

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Instrumentation pour la radioprotection – Mesure des équivalents de dose individuels $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta – Appareils de mesure à lecture directe de l'équivalent de dose individuel



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2010 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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 – Measurement of personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ for X, gamma, neutron and beta radiations – Direct reading personal dose equivalent meters

Instrumentation pour la radioprotection – Mesure des équivalents de dose individuels $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta – Appareils de mesure à lecture directe de l'équivalent de dose individuel

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE **XA**
CODE PRIX

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-063-5

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Units and list of symbols.....	19
4.1 Units	19
4.2 List of symbols	19
5 Mechanical characteristics.....	21
5.1 Size.....	21
5.2 Mass	21
5.3 Case	21
5.4 Switches	21
6 General characteristics.....	21
6.1 Storage of dose information.....	21
6.2 Indication	21
6.3 Dosimeter markings	22
6.4 Retention of radioactive contamination	22
6.5 Ranges for dose equivalent and dose equivalent rate.....	22
6.6 Effective range of measurement	22
6.7 Rated range of an influence quantity	22
6.8 Use of more than one dosimeter.....	22
6.9 Indication due to instrument artefacts	23
6.10 Dose or dose rate alarms	23
6.10.1 General	23
6.10.2 Dose equivalent alarms	23
6.10.3 Dose equivalent rate alarms	23
6.10.4 Alarm output.....	23
6.11 Indication of malfunction.....	23
7 General test procedures	23
7.1 Nature of tests.....	23
7.2 Reference conditions and standard test conditions	24
7.3 Tests for influence quantities of type F	24
7.4 Tests for influence quantities of type S	24
7.5 Phantom for testing	24
7.6 Position of detector assembly for the purpose of testing	24
7.7 Position of dosimeter during use	25
7.8 Minimum rated range of influence quantity	25
7.9 Low dose equivalent rates	25
7.10 Statistical fluctuations	25
7.11 Production of reference radiation.....	25
8 Additivity of indicated value	25
8.1 Requirements	25
8.2 Method of test	26
8.3 Interpretation of the results	26
9 Radiation performance requirements and tests	26

9.1	General	26
9.2	Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value	27
9.3	Constancy of the dose response, dose rate dependence and statistical fluctuations.....	27
9.3.1	General	27
9.3.2	Requirements	27
9.3.3	Method of test using sources	27
9.3.4	Interpretation of the results of the test using sources.....	28
9.3.5	Method of test for photon dosimeters using natural radiation	28
9.3.6	Interpretation of the results of the test using natural radiation.....	28
9.4	Variation of the response due to photon radiation energy and angle of incidence.....	29
9.4.1	Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$	29
9.4.2	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	29
9.5	Variation of the response due to neutron radiation energy and angle of incidence.....	30
9.5.1	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	30
9.6	Variation of the response due to beta radiation energy and angle of incidence.....	31
9.6.1	Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$	31
9.6.2	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	32
9.7	Retention of dose equivalent reading	32
9.7.1	General	32
9.7.2	Requirements	33
9.7.3	Method of test and interpretation of the results	33
9.8	Overload characteristics	33
9.8.1	General	33
9.8.2	Requirements	33
9.8.3	Method of test and interpretation of the results	33
9.9	Alarm	34
9.9.1	General	34
9.9.2	Response time for dose equivalent rate indication and alarm.....	34
9.9.3	Accuracy of dose equivalent alarm	35
9.9.4	Accuracy of dose equivalent rate alarm	35
9.10	Model function.....	36
10	Electrical and environmental performance requirements and tests.....	36
10.1	General.....	36
10.2	Power supplies.....	36
10.2.1	General requirements	36
10.2.2	Specific primary batteries requirements	36
10.2.3	Specific secondary batteries requirements.....	37
10.2.4	Method of test and interpretation of the results (primary and secondary batteries).....	37
10.3	Ambient temperature	38
10.3.1	Requirements	38
10.3.2	Method of test and interpretation of the results	39
10.4	Relative humidity.....	39
10.4.1	Requirements	39

10.4.2	Method of test and interpretation of the results	40
10.5	Atmospheric pressure.....	40
10.6	Sealing.....	40
10.7	Storage	40
11	Electromagnetic performance requirements and tests.....	40
11.1	General.....	40
11.2	Electrostatic discharge	41
11.2.1	Requirements	41
11.2.2	Test method and interpretation of the results	41
11.3	Radiated electromagnetic fields.....	41
11.3.1	Requirements	41
11.3.2	Test method and interpretation of the results	41
11.4	Conducted disturbances induced by fast transients or bursts.....	42
11.4.1	Requirements	42
11.4.2	Method of test and interpretation of the results	42
11.5	Conducted disturbances induced by surges.....	42
11.5.1	Requirements	42
11.5.2	Method of test and interpretation of the results	42
11.6	Conducted disturbances induced by radio-frequencies	42
11.6.1	Requirements	42
11.6.2	Method of test and interpretation of the results	42
11.7	50 Hz/60 Hz magnetic field.....	43
11.7.1	Requirements	43
11.7.2	Method of test and interpretation of the results	43
11.8	Voltage dips and short interruptions	43
11.8.1	Requirements	43
11.8.2	Method of test and interpretation of the results	43
12	Mechanical performance, requirements and tests	43
12.1	General.....	43
12.2	Drop test	43
12.2.1	Requirements	43
12.2.2	Method of test and interpretation of the results	43
12.3	Vibration test.....	44
12.3.1	Requirements	44
12.3.2	Method of test and interpretation of the results	44
12.4	Microphonics test	44
12.4.1	Requirements	44
12.4.2	Method of test and interpretation of the results	44
13	Uncertainty.....	44
14	Documentation	45
14.1	Type test report.....	45
14.2	Certificate	45
15	Operation and maintenance manual	45
Annex A (normative)	Statistical fluctuations	54
Annex B (informative)	Procedure to determine the variation of the relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence.....	56
Annex C (informative)	Usage categories of personal dosimeters.....	58
Bibliography.....		59

Table 1 – Symbols (and abbreviated terms)	19
Table 2 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value	47
Table 3 – Reference conditions and standard test conditions	48
Table 4 – Radiation characteristics of $H_p(0,07)$ dosimeters for X, gamma and beta radiation	49
Table 5 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for X and gamma radiation	50
Table 6 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for neutron radiation.....	51
Table 7 – Electrical and environmental characteristics of dosimeters	52
Table 8 – Electromagnetic disturbance characteristics of dosimeters	53
Table 9 – Mechanical disturbances characteristics of dosimeters.....	53
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.....	55
Table C.1 – Usage categories of personal dosimeters	58

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
MEASUREMENT OF PERSONAL DOSE EQUIVALENTS $H_p(10)$
AND $H_p(0,07)$ for X, GAMMA, NEUTRON AND BETA RADIATIONS –
DIRECT READING PERSONAL DOSE EQUIVALENT METERS**

FOREWORD

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

International Standard IEC 61526 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision. This edition includes the following significant technical changes with regard to the previous edition:

- Inclusion of terms and definitions from ISO/IEC Guide 99:2007 (VIM:2008).
- Full consistency with IEC/TR 62461:2006 "*Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement*".
- Improved determination of constancy of the dose response and statistical fluctuations.
- Abolition of classes of personal dose equivalent meters in relation to retention of stored information.
- Inclusion of usage categories of personal dosimeters in Annex C.

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

FDIS	Report on voting
45B/648/FDIS	45B/666/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

This International Standard applies to active, direct reading personal dose equivalent meters and monitors used for measuring the personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ for X, gamma, neutron and beta radiations.

For the personal dose equivalent $H_p(10)$ or the personal dose equivalent rate $\dot{H}_p(10)$ and for X and gamma radiations, two minimum rated ranges for the photon energy are given. The first from 20 keV to 150 keV is for workplaces where low energy X-rays are used, e.g., in medical diagnostic, the second from 80 keV to 1,5 MeV is for workplaces where high energy X-rays and/or gamma sources are used, e.g., in industry. For neutron radiation the minimum rated range of neutron energy is from 0,025 eV (thermal neutrons) to 5 MeV. The rated ranges can be extended to all energies covered by the respective standards for reference radiation fields.

For the personal dose equivalent $H_p(0,07)$ and for X and gamma radiations, a minimum rated range for the photon energy from 20 keV to 150 keV is given and for beta radiation, the minimal rated range is from 0,2 MeV to 0,8 MeV. The rated ranges can be extended to all energies covered by the respective standards for reference radiation fields.

Examples of extended rated ranges are given in Annex C.

In some applications, for example, at a nuclear reactor installation where 6 MeV photon radiation is present, measurement of personal dose equivalent (rate) $H_p(10)$ for photon energies up to 10 MeV should be required. In some other applications, measurement of $H_p(10)$ down to 10 keV should be required.

For personal dose equivalent meters, requirements for measuring the dose quantities $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ and for monitoring of the dose rate quantities $\dot{H}_p(10)$ and $\dot{H}_p(0,07)$ are given. The measurement of these dose rate quantities is an option for personal dose equivalent meters.

Establishments in some countries may wish to use this type of personal dose equivalent meter as the dosimeter to provide the dose of record by an approved dosimetry service.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – MEASUREMENT OF PERSONAL DOSE EQUIVALENTS $H_p(10)$ AND $H_p(0,07)$ for X, GAMMA, NEUTRON AND BETA RADIATIONS – DIRECT READING PERSONAL DOSE EQUIVALENT METERS

1 Scope and object

This International Standard applies to personal dose equivalent meters with the following characteristics:

- a) They are worn on the trunk or the extremities of the body.
- b) They measure the personal dose equivalents $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ from external X and gamma, neutron and beta radiations, and may measure the personal dose equivalent rates $\dot{H}_p(10)$ and $\dot{H}_p(0,07)$.
- c) They have a digital indication.
- d) They may have alarm functions for the personal dose equivalents or personal dose equivalent rates.

This standard is therefore applicable to the measurement of the following combinations of dose quantities (including the respective dose rates) and radiation

- 1) $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ from X and gamma radiations;
- 2) $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiations;
- 3) $H_p(10)$ from X and gamma radiations;
- 4) $H_p(10)$ from neutron radiations;
- 5) $H_p(10)$ from X, gamma and neutron radiations;
- 6) $H_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiations.

NOTE 1 When reference is made in this standard to "dose", this is meant to indicate personal dose equivalent, unless otherwise stated.

NOTE 2 When reference is made in this standard to "dosemeter", this is meant to include all personal dose equivalent meters, unless otherwise stated.

This standard specifies requirements for the dosimeter and, if supplied, for its associated readout system.

This standard specifies, for the dosimeters described above, general characteristics, general test procedures, radiation characteristics as well as electrical, mechanical, safety and environmental characteristics. The only requirements specified for associated readout systems are those which affect its accuracy of readout of the personal dose equivalent and alarm settings and those which concern the influence of the reader on the dosimeter.

This standard also specifies in Annex C usage categories with respect to different measuring capabilities.

This standard does not cover special requirements for accident or emergency dosimetry although the dosimeters may be used for this purpose. The standard does not apply to dosimeters used for measurement of pulsed radiation, such as radiation emanating from most medical diagnostic X-ray facilities, linear accelerators or similar equipment.

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 60050-393:2003, *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 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measurement techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measurement techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*

IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*

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 61000-4-8:2009, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-8: Testing and measurement techniques – Power frequency magnetic field immunity test*

IEC 61000-4-11:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests*

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*

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

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

ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl.1:2008, *Propagation of distributions using a Monte Carlo method and Corr.1* (2009)

ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate 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 dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*

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

ISO 4037-4:2004, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate 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: Method 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 the determination of their response as a function of beta radiation energy and angle of incidence*

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

ISO 8529-2:2000, *Reference neutron radiations – Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to the basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 8529-3:1998, *Reference neutron radiations – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of response as a function of energy and angle of incidence*

ISO 12789-1:2008, *Reference radiation fields – Simulated workplace neutron fields – Part 1: Characteristics and methods of production*

ISO 12789-2:2008, *Reference radiation fields – Simulated workplace neutron fields – Part 2: Calibration fundamentals related to the basic quantities*

ICRU report 51:1993, *Quantities and units in radiation protection dosimetry*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-393, IEC 60050-394, IEC 60359 and ICRU Report 51, as well as the following terms and definitions, apply.

**3.1
acceptance test**

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

[IEV 394-20-09; IEV 151-16-23; IEV 394-40-05]

**3.2
calibration (for the purpose of this standard)**

quantitative determination of the reference calibration factor, N_0 , and the correction for non-constant response, r_n , under a controlled set of standard test conditions for which all the m relative response values, r_q , are unity and all the l deviations, D_p , are zero

**3.3
calibration factor**

N

quotient of the conventional true value of a quantity, H_r , and the indicated value, G_r , at the point of test for a specified reference radiation under specified reference conditions. It is expressed as

$$N = \frac{H_r}{G_r}$$

NOTE 1 (See ISO 4037-3) The calibration factor N is dimensionless when the instrument indicates the quantity to be measured. A dosimeter indicating the conventional quantity value correctly has the calibration factor of one.

NOTE 2 (See ISO 4037-3) The reciprocal of the calibration factor is equal to the response under reference conditions. In contrast to the calibration factor, which refers to the reference conditions only, the response refers to any condition prevailing at the time of measurement.

NOTE 3 (See ISO 4037-3) The value of the calibration factor may vary with the magnitude of the quantity to be measured. In such cases, a dosimeter is said to have a non-constant response.

**3.4
coefficient of variation**

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

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

[IEV 394-40-14]

**3.5
combined standard measurement uncertainty**

combined standard uncertainty

u_c

standard measurement uncertainty that is obtained using the individual standard measurement uncertainties associated with the input quantities in a measurement model

NOTE In case of correlations of input quantities in a measurement model, covariances must also be taken into account when calculating the combined standard measurement uncertainty; see also ISO/IEC Guide 98-3:2008,2.3.4.

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.31]

3.6**conventional quantity value**

conventional value of a quantity

conventional value

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.

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.12]

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

3.7**correction for non-constant response** r_n

quotient of the response, R , under specified conditions where only the quantity to be measured is varied and the reference response, R_0 . It is expressed as

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

NOTE For an instrument with constant response, r_n is equal to one.

3.8**detector assembly**

assembly of a radiation detector and the associated components needed for the calibration or the determination of the response

NOTE The calibration result is only valid for this detector assembly.

EXAMPLE A personal dosimeter is to be calibrated using a phantom. The combination of personal dosimeter and phantom and possibly further reading instruments and cables comprise one detector assembly.

[ISO/DIS 29661, 3.1.10]

3.9**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.

3.10
effective range of measurement

range of values of the quantity to be measured over which the performance of a dosimeter meets the requirements of this standard

[IEV 394-20-16, modified]

3.11
expanded measurement uncertainty

expanded uncertainty

U

product of a combined standard measurement uncertainty and a factor larger than the number one

NOTE 1 The factor depends upon the type of probability distribution of the output quantity in a measurement model and on the selected coverage probability.

NOTE 2 The term “factor” in this definition refers to a coverage factor.

NOTE 3 Expanded measurement uncertainty is termed “overall uncertainty” in paragraph 5 of Recommendation INC-1 (1980) (see the GUM) and simply “uncertainty” in IEC documents.

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.35]

3.12
indicated value (for the purpose of this standard)

G

value given by the digital indication of the dosimeter

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.

[IEV 394-20-27; 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 Examples are radiation energy and angle of radiation incidence (see 9.4 to 9.6) and dose rate when measuring the dose.

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 Examples are electromagnetic disturbance (see Clause 11) and microphonics (see 12.4).

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 possible measuring time** t_{\max}

longest measuring time within which all requirements of this standard are fulfilled

NOTE The time can be given by the battery life or by other requirements, see note to 9.3.6.

3.18**measured value (using response)** 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 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-constant 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 With the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the reference calibration factor, the correction for non-constant 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**minimum rated range**

smallest range being specified of an influence quantity or instrument parameter over which the dose equivalent meter will operate within the respective variation of the relative response in order to comply with this standard

3.20**non-constant response**

variation of the value of the (relative) response with the magnitude of the quantity to be measured

3.21**personal dose equivalent** $H_p(d)$ dose equivalent in soft tissue at a specified point in the human body at a depth d

NOTE The recommended depths are 10 mm for penetrating radiation and 0,07 mm for superficial radiation.

[IEV 393-14-97]

3.22**personal dose equivalent meter**

assembly intended to measure the personal dose equivalent with a digital dose indication

**3.23
personal dose equivalent rate**

$\dot{H}_p(d)$

quotient of $dH_p(d)$ by dt , where $dH_p(d)$ is the increment of personal dose equivalent in the time interval dt

$$\dot{H}_p(d) = \frac{dH_p(d)}{dt}$$

Units of personal dose equivalent rate are a quotient of the sievert or its decimal multiples or submultiples by a suitable unit of time (for example, mSv h⁻¹)

**3.24
point of test**

point at which the conventional quantity value is determined and at which the reference point of the detector assembly is placed for calibration and test purposes

**3.25
qualification tests**

tests which are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled. Qualification tests are subdivided into type tests and routine tests

**3.26
rated range**

range of a quantity to be measured, observed, supplied, or set assigned to the instrument

**3.27
rated range of use**

range of values of an influence quantity giving the limits of operation within the stated limits of the relative response or the deviation

**3.28
reference calibration factor**

calibration factor, N_0 , for a reference value, $H_{r,0}$, of the quantity to be measured. With $G_{r,0}$ being the respective indicated value, it is expressed as

$$N_0 = \frac{H_{r,0}}{G_{r,0}}$$

NOTE For the value of $H_{r,0}$ see Table 3.

**3.29
reference operating condition
reference condition**

operating condition prescribed for evaluating the performance of a measuring instrument or measuring system or for comparison of measurement results

NOTE 1 Reference operating conditions specify intervals of values of the measurand and of the influence quantities.

NOTE 2 In IEC 60050-300, 311-06-02, the term “reference condition” refers to an operating condition under which the specified instrumental measurement uncertainty is the smallest possible.

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 4.11]

NOTE 3 The reference conditions given in Table 3 include also a reference value for the quantity to be measured. For an instrument with non-constant response these values are mandatory, e.g., the indicated value G during testing should be equal to $H_{r,0}/N_0$ (see 3.28). For an instrument with constant response, $H_{r,0}$, can be any value within the range given by the standard test conditions, see Table 3.

3.30 reference orientation

orientation of the detector assembly with respect to the direction of the incident radiation stated by the manufacturer

NOTE The detector assembly is positioned in the reference orientation during calibration.

3.31 reference point of an assembly

mark on the equipment by which the assembly is positioned for the purpose of calibration

NOTE The point from which the distance to the source is measured.

[IEV 394-40-15, modified]

3.32 reference response

R_0
response of the assembly under reference conditions:

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

where $H_{r,0}$ is a reference (conventional) quantity value of the quantity to be measured for a specified reference radiation under specified reference conditions and $G_{r,0}$ is the respective indicated value.

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

3.33 relative expanded uncertainty

U_{rel}
expanded uncertainty divided by the result of the measurement

3.34 relative response

r
ratio of the response, R , and the reference response, R_0 , at the point of test under specified conditions:

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

NOTE The reference response R_0 is always measured at 0° radiation incidence at the reference energy, see 3.30.

3.35 response (of a radiation measuring assembly)

R
ratio, under specified conditions, given by the relation:

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

where G is the value of the quantity measured by the equipment or assembly under test and

H is the conventional quantity value of this quantity

[IEV 394-40-21, modified]

NOTE 1 For an instrument with non-constant response, the value of the response varies when the conventional quantity value is changed.

NOTE 2 For the specified reference conditions, the response is the reciprocal of the calibration factor.

3.36

routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

[IEV 151-16-17, IEV 394-40-03]

3.37

standard test conditions

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 (see column 3 of Table 3)

3.38

standard measurement uncertainty

standard uncertainty of measurement

standard uncertainty

u_i

measurement uncertainty expressed as a standard deviation

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.30]

3.39

supplementary tests

tests intended to provide supplementary information on certain characteristics of the dosimeters

3.40

type test

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

[IEV 394-40-02; IEV 151-16-16]

3.41

measurement uncertainty

uncertainty of measurement

uncertainty

non-negative parameter characterizing the dispersion of the quantity values being attributed to a measurand, based on the information used

NOTE 1 Measurement uncertainty includes components arising from systematic effects, such as components associated with corrections and the assigned quantity values of measurement standards, as well as the definitional uncertainty. Sometimes estimated systematic effects are not corrected for but, instead, associated measurement uncertainty components are incorporated.

NOTE 2 The parameter may be, for example, a standard deviation (or a specified multiple of it), or the half-width of an interval having a stated coverage probability.

NOTE 3 Measurement uncertainty comprises, in general, many components. Some of these may be evaluated by type A evaluation of measurement uncertainty from the statistical distribution of the quantity values from series of measurements and can be characterized by standard deviations. The other components, which may be evaluated by type B evaluation of measurement uncertainty, can also be characterized by standard deviations, evaluated from probability density functions based on experience or other information.

NOTE 4 In general, for a given set of information, it is understood that the measurement uncertainty is associated with a stated quantity value attributed to the measurand. A modification of this value results in a modification of the associated uncertainty

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.26]

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 is given in IEC 60050-393, IEC 60050-394 and ICRU report 51. In addition, the following units are accepted:

- For energy: electron-volt (symbol eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- For time: year, day (symbol d), 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). $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

4.2 List of symbols

Table 1 gives a list of the symbols (and abbreviated terms) used.

Table 1 – Symbols (and abbreviated terms)

Symbol	Meaning	Unit
α	Angle of radiation incidence	deg
α_{\max}	Maximum value of α within rated range of use	deg
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(rate) value	Sv (Sv h ⁻¹)
G_a	Indicated dose value at which the alarm occurs	Sv
\dot{G}_{high}	Stabilized dose rate reading after an increase in dose rate	Sv h ⁻¹
G_K	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional quantity value H_K	Sv
G_{K+L}	Indicated dose value due to a (simultaneously) combined irradiation with the conventional quantity value $H_K + H_L$	Sv
G_L	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional quantity value H_L	Sv
$G_{\text{low},1}$	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
Δg_{mix}	Relative change in indication caused by subsequent and mixed (simultaneously) exposure, see Clause 8	—
G_{nom}	Indication of the dosimeter under given conditions when the battery voltage has its nominal value.	Sv
G_{nat}	Accumulated dose in the environment	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)
H	Conventional quantity value of the dose (rate)	Sv (Sv h ⁻¹)
H_0	Lower dose(rate) limit of the effective range of measurement	Sv (Sv h ⁻¹)

Symbol	Meaning	Unit
H_a	Dose value to which the alarm is set	Sv
$H_{a,c}$	Conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs	Sv
\dot{H}_a	Dose rate value to which the alarm is set	Sv h ⁻¹
$H_p(0,07)$	Personal dose equivalent at a depth 0,07 mm	Sv
$H_p(10)$	Personal dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
$\dot{H}_p(0,07)$	Personal dose equivalent rate at a depth 0,07 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(10)$	Personal dose equivalent rate at a depth 10 mm	Sv h ⁻¹
$H_p(d)$	Dose equivalent in soft tissue at a specified point in the human body at a depth d	Sv
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)
$H_{\text{true,nat}}$	Expected personal dose equivalent due to natural environmental radiation	Sv
$\dot{H}_{\text{true,nat}}$	Known personal dose equivalent rate due to natural environmental radiation	Sv h ⁻¹
$I_{\text{low},1}$	Supply current of the dosimeter when the indication is $M_{\text{low},1}$	A
$I_{\text{low},2}$	Supply current of the dosimeter when the alarm sounds and the visual alarm is displayed after the alarm is set on its lowest range	A
K	Symbol of radiation condition K, for example, 3 mSv and N-80	—
k	Coverage factor (see GUM)	—
L	Symbol of radiation condition L, for example, 4 mSv and S-Co	—
l	Number of influence quantities of type S	—
M	Measured dose(rate) value	Sv (Sv h ⁻¹)
m	Number of influence quantities of type F	—
N	Calibration factor	—
n	Number of indicated values for one dose value used for the test of constancy of dose response and coefficient of variation	—
N_0	Reference calibration factor	—
Q_{nom}	Nominal capacity of the batteries	A h
R	Response	—
r	Relative response	—
R_0	Reference response	—
r_n	Correction for non-constant response	—
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
t_{max}	Maximum possible measuring time	h
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

Symbol	Meaning	Unit
$U_{low,1}$	Battery voltage under conditions prevailing for the determination of $G_{low,1}$	V
$U_{low,2}$	Battery voltage under the same conditions as given for G_{nom} , but when the battery voltage is lowered until the indication of the dosimeter is 0,9 G_{nom}	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 values used for the test of constancy of the dose response and coefficient of variation	—

5 Mechanical characteristics

5.1 Size

The dimensions shall not exceed 15 cm in length, 3 cm in depth, 8 cm in width, excluding any clip or retaining device. In addition, the volume, excluding the clip or other fixing arrangement, shall not exceed 300 cm³ for personal dose equivalent meters for mixed neutron/photon fields and 250 cm³ for all other dosimeters.

5.2 Mass

The mass shall not exceed 350 g for personal dose equivalent meters for mixed neutron/photon fields, 300 g for personal dose equivalent meters for neutron fields and 200 g for all other personal dose equivalent meters.

5.3 Case

The case should be smooth, rigid, shock resistant, dust-proof and water spray-proof. Means shall be provided for fixing the dosimeter to clothing, for example, a strong clip, ring or a lanyard. The design of the dosimeter should assist the wearing in a position that ensures the necessary orientation of the detector and of the alarm indicators.

5.4 Switches

If external switches are provided, these shall be adequately protected from accidental or unauthorized operation. Operation of such switches shall not interfere with the integrating function of the dosimeter. Switches shall be operable beneath a plastic bag and with gloved hands.

6 General characteristics

6.1 Storage of dose information

The personal dose equivalent meter shall retain the stored dose information under all normal circumstances.

6.2 Indication

Any dose indication for personal dose equivalent meters shall be digital and shall be shown in units of dose equivalent, namely sieverts and its submultiples, for example, microsieverts

(μSv). The display shall be clearly visible and be easy to read by the wearer. The display shall clearly indicate the unit of the quantity being measured.

6.3 Dosemeter markings

The reference point for calibration and test purposes shall be indicated on the outside of the dosimeter. The reference orientation with respect to the wearer shall also be marked on the dosimeter.

6.4 Retention of radioactive contamination

The dosimeter shall be designed to minimize the retention of contamination and to ease its removal. A dosimeter may be provided with an additional protective cover; if fitted, the dosimeter shall still conform to the requirements of this standard.

6.5 Ranges for dose equivalent and dose equivalent rate

The dose equivalents to be measured are within the range 1 μSv to 10 Sv. For most applications, the dose equivalent rates are within the range from 1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} .

6.6 Effective range of measurement

For personal dose equivalent meters, the effective range of measurement shall cover at least the range from 100 μSv to 1 Sv for the measurement quantity $H_p(10)$ and from 1 mSv to 10 Sv for the measurement quantity $H_p(0,07)$ and start from the first non-zero indication in the second least significant digit in the lowest range up to the maximum indication.

Where more than one detector is used for measurements over the complete range, the results shall be derived and displayed automatically. Where the dosimeter has range change facilities, these shall be automatic.

NOTE As an example, for a display with a maximum indication of 9999,9 the effective range of measurement should start in the lowest range from 1,0 and go to 9999,9 in the highest range.

6.7 Rated range of an influence quantity

The rated range of any influence quantity has to be stated by the manufacturer in the documentation, it shall cover at least the minimum rated range given in the third column of Tables 4 to 9. All requirements of this standard shall be fulfilled within the whole rated range.

NOTE Personal dosimeters are designed for specific applications (see Table C.1) so the manufacturers should specify the types of radiation, the measuring range, the energy ranges and the ranges of all other influence quantities their dosimeters are designed for (see 14.2). The purchasers may make reference to Table C.1 to determine which categories apply to their requirements.

6.8 Use of more than one dosimeter

If dosimeters are intended to be used in radiation fields for which they are not specified, for example, a neutron and a photon dosimeter together in a mixed neutron/photon field, the effect of radiation not intended to be measured shall be considered as an influence quantity. For the mentioned example, it follows that photon radiation is an influence quantity for the dosimeter only designed and specified for neutrons and vice versa. For each dosimeter designed for the measurement of a specific radiation, the manufacturer shall specify the deviation of this dosimeter if exposed to other radiation types. From this information, in the case of use of more than one dosimeter, the user can estimate the total dose value and the associated uncertainties.

6.9 Indication due to instrument artefacts

For a personal dose meter for $H_p(10)$ from X and gamma radiations the indication due to instrument artefacts shall be given by the manufacturer for an integrating period equivalent to the maximum possible measuring time t_{\max} , for test see 9.3.5.

NOTE This value is required if measured values of dose equivalents accumulated during several days, for example, one month, and measured using different dosimeters are compared.

6.10 Dose or dose rate alarms

6.10.1 General

For personal dose equivalent meters, it shall not be possible to set alarm levels by external switches on the dosimeter. The alarm levels shall either be set by the associated readout system or it shall be possible to inhibit unauthorized change of alarm levels by an electronic or mechanical access-limiting system.

6.10.2 Dose equivalent alarms

It shall be possible to set this alarm to at least one value in each order of magnitude over the complete effective range of measurement of the dosimeter (for example, 30 μSv , 0,3 mSv, 3 mSv and 30 mSv).

6.10.3 Dose equivalent rate alarms

It shall be possible to set this alarm to at least one value in each order of magnitude over the complete effective range of measurement of the dosimeter (for example, 30 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 0,3 mSv h^{-1} , 3 mSv h^{-1} and 30 mSv h^{-1}).

6.10.4 Alarm output

a) Location

The audible and/or visual alarm shall be located so that when the dosimeter is worn on the body, the audible alarm can be heard and the visual alarm seen by the wearer.

b) Audible alarm

The frequency shall be within the 1 kHz to 5 kHz range. Where an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s. The A-weighted sound level (impulse level for intermittent alarm) shall exceed 80 dBA and not exceed 100 dBA at 30 cm from the alarm source. A visual signal or earphones capability should be available for high noise environments.

6.11 Indication of malfunction

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 supply, detector failure, electronic failure, or when used in high dose equivalent rate fields.

7 General test procedures

7.1 Nature of tests

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

7.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 3. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be carried out under standard test conditions given in the third column of Table 3. 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. The values of any corrections shall be stated.

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 3, all other influence quantities shall be maintained within the limits for standard test conditions given in Table 3, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

7.3 Tests for influence quantities of type F

These tests may be performed at any value of the quantity to be measured above $10 H_0$. 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 classified 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 $10 H_0$ and these findings shall be reported in the type test report.

7.4 Tests for influence quantities of type S

These tests shall be performed at a conventional quantity value of the dose equivalent H of not more than 10 times the lower limit H_0 of the effective range of measurement. The result of each test is a deviation D_p .

It is accepted that some small part of the effects of the influence quantities classified 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 $10 H_0$ and these findings shall be reported in the type test report.

Due to the generally lower indicated value when compared to tests according to 7.3, the necessary number of measurements may be increased.

7.5 Phantom for testing

For all tests involving the use of a phantom, the ISO water slab phantom given in ISO 4037-3 shall be used. For beta radiation this phantom can be replaced by a polymethylmethacrylate (PMMA) slab, 100 mm × 100 mm × 10 mm (see ISO 6980-3, subclause 6.31).

The required irradiation geometry is specified in the appropriate ISO reference standard (ISO 4037-3, ISO 6980-3 or ISO 8529-3).

NOTE The combination of dosimeter, phantom and further parts, for example, clip, is called “detector assembly”, see 3.8. In principle, all response values according to this standard are valid only for this detector assembly and should consequently be called “detector assembly response”. But it is common practice to use the term “dosimeter response” for that purpose. This is also followed in this standard.

7.6 Position of detector assembly for the purpose of testing

For all tests involving the use of radiation, the reference point of the detector assembly shall be placed at the point of test and it shall be oriented with respect to the direction of the radiation field as given by the reference orientation, except for tests with variations of the angle of radiation incidence.

7.7 Position of dosimeter during use

If the dosimeter design permits the user to wear the dosimeter in two orientations, one with the reference orientation pointing to the body of the user and one pointing away from the body – for example, a credit card size dosimeter – then the dosimeter shall fulfil the requirements of this standard for both orientations or it shall clearly be stated that wearing in the wrong orientation can cause erroneous results.

7.8 Minimum rated range of influence quantity

The minimum rated range of any specified influence quantity is given in the third column of Tables 4 to 9.

7.9 Low dose equivalent rates

For the measurement of low dose equivalent rates of photon and beta radiation, it is necessary to take into account the contribution of natural background radiation to the dose equivalent rate at the point of test. The indication due to natural background radiation shall be subtracted from the indicated value during irradiation.

7.10 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 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 meter readings on the same instruments under unchanged conditions is given in Table A.1.

7.11 Production of reference radiation

Unless otherwise specified in the individual methods of test, all tests involving the use of X, gamma, neutron or beta radiations shall be carried out with the relevant specified type of radiation (see Table 3). 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;
- c) ISO 8529-1/ISO 8529-2/ISO 8529-3.

8 Additivity of indicated value

8.1 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 ensured 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 is either a linear combination of the signals or a linear optimization of them, then this requirement is fulfilled and no tests are required.

8.2 Method of test

Perform 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. Also 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. As simultaneous irradiations may be 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.

The non-linearity of the signals is treated in 9.3. 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.

8.3 Interpretation of the results

The relative change in indication, Δg_{mix} , shall not exceed $\pm 0,1$. In this case, the requirements of 8.1 can be considered to be met.

NOTE For neutron dosimeters, this requirement cannot always be fulfilled. In such cases, special agreements between customer and supplier are necessary together with a warning in the documentation.

9 Radiation performance requirements and tests

9.1 General

All influence quantities dealt with in this Clause are regarded as of type F. One possible method to determine the variation of the relative response for radiation energy and angle of radiation incidence is given in Annex B.

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 3). The possible reference radiations can be found for photon radiation in Table 1 of ISO 4037-1, for beta radiation in Table 1 of ISO 6980-1 and for neutron radiation in Table 1 of ISO 8529-1. The most used reference radiations are given in Table 3, but especially for neutron dosimeters it can be necessary to choose other radiations as reference radiation to comply with the requirements for this influence quantity, even an energy value can be chosen as reference condition for which no physical radiation is available. In that case this (virtual) reference radiation is realized by an available reference radiation and the deviation of the response to the (virtual) reference radiation.

NOTE 2 For details regarding the reasons for the non-symmetric limits for the relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence see IEC/TR 62461.

9.2 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 taken into account. Any requirement needing the use of radiation is considered to be given for $U_{\text{rel}} = 0$. For $U_{\text{rel}} > 0$, 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, the test for the constancy of the response, only the uncertainty of the ratio of the actual value and the reference value of the dose equivalent (rate) shall be considered. In case of other requirements, the consideration is mentioned in the respective method of test.

9.3 Constancy of the dose response, dose rate dependence and statistical fluctuations

9.3.1 General

The tests for constancy of dose response, dose rate dependence and statistical fluctuations are performed using the same measurement data.

If the method of detection is different for photon, beta and neutron radiation or for specific energy ranges of these radiations, this requirement shall be tested separately for all types of radiation.

If the manufacturer can show that the technical design of the dosimeter ensures the fulfilment of the requirements on constancy of the dose response for a large range of dose values, then the number of tests can be reduced. Only tests with different dose rates are then required.

9.3.2 Requirements

- a) Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the variation of the relative response due to the non-constancy of the dose response shall not exceed -17% to $+25\%$ over the whole of the effective range of measurement for either X, gamma, neutron or beta reference radiations chosen. The dose rate shall be varied over the whole range of dose rate specified by the manufacturer for dose measurements. If the maximum dose rate specified by the manufacturer for dose measurements is less than 1 Sv h^{-1} , this should be indicated on the dosimeter.
- b) The statistical fluctuations of the indication measured as coefficient of variation shall fulfil the requirements given in Tables 4 to 6.
- c) For photon dosimeters to measure $H_p(10)$ from X and gamma radiations the difference between the indicated background dose, G_{nat} , and the conventional quantity value of the background dose, $H_{\text{true,nat}}$, shall not exceed H_0 for the stated measuring time t_{max} .

9.3.3 Method of test using sources

- a) Source to be used

For the purpose of this test, the conventional quantity value of the personal dose equivalent (rate) at the point of test shall be known. The tests shall be performed with reference sources as given in Table 3 of appropriate activity, for example, ^{137}Cs for photon radiation, $^{241}\text{Am-Be}$ for neutron radiation and $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ for beta radiation, irradiating the dosimeter on the required phantom (see 7.5) in the reference direction. The dose rate shall be varied over the whole range of dose rates specified by the manufacturer for dose measurements.

If this test cannot be performed on the required phantom (see 7.5), for example, because the required high dose rate cannot be produced at a distance where the entire phantom is illuminated, then the test can also be performed free in air at shorter distances if the correction factor for irradiating free in air instead of on the phantom is applied. This

correction factor is specific for the dosimeter under test and the radiation quality used and shall therefore be determined specifically.

b) Tests to be performed

The tests shall be performed separately with photon radiation (for example, ^{137}Cs), with neutron radiation (for example, $^{241}\text{Am-Be}$) and with beta radiation (for example, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$).

The response shall be measured for at least three dose values in each order of magnitude of the effective range of measurement of dose. These shall be at approximately 20 %, 40 % and 80 % of each full order of magnitude. At the different dose values, different dose rate values covered by the rated range of dose rate shall be applied as well. In total, n repeated measurements at each of the w dose values shall be performed, depending on the effective range of measurement of dose. From these measurements the w response values the variation of the relative response due to the non-constancy of the response may be determined.

9.3.4 Interpretation of the results of the test using sources

Determine the mean value and the coefficient of variation of the n values of the indication for each of the w dose 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 –17 % to +25 %. Also, using the w values of the coefficients of variation and the values of c_1 and c_2 given in Table 2, show that

- for $w - 2$ dose values the coefficients of variation are less than c_1 times the limits given in Tables 4 to 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 4 to 6.

In that case, the requirements a) and b) of 9.3.2 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 ensures that the probability of passing the test is independent of the number w of dose 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 values at which the tests are performed.

NOTE 3 The reasons for the test procedure are given in the paper of Brunzendorf and Behrens, see Bibliography.

9.3.5 Method of test for photon dosimeters using natural radiation

a) Simple test: Place the dosimeter on the ISO water slab phantom for at least one week (t_{env}) in a normal laboratory environment and assume as a first estimate a background dose rate $\dot{H}_{\text{true,nat}}$ of $2 \mu\text{Sv d}^{-1}$, if no other information is available. Determine the instrument's accumulated dose $G_{\text{i,nat}}$ for the time t_{env} (see also 6.9). Calculate the expected dose value from the assumed dose rate due to natural environmental radiation

$$H_{\text{true,nat}} = 2 \mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{\text{env}}$$

b) Refined test: This refined test is only necessary if the simple test does not show compliance with the requirements, see 9.3.6. Place the dosimeter on the ISO water slab phantom for at least one week (t_{env}) in an environment where the background dose rate $\dot{H}_{\text{true,nat}}$ is known and "constant". This shall be at a standard field station where the dose rates have been measured with reference instruments which are traceable to national standards. Determine the accumulated dose G_{nat} for time t_{env} (see also 6.9). Calculate the expected dose value from the known dose rate due to natural environmental radiation:

$$H_{\text{true,nat}} = \dot{H}_{\text{true,nat}} \times t_{\text{env}}$$

9.3.6 Interpretation of the results of the test using natural radiation

If the inequation

$$\frac{|G_{\text{nat}} - H_{\text{true,nat}}|}{t_{\text{env}}} \times t_{\text{max}} \leq H_0$$

is valid, the requirements of 9.3.2 c) can be considered to be met.

NOTE This inequation can also be used to fix (new) values for H_0 and t_{max} .

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

9.4.1 Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$

9.4.1.1 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 4). The minimum rated range of use covers energies between 20 keV and 150 keV and angles of radiation incidence between 0° and 60°. For energies below 50 keV a variation within the interval from 0,67 to 2,0 is permitted.

If the methods of detection are different for specific dose (rate) ranges, this requirement shall be tested separately for all these ranges.

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

9.4.1.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the ISO water slab phantom. The photon radiation qualities specified in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4 shall be used. The narrow spectrum series is preferred. The selection of the radiation qualities should be done in accordance with Annex B.

The response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

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

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

9.4.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the interval from 0,71 to 1,67 for all energies above or equal to 50 keV and within the interval from 0,67 to 2,0 for energies below 50 keV. In that case, the requirements of 9.4.1.1 can be considered to be met.

9.4.2 Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$

9.4.2.1 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 5). 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 60°.

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

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.

9.4.2.2 Method of test

For this test the dosimeter shall be placed on the ISO water slab phantom. The photon radiation qualities specified in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4 shall be used. The narrow spectrum series is preferred. Their mean energy should be chosen in accordance with Annex B.

The response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

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

NOTE 2 According to ISO 4037-1 and ISO 4037-3, typical $\dot{H}_p(10)$ dose rates of 0,1 mSv h⁻¹ to 1 mSv h⁻¹ can be produced for the narrow spectrum series at a distance of 2,5 m from the focal spot of the X-ray tube operating at 1 mA.

9.4.2.3 Interpretation of the results

All the relative response values 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 9.4.2.1 can be considered to be met.

9.5 Variation of the response due to neutron radiation energy and angle of incidence

9.5.1 Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$

9.5.1.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for neutron radiation shall be within the interval from 0,65 to 4,0 for the energy range between the minimum energy of the rated range and 100 keV, shall be from 0,65 to 2,22 for the energy range between 100 keV and 10 MeV and shall be from 0,65 to 4,0 for the energy range between 10 MeV and the maximum energy of the rated range (see Table 6). The minimum rated range of use covers energies between 0,025 eV and 5 MeV and angles of radiation incidence between 0° and 60° (see Table 6).

If the methods of detection are different for specific dose (rate) ranges, this requirement shall be tested separately for all these ranges.

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

9.5.1.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the ISO water slab phantom. The neutron radiation qualities specified in ISO 8529-1, ISO 8529-2, ISO 8529-3 and ISO 12789-1, ISO 12789-2 shall be used.

For the range from the minimum energy of the rated range to 100 keV, at least one mainly thermal field with contribution of thermal neutrons to personal dose equivalent greater than 50 % and one nearly mono energetic neutron field between about 10 keV and 100 keV shall be used. For the range from 100 keV to 1 MeV, at least 3 mono energetic neutron fields shall be used. For the range from 1 MeV to 10 MeV at least 3 mono energetic neutron fields or 2 mono energetic neutron fields and a broad source (^{252}Cf or $^{241}\text{Am-Be}$) shall be used. For the range of 10 MeV to 15 MeV, at least the mono energetic 14,8 MeV neutron field shall be used. If the rated range extends above 15 MeV, additional appropriate energies shall be used.

In case the above requirements cannot be met, the following alleviations are admitted:

- a) If the response for the mainly thermal field is out of the limits given in 9.5.1.1, then a simulated workplace field with contribution of thermal neutrons to personal dose equivalent of at least 10 % shall be used instead of the mainly thermal field.
- b) If the response for the mono energetic neutron field in the energy range from 10 keV to 100 keV is out of the limits given in 9.5.1.1, then a simulated work place field with contribution of intermediate neutrons (0,4 eV to 100 keV) to personal dose equivalent greater than 10 % shall be used instead.
- c) If the response for up to two mono energetic neutron fields in the energy range from 100 keV to 10 MeV is out of the limits given in 9.5.1.1, then simulated work place fields or broad sources shall be used instead. The mean energy (dose equivalent weighted) of the mono energetic and the replacement neutron fields shall be within a factor of 1/1,5 to 1,5.

In addition, it is recommended to state the response to standardized simulated work place neutron field sources. By agreement between the manufacturer and the customer, simulated work place neutron fields shall be selected in accordance with the field encountered at the work place where the device will be used.

The response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

NOTE Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in ISO 8529-1, ISO 8529-2 and ISO 8529-3. For simulated realistic work place neutron field sources, see ISO 12789-1 and ISO 12789-2.

9.5.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to neutron radiation energy and angle of incidence shall be within the interval from 0,65 to 4,0 for the energy range between the minimum energy of the rated range and 100 keV, shall be within the interval from 0,65 to 2,22 for the energy range between 100 keV and 10 MeV and shall be within the interval from 0,65 to 4,0 for the energy range between 10 MeV and the maximum energy of the rated range. Where one or more alleviations are used, the manufacturer shall indicate precisely the characteristics of the simulated neutron field or broad source used for the test and shall indicate the response to the replaced mono energetic field. In that case, the requirements of 9.5.1.1 can be considered to be met.

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

9.6.1 Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$

9.6.1.1 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 4). 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 60° . If the rated range of use does not cover 0,06 MeV, then in addition the maximum value of the variation of the relative response due to

beta radiation energy and angle of incidence shall be stated by the manufacturer for 0,06 MeV (see Table 4).

If the methods of detection are different for specific dose (rate) ranges, this requirement shall be tested separately for all these ranges.

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

9.6.1.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the PMMA slab phantom (see 7.5). The following reference radiation qualities selected from the list of beta reference radiations specified in ISO 6980-1 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).

The response values are measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

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

9.6.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values 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 9.6.1.1 can be considered to be met.

9.6.2 Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$

9.6.2.1 Requirements

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

9.6.2.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the PMMA slab phantom (see 7.5). Expose the dosimeter at 0° angle of radiation incidence to beta reference radiation specified in the ISO 6980 series of the following quality:

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

The indicated $H_p(10)$ dose value shall be less than 10 % of the $H_p(0,07)$ dose received.

NOTE Details of the reference radiations and the calibration procedure are given in the ISO 6980 series.

9.7 Retention of dose equivalent reading

9.7.1 General

These requirements shall be tested separately for both $H_p(10)$ and $H_p(0,07)$.

9.7.2 Requirements

- a) At the end of any exposure period, the reading of the dosimeter and that indicated by any associated readout system, if supplied, shall not change by more than $\pm 2\%$ or a single change in the least significant digit, whichever is the greatest, over the next 8 h.

The change of the indicated value due to background radiation shall be excluded.

- b) After 24 h from the loss or interruption of the principal voltage supply, the integrated dose equivalent measured by the dosimeter, and from any associated readout system, prior to this loss or interruption, shall not change by more than $\pm 5\%$, or a change in the least significant digit, whichever is greater, upon replacement of the principal voltage supply.

9.7.3 Method of test and interpretation of the results

- a) Expose the dosimeter to a source of radiation giving a dose equivalent sufficiently high so that any subsequent accumulation due to background radiation can be neglected. Stop the irradiation immediately when the integration period is completed and note the displayed reading. Every hour up to 8 h after the end of the integration period, read the display. None of these eight readings shall differ by more than a least significant digit or by more than $\pm 2\%$ compared with the initial reading, whichever is the greatest.
- b) Expose the dosimeter to a source of radiation giving a dose equivalent sufficiently high so that any subsequent accumulation due to background radiation can be neglected. Note the displayed reading. The principal batteries shall then be removed from the dosimeter. (When the principal battery fails or is removed, the reading may disappear or be replaced by some instruction.) After 24 h, the principal batteries of the dosimeter shall be replaced or recharged. The reading of the dose equivalent obtained shall not differ by more than $\pm 5\%$ from the last value obtained before the principal batteries were removed, or there shall only be a change in the least significant digit.

9.8 Overload characteristics

9.8.1 General

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

9.8.2 Requirements

For dose equivalent (rates) greater than that corresponding to the maximum value of the upper order of magnitude of the effective range of measurement and up to ten times the maximum indication, the dosimeter shall be “off-scale” at the higher end of the scale and shall remain so whilst in that radiation field. The manufacturer shall state the time taken for dosimeters that indicate dose equivalent rate to return to the appropriate “on-scale” dose equivalent rate reading following their irradiation to this overexposure.

For the dose equivalent irradiation, the indication shall remain “off-scale” upon removal from the radiation field. For dose equivalent dosimeters where the dose equivalent rate during integration exceeds the measurable rate, an overload condition shall then be indicated and remain until reset. The measurable rates are those for which the requirements of 9.3 are met; the manufacturer shall state the upper limits of such rates. The dosimeter shall continue to fulfil all requirements of this standard.

9.8.3 Method of test and interpretation of the results

9.8.3.1 General

This test shall be performed using an appropriate source. If for some types of radiation, for example, neutrons or betas, the required high dose rate fields are not available, this shall be

reported. Electrical test methods shall be applied and a theoretical performance analysis shall be performed.

9.8.3.2 Dose equivalent meters

The dosimeter shall be irradiated to a dose equivalent of 10 times the maximum range value, but no more than 10 Sv. The indication of the dosimeter shall remain at the maximum of the range and an overload indication shall be displayed.

9.8.3.3 Dose equivalent rate meters

The dosimeter shall be irradiated, for about 10 min, to a dose equivalent rate of 10 times the maximum range value, but not more than 10 Sv h⁻¹. The indication of the dosimeter shall remain at the maximum of the range and an overload indication shall be displayed.

Upon removal of this “off-scale” dose equivalent rate, the time shall be measured for the indication of the dosimeter to return to an “on-scale” dose equivalent rate and recorded in the type test report. This time shall be less than 10 s.

9.9 Alarm

9.9.1 General

These tests shall be performed separately for $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$ and for $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$ and for photon, neutron and beta radiation, as appropriate for the dosimeter category, see Annex C. All dose equivalent (rate) values shall be corrected for non-constant response. If for some types of radiation, for example, neutrons or betas, the required high dose rate fields are not available, this shall be reported, and an electrical test method shall be applied.

9.9.2 Response time for dose equivalent rate indication and alarm

9.9.2.1 Requirements

When the dosimeter is subjected to a step or slow increase or decrease in dose equivalent rate of one order of magnitude within the effective range of the dosimeter, the readout shall indicate the new dose equivalent rate with an error of less than –17 % to +25 % of the upper dose equivalent rate value within 10 s after the dosimeter is subjected to the final dose equivalent rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half of the upper dose equivalent rate value, shall respond within 2 s. These requirements shall apply for changes from background dose equivalent rates to upper case dose equivalent rate values, which are greater than 1 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and 10 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and 10 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation. Alternatively, any delay of more than 2 s in the alarm responding or 10 s in the indication shall not result in the receipt of a dose in excess of 10 μSv for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and 100 μSv for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and 500 μSv for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation.

9.9.2.2 Method of test and interpretation of the results

For this test the dosimeter shall be placed in the irradiation facility in non-irradiating conditions and allowed to stabilize. The irradiation facility shall then rapidly or slowly be set to irradiating conditions and readings recorded continuously until the dosimeter stabilizes at the new upper dose equivalent rate giving the reading \dot{G}_{high} . The change of the indication to 83 % of this high reading \dot{G}_{high} shall take less than 10 s after the dosimeter is subjected to the final dose equivalent rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half

of the dose equivalent rate reading, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, shall respond within 2 s. Next the irradiation facility shall rapidly or slowly be set to non-irradiating conditions. The dosimeter reading shall be below 25 % of the reading \dot{G}_{high} within 10 s after the dosimeter is subjected to the final dose equivalent rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half of the dose equivalent rate reading, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, shall stop within 2 s. The dose accrued during the delay in the alarm responding shall be measured. When, in any case where the delay is greater than 2 s, the dose is less than $10 \mu\text{Sv}$ for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and $100 \mu\text{Sv}$ for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and $500 \mu\text{Sv}$ for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation, the requirements of 9.9.2.1 can be considered to be met. This test shall be performed for one \dot{G}_{high} value for each order of magnitude of the effective range of the dosimeter.

9.9.3 Accuracy of dose equivalent alarm

9.9.3.1 Requirements

When the dosimeter is subjected to a dose of 13 % less than the dose equivalent alarm set point, no alarm shall be given and when the dosimeter is subjected to a dose equivalent of 18 % greater than the dose equivalent alarm set point, the alarm shall be given.

At least two tests shall be carried out, one for an alarm set point near the maximum range of the dosimeter and one near the maximum value of the second least significant order of magnitude of the effective range of measurement.

9.9.3.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be placed on the required phantom (see 7.5) and the dose alarm set to H_a . The dosimeter shall be reset and then subjected to a dose equivalent rate of the appropriate reference radiation type such that the alarm will not occur for at least 100 s. The time of exposure of the dosimeter until the alarm occurs is to be measured and the corresponding conventional quantity value of the dose, $H_{a,c}$, shall be calculated. The quotient $H_a/H_{a,c}$ shall be within the range $0,87 (1 - U_{\text{rel}})$ to $1,18 (1 + U_{\text{rel}})$, see 9.2 for U_{rel} .

NOTE If this test cannot be performed on the required phantom (see 7.5), for example because the required dose rate cannot be produced, then the test can also be performed free in air if appropriate correction factors are applied.

9.9.4 Accuracy of dose equivalent rate alarm

9.9.4.1 Requirements

Let v_{max} be the maximum permitted coefficient of variation at the dose rate to which the dose equivalent rate alarm is set (see line 3 in Tables 4 to 6). When the dosimeter is subjected from a reference source to a dose equivalent rate of $(1 - 2 v_{\text{max}})$ times the dose equivalent rate alarm set point for 10 min, the alarm shall be active for not more than 5 % of the time. Similarly, at a dose equivalent rate of $(1 + 2 v_{\text{max}})$ times the set alarm level, this alarm shall be active for at least 95 % of the time. This requirement shall not be a second test for the response time, therefore, the dosimeter shall be given sufficient time to achieve a stable condition.

At least two tests shall be carried out, one with the alarm set to near the maximum effective range of measurement and one with the alarm set to near the maximum value of the second least significant order of magnitude of the effective range of measurement.

9.9.4.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be placed on the required phantom (see 7.5). The set alarm levels shall be corrected for non-constancy of the dose rate response.

Expose the dosimeter to a reference source for 15 min to a dose equivalent rate $(1 - U_{rel} - 2 v_{max})$ times the set alarm level. For the last 10 min the alarm shall be active not more than 5 % of this time. For U_{rel} , see 9.2.

Expose the dosimeter for 15 min to the upper dose equivalent rate, $(1 + U_{rel} + 2 v_{max})$ times the set alarm level. For the last 10 min the the alarm shall be active for at least 95 % of this time. For U_{rel} , see 9.2.

NOTE If there are problems to perform the irradiations of this test on the required phantom (see 7.5), for example because the required high dose rate cannot be produced at a distance where the entire phantom is illuminated, then the test can also be performed free in air at shorter distances if appropriate correction factors are applied.

9.10 Model function

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

10 Electrical and environmental performance requirements and tests

10.1 General

All influence quantities dealt with in this clause are regarded as of type F, although some of them can be partly also of type S, see 7.3.

10.2 Power supplies

10.2.1 General requirements

Facilities shall be provided for testing the battery under maximum load during use. In addition, an indication shall be provided when the remaining operational life is going to end. At the first time this indication appears, the remaining operational life shall be at least 8 h at dose rates of about $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ under normal conditions, including 1 min of alarm operation. Also, provision shall be made for indicating when the battery condition is no longer adequate for the dosimeter to meet the performance requirements of this standard. Batteries may be connected in any desired manner; if required, the correct polarity shall be clearly indicated on the dosimeter by the manufacturer. It is recommended that primary or secondary batteries of physical dimensions as specified in IEC 60086-1 or IEC 60086-2 be used.

After the first appearance of the indication that the operational life is going to end, e.g., “low battery”, this indication shall be permanent until the battery is replaced or re-charged.

It shall not be possible to remove batteries without the use of a special tool.

Below $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, the capacity of most types of batteries strongly decreases with temperature. If the rated range of temperature is extended below $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, this shall be considered.

10.2.2 Specific primary batteries requirements

The manufacturer shall state the makers (manufactures) and types of primary batteries with which the requirements of this standard are met.

- a) When power is supplied by primary batteries, the capacity of these shall be such that, after 100 h of continuous operation under standard test conditions the variation of the relative response due to power supply shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$, other functions remaining within their specifications. The dosimeter shall meet this specification in fields of $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$.
- b) Immediately after new batteries are fitted, the dosimeter shall be capable of operating for at least 15 min with the alarm sounding and with the visual alarm displayed.

10.2.3 Specific secondary batteries requirements

- a) When power is supplied by secondary batteries, the capacity of these shall be such that after at least 24 h of continuous use under standard test conditions, the variation of the relative response due to power supply shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$, other functions remaining within their specifications. The dosimeter shall meet this specification in fields of $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$.
- b) Immediately upon re-charge, the dosimeter shall be capable of operating for at least 15 min with the alarm sounding and with the visual alarm displayed.

It shall be possible to fully re-charge the batteries from the main supply within 12 h.

10.2.4 Method of test and interpretation of the results (primary and secondary batteries)

10.2.4.1 General

The evaluation of the remaining battery capacity of the dosimeter 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.

10.2.4.2 Test using batteries

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be fitted before commencing these tests.

- a) Expose the dosimeter to a dose equivalent rate of between $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ and $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. Leave the dosimeter working in this field for a period of 100 h for primary batteries or 24 h for secondary batteries and note the reading at the end of the period. The corresponding variation of the relative response shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$.
- b) Set the dosimeter to alarm on its lowest dose equivalent and/or dose equivalent rate setting. Expose the dosimeter to a dose equivalent rate of between $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ and $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ until the alarm sounds and the visual alarm is displayed, then after 15 min further exposure ensure that the alarm still sounds and the visual alarm is still displayed.
- c) Test for general requirement of 8 h operation (see 10.2.1).

Expose the dosimeter to a source of radiation until the indication that the operational life is going to end, e.g., "low battery", appears. The dosimeter shall then be set to zero using the appropriate device (for example, a readout system) and further exposed for 7 h 59 min to a dose equivalent rate of about $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. After that time-period, the dose equivalent (rate) alarm is set to operate (either by adjusting the alarm value or the dose rate) and the alarm shall continue to sound for a further minute. Determine from the conventional true dose value and the reading the variation of the relative response due to power supply. It shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$. Check that the indication that the operational life is going to end, e.g., "low battery", has been continuously indicated during the 8 h period.

10.2.4.3 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 near the end of its life. The power supply shall be set to the nominal battery voltage U_{nom} . Expose the dosimeter to a dose equivalent rate of between $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ and $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. The instrument shall be switched on and allowed to stabilize.

The dosimeter indication 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". This voltage $U_{low,1}$ and the corresponding supply current $I_{low,1}$ shall be noted together with the instrument indication $G_{low,1}$. It shall be checked that all other functions are operating correctly. $G_{low,1}$ shall be between $0,91 G_{nom}$ and $1,11 G_{nom}$, otherwise the test is failed. Then the dosimeter shall be set to alarm on its lowest range and the supply current $I_{low,2}$ be measured when the alarm sounds and the visual alarm is displayed. The supply voltage shall then be further reduced until the dosimeter indicates for the first time the dose value $0,91 G_{nom}$ or $1,11 G_{nom}$ and the corresponding voltage $U_{low,2}$ shall be noted.

Change the voltage to a value slightly larger than $U_{low,1}$ but much lower than the nominal voltage. Check that the indication "operational life is going to end" has been permanently indicated during the whole test.

The test is passed if the following requirements are met:

- $0,91 \leq \frac{G_{low,1}}{G_{nom}} \leq 1,11$ and all other functions are operating correctly,
- $\frac{Q_{nom}}{I_{low,1}} \geq t_{min}$,
- $\frac{Q_{nom}}{I_{low,2}} \geq 15 \text{ min}$,
- $\frac{(479 \text{ min} \times I_{low,1} + 1 \text{ min} \times I_{low,2}) / (U_{low,1} - U_{low,2})}{Q_{nom} / (U_{nom} - U_{low,1})} \geq \frac{8 \text{ h}}{t_{min}}$

Q_{nom} is the nominal capacity of the batteries (given for example, in mA h) for the appropriate discharge conditions and considering the rated range of temperature (see 10.2.1); t_{min} is the minimal time required for continuous operation, 100 h for primary batteries and 24 h for secondary batteries.

This calculation assumes that near the end of its life the battery voltage decreases linearly with remaining capacity. If this is not true under operational conditions the test should be carried out using batteries as described in 10.2.4.2.

10.3 Ambient temperature

10.3.1 Requirements

This test shall be performed separately for all different detectors, this may require different types of radiation.

a) Stable temperature

Over the rated range of temperature, the variation of the relative response due to stable temperature shall not exceed $-0,13$ to $+0,18$. The minimum rated ranges of temperature are $+5 \text{ °C}$ to $+40 \text{ °C}$ for indoor use and -10 °C to $+40 \text{ °C}$ for outdoor use.

b) Temperature shock

The variation of the relative response due to temperature shock shall not exceed $-0,13$ to $+0,18$ in the rated range of temperatures. Each temperature shock shall be performed in less than 5 min.

c) Low temperature start-up

The instrument shall be capable of starting operation at the lowest temperature of the rated range.

10.3.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be exposed to a reference source providing a sufficient indication under standard tests conditions for the test to be carried out.

a) Stable temperature

The temperature shall be maintained at each of the extreme values of the rated range for at least 4 h, and the indication of the dosimeter measured during the last 30 min of this period. The variation of the relative response shall be less than $-0,13$ to $+0,18$.

b) Temperature shock

The dosimeter and the source shall be placed in a temperature of $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (room temperature) and allowed to stabilize for a minimum of 60 min. Then the response shall be measured.

The dosimeter and the source shall be removed from this environment and placed directly into an environmental chamber such that the same exposure geometry is established and the temperature near the dosimeter is maintained at the maximum value of the rated range. This procedure shall be performed in less than 5 min. The response shall be measured immediately and then every 15 min for 2 h. If the dosimeter does not fail the test within the first hour, data does not need to be taken during the second hour. However, the dosimeter shall remain in this environment during the period required to reach temperature stabilization.

The dosimeter and source shall be removed from the environmental chamber and returned to the first environment such that the same exposure geometry is established and the temperature near the dosimeter is $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (room temperature). This procedure shall be performed in less than 5 min. The response shall be measured immediately and then every 15 min for 2 h. If the dosimeter does not fail the test within the first hour, data does not need to be taken during the second hour. However, the dosimeter shall remain in this environment during the period required to reach temperature stabilization.

The test shall be repeated with the temperature inside the environmental chamber near the dosimeter maintained at the minimum value of the rated range.

The variation of the relative response shall not exceed $-0,13$ to $+0,18$.

c) Low temperature start-up test

The dosimeter with the batteries fitted shall be placed for at least 4 h inside the environmental chamber with the temperature at the minimum value of the rated range. Then the dosimeter shall be switched on and shall operate as normally.

10.4 Relative humidity

10.4.1 Requirements

This test shall be performed separately for all different detectors, this may require different types of radiation, as appropriate for the dosimeter category, see Annex C.

The variation of the relative response due to humidity shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$ in the rated range of use. The minimum range of use of relative humidity is from 40 % to 90 %.

10.4.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be exposed to a suitable source in contact with the dosimeter (the test is performed first for photon radiation and then for other radiation) and providing a sufficient indication. The test shall be carried out at a single temperature of +35 °C using an environmental chamber. Therefore, the reference response for this test shall be determined at +35 °C and not at +20 °C.

The humidity shall be maintained at 65 % and at each of its extreme values for at least 24 h and the indication of the dosimeter noted during the last 30 min of this period. The permitted variation of the relative response (calculated using response at 65 % relative humidity at +35 °C as reference) of –0,09 to +0,11 as specified in Table 7 is additional to the permitted variation of the relative response due to temperature alone.

10.5 Atmospheric pressure

The influence of atmospheric pressure is, in general, only significant for an unsealed detector using air as the detecting medium. In this case, the atmospheric pressure at which all tests are performed shall be stated, and the variation of the relative response due to atmospheric pressure within the range of 86,0 kPa to 106,6 kPa shall not exceed –0,09 to +0,11.

Representative tests at other values of atmospheric pressure shall be performed if required.

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

10.6 Sealing

The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture and describe the tests and results used to demonstrate the effectiveness of the sealing. The IP classification according to IEC 60529 shall be stated by the manufacturer, at least IP 53 shall be fulfilled.

10.7 Storage

All dosimeters for use in temperate regions shall be designed to operate within the specification of this standard following storage or transport (which may be without batteries) for a period of at least three months in the manufacturer's packaging and at any temperature between –25 °C and +50 °C. In certain circumstances, more severe specifications may be required such as capability of withstanding air transport at low ambient pressure.

11 Electromagnetic performance requirements and tests

11.1 General

Electromagnetic disturbances are regarded as influence quantities of type S. 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). If no other specifications are given, all tests shall be performed with the dosimeter and the associated readout systems.

The duration of the electromagnetic disturbance shall be such that it is equivalent to 1 h of operation according to the frequency data given in Table 8.

The test shall be done in accordance with the standards of the IEC 61000-4 series as given in Table 8. For all tests, the minimum rated ranges are taken from IEC 61000-6-2 and given in Table 8 together with the frequency of the disturbance, the respective maximum value of the deviation and the performance criteria, A, B or C, according to IEC 61000-6-2. Only the criteria A or B are permitted. If criterion B is permitted then the requirements given in Table 8

apply to the values of the personal dose equivalents indicated before and after the test. Before each test, the dosimeter indication shall be reset to zero.

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

NOTE 2 For specific applications the electromagnetic performance requirements can be reduced, if the workplace environment ensures proper operation. For example, if dosimeters are only used in a reactor area, where mobile phones are prohibited, the requirements of 11.3 may be restricted to frequencies below 1 GHz. In such cases, special agreements between customer and supplier are necessary together with a warning in the documentation.

11.2 Electrostatic discharge

11.2.1 Requirements

The deviation due to electrostatic discharge shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 discharges (see Table 8).

11.2.2 Test method 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 with the dosimeter set to the most sensitive range.

The discharging shall be done using a suitable test generator as described in IEC 61000-4-2 at least five times to those various external parts of the dosimeter which may be touched by the operator during a normal measurement, when the dosimeter 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 dosimeters with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV shall be used.

11.3 Radiated electromagnetic fields

11.3.1 Requirements

The deviation due to electromagnetic fields shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see Notes to 11.1 and Table 8).

11.3.2 Test method and interpretation of the results

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 electromagnetic field strength shall be 30 V/m in the frequency range of 80 MHz to 2,7 GHz in steps of 1 % (see IEC 61000-4-3).

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

Perform tests at radiation frequencies 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, 820, 900, 1 000 MHz, 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4, 2,7 GHz with a field strength of 60 Vm^{-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 radiation frequencies, additional tests in the range of $\pm 5 \%$ around this frequency in steps of 1 % and with a field strength of 30 Vm^{-1} shall be carried out with the dosimeter oriented as described in IEC 61000-4-3.

11.4 Conducted disturbances induced by fast transients or bursts

11.4.1 Requirements

This requirement shall apply only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by fast transients or bursts shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 fast transients or bursts (see Table 8).

11.4.2 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 with the dosimeter set to the most sensitive range.

Fast transients or bursts shall be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-4 with a peak voltage of ± 2 kV.

11.5 Conducted disturbances induced by surges

11.5.1 Requirements

This requirement shall apply only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by surges shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 surges (see Table 8).

11.5.2 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 with the dosimeter set to the most sensitive range.

Pulses shall be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-5 with a voltage of ± 2 kV or ± 1 kV as given in Table 8.

11.6 Conducted disturbances induced by radio-frequencies

11.6.1 Requirements

This requirement shall apply only for dosimeters that have at least one conducting cable (for example, signal line) and for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by radio-frequencies shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see Notes to 11.1 and Table 8).

11.6.2 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 with the dosimeter set to the most sensitive range.

The disturbances shall be induced according to IEC 61000-4-6 and the voltage shall be 10 V in the frequency range of 150 kHz to 80 MHz in steps of 1 %, see Table 8.

To reduce the amount of measurements needed to show compliance with the above requirement, methods similar to those given in 11.3 and 11.4 may be used.

11.7 50 Hz/60 Hz magnetic field

11.7.1 Requirements

The deviation due to 50 Hz (or 60 Hz as appropriate) magnetic field shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the magnetic field (see Notes to 11.1 and Table 8).

11.7.2 Method of test and interpretation of the results

Compliance shall be checked by observing and recording the indications of the display while measurements are performed with the dosimeter set to the most sensitive range.

The dosimeter shall be exposed to a continuous fields of 30 A m^{-1} at a frequency of 50 Hz (or 60 Hz as appropriate) The dose equivalent(rate) meter shall be exposed in a minimum of two orientations (0° and 90°) relative to the field lines.

11.8 Voltage dips and short interruptions

11.8.1 Requirements

This requirement is valid only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to voltage dips and short interruptions shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 voltage dips and short interruptions (see Table 8).

11.8.2 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 with the dosimeter set to the most sensitive range.

The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-11 with a 30 % reduction for 10 ms and a 60 % reduction for 100 ms as given in Table 8.

12 Mechanical performance, requirements and tests

12.1 General

Mechanical disturbance are regarded as influence quantities of type S.

After all mechanical disturbances, the dosimeter shall be working properly.

12.2 Drop test

12.2.1 Requirements

The deviation due to 6 drops from heights of 1,0 m onto a concrete surface (IEC 60068-2-31) shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 9). These tests shall be made on each face of the dosimeter. The stored dose information shall not be lost by these 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).

12.2.2 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.

The dosimeter shall be subjected to drop tests on each of the 6 faces of the dosimeter.

After the test, the dosimeter shall be inspected, the physical condition documented and it shall be working properly.

12.3 Vibration test

12.3.1 Requirements

The deviation due to vibration shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 9) for harmonic loadings of 20 m s^{-2} applied for 15 min in the frequency range of 10 Hz to 33 Hz. The stored dose information shall not be lost by the vibration. The physical condition of dosimeters shall not be affected by this vibration (for example, solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose).

12.3.2 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.

The dosimeter shall be subjected to harmonic loadings of 20 m s^{-2} for 15 min in each of three orthogonal directions at one frequency in each of the following ranges: 10 Hz to 21 Hz and 22 Hz to 33 Hz. After each 15 min vibration interval, the dosimeter reading shall be determined.

After the test, the dosimeter shall be inspected and the physical condition documented and it shall be working properly.

12.4 Microphonics test

12.4.1 Requirements

The deviation due to microphonics shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 9), if the dosimeter is subjected to 60 repeated shocks, each shock corresponding to a drop from a height of 10 cm, on to a hard steel surface. 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).

12.4.2 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.

The dosimeter shall be dropped 60 times on a hard steel surface (IEC 60068-2-31), from a height of 10 cm, so that 10 shocks occur on each of the six main faces.

After the test, the dosimeter shall be inspected and the physical condition documented.

13 Uncertainty

The uncertainty of a dose value measured with a dosimeter in compliance with this standard can be calculated without further test measurements, see IEC/TR 62461. The uncertainty depends on the workplace conditions and the knowledge about them. The largest uncertainty is obtained if the only knowledge of the workplace conditions is that they are within the rated ranges of all influence quantities. A further necessary assumption is, that the calibration conditions (for example, on the ISO water slab phantom) are representative for the conditions of use. In that case, the model function given by the manufacturer (see 9.10) together with the obtained values for the variation of the relative response and the deviations will directly lead to the uncertainty.

All uncertainty calculations shall be performed according to the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (ISO/IEC Guide 98-3) and IEC/TR 62461.

NOTE If there is some knowledge of the workplace conditions, this knowledge can then be used to determine actual values of the responses and to correct the indicated dose value. This will reduce the uncertainty of the dose value.

14 Documentation

14.1 Type test report

At the request of the customer, the manufacturer shall provide the report on the type tests performed to the requirements of this standard.

14.2 Certificate

A certificate shall be provided with each dosimeter with at least the following information in accordance with IEC 61187:

- manufacturer's name or registered trade mark; type of dosimeter and serial number;
- statement that this equipment is tested in accordance with this standard and that the requirements are fulfilled;
- detector type or types;
- measurement quantity;
- types of radiation the dosimeter is intended to measure;
- effective dose range of measurement;
- reference point of the dosimeter and the calibration direction for calibration purposes and reference orientation relative to radiation sources and reference orientation with respect to the wearer;
- location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors;
- specified reference conditions for determining the reference calibration factor and its reciprocal, the reference response;
- rated ranges of use for all influence quantities (for example, radiation energy and angle of incidence, temperature) together with the corresponding results of the type test (for example, response as a function of radiation energy and angle of incidence for all types of radiation intended to be measured);
- maximum possible measuring time, t_{\max} (see 9.4.2);
- indication due to zero effect and natural environmental radiation and the method to determine it (see 6.9 and 9.3.2);
- maximum dose rate for dose measurements, if lower than 1 Sv h^{-1} this should also be indicated in the dosimeter (see 9.3.2);
- mass and dimensions of dosimeter;
- power supply requirements;
- model function for the measured value of the dosimeter, see 9.10;
- the usage category according to Annex C may be indicated.

15 Operation and maintenance manual

An operation and maintenance manual containing at least the following information shall be supplied:

- schematic electrical diagrams including spare parts list;
- operational details, maintenance and calibration procedures;

- method of retention of stored dose information.

Table 2 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose 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

Table 3 – 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: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	S-Cs or S-Co (ISO 4037-3) N-80 or S-Am (ISO 4037-3)	S-Cs or S-Co (ISO 4037-3) N-80 or S-Am (ISO 4037-3)
Beta radiation energy, $H_p(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$
Neutron radiation energy, $H_p(10)$	$^{241}\text{Am-Be}$ or ^{252}Cf a)	$^{241}\text{Am-Be}$ or ^{252}Cf a)
Angle of incidence of radiation	Reference direction given by the manufacturer	Direction given $\pm 5^\circ$
Dose for: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	0,3 mSv 3 mSv	0,1 mSv to 10 mSv b) 0,5 mSv to 50 mSv b)
Dose rate for: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	0,3 mSv h ⁻¹ 3 mSv h ⁻¹	0,1 mSv h ⁻¹ to 10 mSv h ⁻¹ b) 0,5 mSv h ⁻¹ to 50 mSv h ⁻¹ b)
Stabilization time	15 min	≥ 15 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C c)
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % c)
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,6 kPa c)
Battery voltage	Nominal voltage	Battery used up to half of its useful life
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 dosimeter (geotropism)	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 5^\circ$
Dosimeter controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Natural radiation background	Ambient dose equivalent rate of 2 $\mu\text{Sv d}^{-1}$	Less than ambient dose equivalent rate of 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
<p>a) Other sources may be used if necessary.</p> <p>b) The actual value of the dose (rate) at the time of test shall be stated.</p> <p>c) The actual values of these quantities at the time of test shall be stated. These values are applicable for temperate climates. In hotter or colder climates, the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly, a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at high altitudes.</p>		

Table 4 – Radiation characteristics of $H_p(0,07)$ dosimeters for X, gamma and beta radiation

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the relative response due to dose and dose rate	1 mSv to 10 Sv and $5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{a)} for personal dose equivalent	–17 % to +25 % ^{b)} dose equivalent meter	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose equivalent $H_p(0,07)$ for X, gamma and beta radiation	$H_0 \leq H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	$(16 - H / (H_0)) \%$ 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose equivalent rate $\dot{H}_p(0,07)$ for X, gamma and beta radiation	$\dot{H} < 100 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $100 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	X and gamma radiation energy and angle of incidence	20 keV to 150 keV and 0° to 60° from reference direction	–29 % to +67 % ^{c)} E < 50 keV: –33 % to +100 % ^{c)}	9.4.1
5	Mean beta radiation energy and angle of incidence	0,2 MeV to 0,8 MeV and 0° to 60° from reference direction	–29 % to +67 % ^{c)}	9.6.1
6	Mean beta radiation energy and angle of incidence	0,06 MeV (^{147}Pm) and 0° to 60° from reference direction	To be stated by the manufacturer	9.6.1
7	As in line 4 to 6 but new reference direction opposite to that one used	See line 4 to 6, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4 to 6, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
8	Overload	10 times maximum range, but for dose rate not more than 10 Sv h^{-1}	Indication to be off-scale on the high side or dose equivalent(rate) meter to indicate overload (for 10 min)	9.8
9	Response time for dose equivalent rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(0,07) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	–17 % to +25 % for the indication and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of $100 \mu\text{Sv}$	9.9.2
10	Accuracy of alarm set to H_a or \dot{H}_a	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ ^{d)} $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.9.3
11	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.8

^{a)} Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. If the maximum dose rate specified by the manufacturer for dose measurements is less than 1 Sv h^{-1} , this should be indicated on the dosimeter.

^{b)} This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).

^{c)} This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).

^{d)} $H_{a,c}$ is the conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs.

Table 5 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for X and gamma radiation

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the response due to dose and dose rate	100 μSv to 1 Sv and 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} a)	–17 % to +25 % b) dose equivalent meter	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose equivalent $H_p(10)$	$H_0 \leq H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	$(16 - H / (H_0)) \%$ 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose equivalent rate $\dot{H}_p(10)$	$\dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	Radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,5 MeV or 20 keV to 150 keV and 0° to 60° from reference direction under consideration	–29 % to +67 % c)	9.4.2
5	As in line 4 and 5 but new reference direction opposite to that one used	See line 4 and 5, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4 and 5, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
6	Overload	10 times maximum range, but for dose rate not more than 10 Sv h^{-1}	Indication to be off-scale on the high side or dose equivalent(rate) meter to indicate overload (for 10 min)	9.8
7	Response time for dose equivalent rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(10) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ and 10 s maximum waiting time	–17 % to +25 % for the indication and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of 10 μSv	9.9.2
8	Accuracy of alarm set to H_a or \dot{H}_a	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ d) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.9.3
9	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.8
10	Response due to natural background radiation	—	Deviation of the indication during t_{max} from the natural background less than H_0	9.3.5

a) Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. If the maximum dose rate specified by the manufacturer for dose measurements is less than 1 Sv h^{-1} , this should be indicated on the dosimeter.

b) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).

c) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).

d) $H_{a,c}$ is the conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs.

Table 6 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for neutron radiation

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the response due to dose and dose rate	100 μSv to 1 Sv and 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} a)	–17 % to +25 % b) dose equivalent meter	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose equivalent	$H_0 \leq H < 51 H_0$ $H \geq 51 H_0$	$(25,4 - H / (2,5 H_0))$ % 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose equivalent rate for alarm functions	$\dot{H} < 1 \text{ mSv h}^{-1}$ $1 \text{ mSv h}^{-1} \leq \dot{H} < 6 \text{ mSv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 6 \text{ mSv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1}))$ % 15 %	9.3
4	Radiation energy and angle of incidence	0,025 eV to 100 keV plus 100 keV to 5 MeV Range extension: 5 MeV to 10 MeV above 10 MeV and 0° to 60° from reference direction under consideration	–35 % to +300 % c) d) –35 % to +122 % c) d) –35 % to +122 % c) d) –35 % to +300 % c) d)	9.5.1
5	As in line 4 and 5 but new reference direction opposite to that one used	See line 4 and 5, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4 and 5, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
6	Overload	10 times maximum range, but for dose rate, not more than 10 Sv h^{-1}	Indication to be off-scale on the high side or dose equivalent(rate) meter to indicate overload (for 10 min)	9.8
7	Response time for dose equivalent rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(10) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	–17 % to +25 % for the indication and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of 500 μSv	9.9.2
8	Accuracy of alarm set to H_a or \dot{H}_a	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{rel}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{rel})$ e) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.9.3
9	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.8

a) Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. If the maximum dose rate specified by the manufacturer for dose measurements is less than 1 Sv h^{-1} , this should be indicated on the dosimeter.

b) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).

c) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose equivalent(rate).

d) Some alleviations are admitted to use simulated workplace field, see 9.5.1.

e) $H_{a,c}$ is the conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs.

Table 7 – Electrical and environmental characteristics of dosimeters

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Power supplies	100 h continuous use for primary batteries ^{a)} or 24 h continuous use for secondary batteries ^{a)}	–9 % to +11 %	10.2
2	Ambient temperature	a) Indoor use +5 °C to +40 °C b) Outdoor use –10 °C to +40 °C	–13 % to + 18 % ^{b)}	10.3
3	Relative humidity	40 % to 90 % relative humidity at 35 °C	–9 % to +11 % ^{c)}	10.4
4	Atmospheric pressure	86,0 kPa to 106,6 kPa ^{d)}	–9 % to +11 %	10.5
5	Sealing	IP classification IP-53	IP classification to be stated	10.6
6	Storage	–25 °C to +50 °C for three months	To operate within specification	10.7
<p>a) Additional 8 h measurement after the instrument indicates that the battery voltage is low, for example, "low battery".</p> <p>b) The display of the dosimeter may be frozen, read out at room temperature shall be possible.</p> <p>c) The reference response for this test (at 65 % relative humidity) shall be determined at +35 °C and not at +20 °C.</p> <p>d) A lower limit of pressure of 70 kPa may be required at high altitudes.</p>				

Table 8 – Electromagnetic disturbance characteristics of dosimeters

Line	Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to	Frequency	Maximum permitted value for deviation, D_p , for whole rated range ^{a)}	Criterion ^{b)}	Sub-clause
1	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	$0,7 H_0$	B	11.2
2	Radiated electromagnetic fields, field strength and modulation	80 MHz to 2,7 GHz 0 V/m to 30 V/m (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.3
3	Conducted disturbances induced by fast transients/burst, peak voltage	0 kV to ± 2 kV 5/50 ns (t_r/t_h)	IEC 61000-4-4	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.4
4	Conducted disturbances induced by surges, peak voltage and rise time	0 kV to ± 2 kV non-sym. 0 kV to ± 1 kV sym. 1,2/50 (8/20) μ s (t_r/t_h)	IEC 61000-4-5	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.5
5	Conducted disturbances induced by radio-frequencies, frequency and voltage	150 kHz to 80 MHz 0 V to 10 V (r.m.s., unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-6	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.6
6	50 Hz (or 60 Hz as appropriate) magnetic field, field strength	0 A m ⁻¹ to 30 A m ⁻¹	IEC 61000-4-8	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.7
7	Voltage dips/short interruptions, duration	10 ms (30 % reduction) 100 ms (60 % reduction)	IEC 61000-4-11	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.8
a) H_0 is the lower limit of the effective range of measurement.							
b) See IEC 61000-6-2.							

Table 9 – Mechanical disturbances characteristics of dosimeters

Line	Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Maximum permitted value for deviation, D_p , for whole rated range ^{a)}	Sub-clause
1	Drop on surface	1,0 m onto concrete surface (IEC 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.2
2	Vibration	20 m s ⁻² over frequencies 10 Hz to 33 Hz	$0,7 H_0$	12.3
3	Microphonics	60 times 0,1 m onto steel surface (IEC 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.4
a) H_0 is the lower limit of the effective range of measurement.				

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 monitor readings required to determine true differences between two sets of monitor 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 monitor readings required.

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

The interval between monitor 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 instrument²

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

NOTE 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.

² Information taken from the American standard ANSI N42.17A.D8.

Annex B (informative)

Procedure to determine the variation of the relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence

The easiest way to determine the rated range of radiation energy is to measure the (absolute) response values for all energies and angles of incidence for all radiation qualities within the anticipated rated range. Special care shall be taken at large polar angles of incidence, because the response might also depend on the azimuth angle. Then the relative response values are determined by dividing all these (absolute) response values by the value of the (absolute) response for the reference energy and 0° radiation incidence. If all relative response values are within the allowed limits (for example, $0,71 - U_{rel}$ and $1,67 + U_{rel}$ for photon radiation) then the anticipated rated range can be stated as rated range of the dosimeter. This rated range may not be the maximum possible rated range, because even lower or higher energies may fulfil the requirements and thus larger rated ranges may be possible. In addition, especially for neutron dosimeters, a change of the reference energy may lead to a larger rated range. A better and more direct way to determine the maximum rated range, especially for photon radiation, is given in the following.

For dosimeters where the design gives no reason to expect a non-monotonic dependence of the relative response versus angle of radiation incidence, the following four step procedure may be used to minimise the number of measurements. In the first step, the energy dependence of relative response at 0° radiation incidence is measured. In the second step, the minimum energy of the rated range is determined where the requirements on radiation energy *and* angle of radiation incidence are met. In the third step, the respective maximum energy of the rated range is determined and in the fourth step, it is verified that the requirements are also met in the energy range in between.

- a) The energy dependence of relative response at 0° radiation incidence is measured at all energies given in the respective subclause in the anticipated rated range of energy and plotted versus the (mean) energy.
- b) The energy on the low energy side of the plot measured in a) is determined where the relative response leaves (the first time) the allowed interval (for example, from $0,71 - U_{rel}$ to $1,67 + U_{rel}$ for photon radiation). For the radiation quality with the next higher (mean) energy, the relative response values are measured for angles of incidence of $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{max}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. If, for this radiation quality, all relative response values are in the allowed interval (for example, from $0,71 - U_{rel}$ to $1,67 + U_{rel}$ for photon radiation), the procedure has to be repeated with the radiation exhibiting the next lower (mean) energy. Otherwise, the radiation quality with the next higher mean energy shall be used.

For both radiation qualities used in the test, all measured relative response values are plotted as a function of (mean) energy. Each two relative response values belonging together shall be connected by a straight line. The minimum rated energy is that energy above which all straight lines are between the allowed limits (for example, $0,71 - U_{rel}$ and $1,67 + U_{rel}$ for photon radiation).

- c) The energy on the high energy side of the plot measured in a) is determined where the relative response leaves (the first time) the allowed interval (for example, from $0,71 - U_{rel}$ to $1,67 + U_{rel}$ for photon radiation). For the radiation quality with the next lower (mean) energy, the relative response values are measured for angles of incidence of $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{max}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. If, for this radiation quality, all relative response values are in the allowed interval (for example, from $0,71 - U_{rel}$ to

1,67 + U_{rel} for photon radiation), the procedure has to be repeated with the radiation exhibiting the next higher (mean) energy. Otherwise, the radiation quality with the next lower mean energy shall be used. With a procedure similar to that given in b), the maximum rated energy is determined.

- d) For at least one radiation quality within the rated range determined above, it shall be shown that all relative response values for angles of incidence of $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$, are within the allowed interval (for example, from $0,71 - U_{\text{rel}}$ to $1,67 + U_{\text{rel}}$ for photon radiation). If the relative response values measured in a) have extreme values in the rated range, then the corresponding radiation qualities have to be used for this step.

Annex C (informative)

Usage categories of personal dosimeters

The usage categories given in Table C.1 can be used to categorize personal dosimeters for approval purposes.

Table C.1 – Usage categories of personal dosimeters

Category	Sym- bol	Minimum required range of use	Optional extensions		
			for influence quantity energy	for dose range	for influence quantity dose rate
$H_p(10)$ Gamma radiation	G	80 keV to 1,5 MeV ^{a)} 100 μSv to 10 Sv ^{b)} 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{c)}	m (mid): lower limit 60 keV l (low): lower limit 20 keV h (high): includes 6 MeV	f : lower limit 10 μSv	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(10)$ X radiation	X	20 keV to 150 keV ^{a)} 100 μSv to 10 Sv ^{b)} 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l (low): lower limit 10 keV h (high): includes 300 keV	f : lower limit 10 μSv	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(10)$ Neutron radiation	N	0,025 eV to 5 MeV ^{a)} 100 μSv to 1 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{c)}	—	f : lower limit 10 μSv	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(0,07)$ X, gamma radiation	S skin	20 keV to 150 keV ^{a)} 1 mSv to 10 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l : lower limit 15 keV n : lower limit 10 keV	g : lower limit 100 μSv	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(0,07)$ Beta radiation	B	200 keV to 800 keV (E_{mean}) ^{a)} 1 mSv to 10 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l : lower limit 60 keV (E_{mean})	g : lower limit 100 μSv	a (accident): upper limit 10 Sv h^{-1} e (environmental): lower limit 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
^{a)} Minimal rated energy range. ^{b)} Minimal effective range of measurement. ^{c)} Minimal rated range of use for influence quantity dose rate.					

Example: A personal gamma neutron dosimeter for a nuclear plant may be classified as **Gmh-N**.

Bibliography

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

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

ISO/DIS 29661: *Reference radiation fields for radiation protection – Definitions and fundamental concepts*

ICRU Report 60:1999, *Fundamental quantities and units for ionizing radiation*

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).

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	64
INTRODUCTION.....	66
1 Domaine d'application et objet.....	67
2 Références normatives.....	68
3 Termes et définitions	70
4 Unités et liste des symboles	77
4.1 Unités	77
4.2 Liste des symboles.....	77
5 Caractéristiques mécaniques.....	79
5.1 Taille	79
5.2 Masse	80
5.3 Boîtier	80
5.4 Boutons de commutation	80
6 Caractéristiques générales	80
6.1 Stockage de l'information de dose.....	80
6.2 Indication	80
6.3 Marquages sur le dosimètre	80
6.4 Rétention de contamination radioactive	80
6.5 Domaines de mesure de l'équivalent de dose et du débit d'équivalent de dose.....	81
6.6 Etendue de mesure	81
6.7 Domaine de variation d'une grandeur d'influence	81
6.8 Utilisation de plus d'un dosimètre	81
6.9 Indication due aux artefacts instrumentaux.....	81
6.10 Alarmes en dose ou en débit de dose.....	82
6.10.1 Généralités.....	82
6.10.2 Alarmes en équivalent de dose.....	82
6.10.3 Alarmes en débit d'équivalent de dose.....	82
6.10.4 Signal d'alarme.....	82
6.11 Indication de dysfonctionnement	82
7 Procédures générales d'essai.....	82
7.1 Nature des essais	82
7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	82
7.3 Essais concernant les grandeurs d'influence de type F.....	83
7.4 Essais concernant les grandeurs d'influence de type S	83
7.5 Fantôme utilisé pour les essais	83
7.6 Position du dosimètre au cours des essais	83
7.7 Position du dosimètre pendant son utilisation	84
7.8 Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence.....	84
7.9 Débits d'équivalent de dose faibles	84
7.10 Fluctuations statistiques	84
7.11 Production de rayonnement de référence	84
8 Additivité des valeurs indiquées	84
8.1 Exigences	84
8.2 Méthode d'essai	85
8.3 Interprétation des résultats.....	85

9	Exigences de performances sous rayonnement et essais	85
9.1	Généralités.....	85
9.2	Considération relative à l'incertitude de la valeur conventionnelle d'une grandeur	86
9.3	Constance de la réponse de dose, dépendance au débit de dose et fluctuations statistiques	86
9.3.1	Généralités.....	86
9.3.2	Exigences.....	86
9.3.3	Méthode d'essai utilisant des sources de rayonnement.....	86
9.3.4	Interprétation des résultats de l'essai en utilisant des sources.....	87
9.3.5	Méthode d'essai pour des dosimètres photon utilisant le rayonnement naturel.....	87
9.3.6	Interprétation des résultats de l'essai en utilisant le rayonnement naturel.....	88
9.4	Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement photon et de l'angle d'incidence	88
9.4.1	Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$	88
9.4.2	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	89
9.5	Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement neutron et de l'angle d'incidence	89
9.5.1	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	89
9.6	Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement bêta et de l'angle d'incidence.....	91
9.6.1	Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$	91
9.6.2	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	92
9.7	Conservation de la lecture en équivalent de dose.....	92
9.7.1	Généralités.....	92
9.7.2	Exigences.....	92
9.7.3	Méthode d'essai et interprétation des résultats	92
9.8	Caractéristiques de surcharge.....	93
9.8.1	Généralités.....	93
9.8.2	Exigences.....	93
9.8.3	Méthode d'essai et interprétation des résultats	93
9.9	Alarmes.....	94
9.9.1	Généralités.....	94
9.9.2	Temps de réponse pour l'indication du débit d'équivalent de dose et pour l'alarme correspondante	94
9.9.3	Précision du niveau d'alarme en équivalent de dose.....	95
9.9.4	Précision du niveau d'alarme en débit d'équivalent de dose	95
9.10	Fonction modèle.....	96
10	Caractéristiques électriques et d'environnement, exigences et essais	96
10.1	Généralités.....	96
10.2	Alimentation électrique	96
10.2.1	Exigences générales	96
10.2.2	Exigences pour les piles.....	96
10.2.3	Exigences pour les batteries.....	97
10.2.4	Méthodes d'essai et interprétation des résultats (piles et batteries)	97
10.3	Température ambiante	98

10.3.1	Exigences.....	98
10.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	99
10.4	Humidité relative	99
10.4.1	Exigences.....	99
10.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	100
10.5	Pression atmosphérique	100
10.6	Étanchéité	100
10.7	Stockage.....	100
11	Performances électromagnétiques, exigences et essais	100
11.1	Généralités.....	100
11.2	Décharge électrostatique.....	101
11.2.1	Exigences.....	101
11.2.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	101
11.3	Champs électromagnétiques rayonnés	101
11.3.1	Exigences.....	101
11.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	101
11.4	Perturbations induites dans les conducteurs par des transitoires rapides ou des salves	102
11.4.1	Exigences.....	102
11.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	102
11.5	Perturbations induites dans les conducteurs par des surtensions	102
11.5.1	Exigences.....	102
11.5.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	102
11.6	Perturbations induites dans les conducteurs par des radiofréquences	102
11.6.1	Exigences.....	102
11.6.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	103
11.7	Champ magnétique à 50 Hz/60 Hz	103
11.7.1	Exigences.....	103
11.7.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	103
11.8	Chutes de tension et microcoupures.....	103
11.8.1	Exigences.....	103
11.8.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	103
12	Performances mécaniques, exigences et essais	103
12.1	Généralités.....	103
12.2	Essai de chute.....	104
12.2.1	Exigences.....	104
12.2.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	104
12.3	Essai de vibration.....	104
12.3.1	Exigences.....	104
12.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	104
12.4	Essai microphonique	104
12.4.1	Exigences.....	104
12.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	104
13	Incertitude	105
14	Documentation	105
14.1	Rapport d'essai de type.....	105
14.2	Certificat	105
15	Manuel d'utilisation et de maintenance	106

Annexe A (normative) Fluctuations statistiques	114
Annexe B (informative) Procédure pour déterminer la variation de la réponse relative en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement	116
Annexe C (informative) Catégories d'utilisation pour les dosimètres individuels	118
Bibliographie.....	119
Tableau 1 – Symboles (et abréviations)	77
Tableau 2 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w différentes valeurs de dose et n indications pour chaque valeur de dose.....	107
Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	108
Tableau 4 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	109
Tableau 5 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma	110
Tableau 6 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(10)$ pour le rayonnement neutron	111
Tableau 7 – Caractéristiques électriques et environnementales des dosimètres.....	112
Tableau 8 – Caractéristiques des dosimètres aux perturbations électromagnétiques	113
Tableau 9 – Caractéristiques des dosimètres aux perturbations mécaniques	113
Tableau A.1 – Nombre de lectures requises pour démontrer une réelle différence (niveau de confiance 95 %) entre deux séries de lectures effectuées sur le même instrument.....	115
Tableau C.1 – Catégories d'utilisation pour les dosimètres individuels.....	118

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – MESURE DES ÉQUIVALENTS DE DOSE INDIVIDUELS $H_p(10)$ ET $H_p(0,07)$ POUR LES RAYONNEMENTS X, GAMMA, NEUTRON ET BÊTA – APPAREILS DE MESURE À LECTURE DIRECTE DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE INDIVIDUEL

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de 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 61526 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2005. Cette édition constitue une révision technique. Par rapport à la précédente édition, celle-ci comprend les principales modifications techniques suivantes:

- Inclusion de termes et définitions du Guide ISO/CEI 99:2007 (VIM:2008).
- Cohérence avec le CEI/TR 62461:2006 "*Instrumentation pour la radioprotection – Détermination de l'incertitude de mesure*".
- Amélioration de la détermination de la constance de la réponse de dose et des fluctuations statistiques.

- Suppression des classes d'appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel en fonction de la conservation des informations.
- Inclusion de catégories d'utilisation pour les dosimètres individuels en Annexe C.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/648/FDIS	45B/666/RVD

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

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

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

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

INTRODUCTION

La présente Norme internationale s'applique aux appareils de mesure et aux moniteurs actifs, à lecture directe, utilisés pour mesurer les équivalents de dose individuels $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta.

Pour l'équivalent de dose individuel $H_p(10)$ ou pour le débit d'équivalent de dose individuel $\dot{H}_p(10)$ et pour les rayonnements X et gamma, deux domaines minimaux de variation pour l'énergie des photons sont donnés. Le premier domaine de 20 keV à 150 keV concerne les postes de travail où des rayons X de faible énergie sont utilisés, par exemple en diagnostic médical, le second de 80 keV à 1,5 MeV concerne les postes de travail où des rayons X de haute énergie et/ou des sources gamma sont utilisés, par exemple dans l'industrie. Pour le rayonnement neutron, le domaine minimal de variation pour l'énergie des neutrons est compris entre 0,025 eV (neutrons thermiques) et 5 MeV. Les domaines de variation peuvent être élargis à toutes les énergies couvertes par les normes correspondantes relatives aux champs de rayonnement de référence.

Pour l'équivalent de dose individuel $H_p(0,07)$ et pour les rayonnements X et gamma, un domaine minimal de variation pour les photons d'énergie comprise entre 20 keV et 150 keV est donné et, pour le rayonnement bêta, le domaine minimal de variation s'étend de 0,2 MeV à 0,8 MeV. Les domaines de variation peuvent être élargis à toutes les énergies couvertes par les normes correspondantes relatives aux champs de rayonnement de référence.

Des exemples de domaines de variation élargis sont donnés dans l'Annexe C.

Pour certaines applications, par exemple dans une installation comportant un réacteur nucléaire, où un rayonnement photon de 6 MeV est présent, il convient de mesurer l'équivalent de dose individuel (ou son débit) $H_p(10)$ pour les photons d'énergie jusqu'à 10 MeV. Pour d'autres applications, il convient de mesurer $H_p(10)$ jusqu'à des valeurs aussi basses que 10 keV.

Pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel, sont données les exigences pour la mesure des grandeurs de dose $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ et pour la surveillance des grandeurs de débit de dose $\dot{H}_p(10)$ et $\dot{H}_p(0,07)$. La mesure des grandeurs du débit de dose est une option pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel.

Dans certains pays, des établissements peuvent souhaiter que ce type d'appareil de mesure de l'équivalent de dose individuel soit utilisé, par les services agréés de surveillance individuelle, pour l'enregistrement des doses.

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
MESURE DES ÉQUIVALENTS DE DOSE INDIVIDUELS $H_p(10)$ ET $H_p(0,07)$
POUR LES RAYONNEMENTS X, GAMMA, NEUTRON ET BÊTA –
APPAREILS DE MESURE À LECTURE DIRECTE
DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE INDIVIDUEL**

1 Domaine d'application et objet

La présente Norme internationale s'applique aux appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel ayant les caractéristiques suivantes:

- a) Ils sont portés sur la poitrine ou les extrémités du corps.
- b) Ils mesurent les équivalents de dose individuels $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements externes X et gamma, neutron et bêta, et peuvent mesurer les débits d'équivalents de dose individuels $\dot{H}_p(10)$ et $\dot{H}_p(0,07)$.
- c) Ils sont à affichage numérique.
- d) Ils peuvent avoir des fonctions d'alarme pour les équivalents de dose individuels ou pour les débits d'équivalents de dose individuels.

La présente norme s'applique donc à la mesure des combinaisons suivantes de grandeurs de dose (les débits de dose respectifs étant inclus) et de rayonnements:

- 1) $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X et gamma;
- 2) $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta;
- 3) $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma;
- 4) $H_p(10)$ pour les rayonnements neutron;
- 5) $H_p(10)$ pour les rayonnements X, gamma et neutron;
- 6) $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta.

NOTE 1 Quand le terme "dose" est utilisé dans cette norme, il signifie "équivalent de dose individuel", sauf précision contraire.

NOTE 2 Quand le terme "dosimètre" est utilisé dans cette norme, il inclut tous les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel, sauf précision contraire.

La présente norme spécifie les exigences pour les dosimètres et, s'ils sont fournis, pour leurs systèmes de lecture associés.

Cette norme spécifie, pour les dosimètres décrits ci-dessus, leurs caractéristiques générales, leurs procédures générales d'essai, leurs caractéristiques sous rayonnement ainsi que leurs caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et environnementales. Les seules exigences spécifiées pour les systèmes de lecture associés sont celles qui concernent l'exactitude de la lecture de l'équivalent de dose individuel et du réglage des alarmes et les exigences qui concernent l'influence du lecteur sur le dosimètre.

La présente norme spécifie également en Annexe C les catégories d'utilisation par rapport aux différentes performances de mesure.

Cette norme ne prend pas en compte les exigences spéciales qui concerneraient les conditions accidentelles ou d'urgence, bien que les dosimètres puissent être éventuellement utilisés pour cet usage. La norme ne s'applique pas aux dosimètres utilisés pour la mesure des rayonnements pulsés, tel que cela se produit dans la plupart des dispositifs à rayons X

utilisés pour le diagnostic médical, dans les accélérateurs linéaires ou équipements similaires.

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 60050-393:2003, *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 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

CEI 61000-4-3:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

CEI 61000-4-4:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-4: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux transitoires électriques rapides en salves*

CEI 61000-4-5:2005, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

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 61000-4-8:2009, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-8: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau*

CEI 61000-4-11:2004, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension*

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

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 98-3:2008/Suppl.1:2008, *Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo et Corr.1 (2009)*

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*

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

ISO 8529-2:2000, *Rayonnements neutroniques de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement*

ISO 8529-3:1998, *Rayonnements neutroniques de référence – Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*

ISO 12789-1:2008, *Champs de rayonnement de référence – Champs de neutrons simulant ceux de postes de travail – Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*

ISO 12789-2:2008, *Champs de rayonnement de référence – Champs de neutrons simulant ceux de postes de travail – Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales*

Rapport ICRU 51:1993, *Quantities and units in radiation protection dosimetry*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60050-393, la CEI 60050-394, la CEI 60359 et le Rapport ICRU 51, ainsi que les termes et définitions suivants, s'appliquent.

3.1

essai d'acceptation

essai de réception

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que l'appareil répond à certaines conditions de sa spécification

[VEI 394-20-09; VEI 151-16-23; VEI 394-40-05]

3.2

étalonnage (pour les besoins de la présente norme)

détermination quantitative du coefficient d'étalonnage de référence, N_0 , et de la correction de non-constance de la réponse, r_n , au cours d'une série d'essais contrôlés, dans les conditions normales d'essai, pour lesquels toutes les valeurs m de la réponse relative, r_q , sont égales à l'unité et toutes les valeurs l des écarts, D_p , sont nulles

3.3

coefficient d'étalonnage

N

quotient de la valeur conventionnellement vraie, H_r , à la valeur indiquée, G_r , au point d'essai pour un rayonnement de référence spécifié et dans des conditions de référence spécifiées. Il s'exprime par:

$$N = \frac{H_r}{G_r}$$

NOTE 1 (Voir ISO 4037-3) Le coefficient d'étalonnage N est sans dimension quand l'instrument indique la grandeur à mesurer. Un dosimètre indiquant la valeur de la grandeur conventionnellement vraie a un coefficient d'étalonnage égal à 1.

NOTE 2 (Voir ISO 4037-3) L'inverse du coefficient d'étalonnage est égal à la réponse dans les conditions de référence. Contrairement au coefficient d'étalonnage, qui se réfère uniquement aux conditions de référence, la réponse se réfère aux conditions existant au moment de la mesure.

NOTE 3 (Voir ISO 4037-3) La valeur du coefficient d'étalonnage peut varier avec l'ordre de grandeur de la grandeur à mesurer. Dans de tels cas, on dit que le dosimètre a une réponse non cohérente.

3.4

coefficient de variation

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

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

[VEI 394-40-14]

3.5**incertitude de mesure type composée**

incertitude type composée

 u_c

incertitude de mesure type obtenue à l'aide des incertitudes de mesure types individuelles, associées aux grandeurs d'entrée dans un modèle de mesure

NOTE Dans le cas de corrélations des grandeurs d'entrée dans un modèle de mesure, les covariances doivent également être prises en compte lors du calcul de l'incertitude de mesure type composée; voir aussi le Guide ISO/CEI 98-3:2008,2.3.4.

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 2.31]

3.6**valeur conventionnelle d'une grandeur (valeur convenue)**

valeur conventionnelle d'une grandeur

valeur conventionnelle

valeur attribuée par convention à une grandeur donnée pour un objectif donné

NOTE 1 La «valeur conventionnellement vraie d'une grandeur» est quelquefois utilisée pour ce concept, mais son usage est déconseillé.

NOTE 2 Parfois, une valeur conventionnelle d'une grandeur peut être une estimation d'une valeur vraie d'une grandeur.

NOTE 3 Une valeur conventionnelle d'une grandeur est, en général, acceptée comme étant associée à une faible incertitude de mesure appropriée, qui peut être nulle.

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 2.12]

NOTE 4 Dans la présente norme, la grandeur est l'équivalent de dose (ou son débit).

3.7**correction de non-constance de la réponse** r_n

rapport de la réponse, R , dans des conditions spécifiées où seule la grandeur mesurée varie, à la réponse de référence, R_0 . Il s'exprime par:

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

NOTE Pour un instrument dont la réponse est cohérente, r_n est égal à 1.

3.8**dispositif de détection (dosimètre)**

ensemble constitué d'un détecteur de rayonnement et de ses composants associés nécessaires pour l'étalonnage ou la détermination de la réponse

NOTE Le résultat d'étalonnage n'est valable que pour ce dispositif de détection.

EXEMPLE Un dosimètre individuel doit être étalonné avec un fantôme. La combinaison du dosimètre individuel et du fantôme avec éventuellement des instruments de lecture et autres câbles supplémentaires constitue un dispositif de détection.

[ISO/DIS 29661, 3.1.10]

3.9**écart (variation)** D

différence entre les valeurs indiquées de la même valeur du mesurande d'un appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou son 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 dans le VEI 311-07-03 est "variation (due à une grandeur d'influence)". Afin de ne pas confondre la « variation » (de la valeur indiquée) de celle de la réponse, le terme est désigné dans la présente norme par « écart ».

NOTE 2 L'écart peut être positif ou négatif, donnant lieu respectivement à une augmentation ou une réduction de la valeur indiquée.

NOTE 3 L'écart revêt une importance toute particulière pour les grandeurs d'influence de type S.

3.10 étendue de mesure

étendue des valeurs de la grandeur à mesurer, dans laquelle les performances d'un dosimètre satisfont aux exigences de la présente norme

[VEI 394-20-16, modifiée]

3.11 incertitude de mesure élargie

incertitude élargie

U

produit d'une incertitude de mesure type composée et d'un coefficient supérieur à un

NOTE 1 Le coefficient dépend du type de distribution de probabilité de la grandeur de sortie dans un modèle de mesure et de la probabilité d'élargissement choisie.

NOTE 2 Le terme « coefficient » dans cette définition se réfère à un coefficient d'élargissement.

NOTE 3 L'incertitude de mesure élargie est désignée par le terme « incertitude globale » à l'alinéa 5 de la Recommandation INC-1 (1980) (voir GUM) et simplement par le terme « incertitude » dans les documents CEI.

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 2.35]

3.12 valeur indiquée (pour les besoins de la présente norme)

G

valeur donnée par l'affichage numérique du dosimètre

3.13 grandeur d'influence

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

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

[VEI 394-20-27; GUM B.2.10]

NOTE 2 Si l'effet sur le résultat du mesurage d'une grandeur d'influence dépend d'une autre grandeur d'influence, ces grandeurs d'influence sont considérées comme une seule et même grandeur. Dans la présente norme, ceci s'applique aux grandeurs d'influence « énergie du rayonnement et angle d'incidence du rayonnement ».

3.14 grandeur d'influence de type F

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée induit une variation de la réponse

NOTE 1 Par exemple, l'énergie ou l'angle d'incidence du rayonnement (voir 9.4 à 9.6) et le débit de dose quand la dose est mesurée.

NOTE 2 "F" signifie coefficient (en anglais *factor*). L'indication due au rayonnement est multipliée par un coefficient dû à la grandeur d'influence.

3.15**grandeur d'influence de type S**

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

NOTE 1 Par exemple, les perturbations électromagnétiques (voir l'Article 11) et microphoniques (voir 12.4).

NOTE 2 Toutes les exigences relatives aux grandeurs d'influence de type S sont données par rapport à la valeur 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, perturbations électromagnétiques.

3.16**limite inférieure de l'étendue de mesure** H_0

plus faible valeur de la dose (ou du débit) dans les limites de l'étendue de mesure

3.17**temps de mesure maximal possible** t_{\max}

temps de mesure le plus long pour lequel toutes les exigences de la présente norme sont satisfaites

NOTE Le temps peut être donné par la durée de vie de la pile ou batterie ou par d'autres exigences, voir note de 9.3.6.

3.18**valeur mesurée (utilisant la réponse)** M

valeur pouvant 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 selon le GUM (guide ISO de l'expression de l'incertitude de mesure) (voir GUM en 3.1.6, 3.4.1 et 4.1).

NOTE 2 Un exemple de fonction modèle est donné ci-dessous. Elle associe la valeur indiquée G au coefficient d'étalonnage de référence, N_0 , la correction de non-constance 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 relatives de la réponse, 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 effectués conformément à ce type de fonction modèle ne sont généralement réalisés que lorsque les grandeurs d'influence spécifiques sont bien connues et qu'une correction appropriée est appliquée.

NOTE 4 Lorsque les contrôles d'étalonnage sont faits suivant les instructions du fabricant, le coefficient d'étalonnage de référence, la correction de non-constance de la réponse et toutes les valeurs relatives de la réponse, sont fixés à l'unité et les écarts sont fixés à zéro. Ceci entraîne une incertitude de mesure qui peut être déterminée à partir des variations mesurées des valeurs de la réponse et des écarts mesurés. Pour un dosimètre dont les essais sont faits suivant la présente norme, toutes ces données sont disponibles.

3.19**domaine minimal de variation**

plus petit domaine spécifié d'une grandeur d'influence, ou d'un paramètre de l'instrument, à l'intérieur duquel l'appareil de mesure de l'équivalent de dose fonctionnera à l'intérieur des variations respectives de la réponse relative pour satisfaire aux exigences de la présente norme

3.20**réponse non cohérente**

variation de la valeur de la réponse (relative) avec la valeur de la grandeur à mesurer

3.21**équivalent de dose individuel** $H_p(d)$

équivalent de dose dans un tissu mou en un point et à une profondeur d donnés du corps humain

NOTE Les profondeurs recommandées sont 10 mm pour les rayonnements fortement pénétrants et 0,07 mm pour les rayonnements faiblement pénétrants.

[VEI 393-14-97]

3.22**appareil de mesure de l'équivalent de dose individuel**

ensemble destiné à mesurer l'équivalent de dose individuel et à affichage numérique

3.23**débit d'équivalent de dose individuel** $\dot{H}_p(d)$

quotient de $dH_p(d)$ par dt , où $dH_p(d)$ est l'augmentation de l'équivalent de dose individuel dans l'intervalle de temps dt

$$\dot{H}_p(d) = \frac{dH_p(d)}{dt}$$

L'unité de débit d'équivalent de dose individuel est le quotient du sievert ou d'un de ses multiples ou sous-multiples par l'unité de temps qui convient (par exemple, mSv h⁻¹)

3.24**point d'essai**

point où est définie la valeur conventionnelle d'une grandeur et où le point de référence du dosimètre est placé pour l'étalonnage et les essais

3.25**essais de qualification**

essais réalisés pour vérifier que les exigences d'une spécification sont satisfaites. Les essais de qualification se divisent en essais de type et essais individuels

3.26**domaine de variation**

domaine d'une grandeur devant être mesurée, observée, fournie ou réglée, attribué à un instrument

3.27**domaine d'utilisation**

domaine des valeurs d'une grandeur d'influence donnant les limites de fonctionnement dans les limites établies de la réponse relative ou de l'écart

3.28**coefficient d'étalonnage de référence**

coefficient d'étalonnage, N_0 , pour une valeur de référence, $H_{r,0}$, de la grandeur à mesurer. $G_{r,0}$ étant la valeur indiquée correspondante, il s'exprime par :

$$N_0 = \frac{H_{r,0}}{G_{r,0}}$$

NOTE Pour la valeur de $H_{r,0}$, voir le Tableau 3.

3.29**condition de fonctionnement de référence**
condition de référence

condition de fonctionnement prescrite pour évaluer les performances d'un instrument de mesure ou d'un système de mesure, ou pour comparer les résultats de mesure

NOTE 1 Les conditions de fonctionnement de référence spécifient les intervalles des valeurs du mesurande et des grandeurs d'influence.

NOTE 2 Dans la CEI 60050-300, 311-06-02, le terme « condition de référence » fait référence à une condition de fonctionnement dans laquelle l'incertitude de mesure instrumentale spécifiée est la plus faible possible.

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 4.11]

NOTE 3 Les conditions de référence données dans le Tableau 3 comprennent également une valeur de référence de la grandeur à mesurer. Pour un instrument dont la réponse est non cohérente, ces valeurs sont obligatoires, par exemple, il convient que la valeur indiquée G au cours des essais soit égale à $H_{r,0}/N_0$ (voir 3.28). Pour un instrument dont la réponse est cohérente, $H_{r,0}$ peut être toute valeur comprise dans le domaine défini par les conditions normales d'essai, voir Tableau 3.

3.30**orientation de référence**

orientation du dosimètre par rapport à la direction du rayonnement incident définie par le fabricant

NOTE Pendant l'étalonnage, le dosimètre est placé dans l'orientation de référence.

3.31**point de référence d'un dosimètre**

repère sur un équipement, par rapport auquel le dosimètre est positionné pour la réalisation de l'étalonnage

NOTE Le point à partir duquel la distance à la source est mesurée.

[VEI 394-40-15, modifiée]

3.32**réponse de référence** R_0

réponse de l'ensemble de mesure dans les conditions de référence:

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

où $H_{r,0}$ est une valeur de référence (conventionnelle) de la grandeur à mesurer pour un rayonnement de référence spécifié dans des conditions de référence spécifiées et où $G_{r,0}$ est la valeur indiquée respectivement

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

3.33**incertitude relative élargie** U_{rel}

incertitude élargie divisée par le résultat de la mesure

3.34**réponse relative** r

quotient de la réponse, R , à la réponse de référence, R_0 , au point d'essai dans des conditions spécifiées:

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

NOTE La réponse de référence R_0 est toujours mesurée à l'incidence 0° du rayonnement et à l'énergie de référence, voir 3.30.

3.35
réponse (d'un ensemble de mesure de rayonnements)

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

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

où G est la valeur de la grandeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble en essai, et
 H est la valeur conventionnelle de cette grandeur

[VEI 394-40-21, modifiée]

NOTE 1 Pour un instrument dont la réponse est non cohérente, la valeur de la réponse varie lorsque la valeur conventionnelle de la grandeur varie.

NOTE 2 Dans les conditions de référence spécifiées, la réponse est l'inverse du coefficient d'étalonnage.

3.36
essai individuel de série
essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

[VEI 151-16-17, VEI 394-40-03]

3.37
conditions normales d'essai
une ou plusieurs valeurs, ou domaine de valeurs, d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental, qui sont autorisées lors d'étalonnages ou d'essais d'une autre grandeur d'influence ou d'un autre paramètre instrumental (voir colonne 3 du Tableau 3)

3.38
incertitude de mesure type
incertitude de mesure type
incertitude type
 u_i
incertitude de mesure exprimée comme un écart type

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 2.30]

3.39
essais complémentaires
essais destinés à fournir des informations complémentaires concernant certaines caractéristiques du dosimètre

3.40
essai de type
essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

[VEI 394-40-02; VEI 151-16-16]

3.41
incertitude de mesure
incertitude de mesure
incertitude
paramètre non négatif, caractérisant la dispersion des valeurs de grandeurs attribuées à un mesurande, d'après les informations utilisées

NOTE 1 L'incertitude de mesure comprend des composantes provenant d'effets systématiques, telles que des composantes associées à des corrections et les valeurs de grandeurs attribuées des étalons de mesure, ainsi que l'incertitude de définition. Parfois, les effets systématiques estimés ne sont pas corrigés mais, au lieu de cela, des composantes d'incertitude de mesure associées sont intégrées.

NOTE 2 Le paramètre peut être, par exemple, un écart type (ou un multiple spécifié de celui-ci), ou la demi-largeur d'un intervalle de probabilité d'élargissement déterminée.

NOTE 3 L'incertitude de mesure comprend, en général, plusieurs composantes. Certaines de ces composantes peuvent être évaluées par une évaluation de type A de l'incertitude de mesure, à partir de la distribution statistique des valeurs de grandeurs provenant de séries de mesures, et peuvent être caractérisées par des écarts types. Les autres composantes, qui peuvent être évaluées par une évaluation de type B de l'incertitude de mesure, peuvent aussi être caractérisées par des écarts types, évalués par des fonctions de densité de probabilité, d'après l'expérience acquise ou d'après d'autres informations.

NOTE 4 En général, pour un ensemble donné d'informations, il est entendu que l'incertitude de mesure est associée à une valeur de grandeur déterminée, attribuée au mesurande. Une modification de cette valeur entraîne une modification de l'incertitude associée.

[Guide ISO/CEI 98-3:2008, 2.26]

4 Unités et liste des symboles

4.1 Unités

Dans la présente norme, les unités utilisées sont celles du Système International (SI). La définition des grandeurs de mesure des rayonnements et des termes dosimétriques est donnée dans la CEI 60050-393, la CEI 60050-394 et le rapport ICRU 51. De plus, les unités suivantes sont acceptées:

- Pour l'énergie: l'électron-volt (symbole eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.
- Pour le temps: année, jour (symbole d, en anglais *day*), heure (symbole h), minute (symbole min).

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

L'unité d'équivalent de dose du système SI est le sievert (symbole Sv). $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

4.2 Liste des symboles

Le Tableau 1 donne la liste des symboles et des abréviations utilisés.

Tableau 1 – Symboles (et abréviations)

Symbole	Définition	Unité
α	Angle d'incidence du rayonnement	deg
α_{max}	Valeur maximale de α dans le domaine de mesure considéré	deg
D	Ecart	Sv
d	Profondeur dans les tissus mous. Les profondeurs recommandées sont 10 mm et 0,07 mm	m
D_p	Ecart dû à une grandeur d'influence n° p de type S	Sv
\bar{E}	Energie moyenne du rayonnement	eV
G	Valeur indiquée de la dose (ou du débit)	Sv (Sv h ⁻¹)
G_a	Valeur indiquée de la dose pour laquelle l'alarme est réglée	Sv
\dot{G}_{high}	Lecture stable du débit de dose après une augmentation du débit de dose	Sv h ⁻¹
G_K	Valeur indiquée de la dose due à une seule irradiation à la valeur conventionnelle d'une grandeur H_K	Sv

Symbole	Définition	Unité
G_{K+L}	Valeur indiquée de la dose due à une irradiation combinée (simultanément) à la valeur conventionnelle d'une grandeur $H_K + H_L$	Sv
G_L	Valeur indiquée de la dose due à une seule irradiation à la valeur conventionnelle d'une grandeur H_L	Sv
$G_{low,1}$	Indication du dosimètre dans les mêmes conditions que pour G_{nom} , mais pour une tension basse des piles ou batteries, exemple, le dosimètre indique « Pile ou batterie faible » pour la première fois	Sv
Δg_{mix}	Variation relative de l'indication due à une variation de l'exposition mixte (simultanée); voir l'Article 8	—
G_{nom}	Indication du dosimètre dans des conditions où la tension des piles (ou batteries) est à sa valeur nominale	Sv
G_{nat}	Dose cumulée dans un environnement	Sv
G_r	Valeur indiquée de la dose (ou du débit de dose) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$G_{r,0}$	Valeur de référence de la dose (ou du débit de dose) indiquée due à l'exposition à $H_{r,0}$	Sv (Sv h ⁻¹)
H	Valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose)	Sv (Sv h ⁻¹)
H_0	Limite de dose (ou débit de dose) la plus basse de l'étendue de mesure	Sv (Sv h ⁻¹)
H_a	Valeur de la dose pour laquelle l'alarme est réglée	Sv
$H_{a,c}$	Valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche	Sv
\dot{H}_a	Valeur du débit de dose pour laquelle l'alarme est réglée	Sv h ⁻¹
$H_p(0,07)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_p(10)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$\dot{H}_p(0,07)$	Débit d'équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(10)$	Débit d'équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv h ⁻¹
$H_p(d)$	Equivalent de dose dans les tissus mous en un point spécifié du corps humain à une profondeur d	Sv
H_r	Valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{r,0}$	Valeur de référence de dose (ou du débit de dose) de la grandeur à mesurer	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{true,nat}$	Equivalent de dose individuel prévu dû au rayonnement naturel	Sv
$\dot{H}_{true,nat}$	Débit d'équivalent de dose individuel connu dû au rayonnement naturel	Sv h ⁻¹
$I_{low,1}$	Courant d'alimentation du dosimètre quand l'indication est $M_{low,1}$	A
$I_{low,2}$	Courant d'alimentation du dosimètre quand les alarmes sonores et l'alarme visuelle se déclenchent, l'alarme étant réglée à son seuil le plus bas	A
K	Symbole des conditions de rayonnement K, par exemple, 3 mSv et N-80	—
k	Coefficient d'élargissement (voir GUM)	—
L	Symbole des conditions de rayonnement L, par exemple, 4 mSv et S-Co	—

Symbole	Définition	Unité
l	Nombre de grandeurs d'influence de type S	—
M	Valeur de la dose (du débit) mesurée	Sv (Sv h ⁻¹)
m	Nombre de grandeurs d'influence de type F	—
N	Coefficient d'étalonnage	—
n	Nombre de valeurs indiquées pour une valeur de dose, utilisé pour l'essai de constance de la réponse de dose et le coefficient de variation	—
N_0	Coefficient d'étalonnage de référence	—
Q_{nom}	Capacité nominale des piles (ou batteries)	A h
R	Réponse	—
r	Réponse relative	—
R_0	Réponse de référence	—
r_n	Correction de non-constance de la réponse	—
r_q	Réponse relative due à une grandeur d'influence n° q de type F	—
S_K	Symbole d'un type de rayonnement de condition K, par exemple, N-80	—
S_L	Symbole d'un type de rayonnement de condition L, par exemple, S-Co	—
t_{env}	Temps de mesure dans l'environnement	h
t_{max}	Temps de mesure maximal possible	h
t_{min}	Temps minimal exigé pour le fonctionnement continu du dosimètre, 100 h pour des piles et 24 h pour des batteries	h
U	Incertitude élargie	Selon grandeur
u_c	Incertitude type composée	Selon grandeur
u_i	Incertitude type due au composant n° i	Selon grandeur
$U_{\text{low},1}$	Tension des piles ou batteries dans les conditions dominantes lors de la détermination de $G_{\text{low},1}$	V
$U_{\text{low},2}$	Tension des piles ou batteries dans les mêmes conditions que pour G_{nom} , mais quand la tension des piles ou batteries est abaissée jusqu'à ce que l'indication du dosimètre soit 0,9 G_{nom}	V
U_{nom}	Valeur nominale de la tension des piles ou batteries	V
U_{rel}	Incertitude élargie relative	—
v	Coefficient de variation	—
v_{max}	Coefficient de variation maximal autorisé pour le débit de dose auquel l'alarme est réglée	—
w	Nombre de valeurs de dose, utilisé pour l'essai de constance de la réponse de dose et le coefficient de variation	—

5 Caractéristiques mécaniques

5.1 Taille

Les dimensions doivent être inférieures à 15 cm de long et 3 cm d'épaisseur sur 8 cm de large, à l'exclusion des systèmes d'agrafage ou de fixation. De plus, le volume doit être

inférieur à 300 cm³, à l'exclusion des systèmes d'agrafage ou de fixation, pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel en champ mixte neutron/photon, et 250 cm³ pour tous les autres dosimètres.

5.2 Masse

La masse doit être inférieure à 350 g pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel en champ mixte neutron/photon, 300 g pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel pour les neutrons, et 200 g pour tous les autres appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel.

5.3 Boîtier

Il convient que le boîtier soit lisse, rigide, résistant aux chocs et étanche à la poussière et à l'eau (aspersion). Le dosimètre doit comporter un moyen de fixation sur les vêtements, par exemple un clip solide, un anneau ou une cordelette. Il convient que la conception du dosimètre permette de le porter dans une position qui assure l'orientation nécessaire du détecteur et des indicateurs d'alarme.

5.4 Boutons de commutation

Si le dosimètre comporte sur ses faces externes des boutons de commutation, ceux-ci doivent être protégés des risques de commutation accidentelle ou contre une utilisation non autorisée. Le fonctionnement de ces boutons ne doit pas agir sur la fonction d'intégration du dosimètre. Les boutons doivent pouvoir être utilisés sous un sac plastique et avec des mains gantées.

6 Caractéristiques générales

6.1 Stockage de l'information de dose

L'appareil de mesure de l'équivalent de dose individuel doit conserver l'information de dose cumulée dans toutes les circonstances normales.

6.2 Indication

L'indication de dose de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose individuel doit être numérique et doit s'afficher en unités d'équivalent de dose, à savoir en sieverts et ses sous-multiples, par exemple, en micro sieverts (μSv). L'affichage doit être clairement visible et facile à lire par le porteur de l'appareil. L'affichage doit indiquer clairement l'unité de la grandeur mesurée.

6.3 Marquages sur le dosimètre

Le point de référence pour les étalonnages et les essais doit être indiqué sur l'extérieur du dosimètre. L'orientation de référence par rapport au porteur doit aussi être marquée sur le dosimètre.

6.4 Rétention de contamination radioactive

Le dosimètre doit être conçu pour minimiser le risque de rétention de contamination et pour faciliter sa décontamination. Le dosimètre peut être fourni avec une enveloppe protectrice; revêtu de cette enveloppe, il doit toujours rester conforme aux exigences de la présente norme.

6.5 Domaines de mesure de l'équivalent de dose et du débit d'équivalent de dose

Les équivalents de dose à mesurer se situent dans le domaine de 1 μSv à 10 Sv. Pour la plupart des applications, les débits d'équivalent de dose se situent dans le domaine de 1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} .

6.6 Etendue de mesure

Pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel, l'étendue de mesure doit couvrir au moins l'étendue de 100 μSv à 1 Sv pour les grandeurs $H_p(10)$ à mesurer et de 1 mSv à 10 Sv pour les grandeurs $H_p(0,07)$ à mesurer, et s'étendre depuis la première indication non nulle du deuxième chiffre le moins significatif, dans la gamme la plus sensible, jusqu'à l'indication maximale.

Quand plus d'un détecteur est utilisé pour la mesure sur la totalité du domaine, le résultat doit être compensé et s'afficher automatiquement. Quand le dosimètre offre la possibilité d'un changement de gamme de mesure, cela doit se faire automatiquement.

NOTE Par exemple, pour un affichage dont l'indication maximale est 9999,9, il convient que l'étendue de mesure commence à 1,0 dans le domaine de mesure le plus bas et aller jusqu'à 9999,9 dans le domaine le plus élevé.

6.7 Domaine de variation d'une grandeur d'influence

Le domaine de variation de toute grandeur d'influence doit être établi dans la documentation par le fabricant, et doit couvrir au moins le domaine de variation minimal donné dans la troisième colonne des Tableaux 4 à 9. Toutes les exigences de la présente norme doivent être satisfaites sur tout le domaine de variation.

NOTE Les dosimètres individuels sont conçus pour des applications spécifiques (voir Tableau C.1), de sorte qu'il convient que les fabricants spécifient les types de rayonnement, les étendues de mesure, les étendues d'énergie et les étendues de toute autre grandeur d'influence, pour lesquels leurs dosimètres sont conçus (voir 14.2). Les acheteurs peuvent faire référence au Tableau C.1 pour déterminer quelles catégories s'appliquent à leurs exigences.

6.8 Utilisation de plus d'un dosimètre

Si des dosimètres sont destinés à être utilisés dans des champs de rayonnement pour lesquels ils n'ont pas été conçus, par exemple un dosimètre neutron et un dosimètre photon utilisés ensemble dans un champ mixte neutron/photon, l'effet du rayonnement qu'ils ne sont pas destinés à mesurer doit être considéré comme une grandeur d'influence. Dans le cas de l'exemple considéré, le rayonnement photon est une grandeur d'influence pour le dosimètre seulement conçu et spécifié pour les neutrons, et vice versa. Pour chaque dosimètre conçu pour la mesure d'un rayonnement spécifique, le fabricant doit spécifier l'écart du dosimètre s'il est exposé à d'autres types de rayonnement. A partir de cette information, l'utilisateur disposant de plusieurs dosimètres peut estimer la valeur totale de la dose et les incertitudes associées.

6.9 Indication due aux artefacts instrumentaux

Pour les dosimètres individuels de $H_p(10)$ des rayonnements X et gamma, l'indication due aux artefacts instrumentaux doit être fournie par le fabricant pour une période d'intégration équivalente au temps de mesure maximum possible t_{max} , pour l'essai voir 9.3.5.

NOTE Cette valeur est exigée si les valeurs mesurées d'équivalents de dose accumulés pendant plusieurs jours, par exemple sur un mois, et mesurés en utilisant différents dosimètres, doivent être comparées.

6.10 Alarmes en dose ou en débit de dose

6.10.1 Généralités

Il ne doit pas être possible de régler les niveaux d'alarmes des appareils de mesure de l'équivalent de dose individuel en utilisant des boutons externes de commutation sur le dosimètre. Les niveaux d'alarme doivent être réglés par l'intermédiaire du système de lecture associé, sinon, il doit être possible d'interdire une modification non autorisée du seuil d'alarme par un moyen électronique ou mécanique qui en limite l'accès.

6.10.2 Alarmes en équivalent de dose

Il doit être possible de régler cette alarme à au moins une valeur dans chaque ordre de grandeur de ce domaine (par exemple, 30 μSv , 0,3 mSv, 3 mSv et 30 mSv).

6.10.3 Alarmes en débit d'équivalent de dose

Il doit être possible de régler cette alarme à au moins une valeur dans chaque ordre de grandeur de ce domaine (par exemple, 30 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 0,3 mSv h^{-1} , 3 mSv h^{-1} et 30 mSv h^{-1}).

6.10.4 Signal d'alarme

a) Localisation

Quand le dosimètre est porté sur le corps, l'alarme sonore et/ou visuelle doit être placée de manière à être entendue ou vue par le porteur.

b) Alarme sonore

La fréquence doit se situer dans la gamme de 1 kHz à 5 kHz. Pour une alarme intermittente, l'intervalle entre deux signaux doit être inférieur à 2 s. Le niveau sonore pondéré A (niveau d'impulsion pour alarme intermittente) doit être supérieur à 80 dBA, mais ne doit pas excéder 100 dBA à 30 cm de la source sonore. Il convient qu'un signal visuel ou un écouteur à oreillette soit disponible pour les cas d'environnements à haut niveau sonore.

6.11 Indication de dysfonctionnement

Quand les conditions de fonctionnement ne permettent pas une accumulation correcte (dans les spécifications de la présente norme) de l'équivalent de dose, ceci doit être signalé, par exemple, alimentation (pile ou batterie) faible, détecteur en défaut, dysfonctionnement électronique, ou en cas d'utilisation dans un champ de débit d'équivalent de dose trop élevé.

7 Procédures générales d'essai

7.1 Nature des essais

Sauf spécification contraire dans certains articles, tous les essais décrits dans la présente norme doivent être considérés comme des essais de type. Certains de ces essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation par accord entre l'acheteur et le fabricant ou le fournisseur.

7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du Tableau 3. Sauf spécification contraire, les essais décrits dans la présente norme doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 3. Pour ces essais réalisés 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 précisées, et les corrections nécessaires effectuées pour donner la réponse dans les conditions de référence. Les valeurs de toutes les corrections doivent être précisées.

Pour les essais destinés à déterminer l'effet des variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau 3, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normales d'essai données dans le Tableau 3, sauf précision contraire dans la procédure d'essai concernée.

7.3 Essais concernant les grandeurs d'influence de type F

Ces essais peuvent être réalisés pour toute valeur de la grandeur à mesurer supérieure à $10 H_0$. La variation respective de la réponse relative r peut être déterminée à partir du résultat de chaque essai.

Il est acceptable que certaines petites parties des effets des grandeurs d'influence classées comme étant de type F soient considérées comme des effets produits par des grandeurs d'influence de type S. Si ces effets sont faibles, ils doivent être ignorés selon le cas d'utilisation de cette norme. Si, pendant les essais, des effets importants de type S sont observés, alors les essais respectifs doivent être effectués à une valeur de dose de $10 H_0$, et ces observations doivent être mentionnées dans le rapport d'essai de type.

7.4 Essais concernant les grandeurs d'influence de type S

Ces essais doivent être réalisés pour une valeur de grandeur conventionnelle de l'équivalent de dose H inférieure ou égale à 10 fois la limite inférieure H_0 de l'étendue de mesure. Le résultat de chaque essai est un écart D_p .

Il est acceptable que certaines petites parties des effets des grandeurs d'influence classées comme étant de type S soient considérées comme des effets produits par des grandeurs d'influence de type F. Si ces effets sont faibles, il convient de les ignorer selon le cas d'utilisation de cette norme. Si, pendant les essais, des effets importants de type F ou des effets négatifs significatifs sont observés, alors les essais respectifs doivent être effectués à une valeur de dose de $10 H_0$, et ces observations doivent être mentionnées dans le rapport d'essai de type.

Du fait de valeurs indiquées généralement basses comparées aux essais selon 7.3, le nombre de mesures nécessaires peut être plus important.

7.5 Fantôme utilisé pour les essais

Pour tous les essais impliquant l'utilisation d'un fantôme, le fantôme ISO plaque d'eau donné dans l'ISO 4037-3 doit être utilisé. Pour le rayonnement bêta, ce fantôme peut être remplacé par une plaque de polyméthacrylate de méthyle (PMMA) de 100 mm × 100 mm × 10 mm (voir ISO 6980-3, paragraphe 6.31).

La géométrie d'irradiation requise est spécifiée dans la norme ISO de référence correspondante (ISO 4037-3, ISO 6980-3 ou ISO 8529-3).

NOTE La combinaison du dosimètre, du fantôme et d'autres pièces supplémentaires, par exemple, un clip, est désignée par « dispositif de détection », voir 3.8. En principe, toutes les valeurs de réponse obtenues conformément à la présente norme ne s'appliquent qu'à ce dispositif de détection, par conséquent, il convient de les désigner par « réponse du dispositif de détection ». Le terme « réponse du dosimètre » est cependant couramment utilisé à cet effet. Ceci s'applique également dans la présente norme.

7.6 Position du dosimètre au cours des essais

Pour tous les essais comportant l'utilisation de rayonnements, le point de référence du dosimètre doit être placé au point d'essai, et le dosimètre doit être orienté suivant la direction de référence par rapport à la direction du champ de rayonnement incident. Ceci ne s'applique pas aux essais concernant les variations de l'angle d'incidence du rayonnement.

7.7 Position du dosimètre pendant son utilisation

Si la conception du dosimètre permet à l'utilisateur de le porter dans deux orientations, l'une avec l'orientation de référence pointant vers le corps du porteur et l'autre vers l'avant – c'est le cas, par exemple, avec les dosimètres plats de type carte de crédit – le dosimètre doit alors satisfaire aux exigences de la présente norme pour les deux orientations, sinon, il doit être clairement précisé que le port dans la mauvaise orientation peut conduire à des résultats erronés.

7.8 Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence

Le domaine minimal de variation de toute grandeur d'influence spécifiée est donné dans la troisième colonne des Tableaux 4 à 9.

7.9 Débits d'équivalent de dose faibles

Pour la mesure des débits d'équivalent de dose faibles de rayonnements photon et bêta, il est nécessaire de tenir compte de la contribution du bruit de fond du rayonnement naturel au débit d'équivalent de dose au point d'essai. L'indication due au bruit de fond du rayonnement naturel doit être soustraite de la valeur indiquée durant l'irradiation.

7.10 Fluctuations statistiques

Pour tous les essais sous rayonnement, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication dues à la seule nature aléatoire du rayonnement, représente une fraction significative des variations autorisées de l'indication au cours de l'essai, un nombre suffisant de lectures doit être effectué pour être sûr que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour vérifier que les caractéristiques en cours d'essai satisfont aux exigences correspondantes.

L'intervalle entre deux lectures doit être suffisant pour que ces lectures soient statistiquement indépendantes.

Le nombre de lectures exigé pour démontrer une réelle différence entre deux séries de lectures d'un appareil de mesure de l'équivalent de dose présentant des fluctuations, sur les mêmes instruments et dans des conditions fixes, est donné dans le Tableau A.1.

7.11 Production de rayonnement de référence

Sauf spécification contraire pour des méthodes d'essai particulières, tous les essais impliquant l'utilisation de rayonnements X, gamma, neutron ou bêta, doivent être réalisés avec le type de rayonnement spécifié correspondant (voir Tableau 3). La nature, la réalisation et les conditions d'utilisation des sources de rayonnement doivent être conformes aux 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;
- c) ISO 8529-1/ISO 8529-2/ISO 8529-3.

8 Additivité des valeurs indiquées

8.1 Exigences

La valeur indiquée doit être additive par rapport à l'irradiation simultanée avec différents types de rayonnement (par exemple, X et gamma ou gamma et bêta), et ceci pour différentes énergies et différents angles d'incidence du rayonnement.

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

Si un dosimètre utilise plus d'un signal (mesuré soit avec plusieurs détecteurs, soit avec un détecteur utilisant par exemple une analyse en amplitude) pour évaluer la valeur indiquée, cette exigence n'est alors pas automatiquement satisfaite. Dans ce cas, on doit s'assurer que la variation relative de l'affichage, Δg_{mix} , due au mélange de différents types de rayonnement, ne doit pas dépasser $\pm 0,1$.

NOTE Si l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée est soit une combinaison linéaire des signaux, soit une optimisation linéaire de ceux-ci, alors cette exigence est satisfaite, et aucun essai n'est exigé.

8.2 Méthode d'essai

Réaliser deux irradiations sous les deux conditions d'irradiation différentes K et L (énergies différentes, angles d'incidence différents, voire types de rayonnement différents), avec les valeurs conventionnelles de grandeur H_K et H_L . Déterminer les valeurs indiquées G_K et G_L pour les deux irradiations. Réaliser également une troisième irradiation simultanée dans les deux conditions d'irradiation K et L avec la valeur conventionnelle de grandeur $H_{K+L} = H_K + H_L$, et déterminer la valeur indiquée G_{K+L} pour cette irradiation mixte.

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 des champs de rayonnement. Du fait de la difficulté éventuelle à réaliser des irradiations simultanées, l'utilisation de programmes informatiques de simulation est autorisée et recommandée pour cet essai. La connaissance des valeurs de réponse mesurées pour chaque signal pour toutes les conditions d'irradiation K et L, ainsi que de la procédure d'évaluation pour déterminer la valeur indiquée pour ces signaux, est un pré-requis à l'utilisation de ces programmes informatiques. Le calcul de la réponse du dosimètre complet à l'aide des simulations de transport de rayonnements pour déterminer les valeurs de réponse de chaque signal à toutes les conditions d'irradiation, n'est pas autorisé.

La non-linéarité des signaux est traitée en 9.3. Par conséquent, lorsqu'aucun calcul n'est effectué, les signaux doivent être corrigés en ce qui concerne leur non-linéarité pour cet essai. Quand différents dosimètres sont utilisés pour déterminer G_K , G_L et G_{K+L} , toute différence de coefficient d'étalonnage de référence doit aussi être corrigée.

8.3 Interprétation des résultats

La variation relative de l'indication, Δg_{mix} , ne doit pas dépasser $\pm 0,1$. Dans ce cas, les exigences de 8.1 peuvent être considérées comme satisfaites.

NOTE Pour des dosimètres neutron, cette exigence ne peut pas toujours être satisfaite. Dans ce cas, des accords spécifiques entre le client et le fournisseur sont nécessaires ainsi qu'un avertissement dans la documentation.

9 Exigences de performances sous rayonnement et essais

9.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence concernées par cet article sont considérées comme étant de type F. Une des méthodes possibles de détermination de la variation de la réponse relative avec l'énergie du rayonnement et l'angle d'incidence du rayonnement est décrite dans l'Annexe B.

NOTE 1 Les exigences pour la grandeur d'influence « *énergie du rayonnement et angle d'incidence du rayonnement* » sont données par rapport à la réponse de référence R_0 dans les conditions de référence (rayonnement de référence et incidence 0° du rayonnement, dose de référence et/ou débit de dose et toutes les autres conditions de référence données dans le Tableau 3). Les rayonnements de référence possibles peuvent être

trouvés dans le Tableau 1 de l'ISO 4037-1 pour le rayonnement photon, dans le Tableau 1 de l'ISO 6980-1 pour le rayonnement bêta, et dans le Tableau 1 de l'ISO 8529-1 pour le rayonnement neutron. Les rayonnements de référence les plus utilisés sont donnés dans le Tableau 3 mais, en particulier pour les dosimètres neutron, il peut être nécessaire de choisir d'autres rayonnements comme rayonnement de référence, pour être conforme aux exigences portant sur cette grandeur d'influence, même si une valeur d'énergie peut être choisie comme condition de référence pour laquelle aucun rayonnement physique n'est disponible. Dans ce cas, ce rayonnement (virtuel) de référence est réalisé avec un rayonnement de référence disponible et la variation de la réponse à ce rayonnement (virtuel) de référence.

NOTE 2 Pour les détails concernant les causes de limites non symétriques pour la réponse relative en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement, voir CEI/TR 62461.

9.2 Considération relative à l'incertitude de la valeur conventionnelle d'une grandeur

L'incertitude relative élargie, U_{rel} ($k = 2$), de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose ou du débit d'équivalent de dose, doit être inférieure à 10 % = 0,1, et doit être prise en compte. Toute exigence se rapportant à l'emploi d'une source de rayonnement est considérée pour $U_{\text{rel}} = 0$. Pour $U_{\text{rel}} > 0$, la variation autorisée de la réponse relative doit être élargie de la valeur U_{rel} . Si plusieurs essais doivent être réalisés avec le même type de rayonnement, par exemple l'essai de constance de la réponse, on doit seulement considérer l'incertitude sur le rapport de la valeur réelle à la valeur de référence de l'équivalent de dose (ou du débit). En cas d'exigences différentes, elles doivent être mentionnées dans la méthode d'essai correspondante.

9.3 Constance de la réponse de dose, dépendance au débit de dose et fluctuations statistiques

9.3.1 Généralités

Les essais de constance de la réponse de dose, de dépendance au débit de dose et de fluctuations statistiques sont réalisés en utilisant les mêmes données de mesure.

Si la méthode de détection est différente pour les rayonnements photon, bêta ou neutron, ou pour des étendues spécifiques de ces rayonnements, cette exigence doit mener à des essais séparés pour tous les types de rayonnement.

Si le fabricant peut montrer que la conception technique du dosimètre assure le respect des exigences de constance de la réponse de dose dans une large plage de valeurs de dose, alors le nombre d'essais peut être réduit. Seuls les essais avec différents débits de dose sont alors requis.

9.3.2 Exigences

- Dans les conditions normales d'essai, avec le contrôle d'étalonnage mis au point conformément aux instructions du fabricant, la variation de la réponse relative en fonction de la non-constance de la réponse de dose, ne doit pas excéder -17% à $+25\%$ sur toute l'étendue de mesure pour, selon le cas, les rayonnements de référence choisis X, gamma, neutron ou bêta. Le débit de dose doit s'étendre sur tout le domaine de débit de dose spécifié par le fabricant pour les mesures de dose. Si le débit de dose maximal spécifié par le fabricant pour les mesures de dose est inférieur à 1 Sv h^{-1} , il convient de l'indiquer sur le dosimètre.
- Les fluctuations statistiques de l'indication mesurées comme coefficient de variation, doivent satisfaire aux exigences données dans les Tableaux 4 à 6.
- Pour les dosimètres photon de mesure de $H_p(10)$ des rayonnements X et gamma, la différence entre la dose de fond indiquée, G_{nat} , et la valeur conventionnelle de la dose de fond, $H_{\text{true,nat}}$, ne doit pas dépasser H_0 pour le temps de mesure spécifié t_{max} .

9.3.3 Méthode d'essai utilisant des sources de rayonnement

- Source de rayonnement à utiliser

Pour les besoins de cet essai, la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (de débit de dose) individuel au point d'essai doit être connue. Les essais doivent être réalisés avec

les sources de référence d'activité appropriée données dans le Tableau 3, par exemple, ^{137}Cs pour le rayonnement photon, $^{241}\text{Am-Be}$ pour le rayonnement neutron et $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ pour le rayonnement bêta, en irradiant le dosimètre placé sur le fantôme requis (voir 7.5) selon la direction de référence. Le débit de dose doit s'étendre sur tout le domaine de débits de dose spécifié par le fabricant pour les mesures de dose.

Si cet essai ne peut pas être réalisé avec le fantôme requis (voir 7.5), par exemple parce que le débit de dose élevé requis ne peut être obtenu à une distance où tout le fantôme est éclairé, l'essai peut alors aussi être réalisé en air libre à des distances plus courtes, si le coefficient de correction pour l'irradiation dans l'air libre au lieu de celui sur fantôme est utilisé. Ce coefficient de correction est spécifique du dosimètre en cours d'essai et du type de rayonnement utilisé, et il doit donc être spécifiquement déterminé.

b) Essais à réaliser

Les essais doivent être réalisés séparément pour le rayonnement photon (par exemple, ^{137}Cs), pour le rayonnement neutron (par exemple, $^{241}\text{Am-Be}$) et pour le rayonnement bêta (par exemple, $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$).

La réponse doit être mesurée pour au moins trois valeurs de dose dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure de dose. Celles-ci doivent se faire pour approximativement 20 %, 40 % et 80 % de chaque ordre de grandeur. Pour les différentes valeurs de dose, les différentes valeurs de débit de dose couvertes par le domaine de variation de débit de dose doivent également être appliquées. Au total, n mesures répétées à chacune des valeurs de dose w doivent être réalisées, en fonction de l'étendue de mesure de dose. A partir de ces mesures, les valeurs de réponse w , la variation de la réponse relative en fonction de la non-constance de la réponse, peuvent être déterminées.

9.3.4 Interprétation des résultats de l'essai en utilisant des sources

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

Sur la base des valeurs moyennes w , la variation de la réponse relative en fonction de la non-constance de la réponse ne doit pas être supérieure à -17% à $+25\%$. De même, sur la base des valeurs w des coefficients de variation et des valeurs de c_1 et c_2 données dans le Tableau 2, l'indication montre que

- pour les valeurs de dose $w - 2$, les coefficients de variation sont inférieurs à c_1 fois les limites données dans les Tableaux 4 à 6, et
- pour les deux valeurs de dose (de débit) restantes – qui ne doivent pas être adjacentes – les coefficients de variation sont inférieurs à c_2 fois les limites données dans les Tableaux 4 à 6.

Dans ce cas, les exigences de a) et b) de 9.3.2 peuvent être considérées comme satisfaites.

NOTE 1 La valeur de c_1 est toujours plus faible que celle de c_2 .

NOTE 2 Cette méthode permet de s'assurer que la probabilité de satisfaire à l'essai est indépendante du nombre w de valeurs de dose avec lesquelles l'essai est réalisé. En l'absence des coefficients c_1 et c_2 , la probabilité de satisfaire à l'essai diminue en fonction du nombre croissant w de valeurs de dose avec lesquelles les essais sont réalisés.

NOTE 3 Les raisons justifiant l'application du mode opératoire sont données dans le document de Brunzendorf et Behrens, voir Bibliographie.

9.3.5 Méthode d'essai pour des dosimètres photon utilisant le rayonnement naturel

- a) Essai simple: Placer le dosimètre sur le fantôme ISO plaque d'eau pendant au moins une semaine (t_{env}) dans un environnement normal de laboratoire, et considérer comme première estimation un débit de dose de fond $\dot{H}_{\text{true,nat}}$ de $2 \mu\text{Sv d}^{-1}$, en l'absence de toute autre information. Déterminer la dose cumulée de l'instrument $G_{\text{i,nat}}$ pour le temps t_{env} (voir également 6.9). Calculer la valeur de la dose attendue à partir du débit de dose supposé dû au rayonnement naturel $H_{\text{true,nat}} = 2 \mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{\text{env}}$.

- b) Essai approfondi: Cet essai n'est nécessaire que si l'essai simple ne démontre pas la conformité aux exigences, voir 9.3.6. Placer le dosimètre sur le fantôme ISO plaque d'eau pendant au moins une semaine (t_{env}) dans un environnement où le débit de dose de fond $H_{\text{true,nat}}$ est connu et "constant". Il doit s'agir d'un poste de champ normal dans lequel les débits de dose ont été mesurés avec des instruments de référence traçables par rapport à des étalons nationaux. Déterminer la dose cumulée G_{nat} pour le temps t_{env} (voir également 6.9). Calculer la valeur de la dose attendue à partir du débit de dose connu dû au rayonnement naturel: $H_{\text{true,nat}} = H_{\text{true,nat}} \times t_{\text{env}}$.

9.3.6 Interprétation des résultats de l'essai en utilisant le rayonnement naturel

Si l'inéquation

$$\frac{|G_{\text{nat}} - H_{\text{true,nat}}|}{t_{\text{env}}} \times t_{\text{max}} \leq H_0$$

s'applique, les exigences de 9.3.2 c) peuvent être considérées comme satisfaites.

NOTE Cette inéquation peut également être utilisée pour fixer les valeurs (nouvelles) de H_0 et t_{max} .

9.4 Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement photon et de l'angle d'incidence

9.4.1 Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$

9.4.1.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement photon dans le domaine d'utilisation, doit se situer dans l'intervalle de 0,71 à 1,67 (voir Tableau 4). Le domaine minimal d'utilisation couvre les énergies des photons entre 20 keV et 150 keV, et les angles d'incidence du rayonnement de 0° à 60°. Pour les énergies inférieures à 50 keV, une variation dans un intervalle de 0,67 à 2,0 est admise.

Si les méthodes de détection sont différentes pour des étendues spécifiques de dose (ou son débit), cette exigence doit mener à des essais séparés pour toutes ces étendues.

Toutes les valeurs indiquées de la dose doivent être corrigées pour la réponse non constante et pour l'influence du débit de dose considérée comme la grandeur d'influence sur la mesure de la dose.

9.4.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme ISO plaque d'eau. Les types de rayonnements photon spécifiés dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-3, l'ISO 4037-4, doivent être utilisés. La série de raies à spectre étroit doit de préférence être utilisée. Il convient que la sélection des types de rayonnements soit effectuée conformément à l'Annexe B.

Les valeurs de la réponse doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ et $\alpha = \pm 60^\circ$ et, si le domaine d'utilisation dépasse 0° à $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

NOTE 1 L'ISO 4037-1, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4 donnent des détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage.

NOTE 2 Selon l'ISO 4037-1 et l'ISO 4037-3, on peut obtenir des débits de dose $\dot{H}_p(0,07)$ types compris entre 1 mSv h⁻¹ et 10 mSv h⁻¹ pour la série de raies à spectre étroit, à une distance de 1 m du point focal du tube à rayons X fonctionnant à 1 mA.

9.4.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative, en fonction de l'énergie du rayonnement photon et de l'angle d'incidence, doivent se situer dans l'intervalle de 0,71 à 1,67 pour toutes les énergies supérieures ou égales à 50 keV, et dans l'intervalle de 0,67 à 2,0 pour les énergies inférieures à 50 keV. Si c'est le cas, les exigences de 9.4.1.1 peuvent être considérées comme satisfaites.

9.4.2 Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$

9.4.2.1 Exigences

La réponse relative, en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement photon dans le domaine d'utilisation, doit se situer dans l'intervalle de 0,71 à 1,67 (voir Tableau 5). Le domaine minimal d'utilisation couvre les énergies de 80 keV à 1,5 MeV ou de 20 keV à 150 keV et les angles d'incidence du rayonnement de 0° à 60°.

Toutes les valeurs indiquées de dose doivent être corrigées pour la réponse non constante et, si nécessaire, pour l'influence du débit de dose considéré comme grandeur d'influence sur la mesure de dose.

NOTE Les deux domaines minimaux d'utilisation reflètent les deux principales conditions de poste de travail. Le domaine minimal d'utilisation de 80 keV à 1,5 MeV concerne les postes de travail où des sources gamma sont utilisées, par exemple dans l'industrie, et le domaine minimal d'utilisation de 20 keV à 150 keV concerne les postes de travail où des rayons X sont utilisés, par exemple en diagnostic médical. Les deux domaines peuvent être élargis jusqu'au cas extrême qui couvre toutes les énergies entre 10 keV et 10 MeV.

9.4.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme ISO plaque d'eau. Les types de rayonnements photon spécifiés dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-3, l'ISO 4037-4, doivent être utilisés. La série de raies à spectre étroit doit de préférence être utilisée. Il convient de choisir leur énergie moyenne conformément à l'Annexe B.

Les valeurs de la réponse doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ et $\alpha = \pm 60^\circ$ et, si le domaine d'utilisation dépasse 0° à $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

NOTE 1 L'ISO 4037-1, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4 donnent des détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage.

NOTE 2 Selon l'ISO 4037-1 et l'ISO 4037-3, on peut obtenir des débits de dose $\dot{H}_p(10)$ types compris entre 0,1 mSv h⁻¹ et 1 mSv h⁻¹ pour la série de raies à spectre étroit, à une distance de 2,5 m du point focal du tube à rayons X fonctionnant à 1 mA.

9.4.2.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative, en fonction de l'énergie du rayonnement photon et de l'angle d'incidence, doivent se situer dans l'intervalle de 0,71 à 1,67. Si c'est le cas, les exigences de 9.4.2.1 peuvent être considérées comme satisfaites.

9.5 Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement neutron et de l'angle d'incidence

9.5.1 Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$

9.5.1.1 Exigences

La réponse relative, en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement neutron, doit se situer dans l'intervalle de 0,65 à 4,0 pour des énergies allant du

minimum du domaine de variation à 100 keV, et doit se situer dans l'intervalle de 0,65 à 2,22 pour le domaine d'énergie entre 100 keV et 10 MeV, et doit se situer dans l'intervalle de 0,65 à 4,0 pour une énergie comprise entre 10 MeV et l'énergie maximale du domaine de variation (voir Tableau 6). Le domaine minimal d'utilisation couvre les énergies de 0,025 eV à 5 MeV et les angles d'incidence du rayonnement de 0° à 60° (voir Tableau 6).

Si les méthodes de détection sont différentes pour des étendues spécifiques de dose (ou son débit), cette exigence doit mener à des essais séparés pour toutes ces étendues.

Toutes les valeurs indiquées de dose doivent être corrigées pour la réponse non constante et, si nécessaire, pour l'influence du débit de dose considéré comme grandeur d'influence sur la mesure de dose.

9.5.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme ISO plaque d'eau. Les types de rayonnements neutron spécifiés dans l'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2, l'ISO 8529-3 et l'ISO 12789-1, l'ISO 12789-2, doivent être utilisés.

Pour des énergies allant du minimum du domaine de variation à 100 keV, au moins un champ de rayonnement principalement thermique, avec une contribution des neutrons thermiques à l'équivalent de dose individuel supérieure à 50 %, et à proximité un champ de rayonnement neutron monoénergétique entre environ 10 keV et 100 keV, doivent être utilisés. Pour le domaine d'énergie compris entre 100 keV et 1 MeV, au moins trois champs de rayonnement neutron monoénergétiques doivent être utilisés. Pour le domaine d'énergie compris entre 1 MeV et 10 MeV, au moins trois champs de rayonnement neutron monoénergétiques, ou deux champs de rayonnement neutron monoénergétiques et une source large (^{252}Cf ou $^{241}\text{Am-Be}$), doivent être utilisés. Pour le domaine de 10 MeV à 15 MeV, le champ de rayonnement neutron monoénergétique à 14,8 MeV, au moins, doit être utilisé. Si le domaine de variation s'étend à des valeurs supérieures à 15 MeV, d'autres énergies appropriées doivent être utilisées.

Dans le cas où les exigences ci-dessus ne peuvent être satisfaites, les allègements suivants sont admis:

- a) Si la réponse au champ principalement thermique est hors des limites données en 9.5.1.1, celui-ci doit être remplacé par un champ simulé au poste de travail avec une contribution des neutrons thermiques à l'équivalent de dose individuel d'au moins 10 %.
- b) Si la réponse au champ de rayonnement neutron monoénergétique dans le domaine d'énergie de 10 keV à 100 keV est hors des limites données en 9.5.1.1, celui-ci doit être remplacé par un champ simulé au poste de travail avec une contribution des neutrons intermédiaires (0,4 eV à 100 keV) à l'équivalent de dose individuel d'au moins 10 %.
- c) Si la réponse pour jusqu'à deux champs de rayonnement neutron monoénergétiques de 100 keV à 10 MeV est hors des limites données en 9.5.1.1, alors des champs simulés de postes de travail ou des sources élevées doivent être utilisé(e)s. L'énergie moyenne (équivalent de dose pondéré) des champs de rayonnement neutron monoénergétiques et de remplacement, doit être dans un rapport de 1/1,5 à 1,5.

De plus, il est recommandé de définir la réponse à des sources normalisées simulant des champs de rayonnement neutron au poste de travail. Par accord entre le fabricant et le client, les champs simulés de rayonnement neutron au poste de travail doivent être sélectionnés conformément à ceux rencontrés au poste de travail où l'instrument doit être utilisé.

Les valeurs de la réponse doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ et $\alpha = \pm 60^\circ$ et, si le domaine d'utilisation dépasse 0° à $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

NOTE L'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2 et l'ISO 8529-3 donnent des détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage. Pour les sources simulant les champs réalistes de rayonnement neutron au poste de travail, voir l'ISO 12789-1 et l'ISO 12789-2.

9.5.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative, en fonction de l'énergie du rayonnement neutron et de l'angle d'incidence, doivent se situer dans l'intervalle de 0,65 à 4,0 pour des énergies allant du minimum du domaine de variation à 100 keV, et doivent se situer dans l'intervalle de 0,65 à 2,22 pour des énergies entre 100 keV et 10 MeV, et doivent se situer dans l'intervalle de 0,65 à 4,0 pour l'énergie comprise entre 10 MeV et l'énergie maximale du domaine de variation. Dans le cas où un ou plusieurs allègements sont utilisés, le fabricant doit indiquer précisément les caractéristiques du champ de rayonnement neutron simulé ou de la source large utilisée pour l'essai, et il doit indiquer la réponse au champ monoénergétique qu'ils remplacent. Dans ce cas, les exigences de 9.5.1.1 peuvent être considérées comme satisfaites.

9.6 Variation de la réponse en fonction de l'énergie du rayonnement bêta et de l'angle d'incidence

9.6.1 Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$

9.6.1.1 Exigences

Dans le domaine d'utilisation, la réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement bêta et de l'angle d'incidence, doit être comprise entre 0,71 et 1,67 (voir Tableau 4). Le domaine minimal d'utilisation couvre les énergies moyennes de 0,2 MeV à 0,8 MeV et les angles d'incidence du rayonnement de 0° à 60°. Si le domaine d'utilisation ne couvre pas 0,06 MeV, le fabricant doit, de plus, indiquer la valeur maximale de variation de la réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement bêta et de l'angle d'incidence pour 0,06 MeV (voir Tableau 4).

Si les méthodes de détection sont différentes pour des étendues spécifiques de dose (ou son débit), cette exigence doit mener à des essais séparés pour toutes ces étendues.

Toutes les valeurs indiquées de la dose doivent être corrigées pour la réponse non constante et pour l'influence du débit de dose considérée comme la grandeur d'influence sur la mesure de la dose.

9.6.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme plaque de PMMA (voir 7.5). Les types de rayonnements de référence suivants sélectionnés parmi la liste de rayonnements bêta de référence de l'ISO 6980-1, doivent être utilisés:

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

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

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

Les valeurs de la réponse sont mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$ et $\alpha = \pm 60^\circ$ et, si le domaine d'utilisation dépasse 0° à $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

NOTE L'ISO 6980-1 et l'ISO 6980-3 donnent des détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage.

9.6.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement bêta et de l'angle d'incidence doivent rester comprises entre 0,71 et 1,67. Dans ce cas, les exigences de 9.6.1.1 peuvent être considérées comme satisfaites.

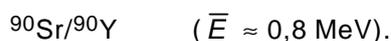
9.6.2 Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$

9.6.2.1 Exigences

Le dosimètre doit être aussi insensible que possible au rayonnement bêta, car l'équivalent de dose efficace pour lequel $H_p(10)$ est une estimation conservatrice, n'est pas une grandeur appropriée pour le rayonnement bêta.

9.6.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme plaque de PMMA (voir 7.5). Exposer le dosimètre pour l'angle d'incidence 0° à un rayonnement bêta de référence spécifié dans la série ISO 6980 de nature ci-dessous:



La valeur indiquée de la dose $H_p(10)$ doit être inférieure à 10 % de la dose délivrée $H_p(0,07)$.

NOTE La série ISO 6980 donne des détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage.

9.7 Conservation de la lecture en équivalent de dose

9.7.1 Généralités

Ces exigences doivent être soumises à essai séparément pour $H_p(10)$ et $H_p(0,07)$.

9.7.2 Exigences

- a) A la fin de toute période d'exposition, la lecture du dosimètre et celle indiquée par tout dispositif de lecture associé, s'il est fourni, ne doit pas varier de plus de $\pm 2\%$ ou d'une unité du chiffre le moins significatif, en considérant la plus grande des deux valeurs, pendant les 8 h qui suivent.

Les variations de l'indication dues au bruit de fond du rayonnement naturel doivent être exclues.

- b) Après 24 h de perte ou d'interruption de l'alimentation principale, l'équivalent de dose intégré mesuré par le dosimètre ou par tout dispositif de lecture associé avant cette perte ou interruption, ne doit pas changer de plus de $\pm 5\%$, ou d'une unité du chiffre le moins significatif, en considérant la plus grande des deux valeurs, après rétablissement de l'alimentation principale.

9.7.3 Méthode d'essai et interprétation des résultats

- a) Exposer le dosimètre à une source de rayonnement donnant un équivalent de dose suffisamment élevé pour que toute accumulation ultérieure due au bruit de fond du rayonnement naturel puisse être négligée. Cesser l'irradiation immédiatement après la fin de la période d'intégration, et relever la valeur affichée. Chaque heure, jusqu'à 8 h, après la fin de la période d'intégration, lire l'affichage. Aucune de ces huit lectures ne doit différer de plus de $\pm 2\%$ de la valeur initiale de lecture ou une unité du chiffre le moins significatif, en considérant la plus grande des deux valeurs.
- b) Exposer le dosimètre à une source de rayonnement donnant un équivalent de dose suffisamment élevé pour que toute accumulation ultérieure due au bruit de fond du rayonnement naturel puisse être négligée. Relever la valeur affichée. Les piles ou

batteries principales doivent alors être retirées du dosimètre. (Quand la pile ou batterie principale tombe en panne ou est enlevée, l'affichage de la lecture peut disparaître ou être remplacé par une information). Après 24 h, les piles ou batteries principales du dosimètre doivent être remises en place ou rechargées. La lecture de l'équivalent de dose obtenu ne doit pas différer de plus de $\pm 5\%$ de la dernière valeur obtenue avant que les piles ou batteries ne soient enlevées ou il ne doit y avoir, au plus, qu'un changement d'une unité du chiffre le moins significatif.

9.8 Caractéristiques de surcharge

9.8.1 Généralités

Si la méthode de détection est différente pour les rayonnements photon, bêta et neutron, ou pour des étendues spécifiques d'énergie de ces rayonnements, ces exigences doivent alors faire l'objet d'essais séparés pour chaque type de rayonnement.

9.8.2 Exigences

Pour des valeurs d'équivalent de dose (ou de débit) supérieures à celles correspondant à la valeur maximale de l'ordre de grandeur le plus élevé de l'étendue de mesure et ce, jusqu'à 10 fois cette indication maximale, le dosimètre doit être «hors-échelle» au-delà du maximum de la plus haute échelle, et doit rester ainsi tant que persiste le champ de rayonnement. Le fabricant doit indiquer le temps nécessaire au dosimètre affichant un débit d'équivalent de dose pour revenir à la lecture appropriée du débit d'équivalent de dose dans l'échelle suite à la surexposition.

Pour une irradiation en équivalent de dose, l'indication doit rester «hors échelle» jusqu'au retrait du champ de rayonnement. Pour des dosimètres en équivalent de dose pour lesquels le débit d'équivalent de dose pendant l'intégration dépasse le débit mesurable, une condition de surcharge doit alors être indiquée et doit subsister jusqu'à réinitialisation. Les débits de dose mesurables sont ceux pour lesquels les exigences de 9.3 sont remplies; le fabricant doit spécifier les limites supérieures de ces débits. Le dosimètre doit continuer à satisfaire à toutes les exigences de cette norme.

9.8.3 Méthode d'essai et interprétation des résultats

9.8.3.1 Généralités

Cet essai doit être réalisé avec une source appropriée. Si dans certains cas de rayonnement, par exemple pour les neutrons ou bêtas, les débits de dose élevés requis ne sont pas disponibles, ceci doit être spécifié. Des méthodes d'essai électrique et une analyse théorique des performances doivent être appliquées.

9.8.3.2 Dosimètres d'équivalent de dose

Le dosimètre doit être irradié à un équivalent de dose égal à 10 fois la valeur maximale du domaine de mesure, mais sans dépasser 10 Sv. L'indication du dosimètre doit rester au maximum du domaine de mesure et une indication de surcharge doit s'afficher.

9.8.3.3 Dosimètres en débit d'équivalent de dose

Le dosimètre doit être irradié, pendant environ 10 min, à un débit d'équivalent de dose de 10 fois la valeur maximale du domaine de mesure, sans dépasser 10 Sv h^{-1} . L'indication du dosimètre doit rester au maximum du domaine de mesure, et une indication de surcharge doit s'afficher.

Après arrêt de ce débit d'équivalent de dose «hors échelle», le temps de retour de l'indication du dosimètre à un débit d'équivalent de dose dans l'échelle doit être mesuré et mentionné dans le rapport d'essai de type. Cette durée doit être inférieure à 10 s.

9.9 Alarmes

9.9.1 Généralités

Ces essais doivent être réalisés séparément pour $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$ et pour $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$ et pour les rayonnements photon, neutron et bêta, en fonction de la catégorie de dosimètre, voir l'Annexe C. Toutes les valeurs indiquées d'équivalent de dose (ou de débit) doivent être corrigées pour la réponse non constante. Si dans certains cas de rayonnement, par exemple pour les neutrons ou bêtas, les débits de dose élevés requis ne sont pas disponibles, ceci doit être spécifié, et des méthodes d'essai électrique doivent être employées.

9.9.2 Temps de réponse pour l'indication du débit d'équivalent de dose et pour l'alarme correspondante

9.9.2.1 Exigences

Quand le dosimètre est soumis à une augmentation ou une diminution par échelons ou lente d'un ordre de grandeur du débit d'équivalent de dose dans l'étendue de mesure du dosimètre, la lecture doit indiquer le nouveau débit d'équivalent de dose avec une erreur inférieure à -17% à $+25\%$ de la valeur maximale du débit d'équivalent de dose, en moins de 10 s après que le dosimètre a été soumis au débit d'équivalent de dose final. En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée sur une valeur égale à la moitié de la valeur maximale du débit d'équivalent de dose, doit répondre dans les 2 s. Ces exigences doivent s'appliquer pour les variations du bruit de fond des débits d'équivalent de dose jusqu'aux valeurs maximales des débits d'équivalent de dose qui sont supérieurs à 1 mSv h^{-1} pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, et 10 mSv h^{-1} pour $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta, et 10 mSv h^{-1} pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements neutron. Alternativement, tout retard de plus de 2 s dans la réponse de l'alarme ou de 10 s dans l'indication, ne doit pas résulter en un excès de $10 \mu\text{Sv}$ de la réception d'une dose pour $\dot{H}_p(10)$ des rayonnements X et gamma, et $100 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(0,07)$ des rayonnements X, gamma et bêta, et $500 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(10)$ des rayonnements neutron.

9.9.2.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé dans un irradiateur, et on doit le laisser se stabiliser dans des conditions d'absence d'irradiation. L'irradiateur doit alors être rapidement ou lentement placé en position d'irradiation, et les lectures doivent être enregistrées en continu jusqu'à stabilisation du dosimètre à la nouvelle valeur maximale de débit d'équivalent de dose donnant la lecture \dot{G}_{high} . La variation de 83% de la lecture maximale \dot{G}_{high} doit prendre moins de 10 s après que le dosimètre a été soumis au débit d'équivalent de dose final. En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée sur une valeur égale à la moitié de la valeur du débit d'équivalent de dose, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, doit répondre dans les 2 s. L'irradiateur doit ensuite être rapidement ou lentement placé en position d'absence d'irradiation. La lecture du dosimètre doit atteindre moins de 25% de la valeur \dot{G}_{high} en moins de 10 s après que le dosimètre a été soumis au débit d'équivalent de dose final. En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée à la moitié de la valeur du débit d'équivalent de dose, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, doit être désactivée en moins de 2 s. L'accroissement de dose pendant le retard de réponse de l'alarme, doit être mesuré. Dans tous les cas où le retard est supérieur à 2 s, quand la dose est inférieure à $10 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma et $100 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta et $500 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements neutron, les exigences de 9.9.2.1 peuvent être considérées comme étant satisfaites. Cet essai doit être réalisé pour une valeur \dot{G}_{high} pour chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure du dosimètre.

9.9.3 Précision du niveau d'alarme en équivalent de dose

9.9.3.1 Exigences

Quand le dosimètre est soumis à une dose inférieure de 13 % au niveau d'alarme en équivalent de dose, l'alarme ne doit pas se déclencher et, quand le dosimètre est soumis à une dose supérieure de 18 % à ce niveau d'alarme en équivalent de dose, l'alarme doit être activée.

Au moins deux essais doivent être réalisés, un pour un niveau d'alarme près du maximum de la gamme de mesure, et un autre près du maximum du second ordre de grandeur le moins significatif de l'étendue de mesure.

9.9.3.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme requis (voir 7.5) et le niveau d'alarme réglé à H_a . Le dosimètre doit alors être réinitialisé et soumis à une valeur de débit d'équivalent de dose du type de rayonnement de référence approprié, telle que l'alarme ne se déclenche pas avant au moins 100 s. Le temps d'exposition du dosimètre jusqu'au déclenchement de l'alarme doit être mesuré, et la valeur conventionnelle correspondante de la dose, $H_{a,c}$, doit être calculée. Le quotient $H_a/H_{a,c}$ doit être compris entre 0,87 ($1 - U_{rel}$) et 1,18 ($1 + U_{rel}$), voir 9.2 pour U_{rel} .

NOTE Si cet essai ne peut être réalisé avec le fantôme requis (voir 7.5), par exemple parce que le débit de dose requis ne peut être obtenu, l'essai peut alors être réalisé à l'air libre si les coefficients de correction appropriés sont appliqués.

9.9.4 Précision du niveau d'alarme en débit d'équivalent de dose

9.9.4.1 Exigences

Soit v_{max} le maximum autorisé du coefficient de variation pour le débit de dose auquel l'alarme en débit d'équivalent de dose est réglée (voir la ligne 3 dans les Tableaux 4 à 6). Quand, à partir d'une source de référence, le dosimètre est soumis pendant 10 min à un débit d'équivalent de dose égal à $(1 - 2 v_{max})$ fois le niveau d'alarme en débit d'équivalent de dose fixé, l'alarme doit être active pendant pas plus de 5 % de la durée de l'essai. De même, pour un débit d'équivalent de dose égal à $(1 + 2 v_{max})$ fois le niveau d'alarme fixé, l'alarme doit être active pendant au moins 95 % de la durée de l'essai. Cette exigence ne doit pas constituer un deuxième essai pour le temps de réponse; par conséquent, le dosimètre doit avoir suffisamment de temps pour atteindre un état de stabilité.

Au moins deux essais doivent être réalisés, un pour un niveau d'alarme près du maximum de l'étendue de mesure, et un autre près du maximum du second ordre de grandeur le moins significatif de l'étendue de mesure.

9.9.4.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme requis (voir 7.5). Les niveaux d'alarme fixés doivent être corrigés pour la non-constance de la réponse de débit de dose.

Exposer le dosimètre à une source de référence pendant 15 min, à un débit d'équivalent de dose de $(1 - U_{rel} - 2 v_{max})$ fois le niveau d'alarme fixé. Pendant les 10 dernières min, l'alarme doit être active pendant pas plus de 5 % de la durée de l'essai. Pour U_{rel} , voir 9.2.

Exposer le dosimètre pendant 15 min au débit d'équivalent de dose supérieur de $(1 + U_{rel} + 2 v_{max})$ fois le niveau d'alarme fixé. Pendant les 10 dernières min, l'alarme doit être active pendant au moins 95 % de la durée de l'essai. Pour U_{rel} , voir 9.2.

NOTE Si, pour cet essai, il y a des difficultés à réaliser l'irradiation avec le fantôme requis (voir 7.5), par exemple parce que le débit de dose élevé requis ne peut être obtenu à une distance où tout le fantôme est éclairé, l'essai

peut alors aussi être réalisé en air libre à des distances plus courtes, si les coefficients de correction appropriés sont appliqués.

9.10 Fonction modèle

Le fabricant doit préciser la forme générale de la fonction modèle pour les mesures avec le dosimètre. L'exemple donné en 3.18 ou d'autres fonctions peu(ven)t être utilisé(es). Toute interdépendance entre les variables de la fonction modèle doit être précisée. Les valeurs réelles des variables seront déterminées au cours des essais de type effectués selon la présente norme.

10 Caractéristiques électriques et d'environnement, exigences et essais

10.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence prises en compte dans cet article sont considérées comme de type F, bien que certaines d'entre elles puissent être aussi partiellement de type S, voir 7.3.

10.2 Alimentation électrique

10.2.1 Exigences générales

Durant l'utilisation, il doit être possible de contrôler les piles ou batteries à leur maximum de charge. De plus, un avertissement doit indiquer que l'on approche de la fin d'utilisation dans les conditions normales. Quand cet avertissement apparaît pour la première fois, le temps d'utilisation restant dans des conditions normales sous un débit de dose d'environ $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ et avec 1 min de fonctionnement de l'alarme, doit être d'au moins 8 h. Il doit aussi être indiqué quand les performances des piles ou des batteries ne permettent plus au dosimètre de satisfaire aux exigences de la présente norme. Les piles ou batteries peuvent être connectées par tout moyen; si nécessaire, le fabricant doit clairement indiquer leur polarité sur le dosimètre. Il est recommandé d'utiliser les piles ou batteries spécifiées dans la CEI 60086-1 ou la CEI 60086-2.

Après la première apparition de l'indication selon laquelle on approche de la fin d'utilisation, par exemple "pile ou batterie faible", cette indication doit rester active jusqu'à ce que la pile ou batterie soit remplacée ou rechargée.

Il ne doit pas être possible d'enlever les piles ou batteries sans l'utilisation d'un outillage spécifique.

Pour les températures inférieures à $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, la capacité de la plupart des piles ou batteries décroît fortement avec la température. Si le domaine de variation pour la température est inférieur à $-10 \text{ }^\circ\text{C}$, cela doit être pris en considération.

10.2.2 Exigences pour les piles

Le fabricant doit préciser les marques et les modèles des piles avec lesquelles les exigences de la présente norme sont satisfaites.

- a) Quand l'alimentation est fournie par des piles, la capacité de celles-ci doit permettre qu'après 100 h de fonctionnement continu dans les conditions normales d'essai, la variation de la réponse relative due à l'alimentation reste inférieure à $-0,09$ à $+0,11$, toutes les autres fonctions restant dans leurs spécifications. Le dosimètre doit satisfaire à ces exigences dans un champ de $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$.
- b) Immédiatement après la mise en place de nouvelles piles ou batteries, le dosimètre doit pouvoir fonctionner au moins 15 min avec son alarme sonore en fonctionnement et l'alarme visuelle affichée.

10.2.3 Exigences pour les batteries

- a) Quand l'alimentation est fournie par une batterie, la capacité de celle-ci doit permettre qu'après au moins 24 h de fonctionnement continu dans les conditions normales d'essai, la variation de la réponse relative due à l'alimentation reste inférieure à $-0,09$ à $+0,11$, toutes les autres fonctions restant dans leurs spécifications. Le dosimètre doit satisfaire à ces exigences dans un champ de $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$.
- b) Immédiatement après recharge de la batterie, le dosimètre doit pouvoir fonctionner au moins 15 min avec son alarme sonore en fonctionnement et l'alarme visuelle affichée.

Il doit être possible de recharger les piles ou batteries à pleine charge à partir du secteur en moins de 12 h.

10.2.4 Méthodes d'essai et interprétation des résultats (piles et batteries)

10.2.4.1 Généralités

L'évaluation de la capacité résiduelle des piles ou batteries du dosimètre peut se faire soit en mesurant la tension réelle des piles ou batteries internes au dosimètre soit, spécialement pour les batteries, en mesurant la charge au cours de l'utilisation et de la recharge.

Deux méthodes d'essai sont indiquées. La première méthode utilise des piles ou batteries et doit être choisie si la capacité résiduelle est déterminée en mesurant la charge au cours de l'utilisation et de la recharge; la seconde méthode utilise une alimentation et peut être choisie si la capacité résiduelle des piles ou batteries est déterminée par mesure de la tension réelle des piles ou batteries internes au dosimètre.

10.2.4.2 Essais utilisant des piles ou batteries

Des piles neuves ou des batteries à pleine charge du type indiqué par le fabricant doivent être utilisées pour ces essais.

- a) Exposer le dosimètre à un débit d'équivalent de dose entre $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ et $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. Laisser le dosimètre en fonctionnement dans ce champ pendant 100 h pour les piles ou 24 h pour les batteries, et noter la lecture à la fin de la période. La variation correspondante de la réponse relative doit rester inférieure à $-0,09$ à $+0,11$.
- b) Régler le seuil d'alarme du dosimètre à son plus bas niveau en équivalent de dose et/ou en débit d'équivalent de dose. Exposer le dosimètre à débit d'équivalent de dose entre $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ et $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ jusqu'à ce que l'alarme sonne et que l'alarme visuelle s'affiche puis, après 15 min d'exposition supplémentaire, vérifier que l'alarme sonne toujours et que l'alarme visuelle est toujours affichée.
- c) Essai pour une exigence générale de 8 h de fonctionnement (voir 10.2.1).

Exposer le dosimètre à une source de rayonnement jusqu'à ce que l'indication selon laquelle on approche de la fin d'utilisation, par exemple «pile ou batterie faible», apparaisse. Le dosimètre doit alors être réinitialisé avec le dispositif approprié (par exemple le système de lecture) et ensuite exposé pendant 7 h 59 min à un débit d'équivalent de dose d'environ $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. Après cette période, l'alarme en équivalent de dose (ou en débit) est déclenchée (en ajustant soit le seuil soit le débit de dose), et l'alarme doit continuer à fonctionner pendant 1 min. La variation de la réponse relative due à l'alimentation est déterminée à partir de la valeur conventionnellement vraie de la dose et de la lecture. Elle ne doit pas être supérieure à $-0,09$ à $+0,11$. Vérifier que l'indication selon laquelle on approche de la fin d'utilisation, par exemple «pile ou batterie faible», est restée active pendant la période de 8 h.

10.2.4.3 Essai utilisant une alimentation externe

Les piles ou batteries internes doivent être retirées et l'instrument connecté à une alimentation externe avec une résistance en série appropriée permettant de simuler l'impédance de la pile ou batterie pratiquement en fin de vie. L'alimentation doit être réglée à

la tension nominale U_{nom} des piles ou batteries. Exposer le dosimètre à un débit d'équivalent de dose entre $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ et $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$. L'instrument doit être mis en fonctionnement et laissé se stabiliser.

Puis l'indication G_{nom} du dosimètre doit être enregistrée. La tension d'alimentation doit alors être réduite jusqu'à ce que l'instrument indique que la tension de la pile ou batterie est faible, par exemple, «pile ou batterie faible». Cette tension $U_{low,1}$ et le courant d'alimentation correspondant $I_{low,1}$ doivent être notés, ainsi que l'indication de l'instrument $G_{low,1}$. On doit vérifier que toutes les autres fonctions fonctionnent correctement. $G_{low,1}$ doit être entre $0,91 G_{nom}$ et $1,11 G_{nom}$, sinon, l'essai n'est pas concluant. Puis l'alarme du dosimètre doit être réglée dans son domaine le plus bas, et le courant d'alimentation $I_{low,2}$ doit être mesuré quand l'alarme sonne et que l'alarme visuelle s'affiche. La tension d'alimentation doit être ensuite réduite jusqu'à ce que le dosimètre indique pour la première fois la valeur de la dose $0,91 G_{nom}$ ou $1,11 G_{nom}$, et on doit noter la tension correspondante $U_{low,2}$.

Modifier la tension à une valeur légèrement supérieure à $U_{low,1}$, mais bien inférieure à la tension nominale. Vérifier que l'indication «pile faible» est restée active pendant toute la durée de l'essai.

L'essai est considéré comme satisfaisant si les exigences suivantes sont satisfaites:

- $0,91 \leq \frac{G_{low,1}}{G_{nom}} \leq 1,11$ et que toutes les autres fonctions fonctionnent correctement,
- $\frac{Q_{nom}}{I_{low,1}} \geq t_{min}$,
- $\frac{Q_{nom}}{I_{low,2}} \geq 15 \text{ min}$,
- $\frac{(479 \text{ min} \times I_{low,1} + 1 \text{ min} \times I_{low,2}) / (U_{low,1} - U_{low,2})}{Q_{nom} / (U_{nom} - U_{low,1})} \geq \frac{8 \text{ h}}{t_{min}}$

Q_{nom} est la capacité nominale des piles ou batteries (donné par exemple en mA h) pour les conditions de décharge appropriées, et en tenant compte du domaine de variation en température (voir 10.2.1); t_{min} est le temps minimal exigé pour un fonctionnement en continu, 100 h pour les piles et 24 h pour les batteries.

Ce calcul suppose que lorsque la pile ou la batterie est proche de sa fin de vie, la tension décroît linéairement en fonction de la capacité résiduelle. Si ceci ne s'applique pas dans les conditions de fonctionnement, il convient de réaliser l'essai en utilisant les piles ou batteries décrites en 10.2.4.2.

10.3 Température ambiante

10.3.1 Exigences

Cet essai doit être réalisé séparément pour chaque détecteur différent; cela peut nécessiter l'utilisation de plusieurs types de rayonnement.

a) Stabilité en température

Dans le domaine de variation en température, la variation de la réponse relative due aux instabilités en température ne doit pas être supérieure à $-0,13$ à $+0,18$. Les domaines minimaux de variation en température sont $+5 \text{ °C}$ à $+40 \text{ °C}$ pour une utilisation en intérieur et -10 °C à $+40 \text{ °C}$ pour une utilisation en extérieur.

b) Choc thermique

La variation de la réponse relative due au choc thermique doit rester inférieure à $-0,13$ à $+0,18$ dans le domaine de variation en température. Chaque choc thermique doit être réalisé en moins de 5 min.

c) Mise en route à basse température

L'instrument doit pouvoir être mis en route à la température la plus basse du domaine de variation.

10.3.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être exposé à une source de référence fournissant une indication suffisante dans les conditions normales d'essai pour que celui-ci puisse être réalisé.

a) Stabilité en température

La température doit être maintenue pendant au moins 4 h à chacune des valeurs extrêmes du domaine de variation, et l'indication du dosimètre mesurée pendant les 30 dernières minutes de cette période. La variation de la réponse relative doit rester inférieure à $-0,13$ à $+0,18$.

b) Choc thermique

Le dosimètre et la source doivent être placés à une température de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (température de la pièce) et laissés se stabiliser pendant un minimum de 60 min. La réponse doit ensuite être mesurée.

Le dosimètre et la source doivent être retirés de cet environnement et placés directement dans une chambre climatique avec la même géométrie d'exposition et une température près du dosimètre maintenue au maximum du domaine de variation. Cette opération doit être réalisée en moins de 5 min. La réponse doit être mesurée immédiatement puis toutes les 15 min pendant 2 h. Si le dosimètre répond correctement au cours de la première heure, il n'est pas nécessaire de faire des relevés la deuxième heure. Cependant, le dosimètre doit rester dans cet environnement pendant la période requise jusqu'à atteindre la température de stabilisation.

Le dosimètre et la source doivent être retirés de la chambre climatique et remis dans l'environnement initial dans la même géométrie d'exposition et pour une température près du dosimètre de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ (température de la pièce). Cette opération doit être réalisée en moins de 5 min. La réponse doit être mesurée immédiatement puis toutes les 15 min pendant 2 h. Si le dosimètre répond correctement au cours de la première heure, il n'est pas nécessaire de faire des relevés la deuxième heure. Cependant, le dosimètre doit rester dans cet environnement pendant la période requise jusqu'à atteindre la température de stabilisation.

L'essai doit être répété avec la température près du dosimètre dans la chambre climatique à la valeur minimale du domaine de variation.

La variation de la réponse relative doit rester inférieure à $-0,13$ à $+0,18$.

c) Essai de mise en route à basse température

Le dosimètre, équipé de ses piles ou batteries, doit être placé pendant au moins 4 h dans une chambre climatique, à la valeur minimale du domaine de variation en température. Le dosimètre est alors mis en route et il doit fonctionner normalement.

10.4 Humidité relative

10.4.1 Exigences

Cet essai doit être réalisé séparément pour chaque détecteur différent, cela peut nécessiter l'utilisation de différents types de rayonnement, en fonction de la catégorie de dosimètre, voir l'Annexe C.

La variation de la réponse relative due à l'humidité doit rester inférieure à $-0,09$ à $+0,11$ dans le domaine d'utilisation. Le domaine minimal d'utilisation pour l'humidité relative varie de 40 % à 90 %.

10.4.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être exposé à une source appropriée en contact avec le dosimètre (l'essai est d'abord réalisé avec le rayonnement photon puis avec les autres rayonnements) et fournir une indication suffisante. L'essai doit être réalisé à la seule température de $+35$ °C en utilisant une chambre climatique. Par conséquent, la réponse de référence pour cet essai, doit être déterminée à $+35$ °C et non à $+20$ °C.

L'humidité doit être maintenue à 65 % et à chacune des valeurs extrêmes pendant au moins 24 h, et l'indication du dosimètre notée pendant les 30 dernières minutes de cette période. La variation autorisée de la réponse relative (calculée en utilisant comme référence la réponse à 65 % d'humidité relative à $+35$ °C) de $-0,09$ à $+0,11$, comme spécifié dans le Tableau 7, est additive à la variation de la réponse relative autorisée due à la température seule.

10.5 Pression atmosphérique

L'influence de la pression atmosphérique n'a, en général, un sens que pour les détecteurs non scellés utilisant l'air comme milieu de détection. Dans ce cas, la pression atmosphérique à laquelle tous les essais sont réalisés doit être précisée, et la variation de la réponse relative due à la pression atmosphérique dans le domaine de 86,0 kPa à 106,6 kPa ne doit pas être supérieure à $-0,09$ à $+0,11$.

Si cela est exigé, des essais représentatifs doivent être réalisés pour d'autres valeurs de la pression atmosphérique.

Un essai de cette grandeur d'influence n'est nécessaire que si le fabricant ne peut démontrer que l'instrument est insensible à la pression atmosphérique.

10.6 Étanchéité

Le fabricant doit indiquer les précautions devant être prises pour prévenir l'intrusion d'humidité et décrire les essais et les résultats utilisés pour démontrer l'efficacité de l'étanchéité. La classification IP conformément à la CEI 60529 doit être indiquée par le fabricant; un degré de protection d'au moins IP 53 doit être satisfait.

10.7 Stockage

Tous les dosimètres destinés à un usage dans les pays tempérés doivent être conçus pour fonctionner selon les spécifications de la présente norme après leur stockage ou leur transport (éventuellement sans les piles ou batteries) pendant une durée d'au moins trois mois dans l'emballage du fabricant et pour toute température entre -25 °C et $+50$ °C. Dans certains cas, des exigences plus sévères peuvent être requises, comme la capacité de pouvoir supporter le transport aérien à basse pression.

11 Performances électromagnétiques, exigences et essais

11.1 Généralités

Les perturbations électromagnétiques sont considérées comme des grandeurs d'influence de type S. Lors de la conception d'un dosimètre, des précautions particulières doivent être prises pour assurer un fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques, particulièrement les champs de radiofréquences (voir CEI 61000-4-3). Si aucune autre spécification n'est donnée, tous les essais doivent être réalisés avec le dosimètre et le système de lecture associé.

La durée des perturbations électromagnétiques doit être équivalente à 1 h de fonctionnement selon les données de fréquences du Tableau 8.

Les essais doivent être réalisés en accord avec les normes de la série CEI 61000-4, comme indiqué dans le Tableau 8. Pour tous les essais, les domaines minimaux de variation sont issus de la CEI 61000-6-2 et donnés dans le Tableau 8 avec la fréquence de la perturbation, la valeur maximale correspondante de l'écart et les critères de performances, A, B ou C, selon la CEI 61000-6-2. Seuls les critères A et B sont autorisés. Si le critère B est permis, les exigences données dans le Tableau 8 s'appliquent aux valeurs de l'équivalent de dose individuel indiqué, avant et après l'essai. Avant chaque essai, l'indication du dosimètre doit être réinitialisée à zéro.

NOTE 1 Si la durée de la perturbation électromagnétique est différente d'un temps de fonctionnement équivalent de 1 h, on doit calculer l'effet de la perturbation électromagnétique pour 1 h de fonctionnement.

NOTE 2 Pour des applications spéciales, les exigences de performances électromagnétiques peuvent être réduites si l'environnement du poste de travail assure un fonctionnement correct. Par exemple, si des dosimètres ne sont utilisés que dans un réacteur où les téléphones portables sont interdits, les exigences de 11.3 peuvent être limitées aux fréquences inférieures à 1 GHz. Dans ce cas, des accords spécifiques entre le client et le fournisseur sont nécessaires ainsi qu'un avertissement dans la documentation.

11.2 Décharge électrostatique

11.2.1 Exigences

L'écart dû à la décharge électrostatique ne doit pas être supérieur à $0,7 H_0$ après 10 décharges (voir Tableau 8).

11.2.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La vérification de la conformité à cette exigence doit être effectuée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai, le dosimètre fonctionnant dans sa gamme de mesure la plus sensible.

La décharge doit être faite en utilisant un générateur d'essai adapté, comme décrit dans la CEI 61000-4-2, au moins cinq fois sur les différentes parties externes du dosimètre qui peuvent être touchées par l'opérateur au cours de son utilisation normale, quand le dosimètre est en service et, si les gammes peuvent être sélectionnées, dans la gamme la plus sensible. La décharge électrostatique doit être réalisée comme décrit dans la CEI 61000-4-2 pour une tension de 4 kV. Pour les essais de dosimètres dont les surfaces sont isolantes, la méthode par décharge dans l'air, à une tension de 8 kV, doit être utilisée.

11.3 Champs électromagnétiques rayonnés

11.3.1 Exigences

L'écart dû aux champs électromagnétiques ne doit pas excéder $0,7 H_0$ après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir Notes de 11.1 et Tableau 8).

11.3.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité de cette exigence doit être vérifiée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avec le dosimètre préréglé dans la gamme la plus sensible.

L'intensité du champ électromagnétique doit être de 30 V/m dans le domaine de fréquences de 80 MHz à 2,7 GHz par pas de 1 % (voir la CEI 61000-4-3).

Pour réduire le nombre de mesures nécessaires pour démontrer la conformité aux exigences ci-dessus, la méthode suivante est suggérée:

Réaliser les essais aux fréquences de rayonnement suivantes: 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; 820; 900 et 1 000 MHz, 1,4; 1,5; 1,6; 1,8; 2,0; 2,2; 2,4; 2,7 GHz avec un champ de 60 Vm^{-1} pour une seule orientation. Pour chaque fréquence, l'essai doit durer 6 min ou le résultat doit être ramené à un temps de mesure de 6 min. Si, à l'une de ces fréquences de rayonnement, on observe un écart supérieur à un tiers des limites données dans le Tableau 8, des essais supplémentaires doivent être réalisés dans le domaine de $\pm 5\%$ autour de la fréquence concernée, par pas de 1 % et avec un champ de 30 Vm^{-1} , le dosimètre étant orienté comme décrit dans la CEI 61000-4-3.

11.4 Perturbations induites dans les conducteurs par des transitoires rapides ou des salves

11.4.1 Exigences

Cette exigence ne doit s'appliquer qu'aux systèmes de lecture associés alimentés par le secteur. L'écart dû aux perturbations induites dans les conducteurs par des transitoires rapides ou des salves doit être inférieur à $0,7 H_0$ après 10 transitoires rapides ou salves (voir Tableau 8).

11.4.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La vérification de la conformité à cette exigence doit être effectuée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai, le dosimètre fonctionnant dans sa gamme de mesure la plus sensible.

Des transitoires rapides ou des salves doivent être appliqués, par l'intermédiaire d'un réseau de couplage/découplage ou un équipement équivalent, aux entrées principales du secteur sur l'alimentation. Le taux de répétition ne doit pas être supérieur à un par minute. L'essai doit être réalisé comme décrit dans la CEI 61000-4-4, avec une tension crête de $\pm 2 \text{ kV}$.

11.5 Perturbations induites dans les conducteurs par des surtensions

11.5.1 Exigences

Cette exigence ne doit s'appliquer qu'aux systèmes de lecture associés alimentés par le secteur. L'écart dû aux perturbations induites dans les conducteurs par des surtensions doit être inférieur à $0,7 H_0$ après 10 surtensions (voir Tableau 8).

11.5.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La vérification de la conformité à cette exigence doit être effectuée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai, le dosimètre fonctionnant dans sa gamme de mesure la plus sensible.

Des impulsions doivent être appliquées, par l'intermédiaire d'un réseau de couplage/découplage ou un équipement équivalent, aux entrées principales du secteur sur l'alimentation. Le taux de répétition ne doit pas être supérieur à un par minute. L'essai doit être réalisé comme décrit dans la CEI 61000-4-5, avec une tension de $\pm 2 \text{ kV}$ ou $\pm 1 \text{ kV}$, comme indiqué au Tableau 8.

11.6 Perturbations induites dans les conducteurs par des radiofréquences

11.6.1 Exigences

Cette exigence ne doit s'appliquer qu'aux dosimètres ayant au moins un câble conducteur (par exemple un câble signal) et aux systèmes de lecture associés alimentés par le réseau. L'écart dû aux perturbations induites dans les conducteurs par des radiofréquences ne doit pas être supérieur à $0,7 H_0$ après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ électromagnétique (voir Notes de 11.1 et Tableau 8).

11.6.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La vérification de la conformité à cette exigence doit être effectuée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai, le dosimètre fonctionnant dans sa gamme de mesure la plus sensible.

Les perturbations doivent être induites selon la CEI 61000-4-6, et la tension doit être 10 V dans le domaine de fréquences de 150 kHz à 80 MHz par pas de 1 % (voir Tableau 8).

Pour réduire le nombre de mesures nécessaires pour démontrer la conformité à l'exigence ci-dessus, des méthodes similaires à celles qui sont données en 11.3 et 11.4 peuvent être utilisées.

11.7 Champ magnétique à 50 Hz/60 Hz

11.7.1 Exigences

L'écart dû à un champ magnétique à 50 Hz (ou 60 Hz suivant le cas) ne doit pas être supérieur à $0,7 H_0$ après 6 min (10 % de 1 h) d'exposition au champ magnétique (voir Notes de 11.1 et Tableau 8).

11.7.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité doit être vérifiée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage, les mesures étant réalisées avec le dosimètre fonctionnant dans la gamme la plus sensible.

Le dosimètre doit être exposé à des champs continus de 30 A m^{-1} à une fréquence de 50 Hz (ou de 60 Hz suivant le cas). L'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être exposé au minimum dans deux orientations (0° et 90°) relativement aux lignes de champ.

11.8 Chutes de tension et microcoupures

11.8.1 Exigences

Cette exigence ne s'applique qu'aux systèmes de lecture associés alimentés par le secteur. L'écart dû aux chutes de tension ou aux microcoupures doit être inférieur à $0,7 H_0$ après 10 chutes de tension ou microcoupures (voir Tableau 8).

11.8.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La vérification de la conformité à cette exigence doit être effectuée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai, le dosimètre fonctionnant dans sa gamme de mesure la plus sensible.

Les essais doivent être réalisés comme décrit dans la CEI 61000-4-11, avec une chute de 30 % pendant 10 ms et de 60 % pendant 100 ms, comme indiqué dans le Tableau 8.

12 Performances mécaniques, exigences et essais

12.1 Généralités

Les perturbations mécaniques sont considérées comme des grandeurs d'influence de type S.

Après l'ensemble des perturbations mécaniques, le dosimètre doit fonctionner correctement.

12.2 Essai de chute

12.2.1 Exigences

L'écart dû à 6 chutes d'une hauteur de 1,0 m sur une surface de béton (CEI 60068-2-31) doit être inférieur à $0,7 H_0$ (voir Tableau 9). Ces essais doivent être réalisés pour chaque face du dosimètre. L'information de dose enregistrée ne doit pas être perdue au cours de ces chutes. Le comportement physique du dosimètre ne doit pas être affecté par ces chutes (par exemple, les soudures ne doivent pas lâcher, écrous et boulons ne doivent pas se desserrer).

12.2.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité à cette exigence doit être vérifiée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai.

Le dosimètre doit être soumis aux essais de chute pour chacune de ses 6 faces.

A l'issue de l'essai, le dosimètre doit être inspecté, son état physique doit être décrit et il doit fonctionner correctement.

12.3 Essai de vibration

12.3.1 Exigences

L'écart dû aux vibrations doit être inférieur à $0,7 H_0$ (voir Tableau 9) pour une accélération sinusoïdale à 20 m s^{-2} appliquée pendant 15 min dans le domaine de fréquences de 10 Hz à 33 Hz. L'information de dose enregistrée ne doit pas être perdue suite à ces vibrations. Le comportement physique du dosimètre ne doit pas être affecté par ces vibrations (par exemple, les soudures ne doivent pas lâcher, écrous et boulons ne doivent pas se desserrer).

12.3.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité à cette exigence doit être vérifiée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai.

Le dosimètre doit être soumis à des accélérations sinusoïdales à 20 m s^{-2} pendant 15 min dans chacune des trois directions orthogonales à une fréquence dans chacun des domaines suivants: 10 Hz à 21 Hz et 22 Hz à 33 Hz. La lecture du dosimètre doit être effectuée entre chaque période vibratoire de 15 min.

A l'issue de l'essai, le dosimètre doit être inspecté, son état physique doit être décrit et il doit fonctionner correctement.

12.4 Essai microphonique

12.4.1 Exigences

Si le dosimètre est soumis à 60 chocs successifs, l'écart dû aux effets microphoniques doit être inférieur à $0,7 H_0$ (voir Tableau 9), chaque choc correspondant à une chute de 10 cm sur une surface dure d'acier. L'information de dose enregistrée ne doit pas être perdue suite à ces chutes. Le comportement physique du dosimètre ne doit pas être affecté par ces chutes (par exemple, les soudures ne doivent pas lâcher, écrous et boulons ne doivent pas se desserrer).

12.4.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

La conformité à cette exigence doit être vérifiée en observant et en enregistrant les indications de l'affichage avant et après l'essai.

Le dosimètre doit effectuer 60 chutes sur une surface dure d'acier (CEI 60068-2-31), d'une hauteur de 10 cm, de manière à subir 10 chocs sur chacune de ses 6 faces principales.

A l'issue de l'essai, le dosimètre doit être inspecté et son comportement physique doit être décrit.

13 Incertitude

L'incertitude de la valeur de la dose mesurée par un dosimètre satisfaisant à la présente norme peut être calculée sans mesures d'essai complémentaires, voir CEI/TR 62461. L'incertitude dépend des conditions au poste de travail et de la connaissance à ce sujet. L'incertitude est la plus large lorsque la seule connaissance dont on dispose sur les conditions au poste de travail est que, pour toutes les grandeurs d'influence, ces conditions sont comprises dans leurs domaines de variation respectifs. Une condition nécessaire supplémentaire est que les conditions d'étalonnage (par exemple sur fantôme ISO plaque d'eau) soient représentatives des conditions d'utilisation. Dans ce cas, la fonction modèle donnée par le fabricant (voir 9.10) avec les valeurs obtenues pour la variation de la réponse relative et les écarts, conduiront directement à l'incertitude.

Tous les calculs d'incertitude doivent être réalisés selon le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (Guide ISO/CEI 98-3) et la CEI/TR 62461.

NOTE Si l'on connaît plus précisément les conditions au poste de travail, cette connaissance peut être utilisée pour déterminer les valeurs réelles des réponses et corriger la valeur de la dose indiquée. Cela réduira l'incertitude de la valeur de la dose.

14 Documentation

14.1 Rapport d'essai de type

A la demande du client, le fabricant doit fournir le rapport sur les essais de type réalisés selon les exigences de la présente norme.

14.2 Certificat

Un certificat doit être fourni avec chaque dosimètre, comportant au moins les informations suivantes, selon la CEI 61187:

- nom du fabricant ou marque déposée; type et numéro de série du dosimètre;
- déclaration selon laquelle cet équipement a subi les essais conformément à la présente norme, et comme quoi les exigences sont satisfaites;
- type(s) du ou des détecteurs;
- grandeur mesurée;
- type de rayonnement pour la mesure duquel l'appareil est conçu;
- étendue de mesure;
- point de référence du dosimètre, direction d'étalonnage, orientation de référence par rapport aux sources de rayonnement, et orientation de référence par rapport au porteur;
- position et dimensions des volumes sensibles des détecteurs;
- conditions de référence spécifiées pour déterminer le coefficient d'étalonnage de référence et son inverse, la réponse de référence;
- domaine d'utilisation spécifié pour chaque grandeur d'influence (par exemple, énergie du rayonnement et angle d'incidence, température), ainsi que les résultats correspondants des essais de type (par exemple, réponse en fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence pour tous les types de rayonnements à mesurer);
- temps maximal possible de mesure, t_{\max} (voir (9.4.2));

- indication due à la dérive de zéro et au bruit de fond dû au rayonnement naturel, et la méthode pour la déterminer (voir 6.9 et 9.3.2);
- débit de dose maximal pour les mesures de dose, s'il est inférieur à 1 Sv h^{-1} ; il convient également de l'indiquer sur le dosimètre (voir 9.3.2);
- masse et dimensions du dosimètre;
- exigences relatives à l'alimentation;
- fonction modèle pour la valeur mesurée par le dosimètre, voir 9.10;
- la catégorie d'utilisation en accord avec l'Annexe C peut être indiquée.

15 Manuel d'utilisation et de maintenance

Un manuel d'utilisation et de maintenance, comportant au moins les informations suivantes, doit être fourni:

- schéma électrique incluant la liste des composants de rechange;
- détails du fonctionnement, maintenance et procédures d'étalonnage;
- méthode de conservation des informations de dose enregistrées.

Tableau 2 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w différentes valeurs de dose et n indications pour chaque valeur de dose

w	Valeur de c_1 pour n égal à							Valeur de c_2 pour n égal à						
	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

Tableau 3 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

Grandeur d'influence	Conditions de référence (sauf indications contraires du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indications contraires du fabricant)
Energie du rayonnement photon pour: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	S-Cs ou S-Co (ISO 4037-3) N-80 ou S-Am (ISO 4037-3)	S-Cs ou S-Co (ISO 4037-3) N-80 ou S-Am (ISO 4037-3)
Energie de rayonnement des bêta, $H_p(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$
Energie du rayonnement neutron, $H_p(10)$	$^{241}\text{Am-Be}$ ou ^{252}Cf a)	$^{241}\text{Am-Be}$ ou ^{252}Cf a)
Angle d'incidence du rayonnement	Direction de référence donnée par le fabricant	Direction donnée $\pm 5^\circ$
Dose pour: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	0,3 mSv 3 mSv	0,1 mSv à 10 mSv b) 0,5 mSv à 50 mSv b)
Débit de dose pour: $H_p(10)$ $H_p(0,07)$	0,3 mSv h ⁻¹ 3 mSv h ⁻¹	0,1 mSv h ⁻¹ à 10 mSv h ⁻¹ b) 0,5 mSv h ⁻¹ à 50 mSv h ⁻¹ b)
Temps de stabilisation	15 min	≥ 15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C c)
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % c)
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,6 kPa c)
Tension des piles ou des batteries	Tension nominale	Pile ou batterie utilisée jusqu'à la moitié de son temps d'utilisation
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible créant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation du dosimètre (géotropisme)	A définir par le fabricant	Orientation définie $\pm 5^\circ$
Contrôles du dosimètre	En fonctionnement normal	En fonctionnement normal
Bruit de fond du rayonnement naturel	Débit d'équivalent de dose ambiant de 2 $\mu\text{Sv d}^{-1}$	Inférieur à un débit d'équivalent de dose ambiant de 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
<p>a) D'autres sources peuvent être utilisées si nécessaire.</p> <p>b) La valeur réelle de la dose (ou du débit) au moment de l'essai doit être définie.</p> <p>c) Les valeurs réelles de ces grandeurs au moment de l'essai doivent être définies. Ces valeurs sont applicables aux climats tempérés. Pour les climats plus froids ou plus chauds, les valeurs réelles de ces grandeurs au moment de l'essai doivent être définies. De même, une limite de pression basse de 70 kPa peut être admise pour les altitudes élevées.</p>		

Tableau 4 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta

Ligne	Caractéristiques en cours d'essai ou grandeur d'influence	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre instrumental ou réponse relative pour tout le domaine de variation	Paragraphe
1	Variation de la réponse relative due à la dose et au débit de dose	1 mSv à 10 Sv et $5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a)	–17 % à +25 % b) appareil de mesure de l'équivalent de dose	9.3
2	Fluctuation statistique, v : équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	$H_0 \leq H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	$(16 - H / (H_0)) \%$ 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit d'équivalent de dose $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	$\dot{H} < 100 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $100 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	Energie des rayonnements X et gamma et angle d'incidence	20 keV à 150 keV et 0° à 60° de la direction de référence	–29 % à +67 % c) $E < 50 \text{ keV}$: –33 % à +100 % c)	9.4.1
5	Energie moyenne du rayonnement bêta et angle d'incidence	0,2 MeV à 0,8 MeV et 0° à 60° de la direction de référence	–29 % à +67 % c)	9.6.1
6	Energie moyenne du rayonnement bêta et angle d'incidence	0,06 MeV (^{147}Pm) et 0° à 60° de la direction de référence	A définir par le fabricant	9.6.1
7	Comme lignes 4 à 6, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir lignes 4 à 6, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	Voir lignes 4 à 6, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	7.7
8	Surcharge	10 fois le maximum du domaine, mais pour un débit de dose inférieur à 10 Sv h^{-1}	L'indication est hors échelle dans les valeurs supérieures, ou le dosimètre indique une surcharge (pendant 10 min)	9.8
9	Temps de réponse pour l'indication du débit d'équivalent de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(0,07) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	–17 % à +25 % pour l'indication et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à $100 \mu\text{Sv}$	9.9.2
10	Précision de l'alarme réglée à H_a ou \dot{H}_a	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ d) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.9.3
11	Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.8

a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. Si le débit de dose maximal spécifié par le fabricant pour les mesures de dose est inférieur à 1 Sv h^{-1} , il convient de l'indiquer sur le dosimètre.

b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.

Tableau 5 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma

Ligne	Caractéristiques en cours d'essai ou grandeur d'influence	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre instrumental ou réponse relative pour tout le domaine de variation	Paragraphe
1	Variation de la réponse due à la dose et au débit de dose	100 μSv à 1 Sv et 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a)	–17 % à +25 % b) appareil de mesure de l'équivalent de dose	9.3
2	Fluctuation statistique, v : équivalent de dose $H_p(10)$	$H_0 \leq H < 11 H_0$ $H \geq 11 H_0$	$(16 - H / (H_0)) \%$ 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit d'équivalent de dose $\dot{H}_p(10)$	$\dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	Energie des rayonnements et angle d'incidence	80 keV à 1,5 MeV ou 20 keV à 150 keV et 0° à 60° de la direction de référence considérée	–29 % à +67 % c)	9.4.2
5	Comme lignes 4 à 5, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir lignes 4 à 5, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	Voir lignes 4 à 5, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	7.7
6	Surcharge	10 fois le maximum du domaine, mais pour un débit de dose inférieur à 10 Sv h^{-1}	L'indication est hors échelle dans les valeurs supérieures, ou le dosimètre indique une surcharge (pendant 10 min)	9.8
7	Temps de réponse pour l'indication du débit d'équivalent de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(10) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ et temps de retard maximal de 10 s	–17 % à +25 % pour l'indication et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 10 μSv	9.9.2
8	Précision de l'alarme réglée à H_a ou \dot{H}_a	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{rel}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{rel})$ d) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.9.3
9	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.8
10	Réponse due au bruit de fond du rayonnement naturel	—	Ecart de l'indication pendant t_{max} à partir du bruit de fond naturel inférieur à H_0	9.3.5

a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. Si le débit de dose maximal spécifié par le fabricant pour les mesures de dose est inférieur à 1 Sv h^{-1} , il convient de l'indiquer sur le dosimètre.

b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.

Tableau 6 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres mesurant $H_p(10)$ pour le rayonnement neutron

Ligne	Caractéristiques en cours d'essai ou grandeur d'influence	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre instrumental ou réponse relative pour tout le domaine de variation	Paragraphe
1	Variation de la réponse due à la dose et au débit de dose	100 μSv à 1 Sv et 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a)	-17 % à +25 % b) appareil de mesure de l'équivalent de dose	9.3
2	Fluctuation statistique, v : équivalent de dose	$H_0 \leq H < 51 H_0$ $H \geq 51 H_0$	(25,4 - $H / (2,5 H_0)$) % 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit d'équivalent de dose pour les fonctions d'alarme	$\dot{H} < 1 \text{ mSv h}^{-1}$ $1 \text{ mSv h}^{-1} \leq \dot{H} < 6 \text{ mSv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 6 \text{ mSv h}^{-1}$	20 % (21 - $\dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1})$) % 15 %	9.3
4	Energie des rayonnements et angle d'incidence	0,025 eV à 100 keV plus 100 keV à 5 MeV Elargissement de domaine: 5 MeV à 10 MeV supérieur à 10 MeV et 0° à 60° de la direction de référence considérée	-35 % à +300 % c) d) -35 % à +122 % c) d) -35 % à +122 % c) d) -35 % à +300 % c) d)	9.5.1
5	Comme lignes 4 à 5, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir lignes 4 à 5, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	Voir lignes 4 à 5, si aucune recommandation concernant une mauvaise orientation n'est donnée par le fabricant	7.7
6	Surcharge	10 fois le maximum du domaine, mais pour un débit de dose, inférieur à 10 Sv h^{-1}	L'indication est hors échelle dans les valeurs supérieures, ou le dosimètre indique une surcharge (pendant 10 min)	9.8
7	Temps de réponse pour l'indication du débit d'équivalent de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(10) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	-17 % à +25 % pour l'indication et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 500 μSv	9.9.2
8	Précision de l'alarme réglée à H_a ou \dot{H}_a	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	0,87 (1 - U_{rel}) $\leq H_a / H_{a,c}$ $\leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ e) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.9.3
9	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.8

a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. Si le débit de dose maximal spécifié par le fabricant pour les mesures de dose est inférieur à 1 Sv h^{-1} , il convient de l'indiquer sur le dosimètre.

b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de l'équivalent de dose (ou du débit).

d) Quelques allègements des exigences sont admis en utilisant les spectres simulés au poste de travail, voir 9.5.1.

e) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.

Tableau 7 – Caractéristiques électriques et environnementales des dosimètres

Ligne	Caractéristiques en cours d'essai ou grandeur d'influence	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre instrumental ou réponse relative pour tout le domaine de variation	Paragraphe
1	Alimentation électrique	100 h d'utilisation continue pour les piles ^{a)} ou 24 h d'utilisation continue pour les batteries ^{a)}	–9 % à +11 %	10.2
2	Température ambiante	a) Utilisation en intérieur +5 °C à +40 °C b) Utilisation en extérieur –10 °C à +40 °C	–13 % à + 18 % ^{b)}	10.3
3	Humidité relative	40 % à 90 % d'humidité relative à 35 °C	–9 % à +11 % ^{c)}	10.4
4	Pression atmosphérique	86,0 kPa à 106,6 kPa ^{d)}	–9 % à +11 %	10.5
5	Étanchéité	Classification IP-53	Classification IP à définir	10.6
6	Stockage	–25 °C à +50 °C pendant trois mois	Fonctionner selon les spécifications	10.7

a) 8 h de mesure supplémentaires après que l'instrument indique que la tension de la pile ou de la batterie est faible, par exemple «pile ou batterie faible».

b) L'affichage du dosimètre peut être gelé, la lecture à la température normale d'une pièce doit être possible.

c) Pour cet essai, la réponse de référence (à 65 % d'humidité relative) doit être définie à +35 °C et non à +20 °C.

d) Une limite de pression plus basse de 70 kPa peut être requise pour les altitudes élevées.

Tableau 8 – Caractéristiques des dosimètres aux perturbations électromagnétiques

Ligne	Grandeur d'influence ou paramètre instrumental	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Essai selon	Fréquence	Valeur du maximum autorisé de l'écart, D_p , pour tout le domaine de variation ^{a)}	Critère ^{b)}	Para- graphe
1	Décharge électrostatique, tension de charge	0 kV à ±8 kV décharge dans l'air 0 kV à ±4 kV décharge au contact	CEI 61000-4-2	10 perturbations par heure	$0,7 H_0$	B	11.2
2	Champs électromagnétiques rayonnés, valeur du champ et modulation	80 MHz à 2,7 GHz 0 V/m à 30 V/m (efficace, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	CEI 61000-4-3	10 % du temps	$0,7 H_0$	A	11.3
3	Perturbations conduites dues aux transitoires rapides, salves et pics de tension	0 kV à ±2 kV 5/50 ns (t_r/t_h)	CEI 61000-4-4	10 perturbations par heure	$0,7 H_0$	B	11.4
4	Perturbations conduites dues aux surtensions, pics de tension et temps de montée	0 kV à ±2 kV non sym. 0 kV à ±1 kV sym. 1,2/50 (8/20) µs (t_r/t_h)	CEI 61000-4-5	10 perturbations par heure	$0,7 H_0$	B	11.5
5	Perturbations conduites dues aux radiofréquences, fréquences et tension	150 kHz à 80 MHz 0 V à 10 V (efficace, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	CEI 61000-4-6	10 % du temps	$0,7 H_0$	A	11.6
6	50 Hz (ou 60 Hz suivant le cas) champ magnétique, intensité du champ	0 A m ⁻¹ à 30 A m ⁻¹	CEI 61000-4-8	10 % du temps	$0,7 H_0$	A	11.7
7	Chutes de tension/microcoupures, durée	10 ms (30 % réduction) 100 ms (60 % réduction)	CEI 61000-4-11	10 perturbations par heure	$0,7 H_0$	B	11.8
a) H_0 est la limite inférieure de l'étendue de mesure.							
b) Voir CEI 61000-6-2.							

Tableau 9 – Caractéristiques des dosimètres aux perturbations mécaniques

Ligne	Grandeur d'influence ou paramètre instrumental	Domaine minimal de variation d'une grandeur d'influence	Valeur du maximum autorisé de l'écart, D_p , pour tout le domaine de variation ^{a)}	Para- graphe
1	Chute sur une surface	1,0 m sur une surface de béton (CEI 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.2
2	Vibrations	20 m s ⁻² aux fréquences de 10 Hz à 33 Hz	$0,7 H_0$	12.3
3	Microphoniques	60 fois 0,1 m sur une surface d'acier (CEI 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.4
a) H_0 est la limite inférieure de l'étendue de mesure.				

Annexe A (normative)

Fluctuations statistiques

Pour tous les essais sous rayonnement, l'amplitude des fluctuations statistiques de la lecture dues à la seule nature aléatoire du rayonnement, peut représenter une fraction significative des variations autorisées de la lecture moyenne au cours de l'essai. Un nombre suffisant de lectures doit être effectué pour être sûr que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour vérifier que les caractéristiques en cours d'essai satisfont ou non aux exigences correspondantes. Le Tableau A.1 donne des indications sur le nombre de lectures exigé pour démontrer une réelle différence entre deux séries de lectures d'un appareil de mesure, avec un niveau de confiance de 95 %. On y trouve la différence, en pour cent, entre les moyennes, le coefficient de variation d'une série de lectures (supposé égal pour chaque série), et le nombre de lectures requises.

Quand les essais le permettent, les débits d'équivalents de dose doivent être utilisés pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques sur la lecture du moniteur. Pour cela, il peut être nécessaire de relever les lectures sur le moniteur à mi-échelle dans la seconde ou la troisième échelle la plus sensible ou au milieu de la seconde ou la troisième décade de l'étendue de mesure.

L'intervalle entre deux lectures du moniteur doit être suffisamment important pour assurer que ces lectures sont statistiquement indépendantes. Le fabricant doit fournir les informations nécessaires.

Tableau A.1 – Nombre de lectures requises pour démontrer une réelle différence (niveau de confiance 95 %) entre deux séries de lectures effectuées sur le même instrument²

Différence en pour cent entre la valeur vraie et les valeurs obtenues	Coefficient de variation spécifié par le fabricant %	Nombre de lectures requises pour démontrer la différence en pour cent
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

NOTE Ce tableau a été établi en supposant que la probabilité d'affirmer qu'il y a une différence quand il n'y a pas de réelle différence et la probabilité d'affirmer qu'il n'y a pas de différence quand il y a une réelle différence est dans les deux cas égale à 0,05.

² Information en provenance de l'American Standard ANSI N42.17A.D8.

Annexe B (informative)

Procédure pour déterminer la variation de la réponse relative en fonction de l'énergie de rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement

Le moyen le plus simple pour déterminer le domaine de variation d'énergie de rayonnement est de mesurer les valeurs (absolues) des réponses pour toutes les énergies et les angles d'incidence pour tous les types de rayonnements à l'intérieur du domaine de variation attendu. Des précautions spécifiques doivent être prises aux forts angles polaires d'incidence, parce que la réponse peut aussi dépendre de l'angle azimutal. Ainsi, les valeurs de réponse relative sont déterminées en divisant toutes ces valeurs de réponses (absolues) par la valeur de la réponse (absolue) pour l'énergie de référence et l'incidence 0° de rayonnement. Si toutes les valeurs de réponse relative sont à l'intérieur des limites permises (par exemple, $0,71 - U_{rel}$ et $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon), alors le domaine de variation anticipé peut être établi comme étant le domaine de variation du dosimètre. Ce domaine de variation peut ne pas être le domaine de variation maximal possible, parce que des énergies plus faibles ou plus élevées peuvent remplir les exigences, et ainsi des domaines de variation plus larges peuvent être possibles. De plus, et particulièrement pour les dosimètres neutron, une variation de l'énergie de référence peut conduire à un domaine de variation plus large. Un meilleur moyen, et aussi plus direct, pour déterminer le domaine de variation maximal, particulièrement pour le rayonnement photon, est donné dans ce qui suit.

Pour les dosimètres pour lesquels il n'y a pas de raison d'attendre une dépendance non monotone de la réponse relative en fonction de l'angle d'incidence du rayonnement, la procédure suivante, en quatre étapes, peut être utilisée pour réduire le nombre de mesures. La première étape consiste à mesurer la dépendance en énergie de la réponse relative pour une incidence du rayonnement à 0° . La deuxième étape détermine l'énergie minimale du domaine de variation pour lequel les exigences concernant l'énergie du rayonnement et l'incidence angulaire du rayonnement sont satisfaites. La troisième étape permet de déterminer les énergies maximales respectives des domaines de variation, et la quatrième étape de vérifier que les exigences sont également satisfaites pour le domaine d'énergie intermédiaire.

- a) La dépendance en énergie de la réponse relative pour un rayonnement incident à 0° est mesurée pour toutes les énergies données dans le paragraphe correspondant pour le domaine supposé de variation en énergie, et tracée en fonction de l'énergie (moyenne).
- b) Vers les valeurs inférieures de l'énergie de l'enregistrement fait en a), l'énergie minimale du domaine de variation est déterminée quand la réponse relative quitte (pour la première fois) l'intervalle autorisé (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon). Pour l'énergie du rayonnement ayant la valeur (moyenne) immédiatement supérieure, les valeurs de la réponse relative sont mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm \alpha_{max}$, si le domaine de variation utilisé est supérieur à 0° à $\pm 60^\circ$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre. Si, pour cette énergie du rayonnement, toutes les réponses relatives sont dans l'intervalle autorisé (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon), la procédure doit être répétée avec l'énergie du rayonnement ayant la valeur (moyenne) immédiatement inférieure. Dans le cas contraire, le rayonnement d'énergie moyenne immédiatement supérieure doit être utilisé.

Pour les deux énergies du rayonnement utilisées au cours de cet essai, toutes les valeurs mesurées de la réponse relative seront tracées en fonction de l'énergie (moyenne). Chaque paire de réponses relatives associées doit être reliée par une ligne droite. La valeur minimale de l'énergie dans son domaine de variation est celle pour laquelle toutes les lignes droites sont dans les limites autorisées (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon).

- c) Vers les valeurs supérieures de l'énergie de l'enregistrement fait en a), l'énergie du domaine de variation est déterminée quand la réponse relative quitte (pour la première fois) l'intervalle autorisé (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon). Pour l'énergie du rayonnement ayant la valeur (moyenne) immédiatement inférieure, les valeurs de la réponse relative sont mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm \alpha_{max}$, si le domaine de variation utilisé est supérieur à 0° à $\pm 60^\circ$. Ces mesures doivent être réalisées dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre. Si, pour cette énergie du rayonnement, toutes les réponses relatives sont dans l'intervalle autorisé (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon), la procédure doit être répétée avec l'énergie du rayonnement ayant la valeur (moyenne) immédiatement supérieure. Dans le cas contraire, le rayonnement d'énergie moyenne immédiatement inférieure doit être utilisé. L'énergie maximale dans son domaine de variation est déterminée par une procédure analogue à b).
- d) Pour au moins une énergie du rayonnement dans le domaine de variation déterminé ci-dessus, la démonstration doit être faite que toutes les valeurs de la réponse relative pour les angles d'incidence $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm \alpha_{max}$, si le domaine de variation utilisé est supérieur à 0° à $\pm 60^\circ$, sont dans l'intervalle autorisé (par exemple, de $0,71 - U_{rel}$ à $1,67 + U_{rel}$ pour le rayonnement photon). Si les valeurs de la réponse relative mesurées en a) ont des valeurs extrêmes dans le domaine de variation, les énergies correspondantes du rayonnement doivent être utilisées pour cette étape.

Annexe C (informative)

Catégories d'utilisation pour les dosimètres individuels

Les catégories d'utilisation données dans le Tableau C.1 peuvent être utilisées pour classer les dosimètres individuels à des fins d'approbation.

Tableau C.1 – Catégories d'utilisation pour les dosimètres individuels

Catégorie	Symbole	Domaine d'utilisation minimal exigé	Elargissement optionnel		
			pour l'énergie de la grandeur d'influence	pour l'étendue de dose	pour le débit de dose de la grandeur d'influence
$H_p(10)$ Rayonnement gamma	G	80 keV à 1,5 MeV ^{a)} 100 μSv à 10 Sv ^{b)} 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{c)}	m (moy): limite basse 60 keV l (bas): limite basse 20 keV h (haut): incluse 6 MeV	f : limite basse 10 μSv	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite basse 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(10)$ Rayonnement X	X	20 keV à 150 keV ^{a)} 100 μSv à 10 Sv ^{b)} 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l (bas): limite basse 10 keV h (haut): incluse 300 keV	f : limite basse 10 μSv	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite basse 0,05 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(10)$ Rayonnement neutron	N	0,025 eV à 5 MeV ^{a)} 100 μSv à 1 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{c)}	—	f : limite basse 10 μSv	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite basse 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(0,07)$ Rayonnements X, gamma	S peau	20 keV à 150 keV ^{a)} 1 mSv à 10 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l : limite basse 15 keV n : limite basse 10 keV	g : limite basse 100 μSv	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite basse 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
$H_p(0,07)$ Rayonnement bêta	B	200 keV à 800 keV (E_{mean}) ^{a)} 1 mSv à 10 Sv ^{b)} 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{c)}	l : limite basse 60 keV (E_{mean})	g : limite basse 100 μSv	a (accident): limite haute 10 Sv h^{-1} e (environnemental): limite basse 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
a) Etendue d'utilisation d'énergie minimale. b) Etendue de mesure minimale. c) Domaine d'utilisation minimal pour le débit de dose de la grandeur d'influence.					

Exemple: Un dosimètre gamma et neutron individuel pour une centrale nucléaire peut être classé **Gmh-N**.

Bibliographie

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

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

ISO/DIS 29661: *Champs de rayonnement de référence pour la radioprotection – Définitions et concepts fondamentaux*

Rapport ICRU 60:1999, *Fundamental quantities and units for ionizing radiation*

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).

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