqué par le constructeur.

Exposer l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) à un débit d'équivalent de dose (ou du débit) entre $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ et 1mSv h^{-1} .

Laisser l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) en fonctionnement exposé dans ce champ pour une durée de 8 h suivie d'une durée de 16 h pendant laquelle l'instrument est éteint. Effectuer cet essai 5 jours consécutifs et noter la lecture à la fin de cette durée.

La variation correspondante de la réponse relative ne doit pas être supérieure à $\pm 0,05$ aucune indication de tension de piles faible, par exemple «batteries faibles» ne doit être donnée.

9.3.3.3 Essai utilisant une alimentation électrique

Les piles ou accumulateurs de l'instrument doivent être retirées et l'instrument doit être connecté à une alimentation électrique externe avec une résistance série appropriée pour simuler l'impédance des piles ou accumulateurs. L'alimentation électrique doit être réglée à la tension nominale des piles U_{nom} . Exposer l'instrument à un débit d'équivalent de dose entre $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ et 1mSv h^{-1} . L'instrument doit être mis en marche et doit être stabilisé.

L'indication \hat{G}_{nom} du dosimètre doit alors être enregistrée. La tension de l'alimentation doit alors être réduite jusqu'à ce que l'instrument indique que la tension des piles/accumulateurs est faible, par exemple «batterie faible». Le courant d'alimentation correspondant I_{low} doit être noté ainsi que l'indication de l'instrument \hat{G}_{low} .

⁵ 40 h d'utilisation intermittente signifie 8 h d'utilisation non ininterrompue suivies par 16 h d'arrêt de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit), et ceci pendant 5 jours consécutifs.

L'essai est passé avec succès si les exigences suivantes sont respectées:

- $0,95 \leq \frac{G_{low}}{G_{nom}} \leq 1,05$,
- toutes les fonctions auxiliaires fonctionnent comme prévu et
- $\frac{Q_{nom}}{I_{low}} \geq 40$ h,

où Q_{nom} est la capacité normale des piles ou accumulateurs (exprimée par exemple en mA h) pour les conditions de décharges appropriées, en considérant l'étendue assignée de température (voir 11.2).

10 Caractéristiques mécaniques des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel et ambiant

10.1 Chocs pendant le fonctionnement (effets microphoniques)

10.1.1 Généralités

Cette grandeur d'influence est supposée de type S.

10.1.2 Exigences

Pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) portable, l'indication additionnelle due aux effets microphoniques ne doit être supérieure à $\pm 0,7 H_0$, si l'équivalent de dose (ou du débit) est soumis à 60 chocs consécutifs, chaque choc correspondant à une chute d'au moins 0,1 m sur une surface d'acier dur (voir le Tableau 9). Les informations en mémoire relatives aux doses ne doivent pas être perdues du fait des chutes. L'état physique des dosimètres ne doit pas être dégradé par ces chutes (par exemple, les joints de soudure doivent résister, les écrous et les boulons ne doivent pas être desserrés).

10.1.3 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité à cette exigence d'aptitude doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage avant et après l'essai alors que l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) est en fonctionnement.

L'instrument doit être lâché 60 fois sur une surface d'acier dur (CEI 60068-2-31) d'une hauteur donnée de sorte que 10 chocs soient réalisés sur chacune des six faces principales. La hauteur minimale est 0,1 m.

Après l'essai, l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être inspecté et l'état physique doit être documenté.

Si l'indication due aux effets microphoniques n'est pas supérieure à $\pm 0,7 H_0$, les exigences of 10.1.2 peuvent alors être considérées comme respectées.

10.2 Essai de chute pendant le transport

10.2.1 Exigences

Lorsqu'ils sont dans leur emballage de transport, les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) portables doivent pouvoir supporter sans dommage 6 chutes suivant des directions orthogonales à partir d'une hauteur donnée sur une surface de béton. La hauteur minimale est 1 m.

Afin de respecter les exigences ci-dessus, un instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) (directionnel) nécessitera normalement certaines formes de couvercle ou de boîtier de protection. La nature de la protection fournie doit être établie. Les exigences ne sont pas applicables aux instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) (directionnel) quand ils sont en fonctionnement.

10.2.2 Méthode d'essai

Réaliser l'essai tel qu'il est donné dans la CEI 60068-2-31.

10.2.3 Interprétation des résultats

Après les essais, l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être vérifié pour d'éventuels dommages mécaniques et desserremments. Après avoir maintenu des conditions normales pour la durée spécifiée dans le certificat, l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être mis en marche et les caractéristiques techniques doivent être vérifiées comme cela est spécifié pour cet essai de type.

10.3 Orientation de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) (géotropisme)

10.3.1 Généralités

This grandeur d'influence est supposée de type F.

10.3.2 Exigences

Quand il est exposé à un rayonnement de référence bêta ou gamma, la valeur indiquée par l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) portable ne doit pas varier de plus de ± 2 % de la déflexion angulaire maximale de pleine échelle par rapport à la valeur indiquée dans l'orientation de référence d'utilisation, pour toute orientation de l'instrument de mesure

Le constructeur doit définir l'orientation de référence.

10.3.3 Méthode d'essai

Bien que cet essai puisse, en principe, être effectué pour une orientation quelconque de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit), dans le cas général, seuls les instruments à affichage analogique sont influencés par des différences d'orientation. Les orientations peuvent dans ce cas se limiter à celles qui correspondent à un instrument de mesure soumis à l'essai tenu à la main dans les positions où l'échelle de lecture est visible par l'opérateur.

Pendant cet essai, il convient que l'angle d'incidence du rayonnement par rapport à l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) reste constant. Ceci peut être réalisé convenablement en fixant une petite source d'essai appropriée à l'instrument.

NOTE Si cela est pertinent, la fonction de test des piles/accumulateurs avec une alimentation électrique pour générer une indication peut être utilisée pour le présent essai.

11 Caractéristiques environnementales, exigences d'aptitude et essais

11.1 Généralités

La grandeur d'influence de 11.2 est considérée être à la fois de type F et de type S, les grandeurs d'influence de 11.3 et de 11.4 sont considérées être de type F et la grandeur d'influence de 11.7 est considérée être de type S.

11.2 Température ambiante

11.2.1 Exigences

Sur l'étendue assignée de température, l'indication doit rester entre -13 % et +18 % de ce qui est obtenu dans les conditions normales d'essai. L'étendue assignée minimale de température pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) est de -10 °C à +40 °C. Pour les instruments conçus pour une utilisation uniquement en intérieur, l'étendue assignée minimale de température est de +5 °C à +40 °C. De tels instruments doivent être étiquetés «pour utilisation en intérieur seulement». Si le détecteur est une chambre d'ionisation non scellée, il est autorisé de corriger la valeur indiquée pour la densité de l'air, par calcul réalisé manuellement ou automatiquement par l'instrument avant que l'exigence ne soit respectée.

NOTE Pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) destinés à fonctionner à des températures inférieures à -10 °C, certains moyens de maintien des piles/accumulateurs à une température plus élevée peuvent s'avérer nécessaires.

11.2.2 Méthode d'essai

Cet essai nécessite normalement d'être réalisé dans une chambre environnementale. Il n'est pas en général nécessaire de contrôler l'humidité de l'air dans la chambre sauf si l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) est particulièrement sensible aux variations d'humidité.

Exposer l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) à une source de rayonnement appropriée pour donner un équivalent de dose ou un débit d'équivalent de dose de $10 H_0$ ou $10 \dot{H}_0$ et noter la lecture dans des conditions normales d'essai (voir le Tableau 4).

La température doit alors être maintenue à chacune des valeurs extrêmes pour une durée d'au moins 4 h et l'instrument doit être exposé comme précédemment. L'indication de l'instrument de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être mesurée pendant au moins 30 min de cette durée.

11.2.3 Interprétation des résultats

Les exigences sont respectées si les lectures notées sont dans les limites de 11.2.1.

11.3 Humidité relative

11.3.1 Exigences

L'indication de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) ne doit pas varier de plus de -9 % à +11 % de ce qui est obtenu dans les conditions normales d'essai, à l'exception de la température ambiante de 35 °C, pour toute l'étendue assignée. L'étendue minimale d'humidité relative va jusqu'à 85 % à une température de +35 °C.

11.3.2 Méthode d'essai

L'essai doit être réalisé dans une chambre environnementale à la température de 35 °C. Chaque valeur d'humidité relative doit être maintenue pendant une durée d'au moins 4 h et l'indication doit être mesurée à la fin de cette durée. La variation autorisée de -9 % à +11 % pour l'indication est additive, en plus de la variation due à la température seule.

11.3.3 Interprétation des résultats

Les exigences sont respectées si les lectures notées sont dans les limites de 11.3.1.

11.4 Pression atmosphérique

11.4.1 Exigences

Sur l'étendue de pression atmosphérique de 70 kPa à 106 kPa, la réponse de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) ne doit pas varier de plus de -9 % et +11 % de celle sous les conditions de référence. Si le détecteur est une chambre d'ionisation non scellée, il est autorisé de corriger la valeur indiquée pour la densité de l'air, par calcul réalisé manuellement ou automatiquement par l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) avant que l'exigence ne soit respectée.

Un essai de cette grandeur d'influence est requis uniquement si le constructeur ne peut pas prouver que l'instrument est insensible à la pression atmosphérique.

11.4.2 Méthode d'essai

La réponse doit être mesurée à une pression d'air de 70 kPa et de 106 kPa et être comparée au résultat de mesure à la pression atmosphérique de référence de 101,3 kPa. Les différences doivent être inférieures à ± 10 %.

11.5 Scellement contre l'humidité

Pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) destinés à une utilisation à l'extérieur, le constructeur doit établir les précautions qui doivent être prises contre la pénétration de l'humidité. Le degré IP en accord avec la CEI 60529 doit être établi et il doit être au minimum IP 53.

11.6 Stockage et transport

Tous les appareils conçus pour une utilisation en climat tempéré doivent être conçus pour fonctionner dans les spécifications de la présente norme après le délai nécessaire pour atteindre la température ambiante après un stockage (ou transport) sans piles/accumulateurs, pendant une durée d'au moins trois mois dans l'emballage fournis par le constructeur, à toute température comprise entre -25 °C et +50 °C.

Dans certaines circonstances, des spécifications plus sévères peuvent être requises, telles que la capacité à supporter un transport aérien à pression ambiante réduite.

11.7 Compatibilité électromagnétique

11.7.1 Généralités

Des précautions spécifiques doivent être prises dans la conception d'un dosimètre pour assurer son fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques, particulièrement celles résultant de champs de radiofréquences (voir la CEI 61000-4-3). Tous les essais CEM provoquent des écarts des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit). En conséquence, toutes les exigences sont exprimées par rapport à la limite la plus basse H_0 or \dot{H}_0 de l'étendue de mesure effective. Pour chaque essai CEM donné de 11.7.3 à 11.7.6, l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être configuré sur l'étendue la plus sensible et la valeur de dose placée à zéro et tous les écarts dus aux essais ne doivent pas être supérieurs à $\pm 0,7 H_0$ ou $\pm 0,7 \dot{H}_0$. La durée de la perturbation électromagnétique doit être équivalente à 1 h de fonctionnement conformément aux données de fréquence données dans le Tableau 8. Tous les essais doivent être effectués en accord avec la série CEI 61000-4.

Pour tous les essais, les étendues assignées sont données dans la CEI 61000-6-2 avec les critères d'aptitude à la fonction A, B ou C (voir le Tableau 8). Seuls les critères A ou B sont autorisés. Si le critère B est autorisé, les exigences données dans le Tableau 8 s'appliquent aux valeurs d'équivalent de dose indiquées avant et après l'essai. L'amplitude du champ

électrique de 800 MHz à 960 MHz et de 1,4 GHz à 2,7 GHz est orientée comme l'amplitude du champ électrique à proximité des téléphones cellulaires.

NOTE Si la durée de la perturbation électromagnétique est différente de l'équivalent de 1 h de fonctionnement, il convient que son effet soit calculé pour 1 h de fonctionnement.

11.7.2 Emission de rayonnements électromagnétiques

Les normes CEI pertinentes sont applicables.

11.7.3 Décharge électrostatique

a) Exigences

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) de l'affichage ou des données de sortie provoquées par la décharge électrostatique ne doivent pas être supérieures à $\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$ après 10 décharges (voir Tableau 8).

b) Méthode d'essai

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 la CEI 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 l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou de débit) est en fonctionnement et, dans le cas de plages de mesure sélectionnables, réglé sur sa plage de mesure la plus sensible. Les décharges électrostatiques doivent être réalisées selon la description de la CEI 61000-4-2 avec une tension de 4 kV. Lorsque des instruments de mesure de l'équivalent de dose (ou de débit) possédant des surfaces isolées sont soumis à l'essai, la méthode de décharge dans l'air avec une tension de 8 kV (niveau de sévérité 3) doit être utilisée.

11.7.4 Champs électromagnétiques rayonnés

11.7.4.1 Champs électromagnétiques rayonnés de type général

a) Exigences

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) de l'affichage ou de la sortie de données due aux champs électromagnétiques de 10 V m^{-1} dans l'étendue de fréquence de 80 MHz à 800 MHz et de 960 MHz à 1,4 GHz ne doivent pas être supérieures à $\pm 0,7 H_0$ ou $\pm 0,7 \dot{H}_0$. Pour un instrument de mesure d'équivalent de dose, cet écart ne doit pas être dépassé après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir le Tableau 8).

b) Méthode d'essai

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, l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) étant configuré avec l'étendue la plus sensible. Pendant les essais, le dispositif doit être exposé à un débit de dose d'environ $7 \dot{H}_0$.

Afin de réduire le nombre de mesures nécessaire pour montrer la conformité à l'exigence ci-dessus, la méthode suivante est suggérée.

Réaliser les essais aux fréquences de (80; 90; 100; 110; 120; 130; 140; 150; 160; 180; 200; 220; 240; 260; 290; 320; 350; 380; 420; 460; 510; 560; 620; 680; 750) MHz et (1,0; 1,1; 1,2 et

1,3) GHz avec une amplitude de champs de 20 V m^{-1} dans une orientation seulement. A chaque fréquence, l'essai doit être effectué sur une durée de 6 min ou bien le résultat doit être corrigé pour être rapporté à un temps de mesure de 6 min. Si un écart supérieur à un tiers de la limite donnée au Tableau 8 est observé à l'une des fréquences données, des essais supplémentaires dans l'étendue de $\pm 5 \%$ autour de cette fréquence par pas de 1 % et avec une amplitude de champs de 10 V m^{-1} doivent être réalisés avec l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) dans les trois positions décrites dans la CEI 61000-4-3.

11.7.4.2 Champs électromagnétiques rayonnés par les téléphones mobiles et les réseaux sans fil LAN

a) Exigences

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) de l'affichage ou de la sortie de données due aux champs électromagnétiques de 30 V m^{-1} dans l'étendue de fréquence de 800 MHz à 960 MHz et de 1,4 GHz à 2,7 GHz ne doivent pas être supérieures à $\pm 0,7 H_0$ ou $\pm 0,7 \dot{H}_0$. Pour un instrument de mesure d'équivalent de dose, cet écart ne doit pas être dépassé après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir le Tableau 8).

b) Méthode d'essai

La conformité à cette exigence d'aptitude à la fonction doit être vérifiée par observation et enregistrement des indications de l'affichage, le dosimètre étant configuré avec l'étendue la plus sensible. Pendant les essais, le dispositif doit être exposé à un débit de dose d'environ $7 \dot{H}_0$.

Afin de réduire le nombre de mesures nécessaire pour montrer la conformité à l'exigence ci-dessus, la méthode suivante est suggérée.

Réaliser les essais aux fréquences de (820; 900) MHz et (1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4 et 2,7) GHz avec une amplitude de champs de 60 V m^{-1} dans une orientation seulement. A chaque fréquence, l'essai doit être effectué sur une durée de 6 min ou bien le résultat doit être corrigé pour un temps de mesure de 6 min. Si un écart supérieur à un tiers de la limite donnée au Tableau 8 est observé à l'une des fréquences données, des essais supplémentaires dans l'étendue de $\pm 5 \%$ autour de cette fréquence par pas de 1 % et avec une amplitude de champs de 30 V m^{-1} doivent être réalisés avec l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) dans les trois positions décrites dans la CEI 61000-4-3.

11.7.5 Perturbations de courant induites par des radiofréquences

a) Exigences

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) de l'affichage ou de la sortie de données due à des perturbations de courant induites par des radiofréquences ne doivent pas être supérieures à $\pm 0,7 H_0$ ou $\pm 0,7 \dot{H}_0$. Pour un instrument de mesure d'équivalent de dose, cet écart ne doit pas être dépassé après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir le Tableau 8). Les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) qui n'ont pas au moins un câble conducteur (par exemple une ligne de signaux) sont exclus de cet essai.

b) Méthode d'essai

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

La tension doit être égale à 10 V dans l'étendue de fréquence de 150 kHz à 80 MHz par pas de 1 % et les perturbations doivent être induites en accord avec la CEI 61000-4-6. Afin de réduire le nombre de mesures nécessaires pour montrer la conformité à l'exigence ci-dessus, des méthodes similaires à celles données en 11.7.4 peuvent être utilisées.

11.7.6 Champ magnétique 50 Hz/60 Hz

a) Exigences

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) de l'affichage ou de la sortie de données due aux champs magnétiques de 50 Hz ou 60 Hz ne doivent pas être supérieures à $\pm 0,7 H_0$ ou $\pm 0,7 \dot{H}_0$. Pour un instrument de mesure d'équivalent de dose, cet écart ne doit pas être dépassé après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir le Tableau 8).

b) Méthode d'essai

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, les mesures étant effectuées sur l'étendue la plus sensible. L'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être exposé à des champs continus de 30 Am^{-1} à la fréquence de 50 Hz ou 60 Hz. Il convient que l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) soit exposé au minimum dans deux orientations (0° et 90°) par rapport aux lignes de champs.

12 Logiciel

12.1 Généralités

La version finale du logiciel doit être disponible au commencement des essais de type car une grande partie des essais du logiciel est couverte indirectement par l'essai métrologique. Le constructeur doit être conscient du fait que toute modification de la «partie relative aux données» du logiciel peut remettre en question la validité de l'essai de type.

NOTE Dans les instruments modernes, le logiciel prend une importance croissante dans la génération de la valeur mesurée. En conséquence, l'essai de type inclut automatiquement l'aptitude à la fonction du logiciel fonctionnant dans le dispositif en essai. Cela est pris en compte dans les exigences établies.

Les exigences établies sont basées sur le guide 7.2 «WELMEC software» (voir la bibliographie). Les exigences sont fondées sur les exigences pour les instruments possédant un logiciel embarqué dans les instruments de mesure (type P) et un risque de classe B (bas niveau).

12.2 Exigences

12.2.1 Exigences générales

Les exigences établies doivent empêcher toute modification non intentionnelle du logiciel de données. De plus, toute modification intentionnelle du logiciel hors de la procédure doit être empêchée, à moins d'être réalisée de manière anticipée par du personnel autorisé.

12.2.2 Conception et structure du logiciel

Le logiciel doit être conçu de telle sorte que la partie relative à la valeur indiquée n'est pas affectée par d'autres éléments logiciels sauf si cela est nécessaire pour l'utilisation correcte de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit).

NOTE Une solution technique possible est de scinder le logiciel en deux parties. Une partie contient toutes les fonctions nécessaires pour évaluer, mémoriser et afficher les valeurs indiquées. Cette partie est la «partie relative aux données». L'autre partie du logiciel, la «partie non relative aux données», contient par exemple la valeur, la date et l'heure d'un maximum de l'indication. La «partie relative aux données» possède des fonctions bien définies (interface logicielle) qui sont utilisées pour communiquer avec les «parties non relatives aux données». Ce concept

technique de séparation du logiciel présente l'avantage de permettre la modification de la «partie non relative aux données» sans influencer la «partie relative aux données». Le concept de séparation du logiciel est l'état de l'art en l'ingénierie logicielle.

12.2.3 Protection du logiciel et des données

12.2.3.1 Identification

La «partie relative aux données» du logiciel (voir note de 12.2.2) doit posséder une identification. Celle-ci doit pouvoir être affichée alors que le logiciel est en fonctionnement. Cette identification peut être comparée avec celle donnée dans l'enregistrement des essais ou dans le manuel d'utilisation.

NOTE Si l'identification est automatiquement modifiée en cas de modification du logiciel (dans ce cas, un simple numéro de version n'est pas suffisant), un bénéfice supplémentaire en résulte. Toute modification d'un octet dans le logiciel mémorisé de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit), par exemple due au rayonnement, est reconnue. Une solution technique possible est la somme de contrôle, au moins CRC-16, installée dans le logiciel. Lors du démarrage de l'instrument, la somme de contrôle est calculée à nouveau et comparée à la valeur de référence mémorisée. En cas de modification, le logiciel s'interrompt et délivre un message d'erreur approprié.

12.2.3.2 Alarme en cas de conditions anormales de fonctionnement

Toute apparition d'une condition anormale de fonctionnement dans un composant de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit être indiquée. Ces conditions anormales de fonctionnement comprennent celles qui mènent à une indication erronée ou une perte d'information de dose, par exemple la défaillance de la haute tension du tube photomultiplicateur.

12.2.3.3 Contrôle des données d'entrée

Toutes les valeurs utilisées pour la détermination de la valeur indiquée, par exemple les facteurs d'étalonnage et la haute tension d'un tube Geiger-Müller, doivent être protégées contre toute modification non autorisée.

NOTE Une solution technique possible est d'exiger un mot de passe avant toute modification de telles données.

12.2.3.4 Interfaces utilisateurs, interfaces matériels et interfaces logiciels

Toutes les commandes entrées ou valeurs reçues via les interfaces (par exemple l'interface utilisateur tel qu'un clavier, des interfaces logiciels) doivent influencer les données et les fonctions de l'instrument uniquement comme il convient. Toutes les commandes ou valeurs doivent être définies, c'est à dire qu'elles doivent avoir une signification et que leur traitement par l'instrument doit être possible, ou que l'instrument doit identifier celles qui sont invalides. Les commandes invalides ne doivent avoir aucun effet quel qu'il soit sur les données et les fonctions de l'instrument.

NOTE En principe, il est possible de contourner une interface logicielle. Ceci peut généralement être exclu par la séparation du logiciel (voir la note de 12.2.2) quand la «partie relative aux données» du logiciel est réalisée dans un fichier binaire séparé.

12.2.4 Documentation

12.2.4.1 Documentation du manuel d'utilisation

La fonctionnalité complète et tous les menus et sous-menus du logiciel doivent être décrits dans le manuel d'utilisation, voir Article 14.

12.2.4.2 Documentation pour l'essai de type

Outre la documentation listée dans l'Article 14, les informations suivantes doivent être fournies par le constructeur pour l'essai de type:

– une description de la structure du logiciel en accord avec 12.2.2,

- la méthode pour évaluer et afficher l'identification et pour empêcher des mesures avec un canal modifié, voir 12.2.3.1,
- les mesures pour reconnaître les conditions anormales de fonctionnement, voir 12.2.3.2,
- une liste complète de tous les paramètres pertinents, leurs étendues et les valeurs nominales, la méthode pour assurer que ces paramètres sont dans les étendues autorisées, où ils sont mémorisés, comment ils sont lus et comment ils peuvent être modifiés, voir 12.2.3.3,
- une liste complète des commandes (par exemple les composants du menu) et des valeurs qui peuvent être reçues via les interfaces, ainsi que leur effet, voir 12.2.3.4.

12.3 Méthode d'essai

12.3.1 Généralités

Même si l'essai du logiciel peut être un point très complexe, il ne doit pas cependant être le point déterminant de la durée d'essai. Ainsi, aucun essai spécifique n'est établi et la responsabilité reste très largement chez le constructeur. L'essai est seulement effectué indirectement lors de la réalisation de l'essai de type avec la version finale du logiciel et en utilisant la documentation du constructeur (voir 12.2.4) pour réaliser les essais. La seule vérification est effectuée sur la documentation.

12.3.2 Vérification de la documentation

L'utilisation du logiciel lors de l'essai de type implique l'utilisation d'une grande partie des menus. Ces derniers doivent être décrits dans le manuel d'utilisation. Le reste des menus doit être vérifié en «manipulant» le logiciel en fonctionnement et en comparant les composants des menus avec ce qui est décrit dans le manuel d'utilisation. S'il y a désaccord entre ce qui est constaté dans les menus du logiciel et le manuel d'utilisation, l'exigence n'est pas respectée. Il convient de pratiquer aussi ainsi pour les logiciels supplémentaires et pour les interfaces. De plus, l'identification (voir 12.2.3.1) doit être affichée et mentionnée dans le certificat.

13 Résumé des caractéristiques

Pour plus de facilité, les exigences des diverses caractéristiques d'aptitude à la fonction sont résumées dans les Tableaux 4 à 9. Ces tableaux donnent aussi la référence des articles pertinents dans lesquels les exigences pour chaque caractéristique sont décrites.

14 Documentation

14.1 Informations portées sur l'instrument

Chaque instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) doit porter sur son boîtier les informations suivantes:

- identification du constructeur ou la marque déposée,
- type de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) et son numéro de série,
- type de rayonnement que l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) est destiné à mesurer,
- grandeur mesurée,
- étendue de mesure effective,
- étendue assignée de la grandeur d'influence combinée «énergie de rayonnement et angle d'incidence du rayonnement»,
- étendue assignée de la température ambiante,
- point de référence de l'instrument,

- direction de référence.

14.2 Certificat

Un certificat doit être délivré pour chaque instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit), donnant au minimum les informations suivantes (CEI 61187):

- identification du constructeur ou la marque déposée,
- type de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) et son numéro de série,
- type de rayonnement que l'instrument est destiné à mesurer,
- limites des échelles pour chaque étendue de mesure,
- grandeur mesurée,
- étendue de mesure et variation de la réponse due à la non-linéarité,
- coefficient de variation dépendant de l'équivalent de dose,
- réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement (pour les rayonnements bêta et photonique),
- étendues assignées pour toutes les autres grandeurs d'influence et la variation correspondante de la réponse ou l'écart,
- point de référence de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour l'étalonnage et orientation de référence par rapport à la source d'étalonnage,
- direction de référence,
- identification du logiciel.

14.3 Manuel d'utilisation et de maintenance

Chaque instrument de mesure d'équivalent de dose (ou de débit) doit être fourni avec un manuel d'utilisations approprié conformément à la CEI 61187.

14.4 Rapport d'essai de type

Sur demande du client, le constructeur doit fournir le rapport d'essai de type conforme à la présente norme.

Tableau 3 – Valeurs de c_1 et c_2 pour différentes valeurs de dose (ou de débit) w et pour n indications pour chaque valeur de dose (ou de débit)

w	Valeur de c_1 pour n égal							Valeur de c_2 pour n égal						
	4	7	10	15	20	25	∞	4	7	10	15	20	25	∞
5	1,000	1,007	1,009	1,009	1,009	1,009	1	1,499	1,400	1,344	1,290	1,255	1,231	1
6	1,058	1,051	1,046	1,039	1,035	1,032	1	1,572	1,454	1,389	1,326	1,287	1,261	1
8	1,147	1,117	1,100	1,084	1,074	1,067	1	1,687	1,536	1,458	1,383	1,336	1,304	1
10	1,215	1,166	1,141	1,117	1,102	1,092	1	1,772	1,597	1,508	1,423	1,372	1,335	1
12	1,269	1,205	1,173	1,143	1,124	1,112	1	1,840	1,645	1,548	1,455	1,399	1,360	1
14	1,315	1,238	1,200	1,164	1,142	1,128	1	1,895	1,684	1,578	1,480	1,421	1,379	1
16	1,351	1,265	1,222	1,182	1,158	1,142	1	1,940	1,716	1,605	1,502	1,440	1,396	1
18	1,388	1,289	1,242	1,211	1,171	1,153	1	1,980	1,743	1,628	1,409	1,453	1,409	1
20	1,418	1,311	1,259	1,233	1,183	1,164	1	2,015	1,767	1,646	1,394	1,466	1,421	1
25	1,483	1,355	1,295	1,240	1,210	1,186	1	2,081	1,812	1,683	1,563	1,445	1,444	1
50	1,683	1,494	1,407	1,328	1,283	1,252	1	2,275	1,945	1,789	1,646	1,561	1,504	1

NOTE Valeurs prises de Brunzendorf et Behrens, voir Bibliographie.

EXEMPLE Pour 12 débits de dose différents et 10 indications prises à chaque valeur du débit de dose, la valeur c_1 devient $c_1 = 1,173$ et la valeur c_2 devient $c_2 = 1,548$.

Tableau 4 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

Grandeur d'influence	Conditions de référence (sauf autre indication du constructeur)	Conditions normales d'essai (sauf autre indication du constructeur)
Energie du rayonnement photonique pour: 1) Equivalent de dose ambiant, $H^*(10)$ 2) Equivalent de dose directionnel, $H'(0,07)$	Rayonnement gamma de ^{137}Cs ou N-100 (ISO 4037-3) N-80 ou S-Am (ISO 4037-3)	Rayonnement gamma de ^{137}Cs ou N-100 (ISO 4037-3) N-80 ou S-Am (ISO 4037-3)
Energie du rayonnement bêta 2) Equivalent de dose directionnel, $H'(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980-1)	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980-1)
Dose pour: $H^*(10)$ $H'(0,07)$	100 μSv 100 μSv	10 μSv à 1 mSv ^a 10 μSv à 1 mSv ^a
Débit de dose pour: $\dot{H}^*(10)$ $\dot{H}'(0,07)$	10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	3 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ^a 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 mSv h^{-1} ^a
Temps de stabilisation	15 min	≥ 15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C ^a
Humidité relative	65 %	55 % à 75 % ^a
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,6 kPa ^a
Tension d'alimentation électrique	Tension d'alimentation nominale	Tension d'alimentation nominale ± 1 %
Angle d'incidence du rayonnement	Direction d'étalonnage donnée par le constructeur	Direction donnée $\pm 5^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à la valeur la plus faible provoquant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à 2 fois l'induction provoquée par le champ magnétique terrestre
Orientation de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) et/ou du moniteur	A établir par le constructeur	Orientation établie $\pm 5^\circ$
Commandes de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) et/ou du moniteur	Réglées pour un fonctionnement normal	Réglées pour un fonctionnement normal
Rayonnement naturel ambiant	0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ ou moins si possible	Moins de 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
^a Les valeurs réelles au moment de l'essai doivent être établies.		

Tableau 5 – Caractéristiques des rayonnements pour les instruments de mesures d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Etendue assignée (minimale) de la grandeur d'influence	Limites de la variation de la réponse relative	Paragraphe
Linéarité	Trois ordres de grandeur incluant 100 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ et 100 μSv	– 15 % à + 22 %	5.5 et 8.7
Fluctuation statistique: Equivalent de dose	$H = H_0$ ^a $H_0 < H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	15 % (16 – H/H_0) % 5 %	8.7
Fluctuation statistique: Equivalent de débit de dose	$\dot{H} = \dot{H}_0$ ^a $\dot{H}_0 < \dot{H} < 11 \dot{H}_0$ $\dot{H} \geq 11 \dot{H}_0$	15 % (16 – \dot{H} / \dot{H}_0) % 5 %	8.7
Energie et angle d'incidence du rayonnement bêta	E_{mean} du rayonnement bêta 200 keV à 800 keV et 0° à $\pm 45^\circ$ à partir de la direction de référence	– 29 % à + 67 %	8.5.1
Energie et angle d'incidence des rayonnements X et gamma	10 keV à 250 keV et 0° à $\pm 45^\circ$ par rapport à la direction de référence	– 29 % à + 67 %	8.4.1
Angle d'incidence – rayonnement bêta	0° à $\pm 60^\circ$ par rapport à la direction de référence	A établir par le constructeur	8.5.1
Angle d'incidence – rayonnements X et gamma	0° à $\pm 90^\circ$ par rapport à la direction de référence	A établir par le constructeur	8.4.1
Débit de dose pour les mesures de dose	5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^b	–13 % à +18 %	8.11
Surcharge	100 fois l'étendue maximale pour le maximum de l'étendue jusqu'à et y compris 0,1 Sv h^{-1} 10 fois l'étendue maximale ou 10 Sv h^{-1} , la valeur la plus élevée prévalant, pour le maximum de l'étendue supérieur à 0,1 Sv h^{-1}	Indication d'hors échelle sur le coté droit de l'instrument pour indiquer la surcharge (pour 5 min)	8.8
Effets du rayonnement neutron	Non applicable	Réponse à établir par le constructeur	8.6.1
^a H_0 et \dot{H}_0 sont les limites inférieures de l'étendue de mesure de l'instrument de mesure d'équivalent de dose et de débit d'équivalent de dose. ^b Au moins la valeur maximale de l'étendue de mesure du débit de dose.			

Tableau 6 – Caractéristiques des rayonnements pour les instruments de mesures d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Etendue assignée (minimale) de la grandeur d'influence	Limites de la variation de la réponse relative	Paragraphe
Linéarité	Trois ordres de grandeur incluant 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ et 100 μSv	– 15 % à + 22 %	5.5 et 8.7
Fluctuation statistique: Equivalent de dose	$H = H_0$ ^a $H_0 < H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	15 % (16 – H/H_0) % 5 %	8.7
Fluctuation statistique: Equivalent de débit de dose	$\dot{H} < \dot{H}_0$ ^a $\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 11 \dot{H}_0$ $\dot{H} \geq 11 \dot{H}_0$	15 % (16 – \dot{H} / \dot{H}_0) % 5 %	8.7
Energie et angle d'incidence du rayonnement bêta	E_{mean} du rayonnement bêta 800 keV et 0° par rapport à la direction de référence	Indication inférieure à 10 % de la valeur de l'équivalent de dose (ou du débit) $H'(0,07)$ ou $\dot{H}'(0,07)$	8.5.1
Energie et angle d'incidence des rayonnements X et gamma	80 keV à 1,5 MeV ou 20 keV à 150 keV et 0° à $\pm 45^\circ$ par rapport à la direction de référence	– 29 % à + 67 %	8.4.2
Angle d'incidence des rayonnements X et gamma	0° à 90° par rapport à la direction de référence	A établir par le constructeur	8.4.2
Débit de dose pour les mesures de dose	5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^b	–13 % à +18 %	8.11
Surcharge	100 fois l'étendue maximale pour le maximum de l'étendue jusqu'à et y compris 0,1 Sv h^{-1} 10 fois l'étendue maximale ou 10 Sv h^{-1} , la valeur la plus élevée prévalant, pour le maximum de l'étendue supérieur à 0,1 Sv h^{-1}	Indication d'hors échelle sur le coté droit de l'instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour indiquer la surcharge (pour 5 min)	8.8
Effets du rayonnement neutron	Non applicable	Réponse à établir par le constructeur	8.6.1
Temps de réponse	Non applicable	$\dot{G}_f < 10 \text{ mSv h}^{-1}$: < 10 s pour indiquer 90 % de changement $\dot{G}_f > 10 \text{ mSv h}^{-1}$: 2 s Après 60 s: indique $(1 \pm 0,1)\dot{G}_f$	8.9
^a H_0 et \dot{H}_0 sont les limites inférieures de l'étendue de mesure de l'instrument de mesure d'équivalent de dose et de débit d'équivalent de dose. ^b Au moins la valeur maximale de l'étendue de mesure du débit de dose.			

Tableau 7 – Caractéristiques électriques, mécaniques et environnementales des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) directionnel

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Etendue assignée (minimale) de la grandeur d'influence	Limites de la variation de la réponse relative ou de la variation	Paragraphe
Dérive de zéro	Période de 4 h	$\pm 0,2 H_0$ ou $\pm 0,2 \dot{H}_0$ respectivement	9.1
Temps de chauffage	Non applicable	Délai pour une lecture dans $\pm 5 \%$ de la valeur finale dans les conditions de référence à établir	9.2
Sources d'alimentation Piles et accumulateurs	Pour 40 h d'utilisation intermittente	$\pm 5 \%$	9.3
Orientation de l'instrument de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit)	Toute	$\pm 2 \%$ de la déflexion angulaire maximale de pleine échelle	10.3
Température ambiante	–10 °C à +40 °C Instruments étiquetés «pour utilisation uniquement en intérieur»: +5 °C à +40 °C	–13 % à +18 % pour une dose de $10 H_0$ ou un débit de dose de $10 \dot{H}_0$	11.2
Humidité relative	jusqu'à 85 % d'humidité relative à 35 °C	–9 % à +11 % ^a	11.3
Pression atmosphérique	70 kPa à 106 kPa	–9 % à +11 %	11.4
Étanchéité	IP 53 conformément à la CEI 60529	Précautions à établir	11.5
Stockage	–25 °C à +50 °C pendant 3 mois	Fonctionnement dans les spécifications après déballage	11.6
^a Limite de variation de l'indication à 35 °C et humidité de référence.			

Tableau 8 – Valeurs maximales des écarts provoqués par les perturbations électromagnétiques

Grandeur d'influence ou paramètre de l'instrument	Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	Essai conforme à	Fréquence	Valeur maximale de l'écart ^a	Critère ^b	Paragraphe
Décharge électrostatique, Tension de charge	Décharge dans l'air: 0 kV à ± 8 kV Décharge par contact: 0 kV to ± 4 kV	CEI 61000-4-2	10 perturbations par heure	± 0,7 H_0 ou ± 0,7 \dot{H}_0	B	11.7.3
Champs électromagnétiques rayonnés généraux, amplitude de champ et modulation	80 MHz à 800 MHz et 960 MHz à 1,4 GHz 0 V m ⁻¹ à 10 V m ⁻¹ (eff., non modulé) 80 % AM (1 kHz)	CEI 61000-4-3	10 % du temps	± 0,7 H_0 ou ± 0,7 \dot{H}_0	A	11.7.4.1
Champs électromagnétiques rayonnés des téléphones mobiles et des réseaux sans fil LAN, amplitude de champ et modulation	800 MHz à 960 MHz et 1,4 GHz à 2,7 GHz 0 Vm ⁻¹ à 30 Vm ⁻¹ (eff., non modulé) 80 % AM (1 kHz)	CEI 61000-4-3	10 % du temps	± 0,7 H_0 ou ± 0,7 \dot{H}_0	A	11.7.4.2
Perturbations conduites induites par des radiofréquences, fréquence et tension	150 kHz à 80 MHz 0 à 10 V (eff, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	CEI 61000-4-6	10 % du temps	± 0,7 H_0 ou ± 0,7 \dot{H}_0	A	11.7.5
Champ magnétique 50 Hz/60 Hz, amplitude de champ	0 A m ⁻¹ à 30 A m ⁻¹	CEI 61000-4-8	10 % du temps	± 0,7 H_0 ou ± 0,7 \dot{H}_0	A	11.7.6
^a H_0 est la limite inférieure de l'étendue effective de mesure. ^b Voir la CEI 61000-6-2.						

Tableau 9 – Aptitudes mécaniques dans les conditions d'essai

Grandeur d'influence	Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	Conditions d'essai	Paragraphe
Effets microphoniques	0,1 m	60 chutes d'une hauteur donnée sur une surface d'acier (CEI 60068-2-31)	10.1
Chute au cours du transport	1 m	6 chutes d'une hauteur donnée dans des directions orthogonales sur une surface de béton	10.2

Annexe A (normative)

Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation de rayonnement, l'amplitude des fluctuations statistiques de la lecture provenant uniquement de la nature aléatoire du rayonnement peut constituer une part significative de la variation de la lecture autorisée lors de l'essai. Un nombre suffisant de lectures doit être effectué pour assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité ou la non-conformité aux exigences de l'essai. Le Tableau A.1 fournit des recommandations sur le nombre de lectures du dosimètre nécessaires pour déterminer les différences réelles entre deux séries de lectures du dosimètre avec un niveau de confiance de 95 %. Sont listés les différences exprimées en pourcentages, entre les moyennes, le coefficient de variation de la série de lectures (l'hypothèse étant faite qu'il est identique pour chaque série) et le nombre de lectures requis.

Chaque fois que c'est possible pendant l'essai, il convient d'utiliser des débits d'équivalents de dose tels que leur effet sur la fluctuation statistique des lectures du dosimètre soit minimisé. Pour cela, il peut être nécessaire de faire les lectures à mi-échelle ou au milieu des ordres de grandeur sur la seconde ou la troisième échelle ou ordre de grandeur parmi les plus sensibles.

L'intervalle entre les lectures du dosimètre doit être suffisamment large pour que les lectures soient statistiquement indépendantes. Le constructeur doit fournir toutes les informations nécessaires.

Tableau A.1 – Nombre de lectures de l'instrument requises pour déterminer de différences réelles (niveau de confiance 95 %) entre deux séries de lectures sur le même instrument⁶

Différence en pourcentage entre valeur vraie et valeurs obtenues	Coefficient de variation spécifié par le constructeur %	Nombre de lectures requis pour obtenir la différence en pourcentage
5	0,5	1
5	1,0	1
5	2,0	4
5	3,0	9
5	4,0	16
5	5,0	25
5	7,5	56
5	10,0	99
5	12,5	154
5	15,0	223
5	20,0	396
10	0,5	1
10	1,0	1
10	2,0	1
10	3,0	3
10	4,0	4
10	5,0	6
10	7,5	14
10	10,0	24
10	12,5	37
10	15,0	53
10	20,0	94
15	0,5	1
15	1,0	1
15	2,0	1
15	3,0	1
15	4,0	2
15	5,0	3
15	7,5	6
15	10,0	10
15	12,5	16
15	15,0	23
15	20,0	40
20	0,5	1
20	1,0	1
20	2,0	1
20	3,0	1
20	4,0	1
20	5,0	2
20	7,5	3
20	10,0	6
20	12,5	9
20	15,0	12
20	20,0	21

Ce tableau suppose l'hypothèse que la probabilité de pouvoir dire qu'il y a une différence quand il n'y a pas de différence réelle et que la probabilité de dire qu'il n'y a pas de différence alors qu'il y a une différence réelle sont toutes les deux égales à 0,05.

⁶ Informations issues de la norme américaine ANSI N42.17A.D8.

Annexe B (informative)

Catégories d'utilisation des instruments de lecture d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant/directionnel

Les catégories d'utilisation données dans le Tableau B.1 peuvent être utilisées pour classer les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) lors des acceptations.

Tableau B.1 – Catégories d'utilisation pour les instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) ambiant or directionnel

Catégorie principale	Symbole	Etendue d'utilisation minimale requise	Extensions optionnelles			
			pour l'étendue d'énergie	pour l'étendue de l'angle	pour l'étendue de débit de dose	pour l'étendue de dose
$H^*(10)$ Rayonnement gamma	G	énergie: 80 keV à 1,5 MeV angle: - 45° à + 45° débit de dose: 3 ordres de grandeur incluant 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ dose (si fournie): 3 ordres de grandeur, incluant 0,1 mSv	m (moy): limite moyenne 60 keV l (inf): limite inférieure 20 keV h (sup): incluant 6 MeV	w (large): - 90° à + 90°	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite inférieure 0,03 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): limite haute 2 Sv f : limite inférieure 10 μSv k : limite inférieure 0,1 μSv
$H^*(10)$ Rayonnement X	X	énergie: 20 keV à 150 keV angle: - 45° à + 45° débit de dose: 3 ordres de grandeur incluant 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ dose (si fournie): 3 ordres de grandeur, incluant 0,1 mSv	l (inf): limite inférieure 10 keV h (sup): incluant 300 keV	w (large): - 90° à + 90°	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite inférieure 0,03 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): limite haute 2 Sv f : limite inférieure 10 μSv k : limite inférieure 0,1 μSv
$H'(0,07)$ Rayonnement X, gamma	S (peau)	énergie: 10 keV à 250 keV débit de dose: 3 ordres de grandeur incluant 0,1 mSv h^{-1} dose (si fournie): 3 ordres de grandeur, incluant 0,1 mSv	h : (sup) incluant 300 keV u : (ultra) incluant 1,3 MeV		a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite inférieure 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): limite haute 2 Sv f : limite inférieure 10 μSv
$H'(0,07)$ Rayonnement bêta	B	énergie moyenne (E_{mean}): 200 keV à 800 keV débit de dose: 3 ordres de grandeur incluant 0,1 mSv h^{-1} dose (si fournie): 3 ordres de grandeur, incluant 0,1 mSv	l : limite inférieure 60 keV (E_{mean})		a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite inférieure 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	a (accident): limite haute 2 Sv f : limite inférieure 10 μSv
EXEMPLE Un dosimètre gamma pour une centrale nucléaire dans des conditions d'accidents peut être classé Gha . Un dosimètre fixe pour la surveillance du débit de dose de l'environnement peut être classé Gmhwe et pour la dose, être classé Gmhwk .						

Annexe C (informative)

Etalonnage des instruments de mesure d'équivalent de dose (ou du débit) pour la surveillance de l'environnement

Pour la mesure des débits d'équivalent de dose faibles, il est nécessaire de prendre en compte la contribution du rayonnement naturel au débit d'équivalent de dose 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 dispositif.

L'indication \dot{G} d'un dispositif qui est irradié par une source d'étalonnage peut être représenté par:

$$\dot{G} = R_c \dot{H}^*(10)_c + R_t \dot{H}^*(10)_t + R_s \dot{H}^*(10)_s + \dot{G}_0$$

où

- \dot{G} est l'indication de débit de dose en termes de $H^*(10)$, par exemple en unité nSv h⁻¹,
- $\dot{H}^*(10)_c$ le débit d'équivalent de dose ambiant du à la composante cosmique du rayonnement naturel dans la salle d'étalonnage,
- $\dot{H}^*(10)_t$ le débit d'équivalent de dose ambiant du à la composante gamma terrestre du rayonnement naturel dans la salle d'étalonnage,
- $\dot{H}^*(10)_s$ le débit d'équivalent de dose ambiant du à la source d'étalonnage,
- R_c est la réponse à la composante cosmique du rayonnement naturel,
- R_t est la réponse à la composante gamma terrestre du rayonnement naturel,
- R_s est la réponse au rayonnement de la source d'étalonnage,
- \dot{G}_0 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 photonique 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 et \dot{G}_0 il est nécessaire de mesurer chaque réponse séparément par élimination des trois autres grandeurs d'influence. Ceci peut être fait de la façon suivante.

- a) Déterminer comment R_s varie avec l'énergie et pondérer les valeurs appropriées R_s par le spectre d'énergie environnemental, une valeur de R_t applicable à l'utilisation du dispositif en exploitation peut être calculée.
- b) L'indication \dot{G}_0 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, \dot{G}_0 peut être normalement considéré comme du à la radioactivité alpha intrinsèque dans la chambre. Elle peut être estimée en plaçant la 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, $\dot{G}_{0,s}$, de l'instrument est d'abord faite avant l'exposition à la source d'étalonnage,
- 2) le dispositif est alors exposé à la source et la lecture \dot{G}_s est notée,

$$3) R_s = \frac{\dot{G}_s - \dot{G}_{0,s}}{\dot{H}^*(10)_s}.$$

Cette méthode élimine les effets de réponse dus au rayonnement cosmique, ceux dus au rayonnement inhérent au laboratoire d'étalonnage et de la contribution \dot{G}_0 . Il convient de noter, cependant, que ce n'est applicable que si le rayonnement diffusé à partir de la source est négligeable. Lorsque 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 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) Déterminer la contribution à la lecture, \dot{G}_0 , 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) Déterminer la réponse R_s à partir de la pente de la dépendance linéaire de la lecture de l'instrument \dot{G}_s par rapport au débit d'équivalent de dose ambiant $\dot{H}^*(10)_s$ de la source d'étalonnage.

Bibliographie

CEI 60325:2002, *Instrumentation pour la radioprotection – Contaminamètres et moniteurs de contamination alpha, bêta et alpha/bêta (énergie des bêta >60 keV)*

CEI 61005:2003, *Instrumentation pour la radioprotection – Appareils de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)*

ICRU Report 47:1992, *Measurements of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations*, International Commission on Radiation Units and Measurements (uniquement disponible en anglais)

ICRU Report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*, International Commission on Radiation Units and Measurements (uniquement disponible en anglais)

WELMEC, WELMEC 7.2, *Software Guide: Measuring Instruments Directive 2004/22/EC, Issue 1*, téléchargeable sur <http://www.welmec.org/publications/7-2en.pdf>

Brunzendorf, J. et Behrens, R., *How to type test the coefficient of variation of an indication*, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 123, pp. 21-31 (2007) (uniquement disponible en anglais)

BCRU, *Guide to the Measurement of Environmental Gamma-Ray Dose Rate*, F. W. Spiers, J. A. B. Gibson and I.M.G. Thompson (1981) (uniquement disponible en anglais)

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

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