

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation

Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes dosimétriques intégrés passifs pour la surveillance de l'individu et de l'environnement des rayonnements photoniques et bêta





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2012 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 Varembé
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

Useful links:

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

The advanced search enables you to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...).

It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) on-line.

Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

A propos de 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.

Liens utiles:

Recherche de publications CEI - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée vous permet de trouver des publications CEI en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...).

Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

Just Published CEI - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) en ligne.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems
for personal and environmental monitoring of photon and beta radiation**

**Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes dosimétriques intégrés
passifs pour la surveillance de l'individu et de l'environnement des
rayonnements photoniques et bêta**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 13.280

ISBN 978-2-83220-518-1

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

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	12
4 Units and symbols	20
5 General test procedures	21
5.1 Basic test procedures.....	21
5.1.1 Instructions for use	21
5.1.2 Nature of tests.....	21
5.1.3 Reference conditions and standard test conditions	21
5.1.4 Production of reference radiation.....	21
5.1.5 Choice of phantom for the purpose of testing.....	21
5.1.6 Position of dosimeter for the purpose of testing	21
5.2 Test procedures to be considered for every test.....	21
5.2.1 Number of dosimeters used for each test.....	21
5.2.2 Consideration of the uncertainty of the conventional true value	21
5.2.3 Consideration of non-linearity	22
5.2.4 Consideration of natural background radiation	22
5.2.5 Consideration of several detectors or signals in a dosimeter	22
5.2.6 Performing the tests efficiently	22
6 Performance requirements: summary	22
7 Capability of a dosimetry system	23
7.1 General.....	23
7.2 Measuring range and type of radiation.....	23
7.3 Rated ranges of the influence quantities.....	24
7.4 Maximum rated measurement time $t_{\max}$	24
7.5 Reusability	24
7.6 Model function.....	24
7.7 Example for the capabilities of a dosimetry system.....	24
8 Requirements for the design of the dosimetry system.....	25
8.1 General.....	25
8.2 Indication of the dose value (dosimetry system)	25
8.3 Assignment of the dose value to the dosimeter (dosimetry system)	25
8.4 Information given on the devices (reader and dosimeter).....	25
8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosimeter)	26
8.6 Algorithm to evaluate the indicated value (dosimetry system)	26
8.7 Use of dosimeters in mixed radiation fields (dosimetry system)	26
9 Instruction manual	26
9.1 General.....	26
9.2 Specification of the technical data	27
10 Software, data and interfaces of the dosimetry system	28
10.1 General.....	28
10.2 Design and structure of the software	28
10.2.1 Requirements	28

10.2.2	Method of test	28
10.3	Identification of the software.....	28
10.3.1	Requirements	28
10.3.2	Method of test	29
10.4	Authenticity of the software and the presentation of results	29
10.4.1	Requirements	29
10.4.2	Method of test	29
10.5	Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions	29
10.5.1	Requirements	29
10.5.2	Method of test	30
10.6	Control of input data by the dosimetry system	30
10.6.1	Requirements	30
10.6.2	Method of test	30
10.7	Storage of data	30
10.7.1	Requirements	30
10.7.2	Method of test	31
10.8	Transmission of data	31
10.8.1	Requirements	31
10.8.2	Method of test	32
10.9	Hardware interfaces and software interfaces	32
10.9.1	Requirements	32
10.9.2	Method of test	32
10.10	Documentation for the software test	33
10.10.1	Requirements	33
10.10.2	Method of test	33
11	Radiation performance requirements and tests (dosimetry system).....	33
11.1	General.....	33
11.2	Coefficient of variation.....	34
11.3	Non-linearity.....	34
11.3.1	Requirements	34
11.3.2	Method of test	34
11.3.3	Interpretation of results.....	34
11.4	Overload characteristics, after-effects, and reusability.....	36
11.4.1	Requirements	36
11.4.2	Method of test	36
11.4.3	Interpretation of the results.....	36
11.5	Radiation energy and angle of incidence for $H_p(10)$ or $H^*(10)$ dosimeters	37
11.5.1	Photon radiation	37
11.5.2	Beta radiation	38
11.6	Radiation energy and angle of incidence for $H_p(3)$ dosimeters	39
11.6.1	Photon radiation	39
11.6.2	Beta radiation	40
11.7	Radiation energy and angle of incidence for $H_p(0,07)$ or $H'(0,07)$ dosimeters	41
11.7.1	Photon radiation	41
11.7.2	Beta radiation	42
11.8	Over response to radiation incidence from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter.....	43
11.8.1	Requirements	43
11.8.2	Method of test	44

11.8.3	Interpretation of the results.....	44
11.9	Indication of the presence of beta dose for $H_p(0,07)$ whole body dosimeters	44
12	Response to mixed irradiations (dosimetry system)	44
12.1	Requirements	44
12.2	Method of test	45
12.2.1	General	45
12.2.2	Preparation of the test	45
12.2.3	Practical test	45
12.3	Interpretation of the results	46
13	Environmental performance requirements and tests	46
13.1	General	46
13.1.1	General requirement	46
13.1.2	General method of test	46
13.2	Ambient temperature and relative humidity (dosemeter)	47
13.2.1	General	47
13.2.2	Requirements	47
13.2.3	Method of test	47
13.2.4	Interpretation of the results.....	47
13.3	Light exposure (dosemeter).....	48
13.3.1	General	48
13.3.2	Requirements	48
13.3.3	Method of test	48
13.3.4	Interpretation of the results.....	48
13.4	Dose build-up, fading, self-irradiation, and response to natural radiation (dosemeter).....	48
13.4.1	General	48
13.4.2	Requirements	49
13.4.3	Method of test	49
13.4.4	Interpretation of the results.....	49
13.5	Sealing (dosemeter)	50
13.6	Reader stability (reader).....	50
13.6.1	General	50
13.6.2	Requirements	50
13.6.3	Method of test	50
13.6.4	Interpretation of the results.....	50
13.7	Ambient temperature (reader).....	51
13.7.1	General	51
13.7.2	Requirements	51
13.7.3	Method of test	51
13.7.4	Interpretation of the results.....	51
13.8	Light exposure (reader)	51
13.8.1	General	51
13.8.2	Requirements	52
13.8.3	Method of test	52
13.8.4	Interpretation of the results.....	52
13.9	Primary power supply (reader).....	52
13.9.1	General	52
13.9.2	Requirements	52
13.9.3	Method of test	53

13.9.4 Interpretation of the results.....	53
14 Electromagnetic performance requirements and tests (dosimetry system)	53
14.1 General.....	53
14.2 Requirement.....	53
14.3 Method of test	54
14.4 Interpretation of the results	54
15 Mechanical performance requirements and tests	54
15.1 General requirement	54
15.2 Drop (dosemeter)	55
15.2.1 Requirements	55
15.2.2 Method of test	55
15.2.3 Interpretation of the results.....	55
16 Documentation	55
16.1 Type test report.....	55
16.2 Certificate issued by the laboratory performing the type test.....	56
Annex A (normative) Confidence limits.....	68
Annex B (informative) Causal connection between readout signals, indicated value and measured value	71
Annex C (informative) Overview of the necessary actions that have to be performed for a type test according to this standard	72
Annex D (informative) Usage categories of passive dosimeters	74
Annex E (informative) Uncertainty of dosimetry systems	75
Annex F (informative) Conversion coefficients $h_{pK}(3;\alpha)$, $h_{pK}(0,07;\alpha)$, and $h'_{K}(0,07;\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, and $H'(0,07)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 4037-1	76
Annex G (informative) Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ and $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ and $H_p(3)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 6980-1	78
Annex H (informative) Computational method of test for mixed irradiations	79
Bibliography.....	81
Figure A.1 – Test for confidence interval.....	68
Figure B.1 – Data evaluation in dosimetry systems	71
Figure H.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 12.2	80
Table 1 – Mandatory and maximum energy ranges covered by this standard	10
Table 2 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value	35
Table 3 – Angular irradiations for $H_p(10)$ and $H^*(10)$ dosimeters.....	37
Table 4 – Angular irradiations for $H_p(3)$ dosimeters	39
Table 5 – Angular irradiations for $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$ dosimeters	41
Table 6 – Symbols	57
Table 7 – Reference conditions and standard test conditions	59
Table 8 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosimeters.....	60
Table 9 – Performance requirements for $H_p(3)$ dosimeters	61
Table 10 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosimeters.....	62
Table 11 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosimeters	63

Table 12 – Performance requirements for $H'(0,07)$ dosimeters	64
Table 13 – Environmental performance requirements for dosimeters and readers.....	65
Table 14 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14.....	66
Table 15 – Mechanical disturbances performance requirements for dosimeters	67
Table A.1 – Student's t -value for a double sided 95 % confidence interval	69
Table C.1 – Schedule for a type test of a dosimeter for $H_p(10)$ fulfilling the requirements within the mandatory ranges	72
Table D.1 – Usage categories of passive dosimeters	74
Table F.1 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;N,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom, reference distance 2 m	76
Table F.2 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;S,\alpha)$ and $h_{pK}(3;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom	77
Table F.3 – Conversion coefficients $h_{pK}(0,07;S,\alpha)$ and $h_{pK}(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the rod, pillar, and slab phantom.....	77
Table F.4 – Conversion coefficients $h'_{K}(0,07;N,\alpha)$, $h'_{K}(0,07;S,\alpha)$, and $h'_{K}(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to $H'(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1	77
Table G.1 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1	78
Table G.2 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1.....	78

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – PASSIVE INTEGRATING DOSIMETRY SYSTEMS FOR PERSONAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

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 62387 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This standard cancels and replaces IEC 62387-1 published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

- Extension of the photon energy range for dosimeters to measure $H_p(0,07)$ from the old range of 8 keV to 250 keV to the new range of 8 keV to 10 MeV.
- Addition of performance requirements for dosimeters to measure $H_p(3)$ for both photon and beta radiation. Such dosimeters can be used to monitor the eye lens dose.
- Addition of performance requirements for dosimeters to measure $H'(0,07)$ for both photon and beta radiation.
- Correction and clarification of several subsections to obtain a better applicability.

- Alignment of IEC performance requirements on dosimetry systems for measuring personal dose equivalents with the recommendations on accuracy stated in ICRP Publication 75, *General Principles for the Radiation Protection of Workers*. Further information is given in the new informative Annex E.

With these changes it also covers the scope of ISO 12794:2000, *Nuclear energy – Radiation protection – Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes*.

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

FDIS	Report on voting
45B/743/FDIS	45B/752/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.

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

INTRODUCTION

A dosimetry system may consist of the following elements:

- a) a passive device, referred to here as a *detector*, which, after the exposure to radiation, stores a signal for use in measuring one or more quantities of the incident radiation field;
- b) a “dosemeter”, that incorporates some means of identification and contains one or more detectors and may contain electronic components;
- c) a “reader” which is used to readout the stored information (signal) from the detector, in order to determine the radiation dose;
- d) a “computer” with appropriate “software” to control the reader, store the signals transmitted from the reader, calculate, display and store the evaluated dose in the form of an electronic file or paper copy;
- e) “additional equipment” and documented procedures (instruction manual) for performing associated processes such as deleting stored dose information, cleaning dosimeters, or those needed to ensure the effectiveness of the whole system.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – PASSIVE INTEGRATING DOSIMETRY SYSTEMS FOR PERSONAL AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

1 Scope

This standard applies to all kinds of passive dosimetry systems that are used for measuring

- the personal dose equivalent $H_p(10)$ (for whole body dosimetry),
- the personal dose equivalent $H_p(3)$ (for eye lens dosimetry),
- the personal dose equivalent $H_p(0,07)$ (for both whole body and extremity dosimetry),
- the ambient dose equivalent $H^*(10)$ (for environmental dosimetry), or
- the directional dose equivalent $H'(0,07)$ (for environmental dosimetry).

NOTE 1 The term “environmental dosimetry” means ambient, area, and environmental monitoring in this standard.

This standard applies to dosimetry systems that measure external photon and/or beta radiation in the dose range between 0,01 mSv and 10 Sv and in the energy ranges given in Table 1. All the energy values are mean energies with respect to the prevailing dose quantity. The dosimetry systems usually use electronic devices for the data evaluation and thus are often computer controlled.

Table 1 – Mandatory and maximum energy ranges covered by this standard

Measuring quantity	Mandatory energy range for photon radiation	Maximum energy range for testing photon radiation	Mandatory energy range for beta-particle radiation ^a	Maximum energy range for testing beta-particle radiation ^a
$H_p(10)$, $H^*(10)$	80 keV to 1,25 MeV	12 keV to 10 MeV	–	–
$H_p(3)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 10 MeV	0,8 MeV almost equivalent to an $E_{\max}$ of 2,27 MeV	0,7 MeV ^b to 1,2 MeV almost equivalent to $E_{\max}$ from 2,27 MeV to 3,54 MeV
$H_p(0,07)$, $H'(0,07)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 10 MeV	0,8 MeV almost equivalent to an $E_{\max}$ of 2,27 MeV	0,06 MeV ^c to 1,2 MeV almost equivalent to $E_{\max}$ from 0,225 MeV to 3,54 MeV
^a The following beta radiation source are suggested for the different mean energies: For 0,06 MeV: ^{147}Pm ; for 0,8 MeV: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; for 1,2 MeV: $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$. ^b For beta-particle radiation, an energy of 0,7 MeV is required to reach the radiation sensitive layers of the eye lens in a depth of about 3 mm (approximately 3 mm of ICRU tissue). ^c For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (approximately 0,07 mm of ICRU tissue).				

NOTE 2 In this standard, “dose” means dose equivalent, unless otherwise stated.

NOTE 3 For $H_p(10)$ and $H^*(10)$ no beta radiation is considered. Reasons: 1) $H_p(10)$ and $H^*(10)$ are a conservative estimate for the effective dose which is not a suitable quantity for beta radiation. 2) No conversion coefficients are available in ICRU 56, ICRU 57 or ISO 6980-3.

NOTE 4 The maximum energy ranges are the energy limits within which type tests according to this standard are possible.

The test methods concerning the design (Clause 8), the instruction manual (Clause 9), the software (Clause 10), environmental influences (Clause 13), electromagnetic influences (Clause 14), mechanical influences (Clause 15), and the documentation (Clause 16) are

independent of the type of radiation. Therefore, they can also be applied to other dosimetry systems, e.g. for neutrons, utilizing the corresponding type of radiation for testing.

This standard is intended to be applied to dosimetry systems that are capable of evaluating doses in the required quantity and unit (Sv) from readout signals in any quantity and unit. The only correction that may be applied to the evaluated dose (indicated value) is the one resulting from natural background radiation using extra dosimeters.

NOTE 5 The correction due to natural background can be made before or after the dose calculation.

2 Normative references

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISO 4037 (all parts), *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy*

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 6980 (all parts), *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation*

ISO 6980-3, *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 (all parts), *Reference neutron radiations*

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

3 Terms and definitions

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

NOTE The terms are listed in alphabetical order.

3.1 ambient dose equivalent

$H^*(d)$

at a point in a radiation field, dose equivalent that would be produced by the corresponding expanded and aligned field, in the ICRU sphere at a depth, d , on the radius opposing the direction of the aligned field

Note 1 to entry: The recommended depth, d , for environmental monitoring in terms of $H^*(d)$ is 10 mm, and $H^*(d)$ may be written as $H^*(10)$. [IEV 393-14-95]¹

[SOURCE: ICRU 51:1993, modified – Note 1 to entry has been added]

3.2 calibration factor

N_0

quotient of the conventional true value of a quantity $C_{r,0}$ and the indicated value $G_{r,0}$ at the point of test for a reference radiation under reference conditions

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

Note 1 to entry: 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 conditions prevailing at the time of measurement.

Note 2 to entry: This definition is of special importance for non-linear dosimeters.

Note 3 to entry: The reference value $C_{r,0}$ for the dose is given in Table 7.

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, Definition 3.2.12, modified – The descriptive statement, the symbol as well as the three original notes have been modified and the original example has been removed]

3.3 coefficient of variation

v

ratio of the standard deviation s to the arithmetic mean $\bar{G}$ of a set of n indicated values G_j (indicated value)

$$v = \frac{s}{\bar{G}} = \frac{1}{\bar{G}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (G_j - \bar{G})^2}$$

[SOURCE: IEC 60050-394:2007², 394-40-14, modified – “indicated values” has replaced “measurements” and the letters representing quantities in the descriptive statement and in the formula have been modified]

¹ IEC 60050-393 will be replaced by IEC 60050-395.

² IEC 60050-394 will be replaced by IEC 60050-395.

3.4**conventional true value****conventional true value of a quantity***C*

value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose

Note 1 to entry: "Conventional true value" is sometimes called "assigned value", "best estimate of the value", "conventional value" or "reference value".

[SOURCE: GUM B.2.4]

3.5**correction for non-linearity***r_n*

quotient of the response *R_n* under conditions where only the value of the dose equivalent is varied, and the reference response *R₀*

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

Note 1 to entry: For a linear dosimetry system, *r_n* is equal to unity.

3.6**coverage factor***k*

numerical factor used as a multiplier of the combined standard uncertainty in order to obtain an expanded uncertainty

Note 1 to entry: A coverage factor *k* is typically in the range 2 to 3.

Note 2 to entry: In case of a normal distribution, using a coverage factor of 2 results in an expanded uncertainty that defines an interval around the result of a measurement that contains approximately 95 % of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand. For other distributions, the coverage factor may be larger.

[SOURCE: GUM 2.3.6, modified – The symbol *k* has been added]

3.7**detector****radiation detector**

apparatus or substance used to convert incident ionizing radiation energy into a signal suitable for indication and/or measurement

Note 1 to entry: The detector usually requires a separate reader to read out the signal. That means the detector usually is not able to provide a signal without any external reading process.

Note 2 to entry: A passive detector does not need an external power supply to collect and store dose information.

Note 3 to entry: In IECV, the term reads "radiation detector".

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-24-01, modified – The term "detector" has been added as the first preferred term]

3.8**deviation***D*

difference between the indicated values for the same value of the measurand of a dosimetry system, when an influence quantity assumes, successively, two different values

$$D = G - G_r$$

where

G the indicated value under the effect, and

G_r the indicated value under reference conditions

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

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

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-07-03, modified – “deviation” has replaced “variation (due to an influence quantity)” and “dosimetry system” has replaced “an indicating measuring instrument, or the values of a material measure” and Notes 1 and 2 to entry have been added]

3.9

directional dose equivalent

$H'(d)$

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

Note 1 to entry: The currently recommended depth, d , for environmental monitoring in terms of $H'(d)$ is 0,07 mm and $H'(d)$ may be written as $H'(0,07)$. [IEV 393-14-96]

[SOURCE: ICRU 51]

3.10

dosemeter

radiation meter designed to measure the quantities absorbed dose or dose equivalent

Note 1 to entry: In a wider sense, this term is used for meters designed to measure other quantities related to radiation such as exposure, fluence, etc. Such use is deprecated.

Note 2 to entry: This apparatus may require a separate reader to read out the absorbed dose or dose equivalent.

Note 3 to entry: A dosimeter usually consists of a detector and a badge, for example thermoluminescence detector (TLD) badge with filters.

Note 4 to entry: A dosimeter may contain electronic components (e.g. the direct ion storage (DIS) dosimeter).

3.11

dosimetry system

dosimeter, reader and all associated equipment and procedures used for assessing the indicated value

3.12

expanded uncertainty

U

quantity defining an interval about the result of a measurement that may be expected to encompass a large fraction of the distribution of values that could reasonably be attributed to the measurand

Note 1 to entry: The expanded uncertainty is obtained by multiplying the combined standard uncertainty by a coverage factor.

Note 2 to entry: A confidence level of 95 % is recommended for the use of this standard.

[SOURCE: GUM 2.3.5]

3.13

indicated value

G

value of the measurand given directly by a measuring instrument on the basis of its calibration curve

Note 1 to entry: In this standard, the indicated value is the one given by the dosimetry systems as the final result of the evaluation algorithm (for example, display of the software, print out) in units of dose equivalent (Sv), see 8.2.

Note 2 to entry: The indicated value is equivalent to the evaluated value in ISO 12794:2000, Annex D.

Note 3 to entry: For details, see Annex B of this standard.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-08, modified – The original note has been replaced by new Notes 1, 2 and 3 to entry]

3.14

influence quantity

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

Note 1 to entry: For example, temperature of a micrometer used to measure length.

Note 2 to entry: 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 two pairs of influence quantities:

- a) radiation energy and angle of incidence,
- b) ambient temperature and relative humidity.

[SOURCE: GUM B.2.10, modified – Examples 1, 2 and 3 have been removed and Notes 1 and 2 to entry have been added]

3.15

influence quantity of type F

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

Note 1 to entry: An example is radiation energy and angle of radiation incidence.

Note 2 to entry: F stands for factor. The indication due to radiation is multiplied by a factor due to the influence quantity.

3.16

influence quantity of type S

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

Note 1 to entry: An example is the electromagnetic disturbance.

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

Note 3 to entry: S stands for sum. The indication is the sum of the indication due to radiation and due to the disturbance.

3.17

lower limit of the measuring range

H_{low}

lowest dose value included in the measuring range

3.18

mandatory range

mandatory range of use

smallest range specified for an influence quantity or instrument parameter over which the dosimetry system must operate to be in compliance with this International Standard

Note 1 to entry: The mandatory ranges of the influence quantities dealt with in this International Standard are given in the second column of Tables 8 to 15.

3.19**maximum rated measurement time** $t_{\max}$

longest continuous period of time over which the dose is accumulated and over which all requirements of this standard are fulfilled

Note 1 to entry: The maximum rated measurement time depends on the lower limit of the measuring range H_{low} , the fading, and other influences.

Note 2 to entry: The beginning of this period of time can for example be erasing the dose by heating (at TLDs) or a dose reset by means of software (at DIS).

3.20**measured value** M

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

Note 1 to entry: For “model function”, see 3.23.

Note 2 to entry: For details, see Annex B.

3.21**measuring range**

range defined by two values of the measurand, or quantity to be supplied, within which the limits of uncertainty of the measuring instrument are specified

Note 1 to entry: In this standard, the measuring range is the range of dose equivalent, in which the requirements of this standard are fulfilled and thus the uncertainty is limited.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-03-12, modified – The original note has been replaced by a new Note 1 to entry]

3.22**personal dose equivalent** $H_p(d)$

dose equivalent in soft tissue, at an appropriate depth, d , below a specified point on the body

Note 1 to entry: The recommended depths are 10 mm for penetrating radiation, 3 mm to monitor the eye lens dose, and 0,07 mm for superficial radiation.

[IEV 393-14-97]

Note 2 to entry: Soft tissue means ICRU 4-element tissue, see ICRU Report 39.

[SOURCE: ICRU 51]

3.23**model function**

mathematical model of the measurement that transforms the (set of) observation(s) into the result of the measurement

Note 1 to entry: The model function combines the indicated value G with the reference calibration factor N_0 , the correction for non-linearity 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. An example of a model function is

$$M = \frac{N_0}{r_n \prod_{q=1}^m r_q} \left[G - \sum_{p=1}^l D_p \right]. \text{ A model function is necessary to evaluate the uncertainty of the measured value}$$

according to the GUM (see GUM sections 3.1.6, 3.4.1 and 4.1).

Note 2 to entry: The calculations according to the model function are usually not performed, only in the case that specific influence quantities are well known and an appropriate correction is applied.

Note 3 to entry: For details, see Annex B.

3.24**point of test**

point in the radiation field at which the conventional true value of the quantity to be measured is known

[SOURCE: ISO 4037-3, Definition 3.2.6, modified – Between “at which the” and “conventional” the following has been deleted: “reference point of a dosimeter is placed for calibrating or testing purposes and at which the”]

3.25**preparation**

normal treatment of dosimeters or detectors before a dose measurement, for example, a procedure to erase stored dose information, reset the dose information by means of software, cleaning, which the dosimeters or detectors are intended to be subjected to in routine use

3.26**rated range****rated range of use**

specified range of values which an influence quantity can assume without causing a deviation or variation of the response exceeding specified limits

Note 1 to entry: In IEC 60050-311:2001, 311-07-05, the term reads “nominal range of use”. In this standard, “rated range” is used in order to avoid complicated terms like “the range of use of an influence quantity” but to have terms that are easily readable like “the rated range of an influence quantity”.

Note 2 to entry: Influence quantities can be either of type S or of type F.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-07-05, modified – “rated range” has replaced “nominal range” and “deviation or variation of the response” has replaced “variation”; Notes 1 and 2 to entry have been added]

3.27**reader****dosimeter reader**

instrument used to read one or more detectors in a dosimeter

Note 1 to entry: Signal of a passive dosimeter can be amount of light, amount of charge, transparency of film and so on. Each type of passive dosimeter thus has very a different type of reader.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-31-13, modified – The term “dosimeter reader” has been replaced by “reader”, “a dosimeter” has been replaced by “one or more detectors in a dosimeter” and Note 1 to entry has been added]

3.28**readout**

process of measuring the stored dose information of a detector in a reader

3.29**reference conditions**

set of specified values and/or ranges of values of influence quantities under which the uncertainties admissible for a dosimetry system are the smallest

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-06-02, modified – After “uncertainties” the words “, or limits of error,” have been deleted and “dosimetry system” has replaced “measuring instrument”]

3.30**reference direction**

direction, in the coordinate system of a dosimeter, with respect to which the angle to the direction of radiation incidence is measured in unidirectional fields

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.7]

3.31

reference orientation

(dosemeter) orientation for which the direction of the incident radiation coincides with the reference direction of the dosimeter

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.8]

3.32

reference point of a dosimeter

physical mark or marks on the outside of the dosimeter (possibly described in the manual) to be used in order to position it with respect to the point of test

3.33

reference response

R_0

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

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

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

Note 1 to entry: The reference response is the reciprocal of the reference calibration factor.

Note 2 to entry: The reference values for the dose are given in Table 7.

3.34

relative expanded uncertainty

U_{rel}

expanded uncertainty divided by the measurement result

3.35

relative response

r

quotient of the response R and the reference response R_0

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

3.36

response of a radiation measuring assembly

R

ratio, under specified conditions, given by the relation:

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

where

G is the indicated value of the quantity measured by the equipment or assembly under test (dosimetry system), and

C is the conventional true value of this quantity

Note 1 to entry: The value of the response may vary with the dose being measured. In such cases, a dosimetry system is said to be non-linear.

[SOURCE: IEC 60050-394: 2007, 394-40-21, modified – The letters representing quantities have been modified, “value” has been replaced by “indicated value of the quantity”, “(dosimetry system)” has been added and the original notes have been replaced by a new Note 1 to entry]

3.37**result of a measurement**

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

Note 1 to entry: The central value of the whole (set of values) can be selected as *measured value* M (see 3.20) and a parameter characterizing the dispersion as *uncertainty* (see 3.41).

Note 2 to entry: The result of a measurement is related to the *indicated value given by the instrument* G (see 3.13) and to the values of correction obtained by calibration and by the use of a *model* (see 3.23).

Note 3 to entry: The estimation of M can be based on one or more indicated values.

[SOURCE: IEC 60050-311: 2001, 311-01-01, modified – “including a value, the corresponding uncertainty, and the unit of the measurand” has been added, the original Notes 1, 4, and 5 have been deleted, and Notes 1 and 2 to entry have been aligned to terms used in this standard]

3.38**signal**

S

quantity obtained in a reader after readout of a detector from which the indicated value of the dose equivalent is evaluated

Note 1 to entry: Examples are the charge measured in a photomultiplier tube due to TL-light; the area of a certain region from a glow curve of a TL detector; a fitting parameter evaluated from a glow curve analysis.

Note 2 to entry: In principle, it is possible to obtain more than one signal from one detector (for example several fitting parameters from a glow curve analysis).

Note 3 to entry: Using more than one detector always means using more than one signal.

Note 4 to entry: The “signal” is similar to the “readout value” in ISO 12794:2000, 3.13.

Note 5 to entry: For details, see Annex B of this standard.

3.39**standard deviation****experimental standard deviation**

s

for a series of n measurements of the same measurand, the quantity s characterizing the dispersion of the results

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (G_j - \bar{G})^2}$$

where

G_j is the result of the j -th measurement, and

$\bar{G}$ is the arithmetic mean of the n results considered

Note 1 to entry: Considering the series of n values as sample of a distribution, $\bar{G}$ is an unbiased estimate of the mean μ , and s^2 is an unbiased estimate of the variance σ^2 of that distribution.

Note 2 to entry: The expression $s/\sqrt{n}$ is an estimate of the standard deviation of the distribution of $\bar{G}$ and is called the “experimental standard deviation of the mean”.

Note 3 to entry: “Experimental standard deviation of the mean” is sometimes incorrectly called “standard error of the mean”.

[SOURCE: GUM B.2.17, modified – The preferred term “standard deviation” has been added, as well as the symbol s , and the formula has been modified]

3.40**standard test conditions**

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

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

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

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, Definition 3.2.3, modified – One note has been subdivided into two and references to tables have been omitted]

3.41**standard uncertainty**

u

uncertainty of the result of a measurement expressed as a standard deviation

Note 1 to entry: Standard uncertainty is a more general term than standard deviation, for example, standard uncertainty may also contain uncertainty contributions evaluated using non statistical methods.

[SOURCE: GUM 2.3.1 modified – Note 1 to entry has been added, as well as the symbol u]

3.42**type test**

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

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-02]

3.43**upper limit of the measuring range**

H_{up}

highest dose value included in the measuring range

4 Units and symbols

In the present standard, units of the international system (SI) are used. Nevertheless, the following units may be acceptable in common usage:

- for energy: electron-volt (symbol eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- for time: year, month, day, hour (symbol h), minute (symbol min).

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

The SI unit of dose equivalent is 1 J kg^{-1} .

The special name for the unit of the dose equivalent is sievert (symbol Sv). $1 \text{ Sv} = 1 \text{ J kg}^{-1}$.

A list of symbols is given in Table 6 (at the end of the document).

5 General test procedures

5.1 Basic test procedures

5.1.1 Instructions for use

The instructions for use of the dosimetry systems have to be unambiguously given in the manual, see Clause 9. These instructions have to be the same for all parts of the type test and for the routine use as well.

5.1.2 Nature of tests

The tests listed in this standard are considered to be type tests, see Annex C.

5.1.3 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 7 (at the end of the document). The tests shall be carried out under standard test conditions given in the third column of Table 7 unless otherwise specified.

All influence quantities shall be maintained within the limits set for standard test conditions given in Table 7, except for those influence quantities currently under test, unless otherwise specified in the test procedure.

5.1.4 Production of reference radiation

The nature, construction and conditions for the use of ionizing radiation shall conform to the recommendations in the following documents: a) ISO 4037 series for photon radiation, b) ISO 6980 series for beta radiation, and c) ISO 8529 series for neutron radiation.

5.1.5 Choice of phantom for the purpose of testing

For tests involving the use of a phantom, ISO phantoms as described in ISO 4037-3:1999, 6.3.1, shall be used. The required irradiation geometry is specified in the appropriate ISO reference standard (ISO 4037-3 or ISO 6980-3).

5.1.6 Position of dosimeter for the purpose of testing

For tests involving the use of radiation, the reference point of the dosimeter shall be placed at the point of test and the dosimeter shall be oriented in the reference orientation. This is not applicable for tests to determine the response depending on the angle of incidence.

5.2 Test procedures to be considered for every test

5.2.1 Number of dosimeters used for each test

The number n of dosimeters (or irradiations) used for any test need not be the same for each test but may be determined using Annex A. However, it may be convenient to use, arbitrarily, 4, 5, 8, 10 or 20 dosimeters (or irradiations), in which case the Student's t -value, obtained from Annex A, Table A.1, would be 3,18; 2,78; 2,37; 2,26; or 2,09; respectively.

NOTE Using Annex A, the performance requirements are demonstrated to be met to 95 % confidence.

5.2.2 Consideration of the uncertainty of the conventional true value

The relative expanded uncertainty $U_{C,rel}$ of the conventional true value C of the dose equivalent shall be considered. It shall be less than 8 % at a 95 % coverage interval. The testing laboratory shall determine $U_{C,rel}$ according to the GUM.

NOTE According to 3.12, the confidence level is 95 %.

5.2.3 Consideration of non-linearity

The effect of a non-linearity due to dose dependence shall be taken into account.

A practical method is to start the tests with the non-linearity and perform the other tests in a dose region where the non-linearity is negligible (1 % to 2 %).

5.2.4 Consideration of natural background radiation

For the measurement of low dose equivalents or at low dose equivalent rates, it is necessary to take into account the contribution of natural background radiation to the dose equivalent. This is usually done by taking a significant number of dosimeters (at minimum 10 dosimeters) as background dosimeters. These are treated in the same way as the ones under test, but not irradiated. The mean indicated value of these dosimeters has to be subtracted from the indicated value of the dosimeters under test.

5.2.5 Consideration of several detectors or signals in a dosimeter

If more than one signal (see 3.38) or detector (see 3.7) is used to evaluate the indicated value, each signal or detector shall be tested separately. Separate tests are necessary when the different signals are used to evaluate the indicated value in different regions of the measuring range or in different regions of an influence quantity.

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

NOTE 2 Examples:

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

5.2.6 Performing the tests efficiently

The effect of several influence quantities are tested by irradiating different groups of dosimeters: one or several test groups on which the effect of the influence quantity is measured and one reference group. For limiting the necessary number of irradiations, it is appropriate to combine the tests given in 11.9 to Clause 15 with only two or three reference groups.

A list of actions necessary to perform a type test according to this standard is given in Annex C.

6 Performance requirements: summary

For the following types of dosimeters at least the following quantities shall be measured:

- whole body dosimeter: $H_p(10)$ due to photon radiation,
- extremity dosimeter: $H_p(0,07)$ due to photon and beta radiation,
- eye lens dosimeter used in pure photon radiation fields:
 $H_p(0,07)$ or $H_p(3)$ due to photon radiation,
- eye lens dosimeter used in beta or mixed beta/photon radiation fields:
 $H_p(3)$ due to beta and photon radiation.

National regulations may require that more quantities be measured by specific types of dosimeters.

NOTE 1 Background information regarding the choice of quantities to be measured for eye lens dosimetry can be found in Behrens and Dietze (2010).

NOTE 2 The term “beta radiation” is used as a synonym for both electron and beta radiation in this standard.

The performance requirements for dosimetry systems are given in Tables 8 to 12 depending on the quantity to be measured: $H_p(10)$: Table 8; $H_p(3)$: Table 9; $H_p(0,07)$: Table 10; $H^*(10)$: Table 11; $H'(0,07)$: Table 12.

Details for some of the entries in Tables 8 to 12 (at the end of the document) are given in the further Tables 9 to 11 (at the end of the document).

In some countries the presence of beta dose has to be indicated by dosimeters worn on the trunk. Such an indication of the presence of beta dose is not a measurement. For that reason, a specific subclause (11.9) deals with the indication of the presence of beta dose.

Usually, a dosimetry system is not able to measure all quantities given above. Thus, the system is only tested with regard to those quantities and types of radiation it is intended to be used for. Annex D gives further guidelines to define specific usage categories.

Full compliance with this standard is given if the requirements for the mandatory ranges given in Tables 8 to 12 are fulfilled. If the customer or manufacturer requires extended ranges then the test should also be performed as specified in this standard, i.e. the requirements given in Tables 8 to 12 apply, too. The range of any influence quantity stated by the manufacturer is called rated range. Thus, dosimetry systems can be classified by stating a set of ranges (for example, for dose, for energy, for temperature) within which the requirements stated in this standard are met (Capabilities of the system, see Clause 7). In addition, usage categories are given in Annex D with respect to different measuring capabilities.

For the dosimetry systems described above, this standard specifies general characteristics, general test procedures and performance requirements, radiation characteristics as well as environmental, electrical, mechanical, software and safety characteristics.

A dosimetry system may be tested with regard to different quantities at different times. In case the dosimetry system was changed since the previous test, a new test with regard to quantities tested formerly may be necessary.

The absolute calibration of the dosimetry system is not checked during a type test according to this standard as only system properties are of interest. The absolute calibration is checked during a routine test.

7 Capability of a dosimetry system

7.1 General

The ranges described in the following subclauses shall be stated by the manufacturer. They shall be larger than the mandatory ranges that are given in Tables 8 to 12. The dosimetry system shall fulfil the requirements for these rated ranges.

The rated ranges shall be given in the documentation of the dosimetry system (instruction manual), so the user of the dosimetry system is aware of the capabilities of the instrument.

7.2 Measuring range and type of radiation

Depending on the dose quantity, the limits of the measuring range shall at least cover the mandatory ranges given in line 7 of Tables 8 to 12.

The type(s) of radiation the dosimetry system is designed for shall be stated.

In case the dosimetry system is not able to measure beta dose (that means it does not fulfil 11.6.2 or 11.7.2 – whichever applies) but is able to indicate the presence of beta dose (that means it does fulfil 11.9) this shall be stated.

7.3 Rated ranges of the influence quantities

The rated range of any influence quantity shall be stated by the manufacturer in the documentation. The mandatory range for each influence quantity is given in the third column of Tables 8 to 15. All requirements of this standard shall be fulfilled over all the rated ranges.

7.4 Maximum rated measurement time $t_{\max}$

The manufacturer shall state the maximum duration of a dose measurement $t_{\max}$ during which the requirements of this standard are fulfilled. Especially, the requirements on the coefficient of variation shall be fulfilled.

This time shall be at least 1 month.

7.5 Reusability

A dosimeter is considered to be reusable as long as its performance meets the requirements of this standard. If the dosimeter cannot be reused indefinitely or if usability depends on the history of the dosimeter, this fact shall be stated by the manufacturer. The manufacturer shall give the limits for repeated uses, e.g. the total number of cycles of use and/or a dose value above which dosimeters cannot be reused. Especially, the requirements related to the coefficient of variation shall be fulfilled for all dosimeters that are reused.

NOTE An example of limited reusability is an increase of the zero-signal in a TL detector after receiving a high dose.

7.6 Model function

The manufacturer shall state the general form of the model function for the measurement with the dosimeter. The manufacturer can use the example given in 3.23 or other functions. The manufacturer shall state any interdependencies between the variables of the model function. The variables are the calibration factor, the relative responses, and the deviations.

7.7 Example for the capabilities of a dosimetry system

The following numbers are arbitrarily chosen, covering at least the mandatory ranges, and differ from one to another dosimetry system.

The dosimetry system can be used to measure $H_p(10)$ due to photon radiation:

Measuring range: $0,05 \text{ mSv} \leq H_p(10) \leq 4 \text{ Sv}$. The dosimetry system is able to indicate the presence of beta dose.

The following ranges of use for the different influence quantities are covered.

- Photon energy and angle of incidence: 50 keV to 1,4 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$
- Ambient temperature and relative humidity (dosimeters): -15°C to 50°C and 40 % to 90 % RH
- Ambient temperature (reader): $+10^\circ\text{C}$ to $+40^\circ\text{C}$
- Light exposure (dosimeters and reader): up to $1\,000 \text{ W/m}^2$
- Electromagnetic disturbances (reader): mandatory ranges, see Table 14
- Mechanical disturbances: mandatory ranges, see Table 15

Maximum rated measurement time: 6 months.

The dosimeters of the dosimetry system are reusable unless irradiated with a dose equivalent exceeding 200 mSv.

$$\text{Model function: } M = \frac{N_0}{r_n \cdot r_{E,\alpha} \cdot r_{\text{env}}} \cdot [G - D_{\text{EMC}} - D_{\text{mech}}]$$

where

- M is the measured value;
- N_0 is the reference calibration factor;
- r_n is the relative response due to non-linearity;
- $r_{E,\alpha}$ is the relative response due to energy and angle of incidence;
- r_{env} is the relative response due to environmental influences;
- G is the indicated value of the dosimetry system;
- D_{EMC} is the deviation due to electromagnetic disturbances;
- D_{mech} is the deviation due to mechanical disturbances.

For details see 3.20 and Annex B.

8 Requirements for the design of the dosimetry system

8.1 General

The information required in this Clause 8 shall be documented by the manufacturer for the type test in written form (not necessarily in the instruction manual). The requirements given can easily be checked by visual inspection of the dosimetry system during use.

8.2 Indication of the dose value (dosimetry system)

The indicated value shall be given in units of dose equivalent, for example, microsieverts (μSv). The display shall also clearly indicate the quantity being measured.

If the reader has range-change facilities, the range-change shall be automatic.

The indicated value shall be displayed with a resolution better than 2 %. At the lower limit of the measuring range, H_{low} , a value of 10 % is sufficient.

NOTE A possible technical solution is a digital display: at the lower limit of the measuring range, H_{low} , at least two significant digits are shown. For example at $H_{\text{low}} = 0,1 \text{ mSv}$ the display shows 0,10 mSv. Above $10 \cdot H_{\text{low}}$, three significant digits are shown: 1,00 mSv.

8.3 Assignment of the dose value to the dosimeter (dosimetry system)

Every indicated value shall be distinctively assigned to the dosimeter (number) it is originating from.

NOTE A possible technical solution is: the assignment during unpacking detectors from their dosimeter is done very carefully. After data evaluation, the dosimeter number and the indicated value are combined into one data set that is always handled together.

8.4 Information given on the devices (reader and dosimeter)

The following information shall be clearly visible on the reader and dosimeter (on the dosimeter only if enough space is available):

- a) an identification to assign the reader and dosimeter to the dosimetry system;
- b) the quantity and measuring range that is measured;

- c) the type of radiation (for example photon and / or beta) the dosimeter is suitable for;
- d) the rated range of particle energy;
- e) only on the dosimeter: the reference point and reference orientation (or in the manual);
- f) only on the personal dosimeters: if the dosimeter design does permit the user to use the dosimeter in two or more orientations, then the dosimeter shall fulfil the requirements of this standard for all orientations or it shall clearly be stated on the dosimeter that using it in the wrong orientation can cause erroneous results;
- g) only on the dosimeter: an identification number that can be read by the user shall always be on the dosimeter;
- h) only on the dosimeter: usage category according to Annex D.

NOTE An example for b) to d) is: $0,1 \text{ mSv} \leq H_p(0,07) \leq 3 \text{ Sv}$; $65 \text{ keV} \leq E_{ph} \leq 1,4 \text{ MeV}$; $0,2 \text{ MeV} \leq E_{beta} \leq 0,8 \text{ MeV}$.

8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosimeter)

As far as reasonably practical, the dosimeter should be designed to minimize the retention and facilitate the removal of contamination. A dosimeter may be provided with an additional protective cover, however, the covered dosimeter shall still meet the requirements of this standard.

8.6 Algorithm to evaluate the indicated value (dosimetry system)

For the type test according to this standard, the manufacturer shall deliver the evaluation algorithm of the indicated value starting from the signal(s) of the detector(s). The documentation shall be in a form that allows a complete understanding of the calculations and/or the decision tree.

If more than one signal is used to evaluate the indicated value, the manufacturer shall provide the option of reading out the separate signals of the detector(s) for the type test.

NOTE 1 Details to signal, evaluated value and evaluation algorithm are given in Annex B.

NOTE 2 This algorithm can be confidential and only be used by the testing laboratory for the purpose of type testing.

8.7 Use of dosimeters in mixed radiation fields (dosimetry system)

If a dosimeter is used in radiation fields it is not designed for, for example a photon dosimeter being used in a mixed photon/neutron field, the effect of the radiation not intended to be measured shall be stated by the manufacturer in the manual, see Clause 9. In the mentioned example, the neutron radiation is an influence quantity for the dosimeter designed for photon radiation. The manufacturer shall state the response to neutron radiation for thermal neutrons and one or more of the ISO 8529 radionuclide source reference fields.

With this information, the user can determine the influence on the total dose value with the aid of a second dosimeter intended to measure the neutron radiation.

9 Instruction manual

9.1 General

An instruction manual shall be supplied. It shall be marked in such a way that it is unambiguously related to the dosimetry system described. Such instructions for use are to be furnished for each dosimetry system. The instructions for use shall contain the description of the construction, function, operation and manipulation of the dosimetry system and its component parts including the usage of the software used to control the dosimetry system and the stored data.

9.2 Specification of the technical data

Dosimetry system in general:

- manufacturer's name or registered trade mark (if the system is manufactured as a whole);
- type of dosimetry system and principle of operation;
- block diagram of the dosimetry system including hardware, software and data;
- name of the software of the dosimetry system and identification number (see 10.3);
- description of the functionality and all menus and submenus of the software;
- operational details, maintenance and calibration procedures;
- if the evaluation algorithm is not additive, a comment according to Note 3 of 12.1.

Reader:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of the reader;
- power supply requirements;
- stabilization time of the reader;
- hint to the necessity of flushing the dosimeter or parts of it with gas during readout;
- warning if prolonged storage at high humidity of the air can be detrimental.

Dosimeter:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of dosimeter;
- type of detector or detectors;
- types of radiation the dosimeter is intended to measure;
- reference point of the dosimeter;
- the reference direction for calibration purposes;
- reference orientation relative to radiation sources and reference orientation with respect to the wearer;
- drawing of the dosimeters including the detectors and filter materials;
- density thickness of walls surrounding the sensitive volumes (mg cm^{-2});
- mass and dimensions of dosimeter;
- method of cleaning and drying the dosimeter;
- method of clearing dose ("zeroing") of dosimeter.

Dosimetric characteristics:

- measuring quantity;
- measuring range and variation of the response due to non-linearity;
- coefficient of variation depending on the dose equivalent;
- maximum rated measurement time;
- response to natural environmental radiation, see 13.4;
- relative response as a function of radiation energy and angle of incidence (for both beta and photon radiation);
- rated ranges of all other influence quantities and the corresponding variation of the relative response or deviation (see 7.2 to 7.6, an example is given in 7.7);
- relative response due to radiation not intended to be measured (for example neutron radiation), see 8.7;

- usage category for all dosimeters belonging to the dosimetry system, see Annex D.

10 Software, data and interfaces of the dosimetry system

10.1 General

The final version of the software shall be available at the beginning of the type test, as a great part of the software test is indirectly covered by the metrological test. For that reason, a change of the software after the type test shall be prevented.

NOTE The following requirements are based on the software guide 7.2 of the European cooperation in legal metrology (WELMEC) and are implementing risk class C of guide 7.2. The WELMEC guide can serve as additional information, however, only the requirements given in this Clause 10 are relevant.

The requirements shall prevent any unintended modification of the software or of the data. In addition, any intended modification of the software or of the data with the aid of an editor shall be prevented. At most, one indicated value may be lost due to any change of the software or data.

The requirements are valid only in case the dosimetry system is used for official purposes, for example, legally relevant personal monitoring.

Once the type test according to this standard started, no data, tables, or software may be changed or deleted.

Testing of software can be a very complex matter, however, it shall not dominate the testing-time. Therefore, a large amount of responsibility is handed over to the manufacturer by using his documentation, see 10.10, to perform the tests. Nevertheless, a few simple practical tests are made to make sure that the functionality is as documented.

10.2 Design and structure of the software

10.2.1 Requirements

The software shall be designed in such a way that it is not affected by other software unless the effect is required for the correct use of the system.

NOTE One possible technical solution is to separate the software into two parts. One part contains all the functions necessary to control the reader and to evaluate, store and display the indicated values, this part is the “data-relevant part”. The other parts of the software, the “non-data-relevant part”, contain for example statistics about the frequency with which certain dose values occur. The data-relevant part has well-defined functions (software interface) that are used to communicate with the non-data-relevant software parts. This technical concept of software separation has the advantage, that the “non-data-relevant part” may be modified without influencing the “data-relevant part”.

10.2.2 Method of test

Documentation: The measures described to protect the software shall be plausible taking into account the type of operating system on the computer.

Practical test: Make sure that the software is an executable file. In case of software separation, see the note to 10.2.1, the different software parts shall be separate files (for example dynamic link libraries (DLLs)).

10.3 Identification of the software

10.3.1 Requirements

The “data-relevant part” of the software (see Note to 10.2.1) shall have an identification. It shall be possible to display this identification while the software is running. This identification can be compared with the one given in the test record or in the user instructions. The

identification shall automatically change in case the software is changed (a simple version number is not sufficient).

NOTE 1 In case of a modular code, several identifications can be built for the different modules.

NOTE 2 One possible technical solution is a checksum, at least cyclic redundancy check using a polynomial lengths of 17 bits (CRC-16) with a secret start value hidden in the executable file, built over the software.

10.3.2 Method of test

Documentation: The method to make sure that the software identification is changed by any modification of the software shall be plausible.

Practical test: Make sure that the identifications can be displayed while the software is running as described in the instruction manual and that they are identical to the ones given in the instruction manual.

10.4 Authenticity of the software and the presentation of results

10.4.1 Requirements

Protection shall cover both, unintentional actions (inadvertent wrong operation) and intended actions (manipulation) by means of an editor. In case the software is modified, the program shall abort during start up with a message such as "Software authenticity violated; unauthorized modification of program!" The results that are presented shall be guaranteed as authentic, clearly marked as relevant result of the measurement, and clearly separated from additional information.

By this requirement, it is excluded that the reader or dosimeter is operated with software other than the type tested.

NOTE One possible technical solution is:

The program code is an executable format (.exe). During start-up of the software, a checksum, at least CRC-16 with a secret start value hidden in the executable file, is built over the software. This checksum is compared with a reference value hidden in the executable code. In case of non-compliance, the software does not start. The window of the running program is refreshed periodically and checks that it is always visible.

10.4.2 Method of test

Documentation: The measures to prevent any change of the software (for example the evaluation of a checksum) shall be plausible. Check that the legally relevant data sets can only be produced by the type tested data-relevant software.

Practical test: Modify a string value (for example "μSv" into "mSv") in the executable code with the aid of an editor and run the software. If it starts, the requirement is not met. Judge through visual check that additional information on the display or printout cannot be confused with the information belonging to the relevant measurement data and that all relevant data are presented.

10.5 Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions

10.5.1 Requirements

When abnormal operating conditions occur in system components, the operation of the dosimetry system shall be stopped automatically, in addition an alarm alerting the operator shall be present (audible and/or visible). These abnormal operating conditions include those that lead to a faulty reading or loss of dose information, for example, high voltage failure in a photomultiplier tube, a printer running out of paper, heating temperature in a reader falling below or rising above the normal range of operating temperature, a wireless local area network (WLAN) getting out of range, or if the software controlling the measurement is stopped.

Not more than one indicated value shall be lost due to abnormal operating conditions. In case an indicated value does not fulfil the requirements of this standard due to the abnormal operating conditions, this value shall be accompanied by an error message. At maximum one value shall be accepted to be wrong per occurrence of abnormal operating condition.

10.5.2 Method of test

Documentation: The measures to recognize faulty operation shall be plausible.

Practical test: Simulate some hardware failures during the readout, for example disconnect the power supply for the heating device, put a wireless local area network (WLAN) out of range, or disconnect the data line between the reader and the computer. If more than one indicated value per simulated hardware failure is lost or accompanied by an error message due to the abnormal operating condition, the requirement is not met.

10.6 Control of input data by the dosimetry system

10.6.1 Requirements

All values used for the determination of the indicated value, for example calibration factors, dark-current of a photomultiplier or high voltage of a photomultiplier shall be controlled by the dosimetry system.

NOTE One possible technical solution is to ensure that these values fall within fixed ranges of values.

10.6.2 Method of test

Documentation: The method to make sure that the instrument parameters are in their allowed ranges shall be plausible.

Practical test: Try to change some instrument parameters so that they are out of their range, for example the high voltage of the photomultiplier tube or the pressure of the gaseous nitrogen. If more than one detector is read out per simulated range error, the requirement is not met.

10.7 Storage of data

10.7.1 Requirements

- a) Instrument parameters: It shall not be possible for the user to modify the instrument parameters (for example calibration factors, range for the high voltage of a photomultiplier tube). Exception: Modification of instrument parameters shall be possible only via the paths provided by the software (for example calibration measurement or input by authorized user via a password whose default value is defined in the instruction manual and can be changed by the user). A history of the values and changes of all parameters shall be available for the user.

NOTE 1 One possible technical solution is:

All data are combined in well-defined data sets. The whole data set is protected by a checksum, at least CRC-16 with a secret start value hidden in the executable file. The software reads the data set, calculates the checksum and compares it with its nominal value contained in the data set. In case any change in a data set is detected, the data set is marked as invalid by the program and not used any more.

- b) Measurement results: All measurement results including all relevant information necessary to trace back to and reconstruct the measurement that generated the stored result (authenticity) shall be recorded or stored without any change automatically after each measurement. This contains at least date and time of the readout, the identification of the dosimeter (for example number) and of the reader, the indicated value and the calibration factors used. Such documentation may be made either by hardcopy printout or in electronic form on hard disks in connection with software for data display: viewing program which is a "data-relevant program", see Note to 10.2.1. This software shall not use (for example, display or print) changed data. In addition, the long-term storage shall

have a capacity which is sufficient for the intended purpose. The data shall be protected against loss.

NOTE 2 One possible technical solution is:

All data specific for a certain measurement are combined in well-defined data sets and stored in binary format automatically after the measurement. The whole data set is protected by a checksum, at least CRC-16 with a secret start value hidden in the executable file. This data set does not have to contain the instrument parameters, only the information where the actual instrument parameters are available, for example file name, location, and date and time of the file. The viewing program reads the stored data, calculates the checksum and compares it with its nominal value contained in the data file. In case any change in a data set is detected, the data set is marked as invalid by the program and not used any more. The data are stored on two hard drives supervised by a raid-controller. The software activates the write protection of the operating system.

10.7.2 Method of test

Documentation: The way of storing the data and the measures to prevent any change or loss of these data, for example the procedure to evaluate a checksum, shall apparently be effective (for example, it shall cover the entire data set and a formula to calculate the remaining storage capacity shall be applied). All information to trace back to and reconstruct the measurement shall be contained. If a checksum or signature is used, the software to read and display the data (viewing program) shall calculate the checksum and compare it to the nominal value contained in the data set.

Practical tests:

- a) Make sure that all relevant data necessary to reconstruct the measurement are stored in a data file directly after a measurement and that there is no button or menu item to interrupt or disable the automatic storing.
- b) Try to modify instrument parameters or indicated values via the software itself. If this is possible without specific knowledge, for example a password or details of the software structure, the requirement is not met.
- c) Open a data file with the aid of an editor and modify single bits, then close the file. If the software of the dosimetry system still reads the data file and delivers the modified value, then the requirement is not met.
- d) Try to delete a data file from the hard disc using the standard command of the operating system. If this is possible without a warning or without specific knowledge, for example a password or details of the software structure, the requirement is not met.
- e) Check that a warning is given and the measurement stops in case the storage is full or removed.
- f) In case data are printed out and stored, make sure that both are identical.

For long term storage of data, it is necessary to consider the limited time (for example a few years) special data formats can be read (for example a CD or DVD).

10.8 Transmission of data

10.8.1 Requirements

In case data are transmitted from one device to another (for example from a reader to a PC), these data shall contain all necessary information to further process them correctly. It shall not be possible to modify, delete or add something to these data. In addition, the receiving part of the dosimetry system, for example the computer, shall make sure that the received data are authentic. That means it shall be recognized if the data come from a device other than the reader or dosimeter assigned to the dosimetry system. In case the connection between the transmitting parts is unavailable or delays the transmission, at most one indicated value shall get lost. In case a data set is transmitted incorrectly (in spite of the transmission protocol tried to repeat the transmission until it succeeded) the data set shall not be used.

NOTE One possible technical solution is:

All transmitted data are combined in well-defined data sets including date and time of the generation of the data set, a running number, an identification of the transmitting part, for example serial number of the reader, and the relevant data. The whole data set is protected by a checksum, at least CRC-16 with a secret start value hidden in the executable file. The reader encrypts the data transmitted to the software with a key known to the type tested software only (for example its hash code) via a handshake sequence. The receiving part, for example computer, checks the data by making sure that no running number is missing (or double) and that the identification of the transmitting part is the correct one. In case a transmitted data set is incorrect, it is marked as invalid by the program and not used any more.

10.8.2 Method of test

Documentation: All information to trace back to the measurement and for further processing the measurement data shall be contained in the data set. If a checksum or signature is used, the software to receive the data shall calculate the checksum and compare it to the nominal value contained in the data set. Secret data (for example key initial value if used) shall be kept secret against spying out with simple tools. Check that data are digitally signed to ensure their proper identification and authentication.

Practical tests: Spot checks shall show that no relevant data get lost due to a transmission interruption (for example, unplug a cable or put a wireless local area network (WLAN) out of range).

10.9 Hardware interfaces and software interfaces

10.9.1 Requirements

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

NOTE 1 In principle it is possible to circumvent a software interface. This can usually be excluded by software separation, see Note to 10.2.1, when the data-relevant part of the software is realized in a separate binary file.

NOTE 2 One possible technical solution is:

User interfaces: A module in the data-relevant software filters out inadmissible commands. Only this module receives commands, and there is no circumvention of it. Any false input is blocked. The user is controlled or guided when inputting commands by a special software module. This guiding module is inextricably linked with the module that filters out the inadmissible commands.

Software interfaces: There is a software module that receives and interprets commands from the interface. This module belongs to the data-relevant software. It only forwards allowed commands to the other data-relevant software modules. All unknown or not allowed commands are rejected and have no impact on the data-relevant software or measurement data.

10.9.2 Method of test

Documentation: The list of commands and parameters that are accepted by the hardware interfaces and software interfaces shall apparently be complete. For example if on the basis of this list and the information concerning the structure of the software it is not possible to perform a calibration, the list cannot be complete.

Practical test: Using the supplied software and the peripheral equipment, carry out practical tests (spot checks) with both documented and undocumented commands and test all menu items if any. If there is any accessory software accompanying the dosimetry system for operating the interface via an additional computer, for some of the commands that are available it shall be checked that the dosimetry system works as documented. In addition, some other commands shall be given. In case the dosimetry system is affected by this, the requirement is not met.

10.10 Documentation for the software test

10.10.1 Requirements

- a) Documentation in the instruction manual: All dosimetric relevant parts, menus and submenus of the software including the viewing program to read and display stored data shall be described in the instruction manual, see Clause 9.
- b) Documentation for the type test: In addition to the documentation in the manual, the following information shall be given by the manufacturer for the purpose of type testing:
 - a description of the structure of the software including the data-relevant software functions and the meaning of data; in case of software separation a description of the software interface; the measures to protect the software; see 10.2;
 - the method to evaluate the identification; see 10.3;
 - the measures to prevent any change of the software and of the presented data and how their authenticity is guaranteed; see 10.4;
 - the measures to recognize faulty operation; see 10.5;
 - a list of all parameters, their ranges and nominal values, the method to make sure that they are in allowed ranges, where they are stored and how they may be viewed, including their history; see 10.6;
 - the way of storing the data automatically; a description of all fields of a data set; the method used for ensuring their authenticity; the management of exceptional cases when storing data (for example full storage); the method of the viewing program to detect corruptions; the measures to prevent any change or loss of the stored data; see 10.7;
 - the way of transmitting the data; a description of all fields of a data set; the method used for ensuring their authenticity; the management of exceptional cases when transmitting data (for example cable disconnected); the measures to prevent any change, loss of or addition to transmitted data; see 10.8;
 - a description of the software interface, especially which data domains realize the interface; a complete list of commands and parameters that are accepted by the hardware interfaces and software interfaces, including a declaration of completeness of this list and a brief description of each command; see 10.9;
 - the necessary characteristics of the operating system and of the hardware of the computer;
 - an overview of the security aspects of the operating system, for example, protection, user accounts, or privileges.

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

10.10.2 Method of test

Documentation: Check that all documentation required in 10.10.1 is completely given and fulfils its purpose.

Practical tests: By using the software during the type test a lot of menus will be used. All of them shall be documented in the instruction manual. The rest of the menus shall be checked by “playing” with the running software and comparing the corresponding parts of the instruction manual. If not all of the menus found in the software and in the instruction manual fit together, the requirement is not met.

11 Radiation performance requirements and tests (dosimetry system)

11.1 General

All influence quantities dealt with in this clause are of type F, see 3.15.

If the dosimetry system uses more than one signal for the evaluation of the indicated value, Clause 12 shall be taken into account. The necessary information for the test according to Clause 12 shall be gained during the tests according to this Clause 11.

If the dosimetry system is intended to measure both photon and beta radiation and if it uses for both types of radiation the same signal for the evaluation of the indicated value, then the same reference radiation quality has to be chosen for both types of radiation.

This meets practice: If only one signal (and thus one detector) is used, only one calibration factor can be applied which has to be the same for both photon and beta radiation. Thus, the reference radiation quality has to be the same for the dependence on the particle energy, the angle of incidence and the type of radiation.

11.2 Coefficient of variation

The statistical fluctuations of the indicated value shall fulfil the requirements given in line 6 of Tables 8 to 12.

The test shall be performed together with the test regarding non-linearity. Therefore, the method of test is described in the following 11.3.

11.3 Non-linearity

11.3.1 Requirements

The variation of the response due to a change of the dose equivalent shall not exceed the values given in line 7 of Tables 8 to 12 over the entire measuring range for photon and/or beta reference radiation.

11.3.2 Method of test

a) Source to be used

The tests shall be performed with radiation from ^{137}Cs or ^{60}Co sources. In case the dosimeter has got separate detectors for photon and beta radiation, the test shall be performed with a beta source, too, for example $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. During the tests, the dosimeter shall be irradiated on the required phantom (see 5.1.5) from the reference direction.

NOTE The irradiations can be done free in air 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 is therefore determined specifically.

b) Tests to be performed

The tests shall be performed separately with photon radiation or beta radiation (the type of radiation the dosimetry system is specified for).

The response shall be measured for at least three dose values in each order of magnitude of the measuring range. These shall be at approximately 20 %, 40 % and 80 % of each full order of magnitude and, in addition, in the vicinity of range changes (if known). In total, n repeated measurements at each of the w dose values shall be performed.

For every dose C_i , the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

11.3.3 Interpretation of results

If, using the w values of the coefficient of variation and the values of c_1 and c_2 given in Table 2, shows that

- for $w - 2$ dose values the coefficient of variation is less than c_1 times the limits given in line 6 of Tables 8 to 12 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 line 6 of Tables 8 to 12,

then the requirement of 11.2 is considered to be met.

NOTE 1 This method of test is explained in detail in Brunzendorf and Behrens (2007), see bibliography. It takes into account the fact that it is not possible to measure the coefficient of variation precisely with a reasonable effort. Therefore, the test incorporates the statistical method of a one-sided chi-square-test. A dosimetry system with a coefficient of variation being equivalent to 0,9-times the required limit would fail the test with a probability of about 80 %. A dosimetry system with a coefficient of variation being equivalent to 1,1-times the required limit fails the test with a probability of about 80 %.

NOTE 2 If the interpretation of the results was that “for every dose C_i , the value $s_i / \bar{G}_i$ would not be larger than the required limit given in line 6 of Tables 8 to 12 (method of test so far), then a dosimetry system with a coefficient of variation being equivalent to 0,9-times the required limit would fail the test with a probability of about 98 %. It can also be explained as: If the method of test “ $s_i / \bar{G}_i$ is larger than the required value” is fulfilled with a probability of about 85 %, then the true coefficient of variation will not be larger than 0,63-times the required limit.

If, in addition, for each of the nine resulting groups (dose values C_i), the inequality

$$0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}} \text{ is valid and}$$

$$0,95 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,05 + U_{C,\text{com}} \text{ is valid for the restricted range for } H'(0,07)$$

and $H^*(10)$ (see line 7 of Tables 11 and 12), then the requirement of 11.3.1 is considered to be met.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded

uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

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

11.4 Overload characteristics, after-effects, and reusability

11.4.1 Requirements

The requirements are subdivided into three parts:

a) Recognition of overload

When the dosimeter is irradiated with a high dose as given in line 8 of Tables 8 to 12, the indicated value shall not be less than H_{up} and the system shall display an overload message.

b) After-effects

If a dosimeter irradiated to high dose values produces after-effects on any subsequent measurement, suitable measures shall be taken to ensure that the requirements of this standard are met in the subsequent measurements.

c) Reusability

If the dosimeters cannot be reused indefinitely or if usability depends on the history of the dosimeter, this fact is stated by the manufacturer, see 7.5. Often, a high dose during the last irradiation negatively affects the reusability.

11.4.2 Method of test

For this test, four groups of dosimeters shall be exposed to a reference source.

Group 1: reference group: $n (\geq 5)$ dosimeters shall be irradiated with $C_{r,0}$, see Table 7.

Group 2: one dosimeter shall be irradiated with a high dose equivalent as given in line 8 of Tables 8 to 12.

Group 3: $n (\geq 10)$ dosimeters shall be irradiated with a dose equivalent equal to the lower limit of the measuring range, H_{low} .

Group 4: $n (\geq 10)$ dosimeters shall be irradiated with the dose up to which they are reusable. This dose is given by the manufacturer, see 7.5. Then, the usual method to prepare the dosimeters for a new irradiation shall be applied. Finally, the dosimeters shall be irradiated with a dose equivalent equal to the lower limit of the measuring range, H_{low} .

The dosimeters shall be read out in that order.

For every dose value, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

11.4.3 Interpretation of the results

The indicated value of the second group (only one dosimeter) shall be at least the upper limit of the measuring range, H_{up} , or an overload message shall be displayed on the system.

If for the three other groups of dosimeters, the inequality

$$0,91 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,com} \text{ is valid and for groups 3 and 4 the value } \frac{s_i}{\bar{G}_i}$$

is smaller than the figures given in line 6 of Tables 8 to 12, then the requirements of 11.4.1 are considered to be met.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,com}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;i}^2}$ with the relative expanded uncertainties $U_{C,rel;r,0}$ and $U_{C,rel;i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different

radiation qualities, respectively. In case $U_{C,rel; r,0}$ and $U_{C,rel; i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,rel}$, see 5.2.2.

11.5 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(10)$ or $H^*(10)$ dosimeters

11.5.1 Photon radiation

11.5.1.1 Requirements

The variation of the relative response due to a change of the radiation energy and angle of incidence within the rated ranges shall not exceed the values given in line 9 of Tables 8 and 11 for $H_p(10)$ and $H^*(10)$, respectively.

11.5.1.2 Method of test

The following radiation qualities specified in the ISO 4037 series shall be used:

N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300,
S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV).

Irradiations shall be performed for the energies and angles of incidence α given in Table 3:

Table 3 – Angular irradiations for $H_p(10)$ and $H^*(10)$ dosimeters

α	$H_p(10)$ dosimeters (irradiations on phantom, see 5.1.5)	$H^*(10)$ dosimeters (irradiations free in air)
0°	For all radiation qualities whose mean energy fall within the rated range of energy	For all radiation qualities whose mean energy fall within the rated range of energy
± 60°	Three lowest energies in rated range of energy	Three lowest energies in rated range of energy
± 75°	In case $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Three lowest energies in rated range of energy, otherwise not mandatory	Three lowest energies in rated range of energy
± $\alpha_{\max}$	Three lowest energies in rated range of energy	Three lowest energies in rated range of energy
90°	This test is given in 11.8	Three lowest energies in rated range of energy
± (180° – $\alpha_{\max}$)	No test	As for $\alpha_{\max}$, not necessary if badge is symmetrical
± 105°	No test	As for 75°, not necessary if badge is symmetrical
± 120°	No test	As for 60°, not necessary if badge is symmetrical
180°	No test	As for 0° angle of incidence, not necessary if badge is symmetrical

NOTE 1 The badge is symmetrical, if all parts including filters are symmetrical with respect to a plane through the centre of the detector and perpendicular to the reference direction.

For $\alpha \neq 0^\circ$ and for $\alpha \neq 180^\circ$ the tests shall be performed in two perpendicular planes parallel to the reference direction and going through the reference point of the dosimeter. Different directions for one angle of incidence (for example + 60° and – 60°) shall only be irradiated if the construction of the dosimeter is not symmetrical with respect to a change of that direction.

For $H^*(10)$ dosimeters and $\alpha = 90^\circ$, the dosimeter shall be rotated about its reference direction during the irradiation. If no rotation is possible, eight subsequent irradiations with different polar angles in steps of 45° can be done irradiating the same dosimeter. As α is 90°, the reference direction is orientated perpendicular to the radiation beam.

For non-symmetrical $H_p(10)$ dosimeters (see Note 1 and 8.4 f)), the dosimeter shall in addition to the normal test be placed on the front side of the phantom with its back to the radiation source (checking whether wearing in the wrong direction gives bad results).

For every radiation quality, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 2 i refers to a group of dosimeters irradiated equally, for example N-30, 60° (from above). That means, the different directions (horizontal from the right and left; vertical from above and the bottom) for one angle of incidence are not averaged.

NOTE 3 For an $H_p(10)$ dosimeter, for each of the three lowest radiation energies, at least five groups of dosimeters are irradiated: one at 0° and four at 60°.

NOTE 4 For an $H^*(10)$ dosimeter, for each of the three lowest radiation energies, at least ten groups of dosimeters are irradiated: one at 0°, four at 60°, four at 75° and one at 90°.

11.5.1.3 Interpretation of the results

If, for every radiation quality, the inequality $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ is

valid, then the requirement of 11.5.1.1 is considered to be met. The values for $r_{\min}$ and $r_{\max}$ are given in line 9 of Tables 8 and 11.

Exception: In case the expression $\left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ for 0° angle of incidence differs by only

0,05 or less from the allowed limit and no angular irradiations have been performed at this energy, the corresponding angular irradiations have to be performed for those specific energies.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded

uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

11.5.2 Beta radiation

11.5.2.1 Requirements

As the dosimeter is intended to measure $H_p(10)$ or $H^*(10)$, the indicated value due to beta radiation with energies up to the energy equivalent of $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ shall be less than $0,1 \cdot H_p(0,07)$ (see line 10 of Tables 8 and 11).

NOTE For beta radiation, $H_p(10)$ and $H^*(10)$ are not suitable quantities to estimate the effective dose equivalent.

11.5.2.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on a phantom as required (see 5.1.5). Expose n (≥ 4) dosimeters at 0° angle of incidence to beta reference radiation specified in ISO 6980:

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

The dose equivalent shall be at least $H_p(0,07) = 10 \text{ mSv} = C$.

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

For this radiation quality, the mean indicated value $\bar{G}$ and the standard deviation s_i shall be determined.

11.5.2.3 Interpretation of the results

If $\overline{G} + U_m \leq 0,1 \cdot C$ is valid, then requirement of 11.5.2.1 is considered to be met.

U_m is calculated according to Equation (A.3).

11.6 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(3)$ dosimeters

11.6.1 Photon radiation

11.6.1.1 Requirements

The variation of the relative response due to a change of the radiation energy and angle of incidence within the rated ranges shall not exceed the values given in line 9 of Table 9.

11.6.1.2 Method of test

The following radiation qualities specified in ISO 4037 shall be used:

N-10, N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300, S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV). As long as no conversion coefficients for the conversion from air kerma, K_a , to personal dose equivalent, $H_p(3)$, are available in ISO 4037-3, the values given in Annex F shall be used.

Irradiations shall be performed for the energies and angles of incidence α given in Table 4:

Table 4 – Angular irradiations for $H_p(3)$ dosimeters

α	$H_p(3)$ dosimeters (irradiations on phantom, see 5.1.5)
0°	For all radiation qualities whose mean energy fall within the rated range of energy
$\pm 60^\circ$	Three lowest energies in rated range of energy
$\pm 75^\circ$	In case $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Three lowest energies in rated range of energy, otherwise not mandatory
$\pm \alpha_{\max}$	Three lowest energies in rated range of energy
90°	This test is given in 11.8

NOTE 1 The badge is symmetrical, if all parts including filters are symmetrical with respect to a plane through the centre of the detector and perpendicular to the reference direction.

For $\alpha \neq 0^\circ$ and for $\alpha \neq 180^\circ$, the tests shall be performed in two perpendicular planes parallel to the reference direction and going through the reference point of the dosimeter. Different directions for one angle of incidence (for example $+60^\circ$ and -60°) shall only be irradiated, if the construction of the dosimeter is not symmetrical with respect to a change of that direction.

For non-symmetrical $H_p(3)$ dosimeters (see Note 1 and 8.4 f)), the dosimeter shall in addition to the normal test be placed on the front side of the phantom with its back to the radiation source (checking whether wearing in the wrong direction gives incorrect results).

For every radiation quality, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 2 i refers to a group of dosimeters irradiated equally, for example N-30, 60° (from above). That means, the different directions (horizontal from the right and left; vertical from above and the bottom) for one angle of incidence are not averaged.

NOTE 3 For an $H_p(3)$ dosimeter, for each of the three lowest radiation energies, at least five groups of dosimeters are irradiated: one at 0° and four at 60° .

11.6.1.3 Interpretation of the results

If, for every radiation quality, the inequality $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.6.1.1 is considered to be met. The values for $r_{\min}$ and $r_{\max}$ are given in line 9 of Table 9.

Exception: In case the expression $\left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ for 0° angle of incidence differs by only 0,05 or less from the allowed limit and no angular irradiations have been performed at this energy, the corresponding angular irradiations have to be performed for those specific energies.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

11.6.2 Beta radiation

11.6.2.1 Requirements

The variation of the relative response due to a change of the radiation energy and angle of incidence within the rated ranges for beta radiation shall not exceed the values given in line 10 of Table 9.

11.6.2.2 Method of test

The following reference radiation qualities specified in ISO 6980 shall be used:

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (mean energy $\approx 0,8$ MeV); $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ (mean energy $\approx 1,2$ MeV).

As long as no conversion coefficients for the conversion from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the personal dose equivalent, $H_p(3)$, are available in ISO 6980-3, the values given in Annex G shall be used.

The tests shall be performed for those radiation qualities whose mean energy falls in the rated range of energy. Angles of incidence shall be: $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ and $\alpha = \pm 75^\circ$ if included in the rated range of angle of incidence in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

For every radiation quality, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 1 Details of the reference radiation and the calibration procedure are given in ISO 6980.

NOTE 2 i refers to a group of dosimeters irradiated equally, for example Sr-90, 60° (from above). That means, the different directions (horizontal from the right and left; vertical from above and the bottom) for one angle of incidence are not averaged.

NOTE 3 For an $H_p(3)$ dosimeter, at each of the two lowest radiation energies, at least five groups of dosimeters are irradiated: one at 0° and four at 60° .

11.6.2.3 Interpretation of the results

If, for every radiation quality, the inequality $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.6.2.1 is considered to be met. The values for $r_{\min}$ and $r_{\max}$ are given in line 10 of Table 9.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

11.7 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(0,07)$ or $H'(0,07)$ dosimeters

11.7.1 Photon radiation

11.7.1.1 Requirements

The variation of the relative response due to a change of the radiation energy and angle of incidence within the rated ranges shall not exceed the values given in line 9 of Tables 10 and 12 for $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$, respectively.

11.7.1.2 Method of test

The following radiation qualities specified in ISO 4037 shall be used:

N-10, N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300, S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV). As long as no conversion coefficients for the conversion from air kerma, K_a , to personal dose equivalent, $H_p(0,07)$, and to directional dose equivalent, $H'(0,07)$, are available in ISO 4037-3 for S-Cs, S-Co, R-C, and R-F the values given in Annex F shall be used.

Irradiations shall be performed for the energies and angles of incidence α given in Table 5:

Table 5 – Angular irradiations for $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$ dosimeters

α	$H_p(0,07)$ dosimeters (irradiations on phantom, see 5.1.5)	$H'(0,07)$ dosimeters (irradiations free in air)
0°	For all radiation qualities whose mean energy fall within the rated range of energy	For all radiation qualities whose mean energy fall within the rated range of energy
± 60°	Three lowest energies in rated range of energy	Three lowest energies in rated range of energy
± 75°	In case $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Three lowest energies in rated range of energy, otherwise not mandatory	Three lowest energies in rated range of energy
± $\alpha_{\max}$	Three lowest energies in rated range of energy	Three lowest energies in rated range of energy
90°	This test is given in 11.8	Three lowest energies in rated range of energy
± (180° – $\alpha_{\max}$)	No test	Three lowest energies in rated range of energy
± 105°	No test	Three lowest energies in rated range of energy
± 120°	No test	Three lowest energies in rated range of energy
180°	No test	Three lowest energies in rated range of energy

NOTE 1 The badge is symmetrical, if all parts including filters are symmetrical with respect to a plane through the centre of the detector and perpendicular to the reference direction.

For $\alpha \neq 0^\circ$ and for $\alpha \neq 180^\circ$, the tests shall be performed in two perpendicular planes parallel to the reference direction and going through the reference point of the dosimeter. Different directions for one angle of incidence (for example $+60^\circ$ and -60°) shall only be irradiated, if the construction of the dosimeter is not symmetrical with respect to a change of that direction.

For $H'(0,07)$ dosimeters and $\alpha = 90^\circ$, the dosimeter shall be rotated about its reference direction during the irradiation. If no rotation is possible, eight subsequent irradiations with different polar angles in steps of 45° can be done irradiating the same dosimeter. As α is 90° , the reference direction is orientated perpendicular to the radiation beam.

For non-symmetrical $H_p(0,07)$ dosimeters (see Note 1 and 8.4 f)), the dosimeter shall in addition to the normal test be placed on the front side of the phantom with its back to the radiation source (checking whether wearing in the wrong direction gives incorrect results).

For every radiation quality, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 2 i refers to a group of dosimeters irradiated equally, for example N-30, 60° (from above). That means, the different directions (horizontal from the right and left; vertical from above and the bottom) for one angle of incidence are not averaged.

NOTE 3 For an $H_p(0,07)$ dosimeter, for each of the three lowest radiation energies, at least five groups of dosimeters are irradiated: one at 0° and four at 60° .

NOTE 4 For an $H'(0,07)$ dosimeter, for each of the three lowest radiation energies, at least ten groups of dosimeters are irradiated: one at 0° , four at 60° , four at 75° and one at 90° .

11.7.1.3 Interpretation of the results

If, for every radiation quality, the inequality $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.7.1.1 is considered to be met. The values for $r_{\min}$ and $r_{\max}$ are given in line 9 of Tables 10 and 12.

Exception: In case the expression $\left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ for 0° angle of incidence differs by only 0,05 or less from the allowed limit and no angular irradiations have been performed at this energy, the corresponding angular irradiations have to be performed for those specific energies.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

11.7.2 Beta radiation

11.7.2.1 Requirements

The variation of the relative response due to a change of the radiation energy and angle of incidence within the rated ranges for beta radiation shall not exceed the values given in line 10 of Tables 10 and 12.

In case these requirements are not met, the requirements given in 11.9 shall be met.

NOTE Subclause 11.7.2 deals with the measurement of beta dose. Subclause 11.9 deals with the indication of the presence of beta dose.

11.7.2.2 Method of test

The following reference radiation qualities specified in ISO 6980 shall be used:

^{147}Pm (mean energy $\approx 0,06$ MeV); ^{204}Tl or ^{85}Kr (mean energy $\approx 0,2$ MeV);

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (mean energy $\approx 0,8$ MeV); $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ (mean energy $\approx 1,2$ MeV).

As long as no conversion coefficients for the conversion from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the personal dose equivalent, $H_p(0,07)$, are available in ISO 6980-3 for $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, the values given in Annex G shall be used.

The tests shall be performed for those radiation qualities whose mean energy falls in the rated range of energy. Angles of incidence shall be: $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, as well as $\alpha = \pm 60^\circ$ and $\alpha = \pm 75^\circ$ if included in the rated range of angle of incidence in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

For every radiation quality, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 1 Details of the reference radiation and the calibration procedure are given in ISO 6980.

NOTE 2 i refers to a group of dosimeters irradiated equally, for example Kr-85, 60° (from above). That means, the different directions (horizontal from the right and left; vertical from above and the bottom) for one angle of incidence are not averaged.

NOTE 3 For an $H_p(0,07)$ dosimeter, at the lowest or at each of the two lowest radiation energies, at least five groups of dosimeters are irradiated: one at 0° and four at 60° .

11.7.2.3 Interpretation of the results

If, for every radiation quality, the inequality $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.7.2.1 is considered to be met. The values for $r_{\min}$ and $r_{\max}$ are given in line 10 of Tables 10 and 12.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2. $U_{C,\text{com}}$ is the combined relative expanded uncertainty of $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ with the relative expanded uncertainties $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ of the conventional true values $C_{r,0}$ and C_i for the different radiation qualities, respectively. In case $U_{C,\text{rel};r,0}$ and $U_{C,\text{rel};i}$ are correlated, this shall be taken into account. For $U_{C,\text{rel}}$, see 5.2.2.

11.8 Over response to radiation incidence from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter

11.8.1 Requirements

If the dosimeter is irradiated free in air from the side ($\alpha_{\max}$ to $180^\circ - \alpha_{\max}$), the indicated value shall not exceed 1,5 times (or 2 times) the indicated value resulting from an irradiation free in air with the same radiation quality from the front (0°) for $H_p(10)$ and $H_p(3)$ dosimeters (for $H_p(0,07)$ dosimeters, the factor of 2 applies). This shall apply to all radiation energies within the rated range of energy.

NOTE 1 This requirement prevents the acceptance of a detector with a high atomic number material without sufficient shielding which may cause a large over response from the side.

NOTE 2 If $\alpha_{\max} = 60^\circ$, this means an irradiation from 60° to 120° .

11.8.2 Method of test

For several radiation energies, the test can be performed by examining the materials in front of the detector(s) and the surrounding material. If it can be anticipated due to physical absorption coefficients that the material at the side results in more absorption than in the front, the tests can be omitted for these radiation energies.

For the remaining radiation energies, irradiations shall be performed for those polar angles β (regions of the side of the badge) at which the surrounding material does not seem to be thick enough. At these “weak points”, at least two groups of dosimeters shall be irradiated free in air to an ambient dose equivalent of $H^*(10) \approx 3$ mSv:

Group 1: The dosimeters shall be irradiated at an angle of incidence of 0° .

Further groups: Irradiations shall be performed at the angle of incidences β corresponding to the “weak points”. The azimuthal angle of incidence shall be varied during the irradiation between $\alpha_{\max}$ and $180^\circ - \alpha_{\max}$ in steps of 10° including 90° .

Separate groups shall be irradiated separately for every polar angle β (i.e. for every “weak point”).

NOTE In case of $\alpha_{\max} = 60^\circ$, the irradiation of each badge is performed in five equivalent fractions at 70° , 80° , 90° , 100° , and 110° .

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

11.8.3 Interpretation of the results

If the inequality $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 1.5$ is valid for $H_p(10)$ and $H_p(3)$ dosimeters or

$\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ is valid for $H_p(0,07)$ dosimeters, then the requirement of 11.8.1 is considered to be met.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

11.9 Indication of the presence of beta dose for $H_p(0,07)$ whole body dosimeters

The requirements, method of test, and interpretation of the results stated in 11.7.2 apply for angles of incidence of 0° , see line 13 of Table 10. For angles of incidence of $\alpha = \pm 45^\circ$ the response values shall be measured and stated.

12 Response to mixed irradiations (dosimetry system)

12.1 Requirements

The following requirement is fulfilled for dosimetry systems using only one signal and thus only one detector to evaluate the indicated value. If more than one signal is used and the algorithm used to evaluate the indicated value is either a linear combination of the signals or a linear optimization of them, this requirement is fulfilled and no tests are required (the algorithm is an additive one).

If any branching or decision points from which on different methods (or equations or corrections) are used in the algorithm, then the test shall be performed in order to check the evaluation algorithm of the dosimetry system for mixed irradiations. Mixed irradiation means

that a dosimeter is irradiated with two portions of dose equivalent with different radiation qualities. The difference in the radiation qualities can be

- a) a difference in the dose values, and / or
- b) a difference in the value of one specific influence quantity (for example different energy and angle of radiation incidence), or
- c) a different type of radiation if the dosimetry is tested with respect to more than one type of radiation.

Requirement: The relative response to mixed irradiation shall be within the range of response weighted with the respective dose values.

NOTE 1 This requirement ensures that the results of the test according to this standard are also valid if the dosimeter is irradiated with broad spectra and/or mixtures of several radiation qualities.

NOTE 2 A radiation quality in this context is given by the notation according to ISO 4037 or ISO 6980 and the angle of incidence, for example N-30 and 45° angle of incidence.

NOTE 3 A dosimetry system with a non-additive evaluation algorithm can have, although it is in line with this standard, the following characteristic: Two dosimeters (A and B) are irradiated with the same dose equivalent (for example 20 mSv) of one radiation quality (for example ^{137}Cs , 0°). Afterwards, dosimeter A is irradiated additionally with another radiation quality (for example 2 mSv, N-40, 0°). The indicated value of dosimeter A (for example 21 mSv) can be smaller than the one of dosimeter B (for example 22 mSv). For both dosimeters, the relative response is within the required range from 0,71 up to 1,67 (i.e. the requirement of 11.5.1 is fulfilled), but the indicated value is not additive.

12.2 Method of test

12.2.1 General

This test has to be done via calculations using the signals of the dosimeter elements and the evaluation algorithm of the dosimetry system. Therefore, the testing laboratory needs access to the evaluation algorithm and the signals S_g of the dosimeters' elements.

12.2.2 Preparation of the test

The relative responses of the signals of the dosimeter elements gained during the tests according to 11.5, 11.6, and 11.7 shall be used. All radiation qualities listed in 11.5.1.2, 11.6.1.2, 11.6.2.2, 11.7.1.2, and 11.7.2.2 (depending on the type of dosimeter) and all angles of incidence from 0° up to the maximum rated angle in steps of 15° shall be taken into account. In case the dosimeter badge is not symmetrical four different directions (up, down, left, and right) shall be taken into account for every angle of incidence.

In case the relative responses of the signals of the dosimeter elements are not available for all radiation qualities and angles of incidence, these values can be determined by measurements or via Monte Carlo methods, the latter having to be validated by measurements.

In order to make sure that the evaluation algorithm supplied by the manufacturer is correct, the following test shall be done for a few radiation qualities for which irradiations were performed during the tests according to subclause 11.5, 11.6, and 11.7: The indicated value G_K evaluated by the dosimetry system shall be compared to the corresponding indicated value $f(S_{g,K})$ calculated using the signals $S_{g,K}$ of the $g = 1..b$ detector elements and the evaluation algorithm. The values have to be equal, otherwise the manufacturer shall deliver the correct function $f(S_g)$ for the evaluation of the indicated value.

12.2.3 Practical test

Mixed irradiations using the two radiation qualities K and L can be simulated by calculating the sum of the signals $S_{g,K} + S_{g,L}$ for each detector element g . From this sum, the indicated value $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ for the mixed irradiation condition K+L with the conventional true dose value $C_{K+L} = C_K + C_L$ shall be calculated. The indicated value $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ shall be determined for any possible combination of two radiation qualities K and L with different

energy and angle of incidence within the rate range. For every combination of K and L, the ratio of C_K to C_L shall take the following values: 1:9, 2:8, .. up to 9:1 (nine different ratios). The total dose shall be within the standard test conditions, see line 1 of Table 7.

The relative response shall be calculated according to $r = \frac{G_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{r,0}}{G_{r,0}}$ for every combination described above. In Annex H, a computational method to perform all these calculations is described.

NOTE As an example, the rated range goes for photons from 33 keV up to 1,25 MeV and from 0° up to $\pm 60^\circ$ and for betas from 0,2 MeV up to 0,8 MeV and from 0° up to $\pm 60^\circ$. According to subclauses 11.7.1.2 and 11.7.2.2 nine photon radiation qualities and two beta radiation qualities are involved. In addition, 17 different angles of incidence have to be considered: 0°, 15°, 30°, 45°, and 60°, the latter four from four different directions (up, down, left, right) as the dosimeter badge is assumed not to be symmetrical in any direction. In summary, (9+2) energies times 17 angles of incidence times 9 dose ratios result in 1 683 contributions of different radiation qualities. The combination of each contribution with each other leads to $1\,683 \cdot 1\,682/2 = 1\,415\,403$ combinations.

12.3 Interpretation of the results

All the calculated relative responses shall be within the permitted variation of the response. In case different response ranges are required for the different radiation qualities K and L, the range of response weighted with the respective dose values, C_K and C_L , shall be applied. The weighted response shall be calculated as follows: The response ranges for the radiation qualities K and L, $r_{\min,K} \cdot r_{\max,K}$ and $r_{\min,L} \cdot r_{\max,L}$, shall be combined to the weighted limits for the response values $r_{\min,w} = \frac{r_{\min,K} \cdot C_K + r_{\min,L} \cdot C_L}{C_K + C_L}$ and $r_{\max,w} = \frac{r_{\max,K} \cdot C_K + r_{\max,L} \cdot C_L}{C_K + C_L}$.

EXAMPLE $r_{\min,K} = 0,67$; $r_{\max,K} = 2,00$ and $r_{\min,L} = 0,71$; $r_{\max,L} = 1,67$ with $C_K = 2$ mSv and $C_L = 8$ mSv. This results in $r_{\min,w} = \frac{0,67 \cdot 2 \text{ mSv} + 0,71 \cdot 8 \text{ mSv}}{10 \text{ mSv}} = 0,70$ and $r_{\max,w} = \frac{2,0 \cdot 2 \text{ mSv} + 1,67 \cdot 8 \text{ mSv}}{10 \text{ mSv}} = 1,74$.

In that case the requirement of 12.1 is considered to be met.

13 Environmental performance requirements and tests

13.1 General

13.1.1 General requirement

The influence quantities dealt with in this clause are of type F and/or type S. Therefore, two different requirements are valid for each influence quantity: One as if it was of type F (the range of relative response, r , is limited) and the other as if it was of type S (the deviation, D , is limited).

For the reader, only requirements according to a usual indoor use are given (varying temperature and light exposure, for example heating behind a large window due to sunlight).

13.1.2 General method of test

Three different situations may occur:

- In case it is not clear whether the influence quantity acts as type S or as type F, the conventional true value of the dose equivalent shall be $7 \cdot H_{\text{low}}$ if not stated otherwise in the respective subclause. For every group, $n (\geq 6)$ dosimeters shall be irradiated. In case the coefficient of variation of the indicated value is too large to judge whether the requirements are met or not, the dosimeters may be irradiated at a higher dose equivalent if it is assumed that this is a type F influence quantity. Otherwise, the number of dosimeters shall be increased, see Clause A.1.

NOTE As stated above, also the influence quantities that may be of type S are limited by a maximum permitted value for the variation of the response. As the conventional true value of the dose equivalent is $7 \cdot H_{\text{low}}$, a change of the response by 10 % is equivalent to a deviation of $0,7 \cdot H_{\text{low}}$. Therefore, by this method of test, it is simultaneously assured, that the deviation and the variation of the response from unity are not larger than the figures given above: $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ and 10 %, respectively.

- b) In case the influence quantity acts as type F, the conventional true value of the dose equivalent shall be at least $10 \cdot H_{\text{low}}$ if not stated otherwise in the respective subclause. For every group, $n (\geq 6)$ dosimeters shall be irradiated. In case the coefficient of variation of the indicated value is too large to judge whether the requirements are met or not, the dosimeters may be irradiated at a higher dose equivalent and / or the number of dosimeters shall be increased, see Clause A.1.
- c) In case the influence quantity acts as type S, the conventional true value of the dose equivalent shall be $7 \cdot H_{\text{low}}$ if not stated otherwise in the respective subclause. For every group, $n (\geq 6)$ dosimeters shall be irradiated. In case the coefficient of variation of the indicated value is too large to judge whether the requirements are met or not, the number of dosimeters shall be increased, Clause A.1.

13.2 Ambient temperature and relative humidity (dosemeter)

13.2.1 General

The influence quantity dealt with in 13.2 is assumed to be of type F.

13.2.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the ambient temperature and relative humidity within their rated ranges shall not exceed the values given in line 1 of Table 13.

13.2.3 Method of test

For this test, three groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source, see 13.1.2.

Treatment of the three groups after the irradiation:

- Group 1: reference group: the temperature and the relative humidity shall be at standard test conditions, see Table 7.
- Group 2: the dosimeters shall be exposed to the lower extreme value of the rated range of the temperature. The relative humidity does not have to be controlled.
- Group 3: the dosimeters shall be exposed to the upper extreme value of the rated range of the temperature and the upper extreme value of the rated range of the relative humidity (not condensing).

The duration of exposure shall be one week. As shortly as possible, that means as short as allowed by the instructions of use, the dosimeters shall be read out.

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.2.4 Interpretation of the results

If, for every group, the inequality $r_{\min} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (for type F influence quantities) or the inequality $\left| \bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_{\text{com}} \right| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.2.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 1 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

13.3 Light exposure (dosemeter)

13.3.1 General

The influence quantity dealt with in 13.3 is assumed to be of type F.

13.3.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the light exposure within its rated range shall not exceed the values given in line 2 of Table 13.

13.3.3 Method of test

For this test, two groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source, see 13.1.2.

Treatment of the two groups after the irradiation:

Group 1: reference group: the dosimeters shall be maintained at normal daylight in the shadow.

Group 2: the dosimeters shall be exposed to the maximum value within the rated range of light exposure for one week. During this test, the temperature shall be between 15 °C and 25 °C. A water cooling is recommended as the light source usually produces a lot of thermal energy.

To produce, for example, an effective cumulative integrated irradiance of 1 000 W/m² in the complete range of wavelengths at the test plane, use an apparatus which produces light whose spectrum corresponds to that of bright sunlight: at least 45 W/m² in the range of wavelengths between 300 nm and 400 nm and at least 630 W/m² in the range of wavelengths between 400 nm and 900 nm (values taken from the AM 1.5 spectrum in IEC 60904-3).

If 45 W/m² and 630 W/m² (in the respective ranges of wavelengths) cannot be attained the irradiance can be decreased by up to a factor of 2, however, the exposure time then has to be increased by the same factor.

NOTE A reference solar spectral irradiance distribution is given in IEC 60904-3.

For every group, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.3.4 Interpretation of the results

If the inequality $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_2}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (for type F influence quantities) or the inequality

$|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.3.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 2 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

13.4 Dose build-up, fading, self-irradiation, and response to natural radiation (dosemeter)

13.4.1 General

The influence quantity dealt with in 13.4 (time) is assumed to be of type F and type S.

13.4.2 Requirements

The relative response and the deviation due to dose build up and fading shall not exceed the values given in line 3 of Table 13.

The indicated value due to self-irradiation and natural radiation shall not differ by more than the lower limit of the measuring range from the conventional true value of the natural radiation during the maximal rated measurement time.

13.4.3 Method of test

For this test, eight groups of dosimeters shall be used.

Groups 1 to 3 consisting of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source to 7 times the lower limit of the measuring range, $7 \cdot H_{\text{low}}$.

Group 4 consisting of $n (\geq 25)$ dosimeters shall be exposed to the lower limit of the measuring range, H_{low} .

Groups 5 to 7 consisting of $n (\geq 6)$ dosimeters and group 8 consisting of $n (\geq 25)$ dosimeters shall not be exposed.

Further information regarding the method of test are given in 13.1.2.

Treatment of the eight groups after the irradiation:

Especially groups 4 and 8 shall be stored together at a known level of natural background dose rate.

Groups 1 and 5 shall be read out 1 h after the irradiation, if this is not in contradiction with the instruction manual. If so, the minimal time that is allowed by the instruction manual to be between irradiation and readout shall be taken.

Groups 2 and 6, reference groups, shall be read out one week after the irradiation.

Groups 3, 4, 7, and 8 shall be read out after the maximum rated measurement time t_{max} after the irradiation.

For groups 5 to 8 the mean indicated value $\bar{G}_k$ shall be determined ($k = 5..8$).

From every indicated value of groups 1 to 4 the mean indicated value of groups 5 to 8 shall be subtracted, respectively: $\{G_{j,1} - \bar{G}_5\}$, $\{G_{j,2} - \bar{G}_6\}$, $\{G_{j,3} - \bar{G}_7\}$, and $\{G_{j,4} - \bar{G}_8\}$. From these new groups prime, the mean values $\bar{G}'_i$ shall be determined ($i = 1..4$).

NOTE 1 This subtraction represents the determination of net-doses.

NOTE 2 The subtraction $\{G_{j,i} - \bar{G}_k\}$ can be made before or after the dose calculation.

13.4.4 Interpretation of the results

If for groups 1' to 3' the inequality $r_{\text{min}} \leq \left(\frac{\bar{G}'_i}{\bar{G}'_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\text{max}}$ (for type F influence quantities) or the inequality $|\bar{G}'_i - \bar{G}'_2 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\text{max}}$ (for type S influence quantities) is valid, and if for group 4' the inequality $r_{\text{min}} \leq \left(\frac{7 \cdot \bar{G}'_4}{\bar{G}'_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\text{max}}$ (for type F influence quantities) or the inequality

$|7 \cdot \bar{G}'_4 - \bar{G}'_2 \pm U_{com}| \leq D_{max}$ (for type S influence quantities) is valid, and if for group 8 the inequation $-H_{low} \leq \bar{G}_8 \pm U_m - C_{nat} \leq +H_{low}$ is valid, then the requirements of 13.4.2 are considered to be met. The values for r_{min} , r_{max} , and D_{max} are given in line 3 of Table 13.

For C_{nat} , a value of $2 \mu\text{Sv/d}$ multiplied by t_{max} can be assumed. If the inequation is not fulfilled, the conventional true dose equivalent of the natural radiation during the storage of groups 4 and 8 has to be taken for C_{nat} .

U_{com} and U_m are calculated according to Equation (A.5), Example 2, and Equation (A.3), respectively.

13.5 Sealing (dosemeter)

The manufacturer shall state the precautions to be taken to prevent the ingress of moisture, and describe the tests and results used to demonstrate the effectiveness of the sealing.

This requirement is essential for extremity dosimeters as they usually have to be disinfected using liquids.

13.6 Reader stability (reader)

13.6.1 General

The influence quantity dealt with in 13.6 (time) is assumed to be of type F.

13.6.2 Requirements

The relative response and the deviation due to reader stability shall not exceed the values given in line 5 of Table 13 over the maximum rated measurement time t_{max} .

13.6.3 Method of test

For this test, three groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be used.

Group 1 shall be irradiated at the beginning of the type test and read out one week later.

Group 2 shall be irradiated to the same dose as group 1 after half of the maximum rated measurement time $t_{max}/2$ and read out one week later.

Group 3 shall be irradiated to the same dose as groups 1 and 2 after the maximum rated measurement time t_{max} and read out one week later.

Further information regarding the method of test is given in 13.1.2.

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.6.4 Interpretation of the results

If, for every group, the inequality $r_{min} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_1} \pm U_{com} \right) \leq r_{max}$ (for type F influence quantities) or the inequality $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_{com}| \leq D_{max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.6.2 are considered to be met. The values for r_{min} , r_{max} , and D_{max} are given in line 5 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

13.7 Ambient temperature (reader)

13.7.1 General

The influence quantity dealt with in 13.7 may be of type S or of type F.

13.7.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the temperature within its rated range shall not exceed the values given in line 6 of Table 13.

In case it can be made sure by physical reasons that light does not have a significant effect on the indicated value then this test can be omitted.

13.7.3 Method of test

This test shall only be done in case a temperature range outside +15 °C and +25 °C is specified by the manufacturer.

For this test, two groups of n (≥ 6) dosimeters shall be exposed to a reference source.

Groups 1 and 2 shall be exposed to $7 \cdot H_{\text{low}}$, see 13.1.2.

Treatment of the two groups after the irradiation:

Group 1, reference group: the temperature of the reader shall be at standard test conditions (see Table 7) and the dosimeters shall be read out.

Groups 2: the temperature of the reader shall be at least 4 h at the highest temperature within the rated range. At the end of at least 4 h, the readout of the dosimeters shall be performed holding the given temperature.

For every group, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.7.4 Interpretation of the results

If the inequality $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_2}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (for type F influence quantities) or the inequality $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.7.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 6 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

13.8 Light exposure (reader)

13.8.1 General

The influence quantity dealt with in 13.8 is usually of type S, it may be of type F.

In case it can be made sure by physical reasons that light does not have a significant effect on the indicated value then this test can be omitted.

13.8.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the light exposure within its rated range shall not exceed the values given in line 7 of Table 13.

13.8.3 Method of test

For this test, two groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source.

Groups 1 and 2 shall be exposed to $7 \cdot H_{\text{low}}$, see 13.1.2.

Treatment of the two groups after the irradiation:

The dosimeters shall not (or as minimally as possible) be exposed to the additional light source.

Group 1, reference group: the reader shall not be exposed to any additional light than the usual daylight in shadow and the dosimeters shall be read out.

Group 2: the parts of the reader near the seal of the photomultiplier or other light sensitive devices of the reader shall be exposed to the extreme value of light exposure (for example by placing a lamp close to the surface of the reader) within the rated range and the dosimeters shall be read out. During this test, the temperature shall be between 15 °C and 25 °C. Water cooling is recommended as the light source usually produces a lot of thermal energy.

To produce for example an effective cumulative integrated irradiance of 1 000 W/m² in the complete range of wavelengths at the test plane, use a device or a lamp which produces light whose spectrum corresponds approximately to that of bright sunlight: at least 45 W/m² in the range of wavelengths between 300 nm and 400 nm and at least 630 W/m² in the range of wavelengths between 400 nm and 900 nm (values taken from the AM 1.5 spectrum in IEC 60904-3).

NOTE A reference solar spectral irradiance distribution is given in IEC 60904-3.

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.8.4 Interpretation of the results

If the inequality $r_{\min} \leq \left(\frac{\bar{G}_2}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (for type F influence quantities) or the inequality $|\bar{G}_2 - \bar{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.8.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 7 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

13.9 Primary power supply (reader)

13.9.1 General

The influence quantity dealt with in 13.9 is usually of type F, it may be of type S.

13.9.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the power supply voltage and frequency within its rated range shall not exceed the values given in line 8 of Table 13.

In addition, the coefficient of variation shall fulfil the requirements specified in 11.2.

13.9.3 Method of test

For this test, five groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source, see 13.1.2.

Treatment of the five groups after the irradiation:

The dosimeters shall be read out under the following conditions:

Group 1, reference group: nominal power supply voltage and frequency

Group 2: minimum voltage and minimum frequency within their rated ranges

Group 3: maximum voltage and minimum frequency within their rated ranges

Group 4: minimum voltage and maximum frequency within their rated ranges

Group 5: maximum voltage and maximum frequency within their rated ranges

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined.

13.9.4 Interpretation of the results

If, for every group, the inequality $r_{\min} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (for type F influence quantities) or

the inequality $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 13.9.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 8 of Table 13.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5), Example 2.

14 Electromagnetic performance requirements and tests (dosimetry system)

14.1 General

Special precautions shall be taken in the design of a dosimetry system to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances. Electromagnetic disturbance are mainly influence quantities of type S.

14.2 Requirement

The absolute value of the deviation due to electromagnetic disturbances shall not exceed $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ for every single influence quantity. Exception: The absolute value of the deviation may be larger than $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ for one indicated value, if the dosimetry system delivers an error message assigning that this value is faulty. In addition, the dosimetry system shall not lose more than one indicated value, see 10.5.

For all influence quantities, the mandatory ranges are taken from IEC 61000-6-2.

The tests need not to be done for readers for which the manufacturer declares that either the respective influence quantity does not affect the indicated value by more than $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ during readout of dosimeters or the effect is recognized and accompanied by an error message (at most one, see above) or the effect is corrected for (for example by means of software). This declaration shall contain the necessary evidence. This evidence can be a physical reason why the device is not affected by the electromagnetic disturbance or why the electromagnetic disturbance is not present. This evidence has to be stated for each electromagnetic

disturbance separately. One example is, that no mobile phones are allowed in the room of the reader.

14.3 Method of test

For this test, seven groups of $n (\geq 10)$ dosimeters shall be exposed to a reference source with a dose equivalent of $7 \cdot H_{\text{low}}$.

Group 8 of $n (\geq 37)$ dosimeters is only necessary in case that no declaration of the manufacturer is available, see above. It shall be exposed to a reference source with a dose equivalent of $7 \cdot H_{\text{low}}$ as well.

Group 1, reference group: no electromagnetic influences shall be present. To assure this, appropriate filters, shieldings and so on shall be applied.

Groups 2, 6 and 8: in case the dosimeters contain any electric parts that may be sensitive to electromagnetic disturbances (for example a DIS dosimeter), the dosimeters shall be exposed to the influence quantities according to lines 1, 5 and 7 of Table 14 prior to their readout. The radio frequency radiation shall be applied in frequency steps not larger than 10 %.

Group 1 shall be read out without any electromagnetic influences.

Groups 2 to 8 shall be read out while the different electromagnetic influences are applied to the reader in accordance with the standards of the IEC 61000-4 series as given in Table 14. Each electromagnetic influence shall be applied for the duration of the readout of one dosimeter. If possible, the output of the reader (for example glow curve) shall be observed. Without error message, no abnormal characteristics (for example spikes in a glow curve that cause non-negligible doses) shall occur.

For every group, the mean indicated value $\bar{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined. In case any indicated values were marked by the dosimetry system as faulty, these values shall be excluded from the determination of $\bar{G}_i$ and s_i .

14.4 Interpretation of the results

If, for every group, the inequality $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ is valid and if for the tests with criterion A no single indicated value is lost, and if for the tests with criterion B or C at most one indicated value per influence quantity is lost, then the requirement of 14.2 is considered to be met.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5).

NOTE The maximum is built over the two possibilities $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 + U_m|$ and $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 - U_m|$.

15 Mechanical performance requirements and tests

15.1 General requirement

Mechanical disturbances are mainly influence quantities of type S, they may be of type F. For the sake of simplification, the mathematical treatment is done as if all influence quantities were of type S.

The absolute value of the deviation due to mechanical disturbances shall not exceed $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ for every single influence quantity (see Table 15). Exception: The absolute value of the

deviation may be larger than $0,7 \cdot H_{\text{low}}$ for one indicated value, if the dosimetry systems delivers an error message assigning that a specific indicated value is faulty.

It is not allowed to have more than one indicated value lost or accompanied by an error message due to any occurrence of abnormal operation, see 10.5.

15.2 Drop (dosemeter)

15.2.1 Requirements

A dosimeter shall be able to withstand drops from a height of 1,0 m onto a flat and hard surface made of concrete or steel (IEC 60068-2-31) without the deviation exceeding $\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ after the drop. These tests shall be on each face of the dosimeter.

The dosimeter shall not be damaged, neither on the inside (for example loosening of filter material) nor on the outside.

15.2.2 Method of test

For these tests two groups of $n (\geq 6)$ dosimeters shall be exposed to a reference source with a dose equivalent of $7 \cdot H_{\text{low}}$. In case the coefficient of variation of the indicated value is too large to judge whether the requirements are met or not, the dosimeters may be irradiated at a higher dose equivalent in case the influence quantity acts as a type F influence quantity. Otherwise, the number of dosimeters should be increased, see Clause A.1.

Group 1: reference group.

Group 2: each of the dosimeters shall be subjected to a test consisting of drops on each of the 6 faces of the dosimeter.

The dosimeters shall be inspected and the physical condition documented, for example whether the filter materials are fixed and in position.

After all the tests, the dosimeters shall be read out and the indicated values be determined.

For groups 1 and 2, the mean indicated value $\overline{G}_i$ and the standard deviation s_i shall be determined. In case any indicated values were marked by the dosimetry system as faulty, these values shall be excluded from the determination of $\overline{G}_i$ and s_i .

NOTE As stated above, also the influence quantities that may be of type F are limited by a maximum permitted value for the deviation: $\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$. As the conventional true value of the dose equivalent is $7 \cdot H_{\text{low}}$, a deviation of $\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ is equivalent to a change of the response of $\pm 10 \%$. Therefore, by this method of test, it is simultaneously assured, that the deviation and the variation of the response from unity are not larger than the figures given above ($\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ and $\pm 10 \%$, respectively).

15.2.3 Interpretation of the results

If for the two groups the inequality $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ is valid, then the requirement of 15.2.1 is considered to be met.

U_{com} is calculated according to Equation (A.5).

16 Documentation

16.1 Type test report

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

16.2 Certificate issued by the laboratory performing the type test

A certificate shall be issued to each dosimetry system, providing at least the following information:

Dosimetry system in general:

- manufacturer's name or registered trade mark (if the system is manufactured as a whole);
- type of dosimetry system and principle of operation;
- statement that the equipment is tested according to this standard and that the requirements are fulfilled;
- name of the software of the dosimetry system and identification number (see 10.3);
- if the evaluation algorithm is not additive, a comment according to Note 3 of 12.1.

Reader:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of the reader and serial number of the reader under test.

Dosemeter:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of dosimeter and serial numbers of the dosimeters under test;
- type of detector or detectors;
- types of radiation the dosimeter is intended to measure;
- method to prevent ingress of moisture.

Dosimetric characteristics:

- measuring quantity;
- measuring range and variation of the response due to non-linearity;
- coefficient of variation depending on the dose equivalent;
- maximum rated measurement time;
- relative response as a function of radiation energy and angle of incidence (for both beta and photon radiation);
- rated ranges of all other influence quantities and the corresponding variation of the response or deviation (see 7.2 to 7.6, an example is given in 7.7).

Table 6 – Symbols

Symbol	Meaning	Unit
α	Angle of radiation incidence	Degrees
$\alpha_{\max}$	Maximum value of the rated range of the angle of radiation incidence	Degrees
b	Number of signals of one dosimeter that are used to evaluate the indicated dose value	—
C	Conventional true dose value	Sv
C_i	Conventional true dose value of irradiation group i	Sv
C_K	Conventional true value of (delivered) dose equivalent for irradiation condition K	Sv
C_L	Conventional true value of (delivered) dose equivalent for irradiation condition L	Sv
C_{nat}	Conventional true value of dose equivalent from natural radiation during the storage for the maximum rated measurement time, $t_{\max}$	Sv
C_r	Conventional true value of (delivered) dose equivalent under reference conditions: that means, all influence quantities have their reference value, except the value of the dose equivalent is different from its reference condition: $C_r \neq C_{r,0}$	Sv
$C_{r,0}$	As C_r but only for reference dose equivalent, see Table 2, line 1	Sv
ΔG	Change in indication caused by subsequent and mixed exposure, see 11.9	Sv
d	Depth in ICRU 4-element or soft tissue. Recommended depths are 10 mm, 3 mm, and 0,07 mm	m
D	Deviation	Sv
D_{EMC}	Deviation due to electromagnetic disturbances	Sv
$D_{\max}$	Maximum permitted variation of deviation due to an influence quantity	Sv
D_{mech}	Deviation due to mechanical disturbances	Sv
D_p	Deviation due to influence quantity no. p of type S; $p = 1..l$	Sv
E_{beta}	Beta energy	keV or MeV
E_{ph}	Photon energy	keV or MeV
$f(S_1, \dots, S_b) = f(\hat{S}_g)$	Function representing the evaluation algorithm inside the dosimetry system to evaluate the indicated value	Sv
g	Designator for a specific signal delivered from one dosimeter; $g = 1..b$	—
G	Indicated value	Sv
$\overline{G}_i$	Mean indicated value of group i	Sv
$\overline{G}'_i$	Mean indicated value of group i prime (background indications subtracted)	Sv
G_j	Indicated value of the j -th dosimeter of several dosimeters irradiated equally; $j = 1..n$	Sv
$G_{j,i}$	Indicated value of the j -th dosimeter of group i	Sv
G_K	Indicated value due to a single irradiation with C_K	Sv
G_{K+L}	Indicated value due to a combined irradiation with $C_K + C_L$	Sv
G_L	Indicated value due to a single irradiation with C_L	Sv
G_r	Indicated value of a dosimeter irradiated with C_r	Sv
$G_{r,0}$	Indicated value of a dosimeter irradiated with $C_{r,0}$	Sv
$h_{pK}(d; R, \alpha)$	Conversion coefficient from air kerma to the personal dose equivalent at a depth d for the radiation series R	Sv
$h'_{K}(d; R, \alpha)$	Conversion coefficient from air kerma to the directional dose equivalent at a depth d for the radiation series R	Sv
H	Synonym for dose equivalent, may be $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ or $H^*(10)$	Sv
H_{low}	Lower dose limit of the range of measurement	Sv
H_{up}	Upper dose limit of the range of measurement	Sv
$H^*(10)$	Ambient dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
$H^*(d)$	Ambient dose equivalent at a depth d	Sv
$H_p(0,07)$	Personal dose equivalent at a depth 0,07 mm	Sv
$H_p(3)$	Personal dose equivalent at a depth 3 mm	Sv
$H_p(10)$	Personal dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
$H_p(d)$	Personal dose equivalent at a depth d	Sv

Table 6 (continued)

Symbol	Meaning	Unit
i	Designator for a group subjected to a specific influence quantity	—
j	Designator for a specific dosimeter out of n dosimeters irradiated equally	—
k	Coverage factor	—
K	Symbol of radiation condition K, e. g. 3 mSv, N-80 and 60°	—
l	Number of influence quantities of type S	—
L	Symbol of radiation condition L, e. g. 4 mSv, S-Co and 0°	—
m	Number of influence quantities of type F	—
M	Measured value	Sv
n	Number of dosimeters in one group that are equally irradiated	—
N	Pointer to the table entry containing the signals (N 's row)	—
N_0	(Reference) calibration factor	—
$N_{\max}$	Number of rows in the table containing the signals	—
p	Designator for a specific influence quantity of type S out of l type S influence quantities	—
q	Designator for a specific influence quantity of type F out of m type F influence quantities	—
r	Relative response	—
$r_{E,\alpha}$	Relative response due to energy and angle of incidence	—
r_{env}	Relative response due to environmental influences	—
$r_{\max}$	Maximal permitted value of the relative response due to an influence quantity	—
$r_{\max,w}$	Maximal permitted value of the relative response due to an influence quantity for a mixed irradiation	—
$r_{\min}$	Minimal permitted value of the relative response due to an influence quantity	—
$r_{\min,w}$	Minimal permitted value of the relative response due to an influence quantity for a mixed irradiation	—
r_n	Relative response due to non-linearity	—
r_q	Relative response due to influence quantity no. q of type F; $q = 1..m$	—
R	Symbol of radiation series R, for example, N series or S series	—
R	Response	—
R_0	Reference response	—
R_n	Response under reference conditions, except the value of the dose equivalent is different from reference conditions	—
s	Standard deviation	As quantity
s_i	Standard deviation of group i	As quantity
S	Signal of a detector; from one detector more than one signal can be derived	Depending
S_g	Signal number g of a dosimeter; $g = 1..b$	Depending
$S_{g,K}$	Signal number g due to the radiation quality K	Depending
$S_{g,L}$	Signal number g due to the radiation quality L	Depending
$t_{\max}$	Maximum rated measurement time	Month
t_{n-1}	Students t -factor for n measurements	—
U	Expanded uncertainty	As quantity
$U_{C,\text{com}}$	Expanded uncertainty of a combined quantity of conventional true values. This uncertainty is equivalent to the half-width of the confidence interval about the combined quantity at a confidence level of 95 %	As quantity
$U_{C,\text{rel}}$	Relative expanded uncertainty of the conventional true value	—
U_{com}	Expanded uncertainty of a combined quantity. This is equivalent to the half-width of the confidence interval about the combined quantity at a confidence level of 95 %. See Annex A, Equation (A.5), Example 2	As quantity
U_m	Expanded uncertainty of a mean value. This is equivalent to the half-width of the confidence interval about a mean at a confidence level of 95 %	As quantity
U_{rel}	Relative expanded uncertainty	—
V	coefficient of variation	As quantity

Table 7 – Reference conditions and standard test conditions

Quantity to be measured; influence quantity	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference dose equivalent $C_{r,0}$ for $H_p(10)$, $H^*(10)$, and $H_p(3)$ $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$	3 mSv 10 mSv	1 mSv to 10 mSv 3 mSv to 30 mSv
Photon radiation energy for $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, and $H'(0,07)$	S-Cs (ISO 4037) ^a	S-Cs (ISO 4037) ^a
Beta radiation energy for $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, and $H'(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980) ^{a,b}	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980) ^{a,b}
Angle of incidence of radiation	Reference direction given by the manufacturer	Reference direction $\pm 2^\circ$
Ambient temperature	20 °C	15 °C to 25 °C ^c
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^c
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,6 kPa ^c
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage $\pm 1\%$
Frequency	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 1\%$
A. C. power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion less than 5 %
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
Dosimeter controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Radiation background	Ambient dose equivalent rate of 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ or less if practical	Less than ambient dose equivalent rate of 0,25 $\mu\text{Sv/h}$
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
a Obey the third paragraph in 11.1 regarding dosimetry systems intended to measure both photon and beta radiation. b For beta dosimeters, alternatively a photon radiation quality may be chosen as reference radiation quality. c The actual values of these quantities at the time of test shall be stated. The conventional true value of the dose equivalent shall be corrected for the deviation from reference conditions. A lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at high altitudes.		

Table 8 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or mandatory measuring range or mandatory range of influence quantity	Performance requirement for the rated range	Clause/Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Measuring range; influence quantities; $t_{\max}$; model function	To be documented by the manufacturer for the type test	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Dose indication; information on reader, dosimeter and evaluation algorithm	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Response to thermal neutrons, ^{252}Cf and ^{252}Cf (D_2O -moderated)	Response to be stated by the manufacturer	8.7
4	Instruction manual	Information for correct use; information about the performance of the system	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	9
5	Software, data and interfaces	Authenticity of the software; correctness and integrity of data	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	10
6	Coefficient of variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $H \geq 1,1 \text{ mSv}$	15 % (16 – $H/0,1 \text{ mSv}$) % 5 %	11.2
7	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	–9 % to +11 %	11.3
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{\text{up}}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfil the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{\text{low}})$ shall be according to line 6	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,25 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	For $12 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 33 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,67$ to $r_{\max} = 2,00$ and for $33 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 65 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,69$ to $r_{\max} = 1,82$ and for $E_{\text{ph}} \geq 65 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$	11.5.1
10	Relative response due to mean beta radiation energy	0,8 MeV	Indicated value maximal 10 % of $H_p(0,07)$ dose equivalent	11.5.2
11	As in lines 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	8.4 f)
12	Radiation incidence from the side of the dosimeter	Radiation incidence from 60° to 120°	Indication less than 1,5 times of indication due to irradiation free in air from the front	11.8
13	Response to mixed irradiations	Irradiation with different radiation qualities	Response within ranges of radiation qualities under test	12
14	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 13	See Table 13	13
15	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 14	See Table 14	14
16	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	15

NOTE The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40 \%$ for $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$

Table 9 – Performance requirements for $H_p(3)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or mandatory measuring range or mandatory range of influence quantity	Performance requirement for the rated range	Clause/ Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Measuring range; influence quantities; $t_{\max}$; model function	To be documented by the manufacturer for the type test	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Dose indication; information on reader, dosimeter and evaluation algorithm	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Response to thermal neutrons, ^{252}Cf and ^{252}Cf (D_2O -moderated)	Response to be stated by the manufacturer	8.7
4	Instruction manual	Information for correct use; information about the performance of the system	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	9
5	Software, data and interfaces	Authenticity of the software; correctness and integrity of data	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	10
6	Coefficient of variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $H \geq 1,1 \text{ mSv}$	15 % $(16 - H/0,1 \text{ mSv}) \%$ 5 %	11.2
7	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	–9 % to +11 %	11.3
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{\text{up}}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfil the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{\text{low}})$ shall be according to line 6	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	30 keV to 250 keV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$	11.6.1
10	Relative response, r , due to mean beta radiation energy	0,8 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$	11.6.2
11	As in lines 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	8.4 f)
12	Radiation incidence from the side of the dosimeter	Radiation incidence from 60° to 120°	Indication less than 2 times of indication due to irradiation free in air from the front	11.8
13	Response to mixed irradiations	Irradiation with different radiation qualities	Response within ranges of radiation qualities under test	12
14	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 13	See Table 13	13
15	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 14	See Table 14	14
16	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	15

NOTE The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40 \%$ for $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$

Table 10 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or mandatory measuring range or mandatory range of influence quantity	Performance requirement for the rated range	Clause/ Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Measuring range; influence quantities; $t_{\max}$; model function	To be documented by the manufacturer for the type test	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Dose indication; information on reader, dosimeter and evaluation algorithm	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Response to thermal neutrons, ^{252}Cf and ^{252}Cf (D_2O -moderated)	Response to be stated by the manufacturer	8.7
4	Instruction manual	Information for correct use; information about the performance of the system	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	9
5	Software, data and interfaces	Authenticity of the software; correctness and integrity of data	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	10
6	Coefficient of variation, v	$H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $H \geq 11 \text{ mSv}$	15 % $(16 - H/1 \text{ mSv}) \%$ 5 %	11.2
7	Relative response due to non-linearity	$1 \text{ mSv} \leq H \leq 3 \text{ Sv}$	–9 % to +11 %	11.3
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{\text{up}}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfil the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{\text{low}})$ shall be according to line 6	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	30 keV to 250 keV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	For $8 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 20 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,67$ to $r_{\max} = 2,00$ and for $20 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 33 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,69$ to $r_{\max} = 1,82$ and for $E_{\text{ph}} \geq 33 \text{ keV}$: 0,71 to 1,67	11.7.1
10	Relative response due to mean beta radiation energy	0,8 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ for extremity dosimeters and 0° to $\pm 45^\circ$ for whole body dosimeters	For $0,06 \text{ MeV} \leq E_{\text{beta}} < 0,2 \text{ MeV}$: $r_{\min} = 0,67$ to $r_{\max} = 2,00$ and for $0,2 \text{ MeV} \leq E_{\text{beta}} < 0,7 \text{ MeV}$: $r_{\min} = 0,69$ to $r_{\max} = 1,82$ and for $E_{\text{beta}} \geq 0,7 \text{ MeV}$: 0,71 to 0,67 For whole body dosimeters: If not met, line 13 applies	11.7.2
11	As in lines 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	See lines 9 and 10, if no statement by the manufacturer	8.4 f)
12	Radiation incidence from the side of the dosimeter	Radiation incidence from 60° to 120°	Indication less than 2 times of indication due to irradiation free in air from the front	11.8
13	For whole body dosimeters: Indication of the presence of beta dose	0,8 MeV at 0° angle of incidence	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$	11.9
14	Response to mixed irradiations	Irradiation with different radiation qualities	Response within ranges of radiation qualities under test	12
15	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 13	See Table 13	13
16	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 14	See Table 14	14
17	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	15

Table 11 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or mandatory measuring range or mandatory range of influence quantity	Performance requirement for the rated range	Clause/ Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Measuring range; influence quantities; $t_{\max}$; model function	To be documented by the manufacturer for the type test	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Dose indication; information on reader, dosimeter and evaluation algorithm	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Response to thermal neutrons, ^{252}Cf and ^{252}Cf (D_2O -moderated)	Response to be stated by the manufacturer	8.7
4	Instruction manual	Information for correct use; information about the performance of the system	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	9
5	Software, data and interfaces	Authenticity of the software; correctness and integrity of data	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	10
6	Coefficient of variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $H > 20 \text{ mSv}$	15 % $(18 - 3 \cdot H/0,1 \text{ mSv}) \%$ 3 % 5 %	11.2
7	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $20 \text{ mSv} < H \leq 1 \text{ Sv}$	For $H < 0,1 \text{ mSv}$ and above: –9 % to +11 % $\pm 5 \%$ –9 % to +11 % and for $H > 1 \text{ Sv}$	11.3
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{\text{up}}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfil the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{\text{low}})$ shall be according to line 6	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,25 MeV and 0° to $\pm 75^\circ$ and 180° to $(180^\circ \pm 75^\circ)$ and from $\pm 75^\circ$ to $\pm 105^\circ$ from reference direction	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$ and $r_{\min} = 0,67$ to $r_{\max} = 2,00$	11.5.1
10	Relative response due to mean beta radiation energy	0,8 MeV	Indicated value maximal 10 % of $H_p(0,07)$ dose equivalent	11.5.2
11	Response to mixed irradiations	Irradiation with different radiation qualities	Response within ranges of radiation qualities under test	12
12	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 13	See Table 13	13
13	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 14	See Table 14	14
14	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	15
NOTE The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40 \%$ for $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$				

Table 12 – Performance requirements for $H'(0,07)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or mandatory measuring range or mandatory range of influence quantity	Performance requirement for the rated range	Clause/Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Measuring range; influence quantities; $t_{\max}$; model function	To be documented by the manufacturer for the type test	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Dose indication; information on reader, dosimeter and evaluation algorithm	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Response to thermal neutrons, ^{252}Cf and ^{252}Cf (D_2O -moderated)	Response to be stated by the manufacturer	8.7
4	Instruction manual	Information for correct use; information about the performance of the system	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	9
5	Software, data and interfaces	Authenticity of the software; correctness and integrity of data	To be documented by the manufacturer for the type test and checked during type test	10
6	Coefficient of variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $H > 20 \text{ mSv}$	15 % $(18 - 3 \cdot H/0,1 \text{ mSv}) \%$ 3 % 5 %	11.2
7	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $20 \text{ mSv} < H \leq 1 \text{ Sv}$	For $H < 0,1 \text{ mSv}$ and above: -9% to $+11 \%$ $\pm 5 \%$ -9% to $+11 \%$ and for $H > 1 \text{ Sv}$	11.3
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{\text{up}}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfil the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{\text{low}})$ shall be according to line 6	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,25 MeV and 0° to $\pm 75^\circ$ and 180° to $(180^\circ \pm 75^\circ)$ and from $\pm 75^\circ$ to $\pm 105^\circ$ from reference direction	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$ and $r_{\min} = 0,67$ to $r_{\max} = 2,00$	11.7.1
10	Relative response due to mean beta radiation energy	0,2 MeV to 0,8 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction	$r_{\min} = 0,71$ to $r_{\max} = 1,67$	11.7.2
11	Response to mixed irradiations	Irradiation with different radiation qualities	Response within ranges of radiation qualities under test	12
12	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 13	See Table 13	13
13	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 14	See Table 14	14
14	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	15

NOTE The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40 \%$ for $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$

Table 13 – Environmental performance requirements for dosimeters and readers

Line	Characteristic under test	Mandatory range of influence quantity	Maximum permitted variation of relative response ^a and deviation, D , ^b for the rated range	Clause/ Sub-clause
1	Relative response and deviation due to ambient temperature and relative humidity (dosimeter)	- Personal dosimeters: –10 °C to +40 °C - Environmental dosimeters: –20 °C to +50 °C and 10 % to 90 % relative humidity, not condensing	Type F: $r_{\min} = 0,83$; $r_{\max} = 1,25$ Type S: $D_{\max} = 1,1 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 11 H_{\text{low}}$	13.2
2	Relative response and deviation due to light exposure (dosimeter)	0 W/m ² to 1 000 W/m ² (spectrum corresponding to bright sunlight)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	13.3
3	Dose build-up, fading, self-irradiation and response to natural radiation (dosimeter)	Maximum rated measurement time: $t_{\max} \geq 1$ month	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$ and for type F and type S $v(H_{\text{low}})$ according to line 6 of Tables 8 to 12 and $ G_{\text{nat}} - C_{\text{nat}} \leq H_{\text{low}}$	13.4
4	Sealing (dosimeter)	Ingress shall be prevented	Precautions to be stated	13.5
5	Relative response and deviation due to reader stability (reader)	Stability over $t_{\max}$	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	13.6
6	Relative response and deviation due to ambient temperature (reader)	+15 °C to +25 °C for at least 4 h but long enough to ensure temperature equilibrium with the environment.	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$ and for type F and type S $v(H_{\text{low}})$ according to line 6 of Tables 8 to 12	13.7
7	Relative response and deviation due to light exposure (reader)	0 W/m ² to 1 000 W/m ² (spectrum corresponding to bright sunlight)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$ and for type F and type S $v(H_{\text{low}})$ according to line 6 of Tables 8 to 12	13.8
8	Relative response and deviation due to a change in the primary power supply (reader)	Power supply voltage: –15 % to +10 % from nominal value (for example 110 V or 230 V) Frequency: –2 % to +2 % from nominal value (for example 50 Hz or 60 Hz)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\text{low}}$ at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$ and for type F and type S $v(H_{\text{low}})$ according to line 6 of Tables 8 to 12	13.9
^a Valid in case the influence quantity is assumed to be of type F. ^b Valid in case the influence quantity is assumed to be of type S.				

Table 14 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14

Line	Influence quantity	Mandatory range of influence quantity	Criterion ^a	Test according to	Maximum permitted deviation, D , for the rated range at a dose of $H = 7 H_{low}$
1	Electrostatic discharge	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 4 kV contact discharge	B	IEC 61000-4-2	$\pm 0,7 H_{low}$
2	Conducted disturbances: fast transients	0 kV to ± 2 kV (a.c. and d.c. ^b power ports) 0 kV to ± 1 kV (signal ports) ^b 0 kV to ± 1 kV (functional earth ports) 5/50 ns (t_r/t_h) 5 kHz repetition frequency	B	IEC 61000-4-4	$\pm 0,7 H_{low}$
3	Conducted disturbances: surges	0 kV to ± 2 kV (a.c. power ports, line-to-earth) 0 kV to ± 1 kV (a.c. power ports, line-to-line) 0 kV to $\pm 0,5$ kV (d.c. power ports) 0 kV to ± 1 kV (signal ports, line-to-earth) ^c 1,2/50 (8/20) μ s (t_r/t_h)	B	IEC 61000-4-5	$\pm 0,7 H_{low}$
4	Conducted disturbances: radio-frequencies common mode	150 kHz to 80 MHz 0 V to 10 V (rms, unmodulated) 80 % AM (1 kHz) (signal ports, a.c. power ports and functional earth ports)	A	IEC 61000-4-6	$\pm 0,7 H_{low}$
5	Power-frequency magnetic field	50 Hz, 60 Hz 30 A/m	A	IEC 61000-4-8	$\pm 0,7 H_{low}$
6	Conducted disturbances: Voltage dips Voltage interruptions	100 % reduction for 1 period (20 ms at 50 Hz) 30 % reduction for 500 ms 60 % reduction for 200 ms 100 % reduction for 5 000 ms	B C C C	IEC 61000-4-11	$\pm 0,7 H_{low}$
7	Radio-frequency amplitude modulated electromagnetic field	80 MHz to 2 400 MHz: 0 V/m to 30 V/m (rms, unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	A	IEC 61000-4-3 Frequency steps not larger than 10 % ^d	$\pm 0,7 H_{low}$
^a A: Device works properly during and after the test; B: Device works properly after the test; C: Device may be shut down during the test but it shall be possible to switch it on after the test; For details, see IEC 61000-6-2. ^b Only if cables above 3 m are allowed by the manufacturer. ^c Only if cables above 30 m are allowed by the manufacturer. ^d This results in 37 different frequencies (and thus dosimeters).					

**Table 15 – Mechanical disturbances performance requirements
for dosimeters**

Line	Influence quantity	Mandatory range of influence quantity	Maximum permitted deviation, D , for the rated range at a dose of $H = 7 H_{\text{low}}$	Subclause
1	Drop on surface (dosimeter)	1,0 m onto concrete surface (IEC 60068-2-31)	$\pm 0,7 H_{\text{low}}$	15.2

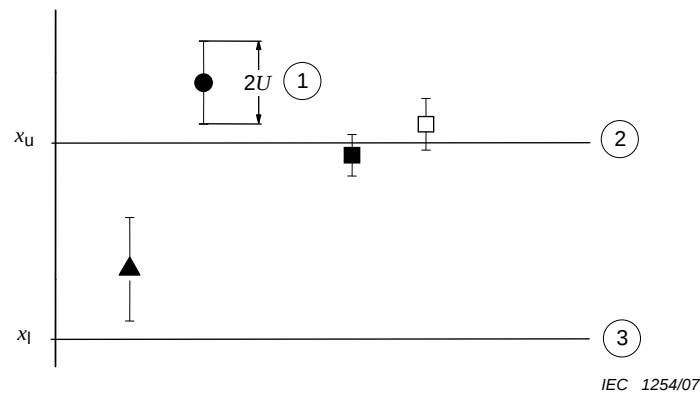
Annex A (normative)

Confidence limits

A.1 General

If the magnitude of the random uncertainty of an indicated value is a significant fraction of the permitted tolerances of this indicated value, the random uncertainty shall be considered by performing more than one measurement (see 5.2.1). The number of measurements or the sample size shall be chosen in such a way that the confidence interval obtained for each mean, $\bar{x}$, for a confidence level of 95 % (that is the expanded uncertainty of the indicated value, U) lies either within the limits of variation of the indicated value permitted in the test (test passed, triangle in Figure A.1) or outside of these limits (test failed, circle, in Figure A.1). If one of the permitted limits of variation, x_U or x_L , lies within the confidence interval (squares in Figure A.1), the number of measurements or the sample size can be increased up to a number of 25 to reduce the width $2 \cdot U$ of the confidence interval, in order to reach one of the two cases mentioned above, which are necessary for an unequivocal decision of passing the test or not.

In case the number of measurements or the sample size is already 25, the test is passed if the mean $\bar{x}$ lies inside the permitted limits of variation (filled square) and the test is failed if the mean $\bar{x}$ lies outside the permitted limits of variation (open square).



Key

- 1 Confidence interval of the mean, width $2 U$
- 2 Permitted upper limit of variation, x_U
- 3 Permitted lower limit of variation, x_L

Figure A.1 – Test for confidence interval

The test is passed if the confidence interval of width $2 \cdot U$ around $\bar{x}$ lies between the permitted upper and lower limit of variation, x_U and x_L :

$$x_L < \bar{x} \pm U < x_U \quad (\text{A.1})$$

If it turns out to be necessary to reduce the width $2 \cdot U$ of the confidence interval, the number of measurements should be increased.

A.2 Confidence interval for the mean, $\bar{x}$

The confidence interval for the mean $\bar{x}$ is:

$$(\bar{x} - U_m, \bar{x} + U_m) \quad (\text{A.2})$$

where U_m is the half-width of the confidence interval of $\bar{x}$ which is the expanded uncertainty of a mean value. When calculating $\bar{x}$ from n measurements, the half-width of the confidence interval at a confidence level of 95 % is given by (see ISO/IEC Guide 98-3:2008, C.3.2 and G.3, Equation G.1d):

$$U_m = \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}} \cdot s \quad (\text{A.3})$$

where s is the standard deviation for the specific group of measurements, and t_{n-1} (coverage factor for the double sided confidence level of 95 %) is taken from Table A.1 for n measurements. For example, for $n = 10$, $U_m = \frac{2,262}{\sqrt{10}} \cdot s = 0,72 \cdot s$.

Table A.1 – Student's t -value for a double sided 95 % confidence interval

n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$	n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
2	12,71	8,98	15	2,14	0,554
3	4,30	2,48	20	2,09	0,468
4	3,18	1,59	25	2,06	0,413
5	2,78	1,24	30	2,05	0,373
6	2,57	1,05	40	2,02	0,320
7	2,45	0,925	60	2,00	0,258
8	2,36	0,836	120	1,98	0,181
9	2,31	0,769	∞	1,96	$1,96/\sqrt{n}$
10	2,26	0,715			

A.3 Confidence interval for a combined quantity

Suppose the mean values of w quantities $\bar{x}_i$ ($i = 1..w$) and the half-widths of the corresponding confidence intervals U_i ($i = 1..w$) to be given; the U_i are calculated according to Equation (A.3). Let $\bar{x}$ be a combined quantity from these w mean values:

$$\bar{x} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_w) \quad (\text{A.4})$$

Then the half-width of the confidence interval U_{com} for the combined quantity $\bar{x}$ represents the expanded uncertainty of $\bar{x}$ and is approximately given by:

$$U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^w \left(\frac{\partial \bar{x}}{\partial x_i} \cdot U_i \right)^2} \quad (\text{A.5})$$

This is only valid, if the w quantities are normally distributed (see ISO/IEC Guide 98-3:2008, E.3.3) and not correlated. The correct way to determine the confidence interval for the combined quantity $\bar{x}$ is described in the ISO/IEC Guide 98-3:2008, Annex G.4.1. Nevertheless, for the purpose of this standard, Equation (A.5) can be used as a good approximation. The following examples use Equation (A.5).

EXAMPLE 1 $\bar{x} = \bar{x}_1 \pm \bar{x}_2$ hence $U_{\text{com}} \approx \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$

in general $\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i$ hence $U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}$

EXAMPLE 2 $\bar{x} = \frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}}$ hence $U_{\text{com}} \approx \frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_1}{\bar{G}_1}\right)^2 + \left(\frac{U_{r,0}}{G_{r,0}}\right)^2}$

NOTE 1 U_1 and $U_{r,0}$ are calculated according to Equation (A.3).

Suppose group 1 of $n = 10$ dosimeters was irradiated to a conventional true value of $C_1 = 0,1$ mSv. The reference group of $n = 5$ dosimeters was irradiated to $C_{r,0} = 3$ mSv.

The indicated values for the two groups are, for group 1:

0,094 mSv; 0,097 mSv; 0,086 mSv; 0,091 mSv; 0,092 mSv;
0,103 mSv; 0,093 mSv; 0,087 mSv; 0,087 mSv; 0,094 mSv.

and for the reference group:

2,82 mSv; 2,97 mSv; 3,04 mSv; 2,96 mSv; and 2,96 mSv.

From the above values, $\bar{G}_1 = 0,0924$, $\bar{G}_{r,0} = 2,950$, $s_1 = 0,00517$ and $s_{r,0} = 0,0800$ are calculated. Using equation (A.3) leads to $U_1 = 0,00370$ and $U_{r,0} = 0,0993$. For the quotient $\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} = 0,0313$, it results $U_{\text{com}} \approx 0,00164$. Thus, the term $\left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}}\right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_1}$ results in $0,940 \pm 0,049$ representing the confidence interval of the relative response at a confidence level of 95 %: 0,89 to 0,99.

NOTE 2 The response values are $R_1 = 0,924$ and $R_{r,0} = 0,983$ leading to a relative response of $r = 0,940$.

Assume, that the relative response is allowed to be between 0,91 and 1,11. Assuming the expanded uncertainties of the conventional true values C_1 and $C_{r,0}$ to be $U_{C,\text{rel}; r,0} = 2,5$ % and $U_{C,\text{rel}; 1} = 2,5$ %, respectively, leads to $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel}; r,0}^2 + U_{C,\text{rel}; 1}^2} = 0,035$. This leads to the following allowed limits: 0,87 to 1,15.

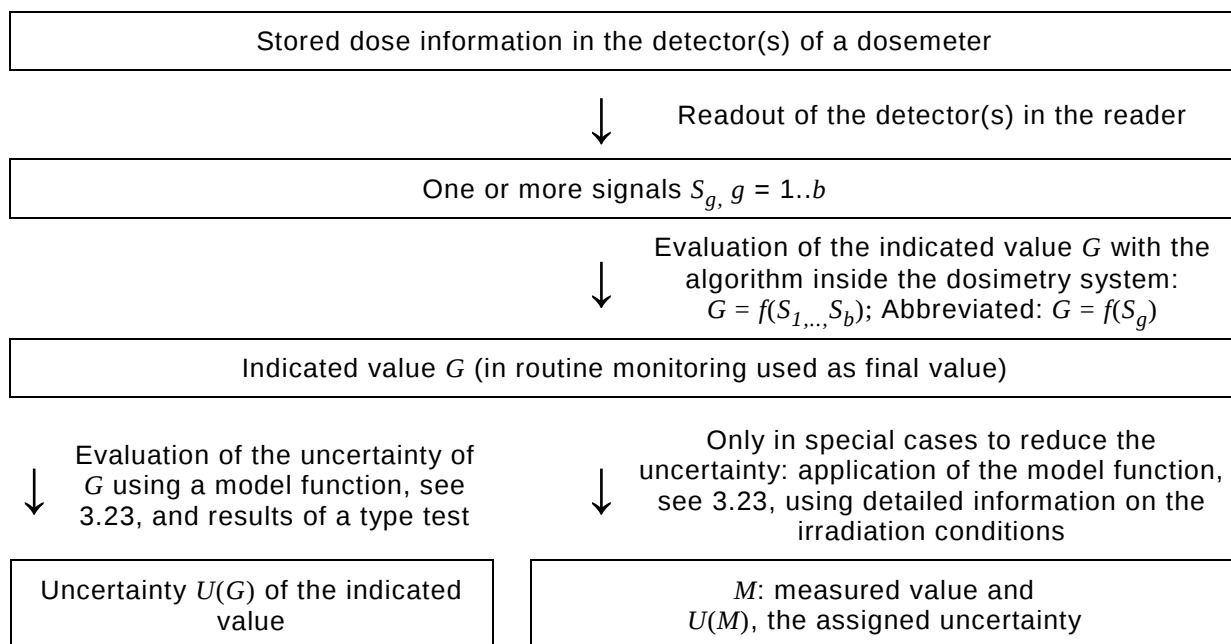
In conclusion, the inequation $0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}}\right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}}$ becomes

$0,87 \leq 0,89.. 0,99 \leq 1,15$ and is fulfilled. This test is passed.

Annex B (informative)

Causal connection between readout signals, indicated value and measured value

The causal connection between (readout) signal(s) (see 3.38), indicated value (see 3.13) and the measured value (see 3.20) is shown in the following Figure B.1.



IEC 1255/07

Figure B.1 – Data evaluation in dosimetry systems

The starting point of data evaluation is the stored dose information in the detector(s).

This information is read out and the reader generates one or more signals, for example the charge measured in a photomultiplier tube due to TL-light, called S_1 : $b = 1$. In the case $b > 1$, this indicates that more than one signal can be present from one dosimeter.

Using this signal as a basis, the dosimetry system (computer or whatever) evaluates the value that will be indicated. To determine this indicated value G from the signal(s), a number of steps are automatically done inside the dosimetry system. Examples for these steps are the application of a calibration factor, a detector sensitivity factor and the application of a computer algorithm for combining more than one signal. These steps are summarized in the function $f(S_g)$ (see 8.6). In routine monitoring, the indicated value G is used as the final result. However, the uncertainty of G is not known up to this point.

The uncertainty $U(G)$ of the indicated value can be determined using a model function (see 3.23) and further information, for example results of a type test according to this standard.

In case a very precise dose value shall be determined, for example in an accidental situation, detailed information on the irradiation conditions can be used to correct the indicated value. This can be done using a model function (see 3.23). The result is called measured value M because it is quite close to the traditionally called true dose value with a small uncertainty.

The two latter steps are explained in detail in IEC/TR 62461.

Annex C (informative)

Overview of the necessary actions that have to be performed for a type test according to this standard

In Table C.1 a schedule for a type test for a dosimeter, that fulfils this standard for the mandatory ranges, is given. Extending the rated ranges means that more irradiations have to be performed.

**Table C.1 – Schedule for a type test of a dosimeter for $H_p(10)$
fulfilling the requirements within the mandatory ranges**

Line	Characteristic under test	Action to be taken for the type test	Number of groups / dosimeters to be irradiated	Clause/ Sub-clause
1	Capability of the dosimetry system	Documentation of the manufacturer: check whether the mandatory ranges are covered	0 / 0	7
2	Requirements to the design of the dosimetry system	Documentation of the manufacturer: check whether the requirements are fulfilled and the evaluation algorithm is given	0 / 0	8
3	Effects of radiation not intended to be measured	Documentation of the manufacturer: check whether the response to neutron radiation is given	0 / 0	8.7
4	Instruction manual	Check the manual	0 / 0	9
5	Software, data and interfaces	Check the documentation of the manufacturer and perform simple tests	0 / 0	10
6	Relative response due to non-linearity	Perform irradiations	12 / 96	11.3
7	Coefficient of variation, v			11.2
8	Overload, after-effects, and reusability	Perform irradiations	4 / 26	11.4
9	Relative response due to mean photon radiation energy and angle of incidence	Check whether the construction of the dosimeter is symmetrical with respect to rotation, then perform irradiations	Sym. Constr.: 24 / 96 Non-sym.: 48 / 192	11.5.1
10	Relative response due to mean beta radiation energy	Perform irradiations	1 / 5	11.5.2
11	As in line 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	Check whether the information is given on the dosimeter or whether the dosimeter is symmetrical with respect to detector plane; if both is not the case, perform irradiations	Mostly 0 / 0 Maybe as line 9	8.4 f)
12	Radiation incidence from the side of the dosimeter	Check by looking at the construction of the dosimeter: side walls thicker than front? If not, perform irradiations	Mostly 0 / 0 Maybe 6 / 24	11.8
13	Response to mixed irradiations	Check by understanding the evaluation algorithm; if it is not additive, use irradiations from Clause 11 and perform calculations according to Clause 12 and Annex H	Mostly 0 / 0 Maybe 3 / 12	12

Table C.1 (*continued*)

Line	Characteristic under test	Action to be taken for the type test	Number of groups / dosimeters to be irradiated	Clause/ Sub-clause
14	Relative response due to environmental performance requirements	Perform irradiations and additional influences, for example storing of three groups for a time of $t_{\max}$	23/176	13
15	Deviation due to electromagnetic performance requirements	Perform irradiations and additional influences	8 / 107	14
16	Deviation due to mechanical performance requirements	Perform irradiations and additional influences	4 / 24	15

Annex D (informative)

Usage categories of passive dosimeters

The usage categories, given in Table D.1 can be used to categorize passive dosimeters for approval purposes.

Table D.1 – Usage categories of passive dosimeters

Main Category	Symbol	Mandatory range of use	Optional extensions		
			for energy range	for lower limit of dose range	for upper limit of dose range
$H_p(10)$ photon radiation	G (gamma)	80 keV to 1,25 MeV ^a 0,1 mSv to 1 Sv ^b	m (mid): lower limit 60 keV l (low): lower limit 20 keV h (high): includes 7 MeV	f : lower limit 0,01 mSv	a (accident): upper limit 10 Sv
$H^*(10)$ photon radiation	E (environment)	80 keV to 1,25 MeV ^a 0,1 mSv to 1 Sv ^b	m (mid): lower limit 60 keV l (low): lower limit 20 keV h (high): includes 7 MeV	f : lower limit 0,01 mSv	a (accident): upper limit 10 Sv
$H_p(0,07)$ photon radiation	S (skin)	30 keV to 250 keV 1 mSv to 10 Sv ^b	l : lower limit 20 keV n : lower limit 15 keV	g : lower limit 0,1 mSv	
$H_p(0,07)$ beta radiation	B (beta)	0,8 MeV (E_{mean}) ^a 1 mSv to 10 Sv ^b	l : lower limit 60 keV (E_{mean}) ^a	g : lower limit 0,1 mSv	
^a Mandatory energy range ^b Mandatory measuring range Example 1: A personal photon dosimeter for a nuclear plant may be classified as Gmh . Example 2: An environmental photon dosimeter for a location near a nuclear plant may be classified as Emhf . Example 3: A personal photon-beta dosimeter for medical use may be classified as Sng-Blg .					

Annex E (informative)

Uncertainty of dosimetry systems

If a dosimetry systems fulfils all requirements of this International standard and if, in addition, the two conditions a) and b) given below are fulfilled, then the dosimetry system is in line with the recommendations on accuracy stated in paragraph 251 of ICRP 75:1997. That means, the response of the dosimetry systems lies within a factor of 1,5 in either direction for photon radiation at a 95 % confidence level. This is valid if the dosemeter is worn correctly at the representative part of the body and if all influence quantities are within their rated ranges.

a) For all relative responses r_q determined according to 13.2 to 13.9, the inequality

$$\sqrt{\sum_{13.2 \text{ to } 13.9} \left(\frac{1}{r_q} - 1\right)^2} \leq 20 \% \text{ is valid}$$

b) For all indicated values $\overline{G}_i$ determined according to 14.3, the inequality

$$\sqrt{\sum_{i=2}^8 \left\{ \left(\max \left| \overline{G}_i - \overline{G}_1 \pm U_m \right| \right)^2 \right\}} \leq 11 \cdot H_{\text{low}} \text{ is valid.}$$

NOTE 1 The maximum is built over the two possibilities $\left| \overline{G}_i - \overline{G}_1 + U_m \right|$ and $\left| \overline{G}_i - \overline{G}_1 - U_m \right|$.

NOTE 2 The expression $\sqrt{\dots}$ represents the quadratic square sum of the deviations.

Annex F (informative)

Conversion coefficients $h_{pK}(3;\alpha)$, $h_{pK}(0,07;\alpha)$, and $h'_{K}(0,07;\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, and $H'(0,07)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 4037-1

In Tables F.1 and F.2 conversion coefficients from air kerma to the dose equivalent $H_p(3)$ are given for the narrow spectrum series and for gamma radiation qualities, respectively. In Table F.3 conversion coefficients from air kerma to the dose equivalents $H_p(0,07)$ are given for gamma radiation qualities. In Table F.4 conversion coefficients from air kerma to the dose equivalents $H'(0,07)$ are given for high energy x ray and gamma radiation qualities. The values were obtained by folding fluence spectra with the corresponding conversion coefficients for mono-energetic photons, see Behrens (2011).

The values given in Tables F.1, F.2, F.3 and F.4 shall only be used as long as such values are not included in ISO 4037-3 or in any other documents or scientific publications.

Table F.1 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;N,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom, reference distance 2 m

Radiation quality	Irradiation distance m	Beam diameter ^a cm	$h_{pK}(3;N,\alpha)$ in Sv/Gy for angle of incidence α of					
			0°	15°	30°	45°	60°	75°
N-10	1,0 – 2,0	25	0,131	0,122	0,098	0,061	0,0213	0,00099
N-15	1,0 – 2,0	25	0,42	0,41	0,38	0,32	0,238	0,129
N-20	1,0 – 2,0	25	0,66	0,66	0,63	0,58	0,49	0,31
N-25	1,0 – 3,0	23	0,88	0,88	0,86	0,80	0,71	0,49
N-30	1,0 – 3,0	20	1,04	1,04	1,03	0,97	0,89	0,65
N-40	1,0 – 3,0	16	1,29	1,29	1,28	1,22	1,13	0,91
N-60	1,0 – 3,0	11	1,63	1,63	1,60	1,54	1,43	1,17
N-80	1,0 – 3,0	11	1,80	1,79	1,77	1,71	1,59	1,33
N-100	1,0 – 3,0	11	1,81	1,80	1,78	1,73	1,62	1,39
N-120	1,0 – 3,0	11	1,74	1,73	1,72	1,68	1,59	1,38
N-150	1,0 – 3,0	11	1,66	1,65	1,65	1,62	1,55	1,35
N-200	1,0 – 3,0	11	1,53	1,53	1,53	1,51	1,47	1,32
N-250	1,0 – 3,0	11	1,46	1,46	1,45	1,45	1,41	1,30
N-300	1,0 – 3,0	11	1,41	1,41	1,40	1,40	1,37	1,28
N-350	1,0 – 3,0	11	1,37	1,37	1,37	1,37	1,35	1,27
N-400	1,0 – 3,0	11	1,33	1,34	1,34	1,35	1,33	1,27

^a Approximate locus of the 98 % isodose contour with respect to the dose in the centre of the phantom.

Table F.2 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;S,\alpha)$ and $h_{pK}(3;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom

Radiation quality	Irradiation distance m	Beam diameter ^a cm	Build-up layer ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h_{pK}(3;S,\alpha)$ and $h_{pK}(3;R,\alpha)$ in Sv/Gy for angle of incidence α of					
					0°	15°	30°	45°	60°	75°
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,22	1,22	1,22	1,25	1,25	1,22
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19	1,19
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,15
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,14

^a Approximate locus of the 98 % isodose contour with respect to the dose in the centre of the phantom.

^b A plate of polymethyl-methacrylate (PMMA) with a cross-sectional area of 30 cm × 30 cm and a thickness sufficient to secure completed build-up should be positioned in front of the dosimeter.

^c The modification of the radiation field by introducing the PMMA plate should be taken into account by multiplying the conversion coefficient with the correction factor k_{PMMA} .

Table F.3 – Conversion coefficients $h_{pK}(0,07;S,\alpha)$ and $h_{pK}(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the rod, pillar, and slab phantom

Radiation quality	Irradiation distance m	Beam diameter ^a cm	Build-up layer ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h_{pK}(0,07)_{Rod}$ Sv/Gy for α	$h_{pK}(0,07)_{Pillar}$ Sv/Gy for α	$h_{pK}(0,07;S,\alpha)_{Slab}$ and $h_{pK}(0,07;R,\alpha)_{Slab}$ in Sv/Gy for α					
					0° .. ± 60°	0° .. ± 60°	0°	15°	30°	45°	60°	75°
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,13	1,14	1,21	1,22	1,22	1,23	1,26	1,28
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,12	1,13	1,17	1,17	1,17	1,18	1,21	1,23
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,14	1,17
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,12	1,13	1,12	1,12	1,12	1,13	1,15

^a Approximate locus of the 98 % isodose contour with respect to the dose in the centre of the phantom.

^b A plate of polymethyl-methacrylate (PMMA) with a cross-sectional area of 30 cm × 30 cm and a thickness sufficient to secure completed build-up should be positioned in front of the dosimeter.

^c The modification of the radiation field by introducing the PMMA plate should be taken into account by multiplying the conversion coefficient with the correction factor k_{PMMA} .

Table F.4 – Conversion coefficients $h'_K(0,07;N,\alpha)$, $h'_K(0,07;S,\alpha)$, and $h'_K(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a , to $H'(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1

Radiation quality	Irradiation distance m	Beam diameter ^a cm	Build-up layer ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h'_K(0,07;N,\alpha)$, $h'_K(0,07;S,\alpha)$, and $h'_K(0,07;R,\alpha)$ in Sv/Gy for α							
					0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	180°
N-350	1,0 – 3,0	11	-	-	1,32	1,32	1,32	1,32	1,31	1,31	1,17	0,130
N-400	1,0 – 3,0	11	-	-	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,16	0,139
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,18	1,07	0,22
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,14	1,04	0,35
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,09	1,01	0,57
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,09	1,02	0,62

^a Approximate locus of the 98 % isodose contour with respect to the dose in the centre of the phantom.

^b A plate of polymethyl-methacrylate (PMMA) with a cross-sectional area of 30 cm × 30 cm and a thickness sufficient to secure completed build-up should be positioned in front of the dosimeter.

^c The modification of the radiation field by introducing the PMMA plate should be taken into account by multiplying the conversion coefficient with the correction factor k_{PMMA} .

Annex G

(informative)

Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ and $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ and $H_p(3)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 6980-1

In Table G.1 conversion coefficients from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ are given for $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ and ^{106}Ru series 1 radiation fields. Table G.2 conversion coefficients from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ are given for ^{106}Ru series 1 radiation fields. The values were obtained by measurements with a beta primary standard for absorbed dose to tissue, see Behrens and Buchholz (2011).

The values given in the following tables shall only be used as long as such values are not included in ISO 6980-3 or in any other documents or scientific publications.

Table G.1 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1

Source			$h_{pD}(3;source;\alpha)$ for an angle of incidence α of					
Nuclide	Beam flattening filter	Distance cm	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	yes	30	0,43	0,40	0,32	0,20	0,098	0,032
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	yes	30	0,76	0,72	0,63	0,47	0,26	0,095

Table G.2 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1

Source			$h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ for an angle of incidence α of					
Nuclide	Beam flattening filter	Distance cm	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	yes	30	1,00	1,00	1,04	1,13	1,19	1,00

Annex H (informative)

Computational method of test for mixed irradiations

In Figure H.1 a flow chart of a program performing the method of test according to 12.2 is shown. The following notations are valid:

- $N = 1, 2, \dots, N_{\max}$ is the pointer to the table entry containing the signals (element responses) $S_g(K)$ for the radiation quality K ($g = 1..b$). For example, $N = 2$ corresponds to "N-20; 15° up".
- $j = 1, 2, \dots, (N_{\max} - N)$ is the offset from N to point to the table entry containing the signals (element responses) $S_g(L)$ for the radiation quality L ($g = 1..b$). For example, for $N = 2$ and $j = 3$ corresponds to row $2+3 = 5$: "N-20; 15° right".
- i is the weight index from 1 to 9, equivalent to 10 % to 90 % for the dose values C_K and 90 % to 10 % for C_L , respectively. For the above given example, $i = 2$ corresponds to 20 % dose of "N-20; 15° up" and 80 % dose of "N-20; 15° right".

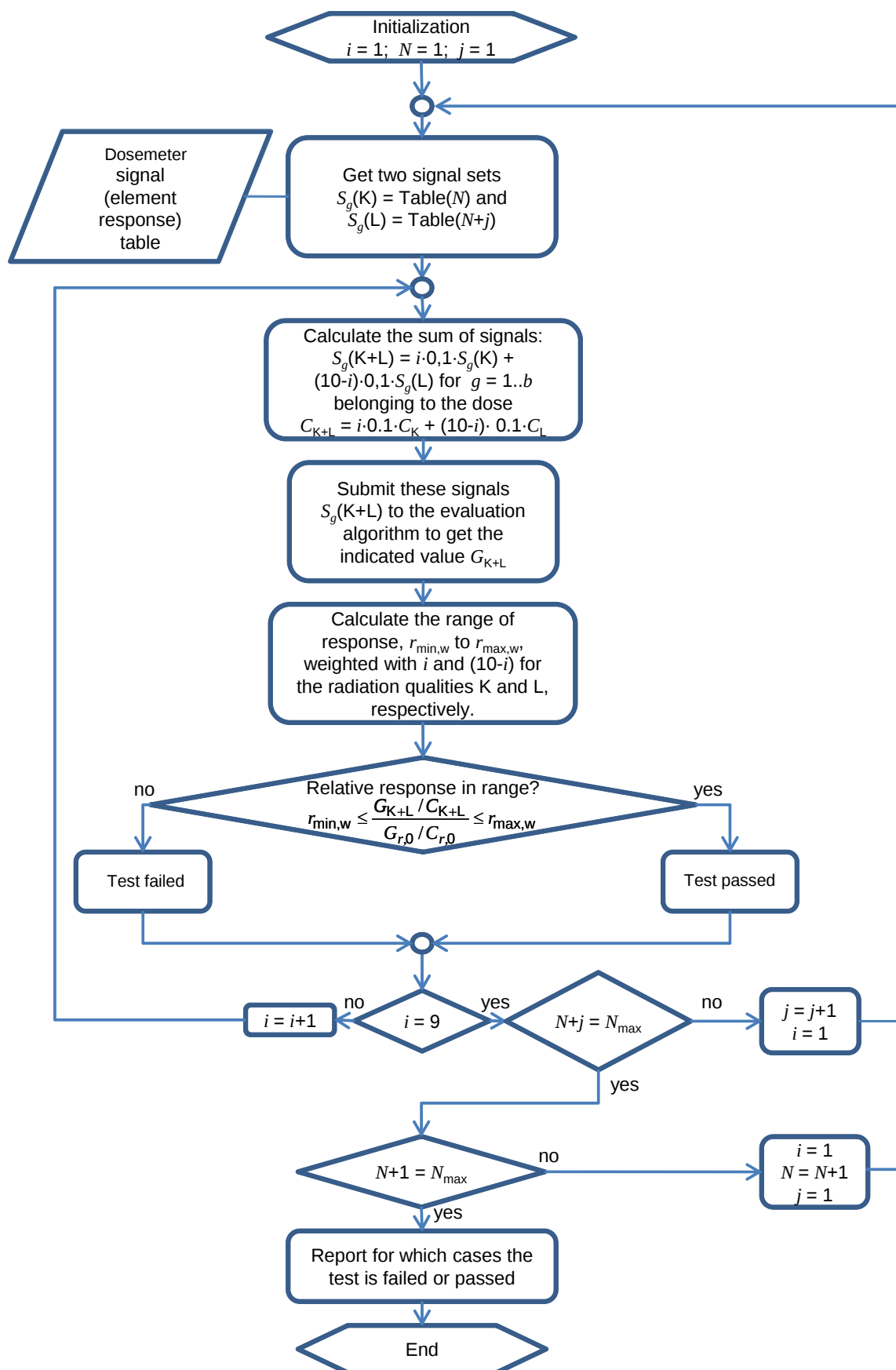
An example of a dosimeter signal table is given below.

Example of Dosimeter response table & range limit

N	Radiation Quality	$r_{\min}$	$r_{\max}$	S_1	S_2	...	S_b
1	N-20; 0°	0,67	2,00	0,80	1,20	...	3,50
2	N-20; 15° up	0,67	2,00	0,72	1,08	...	3,15
3	N-20; 15° down	0,67	2,00	0,70	1,05	...	3,10
4	N-20; 15° left	0,67	2,00	0,63	0,95	...	2,79
5	N-20; 15° right	0,67	2,00	0,65	0,99	...	2,85
6	N-20; 30° up	0,67	2,00	0,70	1,03	...	3,10
...	...	0,67	2,00	...	...	...	...
	N-30; 0°	0,69	1,82	...	...	...	...
	N-30; 15° up	0,69	1,82	...	...	...	...
	...	0,69	1,82	...	...	...	...
	N-80; 0°	0,71	1,67	...	...	...	...
	N-80; 15° up	0,71	1,67	...	...	...	...
	...	0,71	1,67	...	...	...	...
	S-Co; 0°	0,71	1,67	...	...	...	...
	S-Co; 15° up	0,71	1,67	...	...	...	...
	...	0,71	1,67	...	...	...	...
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; 0°	0,67	2,00	...	...	...	...
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; 15° up	0,67	2,00	...	...	...	...
$N_{\max}$	...	0,67	2,00	...	...	...	...

The required range of response weighted with i and $(10 - i)$ is calculated from the ranges of response for the radiation qualities K and L, $r_{\min,K} \dots r_{\max,K}$ and $r_{\min,L} \dots r_{\max,L}$, by

$$r_{\min,w} = \frac{r_{\min,K} \cdot i + r_{\min,L} \cdot (10 - i)}{10} \quad \text{and} \quad r_{\max,w} = \frac{r_{\max,K} \cdot i + r_{\max,L} \cdot (10 - i)}{10}.$$



IEC 2262/12

Figure H.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 12.2

Bibliography

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at <http://www.electropedia.org>)

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

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

IEC 60904-3, *Photovoltaic devices – Part 3: Measurement principles for terrestrial photovoltaic (PV) solar devices with reference spectral irradiance data*

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

ICRP 75:1997, *General Principles for the Radiation Protection of Workers*

ICRU Report 39:1985, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources*, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA

ICRU Report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*

ICRU Report 56:1997, *Dosimetry of External Beta Rays for Radiation Protection*, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA

ICRU Report 57:1998, *Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation*, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA

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

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

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

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

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

ISO 12794:2000, *Nuclear energy – Radiation protection – Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes*

WELMEC 7.2: Software Guide as of May 2011 (<http://www.welmec.org/latest/guides/72.html>)

BEHRENS, R. *Air kerma to dose equivalent conversion coefficients not included in ISO 4037-3*. Rad. Prot. Dosim. Rad. Prot. Dosim. **147** 373-379 (2011)

BEHRENS, R. and DIETZE, G. *Monitoring the eye lens: which dose quantity is adequate?* Phys. Med. Biol. **55** 4047-4062 (2010) and corrigendum Phys. Med. Biol. **56** 511 (2011)

BEHRENS, R. and Buchholz, G. *Extensions of the PTB Beta Secondary Standard BSS 2*. J. Instrum. Vol. 6 P11007 (2011)

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	89
INTRODUCTION.....	91
1 Domaine d'application	92
2 Références normatives.....	93
3 Termes et définitions	94
4 Unités et symboles	103
5 Procédures générales d'essai.....	103
5.1 Procédures d'essai de base	103
5.1.1 Consignes d'utilisation.....	103
5.1.2 Nature des essais.....	103
5.1.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	103
5.1.4 Production du rayonnement de référence	103
5.1.5 Choix du fantôme utilisé pour l'objet des essais.....	103
5.1.6 Position du dosimètre au cours des essais	103
5.2 Procédures d'essai applicables à tout essai	104
5.2.1 Nombre de dosimètres utilisés pour chaque essai	104
5.2.2 Considérations relatives à l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie	104
5.2.3 Considérations relatives à la non-linéarité	104
5.2.4 Considérations relatives au bruit de fond du rayonnement naturel	104
5.2.5 Considérations relatives à un dosimètre avec plusieurs détecteurs ou signaux.....	104
5.2.6 Réalisation optimale des essais.....	105
6 Exigences de performances: résumé	105
7 Capacité d'un système dosimétrique	106
7.1 Généralités.....	106
7.2 Etendue de mesure et type de rayonnement.....	106
7.3 Domaines assignés des grandeurs d'influence	106
7.4 Temps de mesure maximal assigné $t_{\max}$	106
7.5 Réutilisation	107
7.6 Fonction modèle.....	107
7.7 Exemple des capacités d'un système dosimétrique	107
8 Exigences pour la conception du système dosimétrique	108
8.1 Généralités.....	108
8.2 Indication de la valeur de la dose (système dosimétrique)	108
8.3 Attribution de la valeur de dose au dosimètre (système dosimétrique)	108
8.4 Informations données sur l'instrumentation (lecteur et dosimètre)	108
8.5 Rétention et élimination de la contamination radioactive (dosimètre)	109
8.6 Algorithme d'évaluation de la valeur indiquée (système dosimétrique).....	109
8.7 Utilisation des dosimètres en champ mixte de rayonnement (système dosimétrique)	109
9 Manuel d'instructions.....	109
9.1 Généralités.....	109
9.2 Spécification des données techniques	109
10 Logiciels, données et interfaces du système dosimétrique	111

10.1	Généralités.....	111
10.2	Conception et structure des logiciels	111
10.2.1	Exigences.....	111
10.2.2	Méthode d'essai	111
10.3	Identification du logiciel.....	111
10.3.1	Exigences.....	111
10.3.2	Méthode d'essai	112
10.4	Authenticité du logiciel et présentation des résultats	112
10.4.1	Exigences.....	112
10.4.2	Méthode d'essai	112
10.5	Alarme et arrêt du système en cas de conditions de fonctionnement anormales	112
10.5.1	Exigences.....	112
10.5.2	Méthode d'essai	113
10.6	Contrôle des données d'entrée par le système dosimétrique	113
10.6.1	Exigences.....	113
10.6.2	Méthode d'essai	113
10.7	Stockage des données	113
10.7.1	Exigences.....	113
10.7.2	Méthode d'essai	114
10.8	Transmission des données	115
10.8.1	Exigences.....	115
10.8.2	Méthode d'essai	115
10.9	Interfaces matérielles et interfaces logicielles.....	115
10.9.1	Exigences.....	115
10.9.2	Méthode d'essai	116
10.10	Documentation pour l'essai concernant le logiciel.....	116
10.10.1	Exigences.....	116
10.10.2	Méthode d'essai	117
11	Exigences de performances et essais sous rayonnement (système dosimétrique)	117
11.1	Généralités.....	117
11.2	Coefficient de variation.....	117
11.3	Non-linéarité	117
11.3.1	Exigences.....	117
11.3.2	Méthode d'essai	118
11.3.3	Interprétation des résultats	118
11.4	Caractéristiques de surexposition, rémanence et réutilisation.....	119
11.4.1	Exigences.....	119
11.4.2	Méthode d'essai	119
11.4.3	Interprétation des résultats	120
11.5	Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ ou $H^*(10)$	120
11.5.1	Rayonnement photonique	120
11.5.2	Rayonnement bêta	122
11.6	Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$	123
11.6.1	Rayonnement photonique	123
11.6.2	Rayonnement bêta	124
11.7	Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ ou $H'(0,07)$	125

11.7.1	Rayonnement photonique	125
11.7.2	Rayonnement bêta	127
11.8	Réponse excessive à l'incidence du rayonnement par le côté du dosimètre $H_p(10)$, $H_p(3)$ ou $H_p(0,07)$	128
11.8.1	Exigences.....	128
11.8.2	Méthode d'essai	128
11.8.3	Interprétation des résultats	128
11.9	Indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta pour des dosimètres corps entier $H_p(0,07)$	129
12	Réponse à des expositions mixtes (système dosimétrique).....	129
12.1	Exigences	129
12.2	Méthode d'essai	129
12.2.1	Généralités.....	129
12.2.2	Préparation de l'essai	129
12.2.3	Réalisation des essais.....	130
12.3	Interprétation des résultats	130
13	Exigences et essais de performances d'environnement	131
13.1	Généralités.....	131
13.1.1	Exigences générales	131
13.1.2	Méthode générale d'essai.....	131
13.2	Température ambiante et humidité relative (dosimètre)	131
13.2.1	Généralités.....	131
13.2.2	Exigences.....	131
13.2.3	Méthode d'essai	132
13.2.4	Interprétation des résultats	132
13.3	Exposition à la lumière (dosimètre).....	132
13.3.1	Généralités.....	132
13.3.2	Exigences.....	132
13.3.3	Méthode d'essai	132
13.3.4	Interprétation des résultats	133
13.4	Acquisition de la dose, effacement, auto-exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre).....	133
13.4.1	Généralités.....	133
13.4.2	Exigences.....	133
13.4.3	Méthode d'essai	133
13.4.4	Interprétation des résultats	134
13.5	Étanchéité (dosimètre)	134
13.6	Stabilité du lecteur (lecteur)	135
13.6.1	Généralités.....	135
13.6.2	Exigences.....	135
13.6.3	Méthode d'essai	135
13.6.4	Interprétation des résultats	135
13.7	Température ambiante (lecteur)	135
13.7.1	Généralités.....	135
13.7.2	Exigences.....	135
13.7.3	Méthode d'essai	135
13.7.4	Interprétation des résultats	136
13.8	Exposition à la lumière (lecteur)	136
13.8.1	Généralités.....	136

13.8.2	Exigences.....	136
13.8.3	Méthode d'essai	136
13.8.4	Interprétation des résultats	137
13.9	Alimentation primaire (lecteur).....	137
13.9.1	Généralités.....	137
13.9.2	Exigences.....	137
13.9.3	Méthode d'essai	137
13.9.4	Interprétation des résultats	138
14	Exigences et essais de performance électromagnétique (système dosimétrique).....	138
14.1	Généralités.....	138
14.2	Exigence	138
14.3	Méthode d'essai	138
14.4	Interprétation des résultats	139
15	Exigences et essais de performances mécaniques	139
15.1	Exigences générales	139
15.2	Chute (dosimètre)	140
15.2.1	Exigences.....	140
15.2.2	Méthode d'essai	140
15.2.3	Interprétation des résultats	140
16	Documentation	140
16.1	Rapport d'essai de type	140
16.2	Certificat publié par le laboratoire réalisant l'essai de type	140
Annexe A (normative) Limites de confiance		155
Annexe B (informative) Lien de cause à effet entre la lecture des signaux, la valeur indiquée et la valeur mesurée		158
Annexe C (informative) Vue d'ensemble des actions nécessaires à mener pour un essai de type selon la présente Norme		160
Annexe D (informative) Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs		162
Annexe E (informative) Incertitude des systèmes dosimétriques		163
Annexe F (informative) Coefficients de conversion $h_{pK}(3;\alpha)$, $h_{pK}(0,07;\alpha)$ et $h'_{pK}(0,07;\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$, respectivement pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1		164
Annexe G (informative) Coefficients de conversion $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ et $h_{pD}(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, respectivement en équivalent de dose $H_p(0,07)$ et $H_p(3)$, pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1		166
Annexe H (informative) Méthode informatique d'essai de calcul d'expositions mixtes.....		167
Bibliographie.....		171
Figure A.1 – Essai pour les intervalles de confiance		155
Figure B.1 – Evaluation des données d'un système dosimétrique		158
Figure H.1 – Organigramme d'un programme informatique exécutant les essais selon 12.2		170
Tableau 1 – Domaines d'énergie obligatoires et maximaux couverts par la présente Norme.....		92
Tableau 2 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w valeurs de dose différentes et n indications pour chaque valeur de dose.....		119

Tableau 3 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ et $H^*(10)$	121
Tableau 4 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$	123
Tableau 5 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$	125
Tableau 6 – Symboles	142
Tableau 7 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....	145
Tableau 8 – Exigences de performance pour les dosimètres $H_p(10)$	146
Tableau 9 – Exigences de performances pour les dosimètres $H_p(3)$	147
Tableau 10 – Exigences de performances pour les dosimètres $H_p(0,07)$	148
Tableau 11 – Exigences de performances des dosimètres $H^*(10)$	150
Tableau 12 – Exigences de performances des dosimètres $H'(0,07)$	151
Tableau 13 – Exigences de performances d'environnement pour les dosimètres et les lecteurs.....	152
Tableau 14 – Exigences de performance des systèmes dosimétriques soumis aux perturbations électromagnétiques conformément à l'Article 14.....	153
Tableau 15 – Exigences de performance des dosimètres soumis aux perturbations mécaniques	154
Tableau A.1 – Valeur du t de Student pour un intervalle de confiance bilatéral de 95 %.....	156
Tableau C.1 – Canevas pour un essai de type d'un dosimètre pour $H_p(10)$ répondant aux exigences des domaines obligatoires	160
Tableau D.1 – Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs	162
Tableau F.1 – Coefficients de conversion $h_{pK}(3;N,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme plaque, distance de référence 2 m.....	164
Tableau F.2 – Coefficients de conversion $h_{pK}(3;S,\alpha)$ et $h_{pK}(3;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme plaque	165
Tableau F.3 – Coefficients de conversion $h_{pK}(0,07;S,\alpha)$ et $h_{pK}(0,07;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme tige, pilier et plaque.....	165
Tableau F.4 – Coefficients de conversion $h'_{K}(0,07;N,\alpha)$, $h'_{K}(0,07;S,\alpha)$ et $h'_{K}(0,07;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en $H'(0,07)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1.....	165
Tableau G.1 – Coefficients de conversion mesurés $h_{pD}(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(3)$ pour le fantôme plaque pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1.....	166
Tableau G.2 – Coefficients de conversion mesurés $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour le fantôme plaque pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1.....	166

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
SYSTÈMES DOSIMÉTRIQUES INTÉGRÉS PASSIFS POUR
LA SURVEILLANCE DE L'INDIVIDU ET DE L'ENVIRONNEMENT
DES RAYONNEMENTS PHOTONIQUES ET BÊTA**

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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62387 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

La présente Norme annule et remplace la CEI 62387-1, publiée en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

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

- Extension du domaine d'énergie photonique pour que les dosimètres mesurent $H_p(0,07)$ de l'ancien domaine allant de 8 keV à 250 keV au nouveau domaine allant de 8 keV à 10 MeV.

- Addition d'exigences de performance pour que les dosimètres mesurent $H_p(3)$ pour les rayonnements photonique et bêta. De tels dosimètres peuvent être utilisés pour la surveillance de la dose dans un cristallin.
- Addition d'exigences de performance pour que les dosimètres mesurent $H'(0,07)$ pour les rayonnements photonique et bêta.
- Correction et clarification de plusieurs paragraphes pour obtenir une meilleure applicabilité.
- Alignement des exigences de performance de la CEI relatives aux systèmes dosimétriques pour la mesure des équivalents de dose sur les individus avec les recommandations relatives à la précision établies dans la publication 75 de la CIPR, *Principes généraux pour la radioprotection des travailleurs*. D'autres informations sont données dans la nouvelle Annexe E informative.

Du fait de ces modifications, la présente Norme couvre également le domaine d'application de l'ISO 12794:2000, *Energie nucléaire – Radioprotection – Dosimètres individuels thermoluminescents pour yeux et extrémités*.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/743/FDIS	45B/752/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.

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

INTRODUCTION

Un système dosimétrique comporte les éléments suivants:

- a) un dispositif passif, appelé ici *détecteur* qui, en présence de rayonnement, mémorise un signal qui sera exploité pour la mesure d'une ou plusieurs grandeurs du champ de rayonnement incident;
- b) un « dosimètre », qui comprend plusieurs moyens d'identification, qui contient un ou plusieurs détecteurs et qui peut contenir des composants électroniques;
- c) un « lecteur » qui est utilisé pour lire les informations mémorisées (signal) dans le détecteur, afin de déterminer la dose de rayonnement;
- d) un « ordinateur » comportant le « logiciel » adéquat pour contrôler le lecteur, enregistrer les données fournies par le lecteur, calculer, afficher et mémoriser les doses évaluées sous forme de fichiers électroniques ou de copies papier;
- e) un « équipement supplémentaire » et un document décrivant les procédures (manuel d'instructions) pour réaliser des opérations associées telles que la suppression de l'information de dose enregistrée, le nettoyage des dosimètres, ou les opérations nécessaires pour vérifier l'efficacité de l'ensemble du système.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – SYSTÈMES DOSIMÉTRIQUES INTÉGRÉS PASSIFS POUR LA SURVEILLANCE DE L'INDIVIDU ET DE L'ENVIRONNEMENT DES RAYONNEMENTS PHOTONIQUES ET BÊTA

1 Domaine d'application

La présente Norme s'applique à toutes sortes de systèmes dosimétriques passifs utilisés pour la mesure

- des équivalents de dose individuels $H_p(10)$ (pour la dosimétrie du corps entier),
- des équivalents de dose individuels $H_p(3)$ (pour la dosimétrie des cristallins),
- des équivalents de dose individuels $H_p(0,07)$ (pour la dosimétrie du corps entier et pour la dosimétrie d'extrémités),
- de l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ (pour la dosimétrie de l'environnement), ou
- de l'équivalent de dose directionnel $H'(0,07)$ (pour la dosimétrie de l'environnement).

NOTE 1 Dans la présente Norme, le terme "dosimétrie de l'environnement" signifie "surveillance de l'air ambiant, de la zone et de l'environnement".

La présente Norme s'applique aux systèmes dosimétriques qui mesurent les rayonnements photoniques et/ou bêta externes dans le domaine de dose allant de 0,01 mSv à 10 Sv et dans les domaines d'énergie donnés dans le Tableau 1. Toutes les valeurs d'énergie données sont des valeurs moyennes par rapport à la grandeur de dose considérée. Les systèmes dosimétriques utilisent habituellement des dispositifs électroniques pour l'évaluation des données et sont donc souvent commandés par ordinateur.

**Tableau 1 – Domaines d'énergie obligatoires
et maximaux couverts par la présente Norme**

Grandeur mesurée	Domaine d'énergie obligatoire pour le rayonnement photonique	Domaine d'énergie maximale pour l'essai du rayonnement photonique	Domaine d'énergie obligatoire pour le rayonnement bêta ^a	Domaine d'énergie maximale pour l'essai du rayonnement bêta ^a
$H_p(10)$, $H^*(10)$	80 keV à 1,25 MeV	12 keV à 10 MeV	–	–
$H_p(3)$	30 keV à 250 keV	8 keV à 10 MeV	0,8 MeV presque équivalent à une $E_{\max}$ de 2,27 MeV	0,7 MeV ^b à 1,2 MeV presque équivalent à $E_{\max}$ de 2,27 MeV à 3,54 MeV
$H_p(0,07)$, $H'(0,07)$	30 keV à 250 keV	8 keV à 10 MeV	0,8 MeV presque équivalent à une $E_{\max}$ de 2,27 MeV	0,06 MeV ^c à 1,2 MeV presque équivalent à $E_{\max}$ de 0,225 MeV à 3,54 MeV
^a Les sources de rayonnement bêta suivantes sont suggérées pour les différentes valeurs d'énergie moyennes: Pour 0,06 MeV: ^{147}Pm ; pour 0,8 MeV: $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; pour 1,2 MeV: $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$. ^b Pour le rayonnement bêta, une énergie de 0,7 MeV est nécessaire pour atteindre les couches du cristallin sensibles au rayonnement sur une profondeur d'environ 3 mm (approximativement 3 mm de tissu de l'ICRU). ^c Pour le rayonnement bêta, une énergie moyenne de 0,07 MeV est nécessaire pour traverser la couche cornée de la peau de 0,07 mm (presque équivalent à 0,07 mm de tissu de l'ICRU).				

NOTE 2 Dans la présente Norme, "dose" signifie équivalent de dose, sauf précision contraire.

NOTE 3 Pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$, aucun rayonnement bêta n'est considéré. Raisons: 1) $H_p(10)$ et $H^*(10)$ sont des estimations prudentes de la dose effective qui n'est pas une grandeur pertinente pour les rayonnements bêta. 2) Aucun coefficient de conversion n'est disponible dans l'ICRU 56, l'ICRU 57 ou dans l'ISO 6980-3.

NOTE 4 Les domaines d'énergie maximale sont les limites d'énergie à l'intérieur desquelles sont possibles les essais de type selon la présente Norme.

En ce qui concerne la conception (Article 8), le manuel d'instructions (Article 9), le logiciel (Article 10), les influences de l'environnement (Article 13), les influences électromagnétiques (Article 14), les influences mécaniques (Article 15) et la documentation (Article 16), les procédures d'essai ne dépendent pas du type de rayonnement. C'est pourquoi elles peuvent aussi être appliquées à d'autres systèmes dosimétriques, par exemple pour les neutrons, en utilisant le type de rayonnement correspondant lors des essais.

La présente Norme est destinée aux systèmes dosimétriques qui sont capables d'évaluer des doses dans la grandeur et l'unité (Sv) exigées à partir des signaux de lecture dans chaque grandeur et unité. La seule correction qui peut être appliquée à la dose évaluée (valeur indiquée) est celle qui résulte du bruit de fond dû au rayonnement naturel en utilisant des dosimètres supplémentaires.

NOTE 5 La correction due au bruit de fond naturel peut être effectuée avant ou après le calcul de la dose.

2 Références normatives

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

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

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

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

CEI 61000-4-6, *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, *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, *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*

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

ISO 4037 (toutes les parties), *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*

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 6980 (toutes les parties), *Energie nucléaire – Rayonnement bêta de référence*

ISO 6980-3, *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 (toutes les parties), *Rayonnements neutroniques de référence*

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

3 Termes et définitions

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

NOTE Les termes sont donnés dans l'ordre alphabétique (en anglais).

3.1

équivalent de dose ambiant

$H^*(d)$

en un point d'un champ de rayonnement, équivalent de dose qui serait produit par le champ aligné et étendu correspondant, dans la sphère ICRU à une profondeur, d , sur le rayon opposé à la direction du champ aligné

Note 1 à l'article: La profondeur recommandée, d , pour la surveillance d'ambiance en termes de $H^*(d)$ est 10 mm et $H^*(d)$ peut s'écrire alors $H^*(10)$. [VEI 393-14-95]¹

[SOURCE: ICRU 51:1993, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée]

3.2

coefficient d'étalonnage

N_0

rapport de la valeur conventionnellement vraie d'une grandeur $C_{r,0}$ à la valeur indiquée $G_{r,0}$ au point d'essai pour un rayonnement de référence, dans les conditions de référence

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

Note 1 à l'article: L'inverse du coefficient d'étalonnage est égal à la réponse dans les conditions de référence. Par opposition au coefficient d'étalonnage, qui se réfère uniquement aux conditions de référence, la réponse se réfère aux conditions existantes au moment de la mesure, quelles qu'elles soient.

Note 2 à l'article: Cette définition est particulièrement importante pour les dosimètres non-linéaires.

Note 3 à l'article La valeur de référence $C_{r,0}$ pour la dose est donnée dans le Tableau 7.

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, Définition 3.2.12, modifiée – Le texte descriptif, le symbole, ainsi que les trois notes originales ont été modifiés et l'exemple original a été supprimé]

¹ La CEI 60050-393 sera prochainement remplacée par la CEI 60050-395.

3.3**coefficient de variation** v

rapport de l'écart-type s à la moyenne arithmétique $\bar{G}$ pour une série de n valeurs indiquées G_j (valeur indiquée)

$$v = \frac{s}{\bar{G}} = \frac{1}{\bar{G}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (G_j - \bar{G})^2}$$

[SOURCE: CEI 60050-394:2007², 394-40-14, modifiée – "valeurs indiquées" a remplacé "mesures" et les lettres représentant des grandeurs dans le texte descriptif et la formule ont été modifiées]

3.4**valeur conventionnellement vraie****valeur conventionnellement vraie d'une grandeur** C

valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude appropriée pour un usage donné

Note 1 à l'article: La "valeur conventionnellement vraie" est parfois appelée "valeur assignée", "meilleure estimation de la valeur", "valeur convenue" ou "valeur de référence".

[SOURCE: GUM B.2.4]

3.5**correction de non-linéarité** r_n

rapport de la réponse R_n dans des conditions où seule la valeur de l'équivalent de dose varie, à la réponse de référence R_0

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

Note 1 à l'article: Pour un système dosimétrique linéaire, r_n est égal à l'unité.

3.6**facteur d'élargissement** k

facteur numérique utilisé comme multiplicateur de l'incertitude type composée pour obtenir l'incertitude élargie

Note 1 à l'article: Un facteur d'élargissement k a sa valeur typiquement comprise entre 2 et 3.

Note 2 à l'article: Dans le cas d'une distribution normale, de l'utilisation d'un facteur d'élargissement de 2 résulte une incertitude élargie qui définit un intervalle autour du résultat de mesure qui contient approximativement 95 % de la distribution des valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer au mesurande. Pour d'autres distributions, le facteur d'élargissement peut être plus grand.

[SOURCE: GUM 2.3.6, modifiée – Le symbole k a été ajouté]

3.7**détecteur****détecteur de rayonnement**

appareil ou substance permettant de convertir l'énergie du rayonnement ionisant incident en un signal afin de donner une indication et/ou de fournir une mesure

² La CEI 60050-394 sera prochainement remplacée par la CEI 60050-395.

Note 1 à l'article: Le détecteur nécessite le plus souvent un lecteur séparé pour lire le signal. Cela signifie que le détecteur n'est généralement pas capable de lire un signal sans un processus de lecture externe.

Note 2 à l'article: Un détecteur passif ne nécessite pas une alimentation externe pour recueillir et stocker les informations de dose.

Note 3 à l'article: Lire dans le VEI "détecteur de rayonnement".

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-24-01, modifiée – Le terme « détecteur » a été ajouté en tant que premier terme privilégié]

3.8 écart

D

différence entre les valeurs indiquées pour la même valeur du mesurande d'un système dosimétrique, lorsqu'une grandeur d'influence prend successivement deux valeurs différentes

$$D = G - G_r$$

où

G valeur indiquée sous l'effet, et

G_r valeur indiquée dans les conditions de référence

Note 1 à l'article: Le terme original du VEI 311-07-03 est "variation (due à une grandeur d'influence)". Afin de ne pas confondre la variation (de la valeur indiquée) et la variation de la réponse, dans la présente Norme ce terme est appelé "écart".

Note 2 à l'article: L'écart peut être positif ou négatif selon qu'il résulte respectivement d'une augmentation ou d'une diminution de la valeur indiquée.

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-07-03, modifiée – "écart" a remplacé "variation (due à une grandeur d'influence)" et "système dosimétrique" a remplacé "un appareil de mesure indicateur ou entre les valeurs d'une mesure matérialisée" et les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées]

3.9 équivalent de dose directionnel

$H'(d)$

en un point d'un champ de rayonnement, équivalent de dose qui serait produit par le champ étendu correspondant, dans la sphère ICRU à une profondeur, d , sur le rayon dans une direction spécifiée

Note 1 à l'article: La profondeur couramment recommandée, d , pour la surveillance d'ambiance en termes de $H'(d)$ est 0,07 mm et $H'(d)$ peut s'écrire alors $H'(0,07)$. [VEI 393-14-96]

[SOURCE: ICRU 51]

3.10 dosimètre

radiamètre destiné à la mesure de la grandeur de la dose absorbée ou de la grandeur de l'équivalent de dose

Note 1 à l'article: Dans un sens plus large, ce terme est utilisé pour les appareils destinés à la mesure d'autres grandeurs relatives aux rayonnements, telles que l'exposition, la fluence, etc. Un tel emploi est déconseillé.

Note 2 à l'article: Cet appareil peut nécessiter l'utilisation d'un lecteur séparé pour lire la dose absorbée ou l'équivalent de dose.

Note 3 à l'article: Le plus souvent, un dosimètre est composé d'un détecteur et d'un badge, par exemple les dosimètres thermoluminescents (TLD) avec des filtres.

Note 4 à l'article: Un dosimètre peut contenir des composants électroniques (par exemple un dosimètre « direct ion storage » (DIS)).

3.11**système dosimétrique**

dosimètre, lecteur et tous les équipements et procédures associés utilisés pour évaluer la valeur indiquée

3.12**incertitude élargie**

U

grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'un mesurage, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande

Note 1 à l'article: L'incertitude élargie est obtenue en multipliant l'incertitude type composée par un facteur d'élargissement.

Note 2 à l'article: Un niveau de confiance de 95 % est recommandé pour l'utilisation de la présente Norme.

[SOURCE: GUM 2.3.5]

3.13**valeur indiquée**

G

valeur du mesurande donnée directement par un appareil de mesure sur la base de sa courbe d'étalonnage

Note 1 à l'article: Dans la présente Norme, la valeur indiquée est celle donnée en unités d'équivalent de dose (Sv) par le système dosimétrique comme résultat final de l'algorithme d'évaluation (par exemple, l'affichage du logiciel, l'impression), voir 8.2.

Note 2 à l'article: La valeur indiquée est équivalente à la valeur évaluée dans l'ISO 12794:2000, Annexe D.

Note 3 à l'article: Pour plus de détails, voir l'Annexe B de la présente Norme.

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-01-08, modifiée – La note originale a été remplacée par les nouvelles Notes 1, 2 et 3 à l'article]

3.14**grandeur d'influence**

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

Note 1 à l'article: Par exemple, la température d'un micromètre lors de la mesure de longueur.

Note 2 à l'article: Si l'effet d'une grandeur d'influence sur le résultat d'un mesurage dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une unique grandeur d'influence. C'est le cas, dans la présente Norme, de deux couples de grandeurs d'influence:

- a) énergie du rayonnement et angle d'incidence,
- b) température ambiante et humidité relative.

[SOURCE: GUM B.2.10, modifiée – Les Exemples 1, 2 et 3 ont été supprimés et les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées]

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

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

Note 1 à l'article: Par exemple, l'énergie du rayonnement et l'angle d'incidence du rayonnement.

Note 2 à l'article: F représente le facteur. L'indication due au rayonnement est multipliée par un facteur dû à la grandeur d'influence.

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

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

Note 1 à l'article: La perturbation électromagnétique en est un exemple.

Note 2 à l'article: Toute exigence sur une grandeur d'influence de type S est exprimée en fonction de la valeur de l'écart D .

Note 3 à l'article: S représente la somme. L'indication est la somme de l'indication due au rayonnement et de celle due à la perturbation.

3.17

limite inférieure de l'étendue de mesure

$H_{\min}$

plus basse valeur de la dose appartenant à l'étendue de mesure

3.18

domaine obligatoire

domaine obligatoire d'utilisation

plus petit domaine spécifié d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre d'instrument dans lequel le système dosimétrique doit fonctionner en conformité avec la présente Norme internationale

Note 1 à l'article: La seconde colonne des Tableaux 8 à 15 donne le domaine obligatoire pour chaque grandeur d'influence considérée dans la présente Norme internationale.

3.19

temps de mesure maximal assigné

$t_{\max}$

durée continue la plus grande sur laquelle la dose est accumulée et sur laquelle toutes les exigences de la présente Norme sont remplies

Note 1 à l'article: Le temps de mesure maximal assigné dépend de la limite inférieure de l'étendue de mesure $H_{\min}$, de l'effacement et d'autres influences.

Note 2 à l'article: Le début de cette durée peut par exemple être l'effacement de la dose par chauffage (les TLD) ou une remise à zéro de la dose par logiciel (les DIS).

3.20

valeur mesurée

M

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

Note 1 à l'article: Pour la fonction "modèle", voir 3.23.

Note 2 à l'article: Pour plus de détails, voir l'Annexe B.

3.21

étendue de mesure

plage définie par deux valeurs du mesurande, ou grandeur à fournir, dans laquelle les limites d'incertitude de l'appareil de mesure sont spécifiées

Note 1 à l'article: Dans la présente Norme, l'étendue de mesure est le domaine d'équivalent de dose pour lequel les exigences de la présente Norme sont satisfaites et, par conséquent, l'incertitude limitée.

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-03-12, modifiée – La note originale a été remplacée par une nouvelle Note 1 à l'article]

3.22

équivalent de dose individuel

$H_p(d)$

équivalent de dose dans un tissu mou, à une profondeur appropriée, d , au-dessous d'un point spécifié du corps

Note 1 à l'article: Les profondeurs recommandées sont 10 mm pour les rayonnements fortement pénétrants, 3 mm pour la surveillance de la dose dans un cristallin et 0,07 mm pour les rayonnements faiblement pénétrants. [VEI 393-14-97]

Note 2 à l'article: Tissus mous signifie élément de tissu ICRU 4, voir le Rapport ICRU 39.

[SOURCE: ICRU 51]

3.23

fonction modèle

modèle mathématique du mesurage qui transforme l'observation ou l'ensemble des observations en résultat de mesure

Note 1 à l'article: La fonction modèle combine la valeur indiquée G avec le coefficient d'étalonnage de référence N_0 , la correction de non-linéarité r_n , les l écarts D_p ($p = 1..l$) pour les grandeurs d'influence de type S et les m valeurs de réponse relative r_q ($q = 1..m$) pour les grandeurs d'influence de type F. Un exemple de fonction modèle

est
$$M = \frac{N_0}{r_n \prod_{q=1}^m r_q} \left[G - \sum_{p=1}^l D_p \right].$$
 Une fonction modèle est nécessaire pour évaluer l'incertitude de la valeur mesurée

selon le GUM (voir GUM, 3.1.6, 3.4.1 et 4.1).

Note 2 à l'article: Les calculs selon la fonction modèle ne sont généralement pas réalisés, seulement dans le cas où des grandeurs d'influence spécifiques sont bien connues et où une correction appropriée est appliquée.

Note 3 à l'article: Pour plus de détails, voir l'Annexe B.

3.24

point d'essai

point du champ de rayonnement où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.6, modifiée – Entre "où" et "conventionnellement" le passage suivant a été supprimé: "l'on place le point de référence du dosimètre à des fins d'étalonnage ou d'essai et où"]

3.25

préparation

traitement normal des dosimètres ou détecteurs avant une mesure de dose, auquel il est prévu que les dosimètres ou détecteurs soient soumis en utilisation normale, par exemple une procédure d'effacement d'informations résultant des doses antérieures, de réinitialisation de l'information de dose au moyen d'un logiciel, de nettoyage

3.26

domaine assigné

domaine assigné d'utilisation

domaine spécifié des valeurs que peut avoir une grandeur d'influence sans que l'écart ou la variation de la réponse ne soit supérieure aux limites spécifiées

Note 1 à l'article: Dans la CEI 60050-311:2001, 311-07-05, le terme est "domaine nominal d'utilisation". Dans la présente Norme, "domaine assigné" est utilisé pour éviter les termes compliqués comme "le domaine d'utilisation d'une grandeur d'influence" et pour avoir des termes plus aisément compréhensibles comme "domaine assigné d'une grandeur d'influence".

Note 2 à l'article: Les grandeurs d'influence peuvent être soit de type S, soit de type F.

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-07-05, modifiée – "domaine assigné" a remplacé "domaine nominal" et "l'écart ou la variation de la réponse" a remplacé "variation"; les Notes 1 et 2 à l'article ont été ajoutées]

3.27

lecteur

lecteur de dosimètre

instrument destiné à lire un ou plusieurs détecteurs dans un dosimètre

Note 1 à l'article: Le signal d'un dosimètre passif peut être une quantité de lumière, une quantité de charges, la transparence d'un film, et ainsi de suite. Ainsi chaque type de dosimètre passif possède un type différent de lecteur.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-31-13, modifiée – Le terme « lecteur » a été ajouté en tant que terme privilégié, « un dosimètre » a été remplacé par « un ou plusieurs détecteurs dans un dosimètre » et la Note 1 à l'article a été ajoutée]

3.28

lecture

procédé de mesure de l'information de dose d'un détecteur mémorisée dans un lecteur

3.29

conditions de référence

ensemble de valeurs spécifiées et/ou domaines des valeurs des grandeurs d'influence pour lesquelles les incertitudes admissibles d'un système dosimétrique sont les plus faibles

[SOURCE: CEI 60050-311:2001, 311-06-02, modifiée – Après "incertitudes", les mots ", ou les limites d'erreur," ont été supprimés et "système dosimétrique" a remplacé "appareil de mesure"]

3.30

direction de référence

dans le système des coordonnées du dosimètre, direction par rapport à laquelle l'angle de la direction d'incidence du rayonnement est mesuré dans des champs unidirectionnels

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.7]

3.31

orientation de référence

orientation (du dosimètre) pour laquelle la direction du rayonnement incident coïncide avec la direction de référence du dosimètre

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.8]

3.32

point de référence d'un dosimètre

marque(s) physique(s) sur la surface extérieure du dosimètre (éventuellement décrites dans le manuel) utilisée(s) pour positionner celui-ci par rapport au point d'essai

3.33

réponse de référence

R_0

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

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

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

Note 1 à l'article: La réponse de référence est l'inverse du coefficient d'étalonnage de référence.

Note 2 à l'article: Les valeurs de référence pour la dose sont données dans le Tableau 7.

3.34

incertitude relative élargie

U_{rel}

incertitude élargie divisée par le résultat de la mesure

3.35

réponse relative

r

rapport de la réponse R sur la réponse de référence R_0

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

3.36

réponse d'un ensemble de mesure de rayonnement

R

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

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

où

G est la valeur indiquée de la grandeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble en cours d'essai (système dosimétrique), et

C est la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur

Note 1 à l'article: La valeur de la réponse peut varier avec la dose à mesurer. Dans ce cas, on dit que le système dosimétrique est non-linéaire.

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-21, modifiée – Les lettres représentant des grandeurs ont été modifiées, « valeur indiquée de la grandeur » a remplacé « valeur », « (système dosimétrique) » a été ajouté et les notes originales ont été remplacées par une nouvelle Note 1 à l'article]

3.37

résultat d'une mesure

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

Note 1 à l'article: La valeur centrale de l'ensemble de valeurs peut être sélectionnée comme *valeur mesurée M* (voir 3.20) et un paramètre caractérisant la dispersion peut être sélectionné comme étant *l'incertitude* (voir 3.41).

Note 2 à l'article: Le résultat de la mesure se rapporte à *la valeur indiquée donnée par l'instrument G* (voir 3.13) et aux valeurs correctives obtenues lors de l'étalonnage ou par l'utilisation d'un *modèle* (voir 3.23).

Note 3 à l'article: L'estimation de *M* peut être basée sur une ou plusieurs valeurs indiquées.

[SOURCE: CEI 60050-311: 2001, 311-01-01, modifiée – « incluant une valeur, l'incertitude correspondante et l'unité du mesurande » a été ajouté, les Notes 1, 4 et 5 originales ont été supprimées et les termes des Notes 1 et 2 à l'article ont été harmonisés avec les termes utilisés dans la présente Norme]

3.38

signal

S

quantité obtenue par un lecteur à partir de la lecture d'un détecteur dont la valeur indiquée de l'équivalent de dose est évaluée

Note 1 à l'article: Par exemple, la charge mesurée dans un tube photomultiplicateur par la lumière émise par un TL; la surface d'une certaine région de la courbe de luminescence d'un TLD; un paramètre de comparaison évalué à partir de l'analyse de la courbe de luminescence.

Note 2 à l'article: En principe, il est possible d'obtenir plus d'un signal à partir d'un même détecteur (par exemple plusieurs paramètres de comparaison à partir de l'analyse de la courbe de luminescence).

Note 3 à l'article: L'utilisation de plus d'un détecteur conduit toujours à l'utilisation de plus d'un signal.

Note 4 à l'article: Dans l'ISO 12794:2000, 3.13, "signal" est assimilé à "valeur de lecture".

Note 5 à l'article: Pour plus de détails, voir l'Annexe B de la présente Norme.

3.39**écart-type****écart-type expérimental** s

pour une série de n mesurages du même mesurande, grandeur s caractérisant la dispersion des résultats

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (G_j - \bar{G})^2}$$

où

G_j est le résultat du j -ème mesurage, et

$\bar{G}$ est la moyenne arithmétique des n résultats considérés

Note 1 à l'article: En considérant la série de n valeurs comme échantillon d'une loi de probabilité, $\bar{G}$ est un estimateur sans biais de la moyenne μ , et s^2 est un estimateur sans biais de la variance σ^2 de cette loi.

Note 2 à l'article: L'expression $s/\sqrt{n}$ est une estimation de l'écart-type de la loi de $\bar{G}$ et est appelée "écart-type expérimental de la moyenne".

Note 3 à l'article: "L'écart-type expérimental de la moyenne" est parfois appelé à tort "erreur type de la moyenne".

[SOURCE: GUM B.2.17, modifiée – Le terme privilégié « écart-type » a été ajouté, ainsi que le symbole s , et la formule a été modifiée]

3.40**conditions normales d'essai**

domaine des valeurs d'une série de grandeurs d'influence pour lesquelles un étalonnage ou une détermination de la réponse est réalisé

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

Note 2 à l'article: Pendant les essais de type, toutes les valeurs des grandeurs d'influence qui ne sont pas l'objet de l'essai sont fixées dans le domaine des conditions normales d'essai.

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, Définition 3.2.3, modifiée – Une note a été subdivisée en deux et des références à des tableaux n'ont pas été incluses]

3.41**incertitude-type** u

incertitude du résultat d'un mesurage exprimée sous la forme d'un écart-type

Note 1 à l'article: L'incertitude-type est un terme plus général que l'écart-type. L'incertitude-type peut contenir également par exemple des contributions à l'incertitude évaluées en utilisant des méthodes non statistiques.

[SOURCE: GUM 2.3.1, modifiée – La Note 1 à l'article a été ajoutée, ainsi que le symbol u]

3.42**essai de type**

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

[SOURCE: CEI 60050-394:2007, 394-40-02]

3.43**limite supérieure de l'étendue de mesure** $H_{\max}$

valeur de la dose la plus élevée appartenant à l'étendue de mesure

4 Unités et symboles

Dans la présente Norme, les unités du système international (SI) sont utilisées. Cependant, les unités suivantes peuvent être acceptées comme d'usage courant:

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

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

L'unité SI d'équivalent de dose est 1 J kg^{-1} .

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

La liste des symboles est donnée dans le Tableau 6 (à la fin de ce document).

5 Procédures générales d'essai

5.1 Procédures d'essai de base

5.1.1 Consignes d'utilisation

Les consignes d'utilisation des systèmes dosimétriques sont à donner sans aucune ambiguïté dans le manuel, voir l'Article 9. Il est nécessaire que les consignes soient les mêmes pour toutes les parties des essais de type et également pour l'utilisation normale.

5.1.2 Nature des essais

Les essais décrits dans la présente Norme sont à considérer comme des essais de type, voir l'Annexe C.

5.1.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du Tableau 7 (à la fin de ce document). Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 7.

Sauf spécification contraire donnée dans la procédure d'essai, toutes les grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites établies pour les conditions normales d'essai données dans le Tableau 7, sauf pour les grandeurs d'influence en cours d'essai.

5.1.4 Production du rayonnement de référence

La nature, la construction et les conditions d'utilisation du rayonnement ionisant doivent être conformes aux recommandations des documents suivants: a) la série ISO 4037 pour le rayonnement photonique, b) la série ISO 6980 pour le rayonnement bêta et c) la série ISO 8529 pour le rayonnement neutronique.

5.1.5 Choix du fantôme utilisé pour l'objet des essais

Pour tous les essais impliquant l'utilisation d'un fantôme, les fantômes ISO décrits dans l'ISO 4037-3:1999, 6.3.1, doivent être utilisés. La géométrie d'exposition requise est spécifiée dans la norme ISO de référence appropriée (ISO 4037-3 ou ISO 6980-3).

5.1.6 Position du dosimètre au cours des essais

Pour les essais impliquant l'utilisation de rayonnement, le point de référence du dosimètre doit être placé au point d'essai, et le dosimètre doit être orienté dans l'orientation de

référence. Cela ne s'applique pas aux essais destinés à déterminer la réponse en fonction de l'angle d'incidence.

5.2 Procédures d'essai applicables à tout essai

5.2.1 Nombre de dosimètres utilisés pour chaque essai

Le nombre n de dosimètres (ou d'expositions) utilisé pour chaque essai n'est pas nécessairement le même pour chaque essai, mais il peut être déterminé en utilisant l'Annexe A. Cependant, il peut être pratique d'utiliser 4, 5, 8, 10 ou 20 dosimètres (ou expositions), nombres pour lesquels la valeur t de Student, donnée en Annexe A, Tableau A.1, sera respectivement 3,18; 2,78; 2,37; 2,26; ou 2,09.

NOTE L'utilisation de l'Annexe A démontre que les exigences de performances sont remplies avec un intervalle de confiance de 95 %.

5.2.2 Considérations relatives à l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie

L'incertitude relative élargie $U_{C,rel}$ de la valeur conventionnellement vraie C de l'équivalent de dose doit être prise en compte. Elle doit être inférieure à 8 % pour un intervalle de couverture de 95 %. Le laboratoire d'essai doit déterminer $U_{C,rel}$ selon le GUM.

NOTE Conformément à 3.12, le niveau de confiance est 95 %.

5.2.3 Considérations relatives à la non-linéarité

L'effet de la non-linéarité dû à la dépendance vis-à-vis de la dose doit être considéré.

Une méthode pratique consiste à commencer les essais par la non-linéarité et à réaliser les autres essais dans une région de dose où la non-linéarité est négligeable (1 % à 2 %).

5.2.4 Considérations relatives au bruit de fond du rayonnement naturel

Pour la mesure de faibles équivalents de dose ou de faibles débits d'équivalent de dose, il est nécessaire de tenir compte de la contribution apportée par le bruit de fond du rayonnement naturel à l'équivalent de dose. On le fait généralement en utilisant un nombre important de dosimètres (10 au minimum) comme dosimètres de bruit de fond (dosimètres témoins). Ils sont traités dans les mêmes conditions que les dosimètres en cours d'essai, mais ne sont pas exposés. La valeur moyenne indiquée de ces dosimètres est à soustraire de la valeur indiquée par les dosimètres en cours d'essai.

5.2.5 Considérations relatives à un dosimètre avec plusieurs détecteurs ou signaux

Si plusieurs signaux (voir 3.38) ou détecteurs (voir 3.7) sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée, chaque signal ou détecteur doit être soumis séparément aux essais. Des essais séparés sont nécessaires quand différents signaux sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée dans différentes régions de l'étendue de mesure ou dans différentes régions d'une grandeur d'influence.

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

NOTE 2 Exemples:

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

5.2.6 Réalisation optimale des essais

Pour les essais concernant l'effet de plusieurs grandeurs d'influence, on expose différents groupes de dosimètres: un groupe de référence et un ou plusieurs groupes d'essai pour lesquels on mesure l'effet de la grandeur d'influence. Pour limiter le nombre d'expositions nécessaires, il est approprié de combiner les essais de 11.9 à l'Article 15 avec seulement deux ou trois groupes de référence.

Une liste d'actions nécessaires pour réaliser un essai de type selon la présente Norme est donnée à l'Annexe C.

6 Exigences de performances: résumé

Pour les types de dosimètres suivants, les grandeurs suivantes doivent au moins être mesurées:

- dosimètre du corps entier: $H_p(10)$ dû au rayonnement photonique,
- dosimètre d'extrémités: $H_p(0,07)$ dû aux rayonnements photonique et bêta,
- dosimètre de cristallin utilisé dans des champs de rayonnement purement photonique: $H_p(0,07)$ ou $H_p(3)$ dû au rayonnement photonique,
- dosimètre de cristallin utilisé dans des champs de rayonnement bêta ou des champs mixtes de rayonnements bêta et photonique: $H_p(3)$ dû aux rayonnements bêta et photonique.

Des règlements nationaux peuvent exiger que des types spécifiques de dosimètres mesurent davantage de grandeurs.

NOTE 1 Behrens et Dietze (2010) fournissent des informations de base sur le choix des grandeurs à mesurer pour la dosimétrie de cristallin.

NOTE 2 Dans la présente Norme, le terme "rayonnement bêta" est utilisé comme synonyme des rayonnements d'électrons et bêta.

Les exigences de performances des systèmes dosimétriques sont données dans les Tableaux 8 à 12 en fonction de la grandeur à mesurer: $H_p(10)$: Tableau 8; $H_p(3)$: Tableau 9; $H_p(0,07)$: Tableau 10; $H^*(10)$: Tableau 11; $H'(0,07)$: Tableau 12.

Les détails concernant certaines entrées des Tableaux 8 à 12 (à la fin du présent document) sont donnés dans les autres Tableaux 9 à 11 (à la fin du présent document).

Dans certains pays, la présence d'une dose de rayonnement bêta est à indiquer par des dosimètres portés sur le tronc. Une telle indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta ne constitue pas une mesure. Pour cette raison, un paragraphe spécifique (11.9) concerne l'indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta.

Un système dosimétrique n'est généralement pas capable de mesurer toutes les grandeurs indiquées ci-dessus. Ainsi, le système n'est soumis à l'essai qu'en ce qui concerne les grandeurs et les types de rayonnement pour lesquels il est destiné à être utilisé. L'Annexe D donne d'autres directives pour définir des catégories d'utilisation spécifiques.

La pleine conformité à la présente Norme est assurée si les exigences concernant les domaines obligatoires indiqués dans les Tableaux 8 à 12 sont satisfaites. Si l'utilisateur ou le fabricant exige des domaines étendus, il convient alors d'effectuer également l'essai comme spécifié dans la présente Norme, c'est-à-dire que les exigences indiquées dans les Tableaux 8 à 12 s'appliquent également. Le domaine de toute grandeur d'influence mentionnée par le fabricant est appelé domaine assigné. Ainsi, les systèmes dosimétriques peuvent être classés en fonction d'un ensemble de domaines (par exemple pour les doses, les énergies, la température) dans lesquels les exigences établies par la présente Norme sont

remplies (Capacités du système, voir Article 7). De plus, les catégories d'utilisation sont données dans l'Annexe D par rapport aux différentes capacités de mesure.

Pour les systèmes dosimétriques décrits ci-dessus, la présente Norme spécifie les caractéristiques générales, les procédures générales d'essai et les exigences de performances, les caractéristiques des rayonnements de même que les caractéristiques environnementales, électriques, mécaniques, des logiciels et de sécurité.

Un système dosimétrique peut être soumis à essai en ce qui concerne différentes grandeurs à des moments différents. Si le système dosimétrique a été modifié depuis l'essai précédent, un nouvel essai concernant les grandeurs précédemment vérifiées peut s'avérer nécessaire.

L'étalonnage absolu du système dosimétrique n'est pas vérifié au cours d'un essai de type en accord avec la présente Norme, puisque seules les propriétés du système présentent un intérêt. L'étalonnage absolu est vérifié pendant les essais individuels de série.

7 Capacité d'un système dosimétrique

7.1 Généralités

Les domaines présentés dans les paragraphes suivants doivent être définis par le fabricant. Ils doivent être plus étendus que les domaines obligatoires qui sont donnés dans les Tableaux 8 à 12. Le système dosimétrique doit remplir toutes les exigences de ces domaines assignés.

Les domaines assignés doivent être indiqués dans la documentation (manuel d'instructions) du système dosimétrique pour que son utilisateur soit bien au fait des capacités de son instrumentation.

7.2 Etendue de mesure et type de rayonnement

En fonction de l'importance de la dose, les limites de l'étendue de mesure doivent couvrir au moins les domaines obligatoires donnés à la ligne 7 des Tableaux 8 à 12.

Le ou les types de rayonnement pour lesquels le système dosimétrique est conçu doivent être précisés.

Si le système dosimétrique n'est pas capable de mesurer la dose de rayonnement bêta (ceci signifie qu'il ne satisfait pas aux spécifications de 11.6.2 ou 11.7.2 – selon ce qui s'applique) mais qu'il est capable d'indiquer la présence d'une dose de rayonnement bêta (ceci signifie qu'il satisfait au 11.9), ceci doit être indiqué.

7.3 Domaines assignés des grandeurs d'influence

Le domaine assigné de toute grandeur d'influence doit être précisé par le fabricant dans la documentation. Le domaine obligatoire de chaque grandeur d'influence est donné dans la troisième colonne des Tableaux 8 à 15. Toutes les exigences de la présente Norme doivent être satisfaites sur tous les domaines assignés.

7.4 Temps de mesure maximal assigné $t_{\max}$

Le fabricant doit indiquer quelle est la durée maximale d'une mesure de dose $t_{\max}$ pour laquelle les exigences de la présente Norme sont satisfaites. Plus particulièrement, les exigences concernant le coefficient de variation doivent être satisfaites.

Ce temps doit être au minimum d'un mois.

7.5 Réutilisation

Un dosimètre est considéré réutilisable tant que ses performances satisfont aux exigences de la présente Norme. Si les dosimètres ne peuvent être réutilisés indéfiniment, ou si leur utilisation dépend de l'histoire du dosimètre, ceci doit être précisé par le fabricant. Le fabricant doit préciser les limites pour une utilisation répétée, par exemple le nombre total de cycles d'utilisation et/ou une valeur de dose au-delà de laquelle les dosimètres ne peuvent plus être réutilisés. En particulier, les exigences relatives au coefficient de variation doivent être satisfaites pour tous les dosimètres réutilisés.

NOTE Un exemple de limitation de la réutilisation est l'augmentation du signal zéro d'un détecteur TL après avoir reçu une dose élevée.

7.6 Fonction modèle

Le fabricant doit préciser la forme générale de la fonction modèle pour les mesures avec le dosimètre. Le fabricant peut utiliser l'exemple donné en 3.23 ou d'autres fonctions. Le fabricant doit préciser toute interdépendance entre les variables de la fonction modèle. Les variables sont le coefficient d'étalonnage, les réponses relatives et les écarts.

7.7 Exemple des capacités d'un système dosimétrique

Les nombres suivants sont choisis arbitrairement; ils couvrent au moins les domaines obligatoires et ils diffèrent d'un système dosimétrique à un autre.

Un système dosimétrique peut être utilisé pour la mesure de $H_p(10)$ dû au rayonnement photonique:

Etendue de mesure: $0,05 \text{ mSv} \leq H_p(10) \leq 4 \text{ Sv}$. Le système dosimétrique est capable d'indiquer la présence d'une dose de rayonnement bêta.

Les domaines d'utilisation pour les différentes grandeurs d'influence sont les suivants.

- Energie des photons et angle d'incidence: 50 keV à 1,4 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$
- Température ambiante et humidité relative (pour les dosimètres): -15°C à 50°C et 40 % à 90 % HR
- Température ambiante (lecteur): $+10^\circ\text{C}$ à $+40^\circ\text{C}$
- Exposition à la lumière (dosimètre et lecteur): jusqu'à $1\,000 \text{ W/m}^2$
- Perturbations électromagnétiques (lecteur): domaines obligatoires, voir Tableau 14
- Perturbations mécaniques: domaines obligatoires, voir Tableau 15

Temps de mesure maximal assigné: 6 mois.

Les dosimètres du système dosimétrique sont réutilisables jusqu'à une exposition à un équivalent de dose de 200 mSv.

$$\text{Fonction modèle: } M = \frac{N_0}{r_n \cdot r_{E,\alpha} \cdot r_{\text{env}}} \cdot [G - D_{\text{EMC}} - D_{\text{mech}}]$$

où

M est la valeur mesurée;

N_0 est le coefficient d'étalonnage de référence;

r_n est la réponse relative due à la non-linéarité;

$r_{E,\alpha}$ est la réponse relative due à l'énergie et à l'angle d'incidence;

r_{env} est la réponse relative due aux influences de l'environnement;

G est la valeur indiquée par le système dosimétrique;
 D_{EMC} est l'écart dû aux perturbations électromagnétiques;
 D_{mech} est l'écart dû aux perturbations mécaniques.

Pour plus de détails, voir 3.20 et l'Annexe B.

8 Exigences pour la conception du système dosimétrique

8.1 Généralités

Les informations requises dans cet Article 8 doivent être présentées par le fabricant sous forme écrite en vue des essais de type (pas nécessairement dans le manuel d'instructions). Les exigences correspondantes peuvent être facilement vérifiées par examen visuel du système dosimétrique en fonctionnement.

8.2 Indication de la valeur de la dose (système dosimétrique)

La valeur indiquée doit être donnée en unités d'équivalent de dose, par exemple, en microsieverts (μSv). L'affichage doit aussi clairement indiquer la grandeur mesurée.

Quand le lecteur permet des changements de domaine, ce changement doit être automatique.

La valeur indiquée doit être affichée avec une résolution meilleure que 2 %. A la limite inférieure de l'étendue de mesure, $H_{\min}$, une valeur de 10 % est suffisante.

NOTE Une solution technique possible est un affichage numérique: au moins deux chiffres significatifs sont affichés à la limite inférieure de l'étendue de mesure $H_{\min}$. Par exemple, pour $H_{\min} = 0,1 \text{ mSv}$, l'affichage indique 0,10 mSv. Au-dessus de $10 \cdot H_{\min}$, trois chiffres significatifs s'affichent: 1,00 mSv.

8.3 Attribution de la valeur de dose au dosimètre (système dosimétrique)

Chaque valeur indiquée doit être attribuée individuellement au dosimètre (numéro) selon son origine.

NOTE Une solution technique possible est la suivante: l'attribution, lors du retrait des détecteurs du dosimètre, se fait avec de grandes précautions. Après évaluation des données, le numéro du dosimètre et la valeur indiquée constituent un ensemble de données qui est toujours manipulé d'un seul bloc.

8.4 Informations données sur l'instrumentation (lecteur et dosimètre)

Les informations suivantes doivent être clairement visibles sur le lecteur et le dosimètre (sur le dosimètre seulement s'il y a suffisamment de place):

- une identification attribuant le lecteur et le dosimètre au système dosimétrique;
- la grandeur mesurée et l'étendue de mesure;
- le type de rayonnement (par exemple photon et/ou bêta) correspondant au dosimètre;
- le domaine assigné en énergie des particules;
- sur le dosimètre uniquement: le point de référence et l'orientation de référence du dosimètre (ou dans le manuel);
- sur le dosimètre individuel uniquement: si la conception du dosimètre permet à l'utilisateur de l'utiliser dans deux orientations ou plus, le dosimètre doit alors satisfaire aux exigences de la présente Norme dans toutes les orientations ou alors il doit être clairement précisé sur ce dosimètre que son utilisation dans la mauvaise orientation peut conduire à un résultat erroné;
- sur le dosimètre uniquement: un numéro d'identification lisible par l'utilisateur doit toujours être apposé sur le dosimètre;
- sur le dosimètre uniquement: catégorie d'utilisation conformément à l'Annexe D.

NOTE Par exemple, pour les points b) à d): $0,1 \text{ mSv} \leq H_p(0,07) \leq 3 \text{ Sv}$; $65 \text{ keV} \leq E_{ph} \leq 1,4 \text{ MeV}$; $0,2 \text{ MeV} \leq E_{beta} \leq 0,8 \text{ MeV}$.

8.5 Rétention et élimination de la contamination radioactive (dosimètre)

Dans la mesure du possible, il convient que le dosimètre soit conçu pour minimiser la rétention de la contamination et faciliter son élimination. Un dosimètre peut être doté d'une couverture protectrice mais, muni de cette couverture, il doit toujours satisfaire aux exigences de la présente Norme.

8.6 Algorithme d'évaluation de la valeur indiquée (système dosimétrique)

Pour les essais de type selon la présente Norme, le fabricant doit fournir l'algorithme d'évaluation pour la valeur indiquée, à partir du signal (ou des signaux) du (ou des) détecteur(s). La documentation doit être sous une forme permettant la bonne compréhension des calculs et/ou de l'arbre de décision.

Si plus d'un signal est utilisé pour évaluer la valeur indiquée pour l'essai de type, le fabricant doit donner la possibilité de lire séparément les signaux du ou des détecteurs.

NOTE 1 Des détails sur le signal, la valeur évaluée et l'algorithme d'évaluation sont donnés à l'Annexe B.

NOTE 2 Cet algorithme peut être confidentiel et être utilisé uniquement par le laboratoire d'essai pour les besoins des essais de type.

8.7 Utilisation des dosimètres en champ mixte de rayonnement (système dosimétrique)

Si un dosimètre est utilisé dans des champs de rayonnement pour lesquels il n'est pas conçu, par exemple un dosimètre photonique utilisé dans un champ mixte photonique et neutronique, l'effet du rayonnement non sujet de la mesure doit être établi par le fabricant dans le manuel, voir l'Article 9. Dans l'exemple mentionné, le rayonnement neutronique est une grandeur d'influence pour les dosimètres conçus pour le rayonnement photonique. Le fabricant doit préciser quelle est la réponse au rayonnement neutronique pour les neutrons thermiques et un ou plusieurs domaines de référence de sources radionucléides de l'ISO 8529.

A partir de cette information, l'utilisateur, avec l'aide d'un second dosimètre conçu pour la mesure du rayonnement neutronique, peut déterminer l'influence sur la dose totale.

9 Manuel d'instructions

9.1 Généralités

Un manuel d'instructions doit être fourni. Il doit être marqué de telle sorte qu'il se rapporte sans ambiguïté au système dosimétrique décrit. De telles consignes d'utilisation sont à fournir pour chaque système dosimétrique. Les consignes d'utilisation doivent contenir la description de la construction, de la fonction, du fonctionnement et de la manipulation du système dosimétrique et de ses composants, y compris de l'utilisation du logiciel utilisé pour le contrôle du système dosimétrique et des données enregistrées.

9.2 Spécification des données techniques

Système dosimétrique en général:

- nom du fabricant ou marque déposée (si le système est fabriqué comme un tout);
- type de système dosimétrique et principe de fonctionnement;
- schéma-bloc du système dosimétrique comportant le matériel, le logiciel et les données;
- nom du logiciel du système dosimétrique et numéro d'identification (voir 10.3);

- description des fonctionnalités et de tous les menus et sous-menus du logiciel;
- détails du fonctionnement, maintenance et procédures d'étalonnage;
- si l'algorithme d'évaluation n'est pas additif, un commentaire conformément à la Note 3 de 12.1.

Lecteur:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de lecteur;
- exigences d'alimentation électrique;
- temps de stabilisation du lecteur;
- référence à la nécessité d'un balayage de gaz sur le dosimètre ou sur des parties du dosimètre au cours de sa lecture;
- mise en garde contre un stockage prolongé, si l'humidité élevée de l'air peut être source de détérioration.

Dosimètre:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de dosimètre;
- type de détecteur(s);
- type de rayonnement pour la mesure duquel l'appareil est conçu;
- point de référence du dosimètre;
- direction de référence pour l'étalonnage;
- orientation de référence par rapport aux sources de rayonnement et orientation de référence par rapport au porteur;
- dessin des dosimètres incluant les détecteurs et les matériaux de filtrage;
- épaisseur physique des parois autour des volumes sensibles (mg cm^{-2});
- masse et dimensions du dosimètre;
- méthode de nettoyage et de séchage du dosimètre;
- méthode d'effacement de la dose ("remise à zéro") du dosimètre.

Caractéristiques dosimétriques:

- grandeur mesurée;
- étendue de mesure et variation de la réponse due à la non-linéarité;
- coefficient de variation fonction de l'équivalent de dose;
- temps de mesure maximal assigné;
- réponse au rayonnement naturel, voir 13.4;
- réponse relative fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence (pour les rayonnements bêta et photon);
- domaines assignés de toutes les autres grandeurs d'influence et variation correspondante de la réponse relative ou écart (voir 7.2 à 7.6, un exemple est donné en 7.7);
- réponse relative due au rayonnement qui n'est pas l'objet de la mesure (par exemple le rayonnement neutronique), voir 8.7;
- catégorie d'utilisation de tous les dosimètres appartenant au système dosimétrique, voir l'Annexe D.

10 Logiciels, données et interfaces du système dosimétrique

10.1 Généralités

La version finale des logiciels doit être disponible dès le début des essais de type, ceci dans la mesure où une grande partie des essais concernant les logiciels est indirectement couverte par les essais métrologiques. Pour cette raison, il faut éviter de modifier le logiciel après l'essai de type.

NOTE Les exigences suivantes sont fondées sur le guide logiciel 7.2 de la Coopération Européenne en métrologie légale (WELMEC) et mettent en œuvre la classe de risques C du guide 7.2 Le guide WELMEC peut servir d'informations supplémentaires, toutefois, seules les exigences mentionnées dans le présent Article 10 sont appropriées.

Les exigences doivent garantir contre toute modification involontaire des logiciels ou des données. De plus, toute modification volontaire des logiciels ou des données à l'aide d'un éditeur doit être impossible. Au plus, une valeur indiquée peut être perdue du fait de toute modification des logiciels ou des données.

Les exigences sont vérifiées uniquement dans le cas d'un système dosimétrique utilisé dans un cadre officiel, par exemple la surveillance légale applicable au personnel.

Lorsque l'essai de type selon la présente Norme a démarré, aucune donnée, tableau ou logiciel ne peut être modifié ou effacé.

Les essais sur le logiciel peuvent être très complexes, cependant, ils ne doivent pas prendre une partie majeure du temps d'essai. Pour cette raison, une grande part de responsabilité est laissée au fabricant, par l'intermédiaire de sa documentation, voir 10.10, pour la réalisation des essais. Cependant, quelques essais simples et pratiques sont réalisés pour s'assurer que les fonctionnalités correspondent à celles décrites dans la documentation.

10.2 Conception et structure des logiciels

10.2.1 Exigences

Le logiciel doit être conçu de manière à ne pas être affecté par d'autres logiciels sauf de manière intentionnelle rendue nécessaire pour l'utilisation correcte du système.

NOTE Une solution technique possible consiste à séparer le logiciel en deux parties. Une partie contient toutes les fonctions nécessaires pour contrôler le lecteur et pour évaluer, mémoriser et afficher les valeurs indiquées. Cette partie est la "partie dépendant des données". L'autre partie du logiciel, la "partie ne dépendant pas des données", contient, par exemple, des statistiques relatives à la fréquence de certaines valeurs de la dose. La partie dépendant des données comporte des fonctions bien définies (interface de logiciel) qui sont utilisées pour communiquer avec les parties ne dépendant pas des données. Ce concept technique de logiciel séparé présente l'avantage de permettre des modifications de la "partie ne dépendant pas des données" sans influencer la "partie dépendant des données".

10.2.2 Méthode d'essai

Documentation: Les mesures décrites pour protéger le logiciel doivent être plausibles compte tenu du type de système d'exploitation de l'ordinateur.

Réalisation de l'essai: S'assurer que le logiciel est un fichier exécutable. En cas de séparation du logiciel, voir Note en 10.2.1, les différentes parties du logiciel doivent être des fichiers séparés (par exemple, une bibliothèque de liaisons dynamiques (DLL)).

10.3 Identification du logiciel

10.3.1 Exigences

La "partie dépendant des données" du logiciel (voir Note en 10.2.1) doit être identifiée par un numéro. Il doit être possible d'afficher le numéro d'identification au cours du fonctionnement

du logiciel. Cette identification peut être comparée à celle donnée dans le rapport d'essai ou dans la notice d'utilisation. Le numéro d'identification doit changer automatiquement en cas de modification du logiciel (un simple numéro de version ne suffit pas).

NOTE 1 Dans le cas d'un code modulaire, plusieurs identifications peuvent être constituées pour les différents modules.

NOTE 2 Une solution technique possible est une somme de contrôle, au moins un contrôle de redondance cyclique utilisant une longueur polynomiale de 17 bits (CRC-16) avec une valeur de départ secrète cachée dans le fichier exécutable portant sur la totalité du logiciel.

10.3.2 Méthode d'essai

Documentation: La méthode permettant de s'assurer que l'identification du logiciel est modifiée par toute modification du logiciel doit être plausible.

Réalisation de l'essai: S'assurer que les identifications peuvent être affichées pendant que le logiciel est en fonctionnement comme décrit dans le manuel d'instructions et qu'elles sont identiques à celles données dans le manuel d'instructions.

10.4 Authenticité du logiciel et présentation des résultats

10.4.1 Exigences

La protection doit couvrir aussi bien les actions involontaires (erreur d'utilisation) que les actions intentionnelles (manipulation) au moyen d'un éditeur. Au cas où le logiciel serait modifié, le programme doit s'arrêter au démarrage avec un message tel que "Violation de l'authenticité du logiciel, modification du programme non autorisée". L'authenticité des résultats présentés doit être garantie et les résultats doivent être clairement identifiés comme résultats pertinents de la mesure et ils doivent être clairement distincts de toute information complémentaire.

De par cette exigence, il est exclu que le lecteur ou le dosimètre soit commandé par un logiciel autre que celui soumis à l'essai de type.

NOTE Une solution technique possible est:

Le code programme est un format exécutable (.exe). Une somme de contrôle, au moins CRC-16 avec une valeur secrète cachée dans le fichier exécutable est créée au démarrage du logiciel et porte sur la totalité du logiciel. Cette somme de contrôle est comparée à une valeur de référence cachée dans le code exécutable. En cas de désaccord, le logiciel ne démarre pas. La fenêtre du programme en cours est rafraîchie périodiquement et contrôle qu'il est toujours visible.

10.4.2 Méthode d'essai

Documentation: Les mesures pour empêcher toute modification du logiciel doivent être plausibles (par exemple, l'évaluation d'une somme de contrôle). Vérifier que les ensembles de données légalement applicables peuvent être uniquement produits par le logiciel dépendant des données soumis à l'essai de type.

Réalisation de l'essai: Modifier la suite des valeurs (par exemple afficher des "mSv" au lieu de "µSv") dans le code exécutable à l'aide d'un éditeur et faire fonctionner le logiciel. S'il démarre, l'exigence n'est pas satisfaite. Estimer par un contrôle visuel que des informations complémentaires sur l'écran ou l'impression ne peuvent pas être confondues avec les informations appartenant aux données de mesure pertinentes et que toutes les données pertinentes sont présentées.

10.5 Alarme et arrêt du système en cas de conditions de fonctionnement anormales

10.5.1 Exigences

Dans le cas de conditions de fonctionnement anormales apparaissant dans l'un des composants du système, le système dosimétrique doit s'arrêter de fonctionner

automatiquement et une alarme (audible et/ou visible) doit avertir l'opérateur. Ces conditions de fonctionnement anormales comprennent celles qui induisent de fausses lectures ou la perte de l'information de dose, par exemple une coupure de haute tension pour un tube photomultiplicateur, l'absence de papier dans l'imprimante, la température de chauffage du lecteur sortant du domaine de fonctionnement normal, le passage hors de portée d'un réseau local sans fil (WLAN), ou bien l'arrêt du logiciel commandant la mesure.

Pas plus d'une valeur indiquée ne doit être perdue du fait de conditions de fonctionnement anormales. Si la valeur indiquée ne satisfait pas aux exigences de la présente Norme en raison de conditions de fonctionnement anormales, cette valeur doit être accompagnée d'un message d'erreur. Une valeur au maximum doit être acceptée comme erronée par occurrence de condition de fonctionnement anormale.

10.5.2 Méthode d'essai

Documentation: Les mesures pour reconnaître un fonctionnement défectueux doivent être plausibles.

Réalisation de l'essai: Simuler des dysfonctionnements du matériel au cours de la lecture, par exemple déconnecter l'alimentation du système de chauffage, mettre un réseau local sans fil (WLAN) hors de portée, ou déconnecter le câble de transmission des données entre le lecteur et l'ordinateur. Si plusieurs valeurs indiquées sont perdues ou accompagnées d'un message d'erreur par dysfonctionnement simulé du matériel du fait d'une condition de fonctionnement anormale, l'exigence n'est pas satisfaite.

10.6 Contrôle des données d'entrée par le système dosimétrique

10.6.1 Exigences

Toutes les valeurs utilisées pour la détermination de la valeur indiquée, par exemple les coefficients d'étalonnage, le courant d'obscurité d'un photomultiplicateur ou la haute tension d'un photomultiplicateur doivent être sous le contrôle du système dosimétrique.

NOTE Une solution technique possible est de s'assurer que ces valeurs tombent dans les domaines fixés.

10.6.2 Méthode d'essai

Documentation: La méthode pour s'assurer que les paramètres de l'instrument sont dans leur domaine autorisé doit être plausible.

Réalisation de l'essai: Tenter de modifier certains paramètres de l'instrument pour qu'ils sortent de leur domaine, par exemple la haute tension du tube photomultiplicateur ou la pression d'azote. Si plusieurs détecteurs sont lus par erreur simulée de sortie de domaine, l'exigence n'est pas satisfaite.

10.7 Stockage des données

10.7.1 Exigences

- a) Paramètres des instruments: L'utilisateur ne doit pas avoir la possibilité de modifier les paramètres des instruments (par exemple les coefficients d'étalonnage, le domaine de haute tension d'un tube photomultiplicateur). Exception: Il doit n'être possible de modifier les paramètres des instruments que par l'intermédiaire d'accès spécifiques autorisés par le logiciel (par exemple, mesure d'étalonnage ou entrée de données par un utilisateur autorisé par un mot de passe dont la valeur par défaut est définie dans le manuel d'instructions et qui peut être changé par l'utilisateur). Un historique des valeurs et modifications de tous les paramètres doit être disponible pour l'utilisateur.

NOTE 1 Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données appartiennent à des ensembles de données bien définis. La totalité de l'ensemble de données est protégée par une somme de contrôle, au moins CRC-16 avec une valeur secrète de départ cachée dans le

fichier exécutable. Le logiciel lit l'ensemble de données, calcule la somme de contrôle et la compare à sa valeur nominale contenue dans l'ensemble de données. Si une modification quelconque est détectée dans un ensemble de données, celui-ci est marqué par le programme comme étant invalide et n'est plus utilisé.

- b) **Résultats de mesure:** Tous les résultats de mesure, y compris les informations pertinentes nécessaires pour retrouver la traçabilité et reconstruire la mesure que génère le résultat stocké (authenticité) doivent être enregistrés et stockés automatiquement après chaque mesure, sans aucune modification. Ils contiennent au minimum la date et l'heure de la lecture, l'identification du dosimètre (par exemple son numéro) et du lecteur, la valeur indiquée et les coefficients d'étalonnage utilisés. Ces données peuvent être produites sur des documents imprimés ou mémorisées sous forme électronique sur un disque dur en liaison avec un logiciel pour l'affichage des données: programme de visualisation qui est un "programme dépendant des données", voir Note en 10.2.1. Ce logiciel ne doit pas utiliser (par exemple, afficher ou imprimer) des données modifiées. De plus, le stockage à long terme doit avoir une capacité suffisante pour l'utilisation prévue. Les données doivent être protégées contre les risques de perte.

NOTE 2 Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données spécifiques à une mesure particulière sont combinées dans des ensembles de données bien définis et stockées dans un format binaire automatiquement après la mesure. La totalité de l'ensemble de données est protégée par une somme de contrôle, au moins CRC-16 avec une valeur secrète de départ cachée dans le fichier exécutable. Cet ensemble de données n'a pas à contenir les paramètres des instruments, mais uniquement les informations permettant de situer où les paramètres réels des instruments sont disponibles, par exemple le nom de fichier, l'emplacement et la date et l'heure du fichier. Le programme de visualisation lit les données mémorisées, calcule la somme de contrôle et la compare à sa valeur nominale contenue dans le fichier de données. Si une modification quelconque est détectée dans un ensemble de données, celui-ci est marqué par le programme comme étant invalide et n'est plus utilisé. Les données sont mémorisées sur deux disques durs supervisés par un contrôleur RAID. Le logiciel active la protection en écriture du système d'exploitation.

10.7.2 Méthode d'essai

Documentation: Le mode d'enregistrement des données et des mesures pour prévenir toute modification ou perte de ces données, par exemple la procédure d'évaluation de la somme de contrôle, doit être apparemment efficace (par exemple, il doit couvrir la totalité de l'ensemble de données et une formule permettant de calculer la capacité de stockage restante doit être appliquée). Toutes les informations pour retrouver la traçabilité et reconstruire la mesure doivent être incluses. Si une somme de contrôle ou une signature est utilisée, le logiciel de lecture et d'affichage des données (programme de visualisation) doit calculer la somme de contrôle et la comparer à la valeur nominale contenue dans l'ensemble de données.

Réalisation des essais:

- a) S'assurer que toutes les données pertinentes nécessaires pour reconstruire la mesure sont stockées dans un fichier de données juste après une mesure et qu'il n'y a pas de bouton ou de menu pour interrompre ou désactiver le stockage automatique.
- b) Tenter de modifier les paramètres de l'instrument ou les valeurs indiquées par l'intermédiaire du logiciel lui-même. Si c'est possible sans connaissances particulières, par exemple un mot de passe ou des détails sur la structure du logiciel, l'exigence n'est pas satisfaite.
- c) Ouvrir un fichier de données à l'aide d'un éditeur et modifier quelques bits isolés, puis fermer le fichier. Si le logiciel du système dosimétrique continue à lire le fichier de données et fournit les valeurs modifiées, l'exigence n'est pas satisfaite.
- d) Tenter d'effacer le fichier de données du disque dur en utilisant une commande normale du système d'exploitation. Si c'est possible sans avertissement ou connaissances particulières, par exemple un mot de passe ou des détails sur la structure du logiciel, l'exigence n'est pas satisfaite.
- e) Vérifier qu'un avertissement est donné et que la mesure est arrêtée dans le cas où le stockage est plein ou retiré.
- f) Dans le cas où les données sont imprimées et mémorisées, s'assurer qu'elles sont identiques dans les deux cas.

Pour le stockage des données à long terme, il est nécessaire de prendre en considération la durée limitée (par exemple quelques années) des lecteurs disponibles vis à vis des formats de données (par exemple un CD ou un DVD).

10.8 Transmission des données

10.8.1 Exigences

Dans le cas où les données sont transmises d'un élément à un autre (par exemple d'un lecteur à un PC), ces données doivent contenir toutes les informations nécessaires à la poursuite correcte du processus. Il doit être impossible de modifier, d'effacer ou d'ajouter quoi que ce soit. De plus, la partie réceptrice du système dosimétrique, par exemple l'ordinateur, doit s'assurer que les données reçues sont authentiques. Cela signifie que l'on doit reconnaître si les données proviennent d'un autre appareil que le lecteur ou le dosimètre attribué au système dosimétrique. Dans le cas où la connexion entre les parties impliquées dans une transmission est indisponible ou retarde la transmission, au maximum une valeur indiquée doit être perdue. Dans le cas d'un ensemble de données transmis de manière incorrecte (bien que le protocole de transmission ait tenté de répéter la transmission jusqu'à son succès), cet ensemble de données ne doit pas être utilisé.

NOTE Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données transmises appartiennent à des ensembles de données bien définis incluant la date et l'heure de création de l'ensemble de données, un numéro d'exécution, une identification de la partie émettrice, par exemple le numéro de série du lecteur et la donnée correspondante. La totalité de l'ensemble de données est protégée par une somme de contrôle, au moins CRC-16 avec une valeur secrète de départ cachée dans le fichier exécutable. Le lecteur chiffre les données transmises au logiciel avec une clé connue uniquement par le logiciel soumis à l'essai de type (par exemple son code de hachage) lors d'une séquence d'établissement de liaison. La partie réceptrice, par exemple l'ordinateur, vérifie les données contenues en s'assurant qu'aucun numéro d'exécution ne manque (ou est en double) et que l'identification de la partie émettrice est correcte. Dans le cas d'un ensemble de données transmis incorrect, celui-ci est marqué par le programme comme étant invalide et n'est plus utilisé.

10.8.2 Méthode d'essai

Documentation: Toutes les informations nécessaires pour retrouver la traçabilité et pour poursuivre le traitement des données de mesure doivent être contenues dans l'ensemble de données. Si une somme de contrôle ou une signature est utilisée, le logiciel qui reçoit les données doit calculer la somme de contrôle et la comparer à la valeur nominale contenue dans l'ensemble de données. Les données secrètes (par exemple la valeur initiale de la clé le cas échéant) doivent le rester vis à vis d'outils simples d'espionnage. Vérifier que les données possèdent une signature numérique pour garantir leur identification correcte et leur authentification.

Réalisation de l'essai: Des vérifications ponctuelles doivent montrer qu'aucune donnée pertinente n'est perdue du fait d'une interruption de transmission (par exemple, déconnexion d'un câble ou mise hors de portée d'un réseau local sans fil (WLAN)).

10.9 Interfaces matérielles et interfaces logicielles

10.9.1 Exigences

L'influence des commandes entrées ou des valeurs reçues via les interfaces (par exemple, une interface utilisateur telle qu'un clavier, des interfaces logicielles) sur les données et fonctions de l'instrument doit se limiter aux seules influences admissibles. Toutes les commandes ou valeurs sont à définir, c'est-à-dire, soit elles doivent avoir un sens et leur traitement par l'instrument doit être possible, soit l'instrument doit les identifier comme invalides. Les commandes invalides ne doivent avoir aucun effet, quel qu'il soit, sur les données et fonctions de l'instrument.

NOTE 1 En principe, il est possible de contourner une interface de logiciel. Cela peut habituellement être exclu par séparation du logiciel, voir Note du 10.2.1, quand la partie dépendant des données du logiciel est réalisée dans un fichier binaire séparé.

NOTE 2 Une solution technique possible est:

Interfaces utilisateurs: Un module dans le logiciel dépendant des données élimine les commandes inadmissibles. Seul ce module reçoit des commandes et il n'y a pas de dérogation possible. Toute entrée erronée est bloquée. Quand il entre des commandes, l'utilisateur est sous le contrôle d'un module logiciel spécifique ou guidé par celui-ci. Ce module guidé est indissociable du module qui élimine les commandes inadmissibles.

Interfaces logicielles: Un module logiciel reçoit et interprète les commandes de l'interface. Ce module appartient au logiciel dépendant des données. Il ne transmet que les commandes autorisées aux autres modules logiciels dépendant des données. Toute commande inconnue ou non autorisée est rejetée et n'a pas d'impact sur le logiciel dépendant des données ou sur les données de mesure.

10.9.2 Méthode d'essai

Documentation: La liste des commandes et paramètres acceptés par les interfaces du matériel et du logiciel doit être apparemment complète. Par exemple, si sur la base de cette liste et des informations concernant la structure du logiciel il n'est pas possible de réaliser un étalonnage, la liste ne peut être complète.

Réalisation de l'essai: En utilisant le logiciel fourni et les équipements périphériques, réaliser les essais pratiques (vérifications ponctuelles) avec les commandes documentées et également les commandes non documentées et vérifier par essai toutes les commandes des éventuels menus. Si un logiciel accessoire accompagne le système dosimétrique pour utiliser l'interface via un ordinateur supplémentaire, pour certaines des commandes disponibles, il doit être vérifié que le système dosimétrique fonctionne comme indiqué dans la documentation. De plus, certaines autres commandes doivent être fournies. Si ceci affecte le système dosimétrique, l'exigence n'est pas satisfaite.

10.10 Documentation pour l'essai concernant le logiciel

10.10.1 Exigences

- a) Documentation du manuel d'instructions: Toutes les parties concernant la dosimétrie, les menus et sous-menus du logiciel, y compris le programme de visualisation pour la lecture et l'affichage des données mémorisées, doivent être décrits dans le manuel d'instructions, voir l'Article 9.
- b) Documentation pour l'essai de type: En plus de la documentation du manuel, les informations suivantes doivent être données par le fabricant pour l'essai de type:
 - une description de la structure du logiciel, incluant les fonctions logicielles dépendant des données et la signification de ces données; en cas de séparation logicielle, une description de l'interface logicielle; les mesures pour protéger le logiciel; voir 10.2;
 - la méthode pour reconnaître le numéro d'identification, voir 10.3;
 - les mesures pour prévenir toute modification du logiciel et des données présentées et comment leur authenticité est garantie, voir 10.4;
 - les mesures pour reconnaître les pannes de fonctionnement, voir 10.5;
 - une liste de tous les paramètres, leurs domaines et leurs valeurs nominales, la méthode pour s'assurer que les paramètres sont dans les domaines autorisés, où ils sont mémorisés et comment ils peuvent être visualisés, y compris leur historique; voir 10.6;
 - la méthode de stockage automatique des données; une description de tous les champs d'un ensemble de données; la méthode utilisée pour garantir leur authenticité; la gestion des cas exceptionnels lors du stockage de données (par exemple stockage de la totalité); la méthode du programme de visualisation pour détecter les corruptions; les mesures pour empêcher toute modification ou perte des données enregistrées; voir 10.7;
 - la méthode de transmission des données; une description de tous les champs d'un ensemble de données; la méthode utilisée pour garantir leur authenticité; la gestion des cas exceptionnels lors de la transmission de données (par exemple un câble déconnecté); les mesures pour empêcher toute modification, perte ou addition aux données transmises, voir 10.8;
 - une description de l'interface logicielle, en particulier quels domaines de données réalisent l'interface; une liste complète des commandes et paramètres acceptés par

les interfaces du matériel et du logiciel, comportant une déclaration indiquant que cette liste est complète, et une brève description de chaque commande; voir 10.9;

- les caractéristiques nécessaires du système d'exploitation et du matériel de l'ordinateur;
- une description générale des aspects de sécurité du système d'exploitation, par exemple, la protection, les comptes et privilèges des utilisateurs.

NOTE Ces informations peuvent être confidentielles et utilisées uniquement par le laboratoire d'essai pour les besoins des essais de type.

10.10.2 Méthode d'essai

Documentation: Vérifier que toute la documentation exigée en 10.10.1 est complète, disponible et conforme à son objectif.

Réalisation de l'essai: En utilisant le logiciel au cours des essais de type, de nombreux menus sont utilisés. Tous doivent être documentés dans le manuel d'instructions. Le reste des menus doit être vérifié en "jouant" sur le logiciel en fonctionnement et en comparant les parties correspondantes du manuel d'instructions. Si tous les menus trouvés dans le logiciel et dans le manuel d'instructions ne correspondent pas, l'exigence n'est pas satisfaite.

11 Exigences de performances et essais sous rayonnement (système dosimétrique)

11.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence considérées dans cet article sont de type F, voir 3.15.

Si le système dosimétrique utilise plusieurs signaux pour l'évaluation de la valeur indiquée, l'Article 12 doit être considéré. Les informations nécessaires pour l'essai selon l'Article 12 doivent être obtenues au cours des essais selon l'Article 11.

Si le système dosimétrique est destiné à mesurer à la fois le rayonnement photonique et le rayonnement bêta et s'il utilise le même signal pour l'évaluation de la valeur indiquée pour les deux types de rayonnement, la même qualité de rayonnement de référence est alors à choisir pour les deux types de rayonnement.

Ceci correspond à la pratique: Si un seul signal (et donc un détecteur) est utilisé, un seul coefficient d'étalonnage peut être appliqué; il faut qu'il soit le même à la fois pour le rayonnement photonique et le rayonnement bêta. Ainsi, il est nécessaire que la qualité du rayonnement de référence soit la même pour la dépendance en énergie des particules, l'angle d'incidence et le type de rayonnement.

11.2 Coefficient de variation

Les fluctuations statistiques de la valeur indiquée doivent satisfaire aux exigences de la ligne 6 des Tableaux 8 à 12.

L'essai doit être réalisé conjointement avec l'essai concernant la non-linéarité de la réponse. La méthode d'essai est décrite au 11.3 suivant.

11.3 Non-linéarité

11.3.1 Exigences

La variation de la réponse due à une modification de l'équivalent de dose ne doit pas être supérieure aux valeurs données à la ligne 7 des Tableaux 8 à 12 sur l'ensemble de l'étendue de mesure des rayonnements de référence photon et/ou bêta.

11.3.2 Méthode d'essai

a) Source à utiliser

Les essais doivent être réalisés avec un rayonnement de sources de ^{137}Cs ou ^{60}Co . Si le dosimètre comporte des détecteurs séparés pour le rayonnement photonique et le rayonnement bêta, l'essai doit être réalisé avec une source de rayonnement bêta également, par exemple $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$. Durant les essais, le dosimètre doit être exposé au rayonnement sur le fantôme requis (voir 5.1.5) dans la direction de référence.

NOTE Les expositions peuvent être effectuées à l'air libre si c'est le facteur de correction pour l'exposition à l'air libre qui est appliqué au lieu de celui appliqué sur le fantôme. Ce facteur de correction est spécifique au dosimètre en cours d'essai et à la qualité de rayonnement utilisé. Il est donc déterminé spécifiquement.

b) Essais à réaliser

Les essais doivent être réalisés séparément pour les rayonnements photoniques ou les rayonnements bêta (le type de rayonnement pour lequel le système dosimétrique est spécifié).

La réponse doit être mesurée pour au moins trois valeurs de dose dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure. Ces trois valeurs doivent correspondre à environ 20 %, 40 % et 80 % de chaque ordre complet de grandeur et être proches des variations de domaine (si elles sont connues). Au total, n mesures répétées de chacune des w valeurs de dose doivent être effectuées.

Pour chaque dose C_i , la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

11.3.3 Interprétation des résultats

Si l'utilisation des w valeurs du coefficient de variation et des valeurs de c_1 et c_2 données dans le Tableau 2 montre que

- pour les valeurs de dose $w - 2$, le coefficient de variation est inférieur à c_1 fois les limites données à la ligne 6 des Tableaux 8 à 12 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 à la ligne 6 des Tableaux 8 à 12,

alors l'exigence de 11.2 est considérée comme satisfaite.

NOTE 1 Cette méthode d'essai est expliquée en détail dans le document de Brunzendorf et Behrens (2007), voir la bibliographie. Elle prend en compte le fait qu'il n'est pas possible de mesurer le coefficient de variation avec précision et facilement. Par conséquent, l'essai incorpore la méthode statistique d'un test de Khi-carré unilatéral. Un système dosimétrique ayant un coefficient de variation équivalent à 0,9 fois la limite requise réussit l'essai avec une probabilité d'environ 80 %. Un système dosimétrique ayant un coefficient de variation équivalent à 1,1 fois la limite requise échoue à l'essai avec une probabilité de 80 %.

NOTE 2 Si l'interprétation des résultats est telle que "pour chaque dose C_i , la valeur $s_i / \bar{G}_i$ n'est pas plus élevée que la limite exigée indiquée à la ligne 6 des Tableaux 8 à 12 (méthode d'essai en cours)", alors un système dosimétrique ayant un coefficient de variation équivalent à 0,9 fois la limite requise ne réussit pas l'essai avec une probabilité d'environ 98 %. Cela peut s'expliquer ainsi: si l'exigence de la méthode d'essai " $s_i / \bar{G}_i$ est plus élevée que la valeur requise" est satisfaite avec une probabilité d'environ 85 %, alors le vrai coefficient de variation n'est pas plus élevé que 0,63 fois la limite requise.

Si, de plus, pour chacun des neuf groupes résultants (valeurs de dose C_i), l'inégalité

$$0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}} \text{ est valide et}$$

$$0,95 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,05 + U_{C,\text{com}} \text{ est valide pour le domaine restreint pour}$$

$H'(0,07)$ et $H^*(10)$ (voir ligne 7 des Tableaux 11 et 12), alors l'exigence de 11.3.1 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies

$U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Si $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

Tableau 2 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w valeurs de dose différentes 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

11.4 Caractéristiques de surexposition, rémanence et réutilisation

11.4.1 Exigences

Les exigences se subdivisent en trois parties:

a) Reconnaissance d'une surexposition

Quand le dosimètre est exposé avec une forte dose, comme indiqué à la ligne 8 des Tableaux 8 à 12, la valeur indiquée ne doit pas être inférieure à H_{max} et le système doit afficher un message de surexposition.

b) Rémanence

Si un dosimètre exposé à des doses élevées présente une rémanence sur les mesures suivantes, des dispositions appropriées doivent être prises pour assurer que les exigences de la présente Norme sont satisfaites dans les mesures suivantes.

c) Réutilisation

Si les dosimètres ne peuvent être réutilisés indéfiniment ou si leur utilisabilité dépend de leur histoire, le fabricant le précise, voir 7.5. Souvent, une dose élevée au cours de l'exposition précédente affecte négativement la réutilisation.

11.4.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, quatre groupes de dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Groupe 1: groupe de référence: n (≥ 5) dosimètres doivent être exposés à $C_{r,0}$, voir le Tableau 7.

Groupe 2: un dosimètre doit être exposé à un équivalent de forte dose comme indiqué à la ligne 8 des Tableaux 8 à 12.

- Groupe 3: $n (\geq 10)$ dosimètres doivent être exposés à un équivalent de dose égal à la limite inférieure de l'étendue de mesure, $H_{\min}$.
- Groupe 4: $n (\geq 10)$ dosimètres doivent être exposés à la dose jusqu'à laquelle ils restent réutilisables. Cette dose est donnée par le fabricant, voir 7.5. La méthode habituelle de préparation des dosimètres pour une nouvelle exposition doit ensuite être appliquée. Les dosimètres doivent finalement être exposés à un équivalent de dose égal à la limite inférieure de l'étendue de mesure, $H_{\min}$.

Les dosimètres doivent être lus dans cet ordre.

Pour chaque valeur de dose, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

11.4.3 Interprétation des résultats

La valeur indiquée du second groupe (un seul dosimètre) doit être au moins la limite supérieure de l'étendue de mesure, $H_{\max}$, ou un message de surexposition doit être affiché par le système.

Si pour les trois autres groupes de dosimètres, l'inégalité $0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{G_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}}$ est valide et pour les groupes 3 et 4, la valeur $\frac{s_i}{\bar{G}_i}$ est plus petite que les valeurs données à la ligne 6 des Tableaux 8 à 12, alors les exigences de 11.4.1 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.5 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ ou $H^*(10)$

11.5.1 Rayonnement photonique

11.5.1.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à une modification de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence dans les domaines assignés ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 9 des Tableaux 8 et 11 respectivement pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$.

11.5.1.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement suivantes spécifiées dans l'ISO 4037 doivent être utilisées:

N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300,
S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV).

Les expositions doivent être réalisées pour les énergies et angles d'incidence α du Tableau 3:

Tableau 3 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ et $H^*(10)$

α	Dosimètres $H_p(10)$ (expositions sur fantôme, voir 5.1.5)	Dosimètres $H^*(10)$ (expositions à l'air libre)
0°	Pour toutes les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est située dans le domaine d'énergie assigné	Pour toutes les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est située dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 60^\circ$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 75^\circ$	Dans le cas où $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné, dans le cas contraire, non obligatoire	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm \alpha_{\max}$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
90°	Cet essai est décrit en 11.8	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm (180^\circ - \alpha_{\max})$	Aucun essai	Comme pour $\alpha_{\max}$, non nécessaire si le badge est symétrique
$\pm 105^\circ$	Aucun essai	Comme pour 75°, non nécessaire si le badge est symétrique
$\pm 120^\circ$	Aucun essai	Comme pour 60°, non nécessaire si le badge est symétrique
180°	Aucun essai	Comme pour l'angle d'incidence de 0°, non nécessaire si le badge est symétrique

NOTE 1 Le badge est symétrique si tous les composants y compris les filtres sont symétriques par rapport à un plan passant par le centre du détecteur et perpendiculaire à la direction de référence.

Pour $\alpha \neq 0^\circ$ et pour $\alpha \neq 180^\circ$, les essais doivent être réalisés dans deux plans perpendiculaires parallèles à la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre. Différentes directions pour un angle d'incidence (par exemple $+60^\circ$ et -60°) ne doivent faire l'objet d'une exposition que si la construction du dosimètre n'est pas symétrique par rapport à un changement de cette direction.

Pour les dosimètres $H^*(10)$ et $\alpha = 90^\circ$, le dosimètre doit tourner autour de sa direction de référence pendant l'exposition. Si aucune rotation n'est possible, huit expositions consécutives peuvent être réalisées avec des angles polaires différents par pas de 45° , sur le même dosimètre. Lorsque $\alpha = 90^\circ$, la direction de référence est orientée perpendiculairement au faisceau de rayonnement.

Pour les dosimètres non-symétriques $H_p(10)$ (voir la Note 1 et 8.4 f)), le dosimètre doit, en plus de l'essai normal, être placé sur la face frontale du fantôme avec sa face arrière vers la source d'exposition (en contrôlant si le port dans la mauvaise direction donne de mauvais résultats).

Pour chaque qualité de rayonnement, la valeur moyenne $\overline{G}_i$ indiquée et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

NOTE 2 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple N-30, 60° (par dessus). Cela signifie que pour un même angle d'incidence, les différentes directions (horizontale de la droite et de la gauche; verticale du haut et du bas) ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(10)$, pour chacune des trois énergies de rayonnement les plus basses, au moins cinq groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° et quatre à 60° .

NOTE 4 Pour un dosimètre $H^*(10)$, pour chacune des trois énergies de rayonnement les plus basses, au moins dix groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° , quatre à 60° , quatre à 75° et un à 90° .

11.5.1.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque qualité de rayonnement, l'inégalité $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ est valide, alors, l'exigence de 11.5.1.1 est considérée comme satisfaite. Les valeurs pour $r_{\min}$ et $r_{\max}$ sont données à la ligne 9 des Tableaux 8 et 11.

Exception: Dans le cas où l'expression $\left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ pour l'angle d'incidence de 0° ne s'écarte que de 0,05 ou moins par rapport à la limite autorisée et qu'aucune exposition angulaire n'a été réalisée à cette énergie, les expositions angulaires correspondantes sont à réaliser pour ces énergies particulières.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.5.2 Rayonnement bêta

11.5.2.1 Exigences

Puisque le dosimètre est destiné à la mesure de $H_p(10)$ ou $H^*(10)$, la valeur indiquée due au rayonnement bêta d'énergies allant jusqu'à l'énergie équivalente au $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ doit être inférieure à $0,1 \cdot H_p(0,07)$ (voir ligne 10 des Tableaux 8 et 11).

NOTE Pour le rayonnement bêta, $H_p(10)$ et $H^*(10)$ ne sont pas les grandeurs pertinentes pour estimer l'équivalent de dose efficace.

11.5.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme comme requis (voir 5.1.5). Exposer n (≥ 4) dosimètres à un rayonnement de référence bêta, spécifié dans l'ISO 6980, sous un angle d'incidence de 0° :

– $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (énergie moyenne $\approx 0,8$ MeV).

L'équivalent de dose doit être au moins de $H_p(0,07) = 10 \text{ mSv} = C$.

NOTE L'ISO 6980 donne des détails relatifs au rayonnement de référence et à la procédure d'étalonnage.

Pour cette qualité de rayonnement, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

11.5.2.3 Interprétation des résultats

Si $\bar{G} + U_m \leq 0,1 \cdot C$ est valide, alors l'exigence de 11.5.2.1 est considérée comme satisfaite.

U_m est calculée au moyen de l'Equation (A.3).

11.6 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$

11.6.1 Rayonnement photonique

11.6.1.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à la modification de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement dans les domaines assignés ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 9 du Tableau 9.

11.6.1.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement suivantes spécifiées dans l'ISO 4037 doivent être utilisées:

N-10, N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300, S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV). Dans la mesure où aucun coefficient de conversion pour la conversion du kerma, K_a , en équivalent de dose individuel, $H_p(3)$, n'est disponible dans l'ISO 4037-3, les valeurs données à l'Annexe F doivent être utilisées.

Les expositions doivent être réalisées pour les énergies et angles d'incidence α du Tableau 4:

Tableau 4 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$

α	Dosimètres $H_p(3)$ (expositions sur fantôme, voir 5.1.5)
0°	Pour toutes les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est située dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 60^\circ$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 75^\circ$	Dans le cas où $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné, dans le cas contraire, non obligatoire
$\pm \alpha_{\max}$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
90°	Cet essai est décrit en 11.8

NOTE 1 Le badge est symétrique si tous les composants y compris les filtres sont symétriques par rapport à un plan passant par le centre du détecteur et perpendiculaire à la direction de référence.

Pour $\alpha \neq 0^\circ$ et pour $\alpha \neq 180^\circ$, les essais doivent être réalisés dans deux plans perpendiculaires parallèles à la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre. Différentes directions pour un angle d'incidence (par exemple $+60^\circ$ et -60°) doivent être exposées seulement si la construction du dosimètre n'est pas symétrique par rapport à un changement de cette direction.

Pour les dosimètres non-symétriques $H_p(3)$ (voir la Note 1 et 8.4 f)), le dosimètre doit, en plus de l'essai normal, être placé sur la face frontale du fantôme avec sa face arrière vers la source d'exposition (en contrôlant si le port dans la mauvaise direction donne des résultats incorrects).

Pour chaque qualité de rayonnement, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

NOTE 2 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple N-30, 60° (par dessus). Cela signifie que pour un même angle d'incidence, les différentes directions (horizontales de la droite et de la gauche; verticales du haut et du bas) ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(3)$, pour chacune des trois énergies de rayonnement les plus basses, au moins cinq groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° et quatre à 60° .

11.6.1.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque qualité de rayonnement, l'inégalité $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ est valide, alors, l'exigence de 11.6.1.1 est considérée comme satisfaite. Les valeurs pour $r_{\min}$ et $r_{\max}$ sont données à la ligne 9 du Tableau 9.

Exception: Dans le cas où l'expression $\left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ pour l'angle d'incidence de 0° ne s'écarte que de 0,05 ou moins par rapport à la limite autorisée, et qu'aucune exposition angulaire n'a été réalisée à cette énergie, les expositions angulaires correspondantes sont à réaliser pour ces énergies particulières.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.6.2 Rayonnement bêta

11.6.2.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à la modification de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta dans les domaines assignés ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 10 du Tableau 9.

11.6.2.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement de référence suivantes spécifiées dans l'ISO 6980 doivent être utilisées:

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (énergie moyenne $\approx 0,8$ MeV); $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ (énergie moyenne $\approx 1,2$ MeV).

Dans la mesure où aucun coefficient de conversion pour la conversion de la dose individuelle absorbée à une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose individuel, $H_p(3)$, n'est disponible dans l'ISO 6980-3, les valeurs données à l'Annexe G doivent être utilisées.

Les essais doivent être réalisés pour les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est dans le domaine d'énergie assigné. Les angles d'incidence doivent être de: $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm 75^\circ$ s'ils sont inclus dans le domaine assigné d'angle d'incidence, dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

Pour chaque qualité de rayonnement, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

NOTE 1 L'ISO 6980 donne des détails relatifs au rayonnement de référence et à la procédure d'étalonnage.

NOTE 2 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple Sr-90, 60° (par dessus). Cela signifie que pour un même angle d'incidence, les différentes directions (horizontales de la droite et de la gauche; verticales du haut et du bas) ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(3)$, pour chacune des deux énergies de rayonnement les plus basses, au moins cinq groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° et quatre à 60° .

11.6.2.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque qualité de rayonnement, l'inégalité $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{G_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ est valide, alors, l'exigence de 11.6.2.1 est considérée comme satisfaite. Les valeurs pour $r_{\min}$ et $r_{\max}$ sont données à la ligne 10 du Tableau 9.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.7 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ ou $H'(0,07)$

11.7.1 Rayonnement photonique

11.7.1.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à une modification de l'énergie du rayonnement ou de l'angle d'incidence dans les domaines assignés ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 9 des Tableaux 10 et 12 respectivement pour $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$.

11.7.1.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement suivantes spécifiées dans l'ISO 4037 doivent être utilisées:

N-10, N-15, N-20, N-30, N-40, N-60, N-80, N-100, N-150, N-200, N-300, S-Cs (^{137}Cs), S-Co (^{60}Co), R-C (4,4 MeV), R-F (6,7 MeV). Dans la mesure où aucun coefficient de conversion pour la conversion du kerma, K_a , en équivalent de dose individuel, $H_p(0,07)$, et en équivalent de dose directionnel, $H'(0,07)$, n'est disponible dans l'ISO 4037-3 pour S-Cs, S-Co, R-C et R-F, les valeurs données à l'Annexe F doivent être utilisées.

Les expositions doivent être réalisées pour les énergies et angles d'incidence α du Tableau 5:

Tableau 5 – Expositions angulaires pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$

α	Dosimètres $H_p(0,07)$ (expositions sur fantôme, voir 5.1.5)	Dosimètres $H'(0,07)$ (expositions à l'air libre)
0°	Pour toutes les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est située dans le domaine d'énergie assigné	Pour toutes les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est située dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 60^\circ$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 75^\circ$	Dans le cas où $75^\circ \leq \alpha_{\max}$: Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné, dans le cas contraire, non obligatoire	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm \alpha_{\max}$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
90°	Cet essai est décrit en 11.8	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm (180^\circ - \alpha_{\max})$	Aucun essai	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
$\pm 105^\circ$	Aucun essai	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné

α	Dosimètres $H_p(0,07)$ (expositions sur fantôme, voir 5.1.5)	Dosimètres $H'(0,07)$ (expositions à l'air libre)
$\pm 120^\circ$	Aucun essai	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
180°	Aucun essai	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné

NOTE 1 Le badge est symétrique si tous les composants y compris les filtres sont symétriques par rapport à un plan passant par le centre du détecteur et perpendiculaire à la direction de référence.

Pour $\alpha \neq 0^\circ$ et pour $\alpha \neq 180^\circ$, les essais doivent être réalisés dans deux plans perpendiculaires parallèles à la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre. Différentes directions pour un angle d'incidence (par exemple $+60^\circ$ et -60°) doivent être exposées seulement si la construction du dosimètre n'est pas symétrique par rapport à un changement de cette direction.

Pour les dosimètres $H'(0,07)$ et $\alpha = 90^\circ$, le dosimètre doit tourner autour de sa direction de référence pendant l'exposition. Si aucune rotation n'est possible, huit expositions consécutives peuvent être réalisées avec des angles polaires différents par pas de 45° sur le même dosimètre. Lorsque $\alpha = 90^\circ$, la direction de référence est orientée perpendiculairement au faisceau de rayonnement.

Pour les dosimètres non-symétriques $H_p(0,07)$ (voir la Note 1 et 8.4 f)), le dosimètre doit, en plus de l'essai normal, être placé sur la face frontale du fantôme avec sa face arrière vers la source d'exposition (en contrôlant si le port dans la mauvaise direction donne des résultats incorrects).

Pour chaque qualité de rayonnement, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

NOTE 2 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple N-30, 60° (par dessus). Cela signifie que pour un même angle d'incidence, les différentes directions (horizontales de la droite et de la gauche; verticales du haut et du bas) ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(0,07)$, pour chacune des trois énergies de rayonnement les plus basses, au moins cinq groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° et quatre à 60° .

NOTE 4 Pour un dosimètre $H'(0,07)$, pour chacune des trois énergies de rayonnement les plus basses, au moins dix groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° , quatre à 60° , quatre à 75° et un à 90° .

11.7.1.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque qualité de rayonnement, l'inégalité $r_{\min} - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,\text{com}}$ est valide, alors, l'exigence de 11.7.1.1 est considérée comme satisfaite. Les valeurs pour $r_{\min}$ et $r_{\max}$ sont données à la ligne 9 des Tableaux 10 et 12.

Exception: Dans le cas où l'expression $\left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i}$ pour l'angle d'incidence de 0° ne s'écarte que de 0,05 ou moins par rapport à la limite autorisée, et qu'aucune exposition angulaire n'a été réalisée à cette énergie, les expositions angulaires correspondantes sont à réaliser pour ces énergies particulières.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour

les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,rel; r,0}$ et $U_{C,rel; i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,rel}$, voir 5.2.2.

11.7.2 Rayonnement bêta

11.7.2.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à la modification de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta dans les domaines assignés ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 10 des Tableaux 10 et 12.

Si ces exigences ne sont pas satisfaites, les exigences de 11.9 doivent être satisfaites.

NOTE Le 11.7.2 concerne la mesure de la dose de rayonnement bêta. Le paragraphe 11.9 concerne l'indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta.

11.7.2.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement de référence suivantes spécifiées dans l'ISO 6980 doivent être utilisées:

^{147}Pm (énergie moyenne $\approx 0,06$ MeV); ^{204}Tl ou ^{85}Kr (énergie moyenne $\approx 0,2$ MeV);

$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (énergie moyenne $\approx 0,8$ MeV); $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ (énergie moyenne $\approx 1,2$ MeV).

Dans la mesure où aucun coefficient de conversion pour la conversion de la dose individuelle absorbée à une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose individuel, $H_p(0,07)$, n'est disponible dans l'ISO 6980-3 pour $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, les valeurs données à l'Annexe G doivent être utilisées.

Les essais doivent être réalisés pour les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est dans le domaine d'énergie assigné. Les angles d'incidence doivent être de $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, ainsi que $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm 75^\circ$ s'ils sont inclus dans le domaine assigné d'angle d'incidence, dans deux plans perpendiculaires contenant la direction de référence et passant par le point de référence du dosimètre.

Pour chaque qualité de rayonnement, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

NOTE 1 L'ISO 6980 donne des détails relatifs au rayonnement de référence et à la procédure d'étalonnage.

NOTE 2 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple Kr-85, 60° (par dessus). Cela signifie que pour un même angle d'incidence, les différentes directions (horizontales de la droite et de la gauche; verticales du haut et du bas) ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(0,07)$, pour l'énergie de rayonnement la plus basse ou pour chacune des deux énergies de rayonnement les plus basses, au moins cinq groupes de dosimètres sont exposés: un à 0° et quatre à 60° .

11.7.2.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque qualité de rayonnement, l'inégalité

$$r_{\min} - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq r_{\max} + U_{C,com}$$

est valide, alors, l'exigence de 11.7.2.1 est considérée comme satisfaite. Les valeurs pour $r_{\min}$ et $r_{\max}$ sont données à la ligne 10 des Tableaux 10 et 12.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative élargie composée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ des valeurs conventionnellement vraies respectivement de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ceci doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.8 Réponse excessive à l'incidence du rayonnement par le côté du dosimètre $H_p(10)$, $H_p(3)$ ou $H_p(0,07)$

11.8.1 Exigences

Si le dosimètre est exposé à l'air libre par le côté (α_{max} à $180^\circ - \alpha_{\text{max}}$), la valeur indiquée ne doit pas être supérieure à 1,5 fois (ou 2 fois) la valeur indiquée qui résulterait d'une exposition à l'air libre avec la même qualité de rayonnement par la face (0°) pour les dosimètres $H_p(10)$ et $H_p(3)$ (pour les dosimètres $H_p(0,07)$, le facteur 2 s'applique). Cela doit être vérifié pour toutes les énergies de rayonnement du domaine d'énergie assigné.

NOTE 1 Cette exigence empêche l'acceptation d'un détecteur avec un matériau ayant un grand numéro atomique sans un blindage suffisant pouvant donner une réponse excessive par le côté.

NOTE 2 Si $\alpha_{\text{max}} = 60^\circ$, ceci signifie une exposition de 60° à 120° .

11.8.2 Méthode d'essai

Pour plusieurs énergies de rayonnement, l'essai peut être réalisé par examen des matériaux sur la face du ou des détecteurs et du matériau qui les entoure. Si l'on peut considérer que du fait des coefficients d'absorption physique, les matériaux situés sur le côté sont plus absorbants que de face, les essais pour ces énergies de rayonnement peuvent ne pas être effectués.

Pour les autres énergies de rayonnement, les expositions doivent être effectuées avec les angles polaires β (régions sur le côté du badge) auxquels le matériau qui les entoure semble ne pas être suffisamment épais. À ces "points faibles", au moins deux groupes de dosimètres doivent être exposés à l'air libre à un équivalent de dose ambiant $H^*(10) \approx 3 \text{ mSv}$:

Groupe 1: Les dosimètres doivent être exposés sous un angle d'incidence de 0° .
Autres groupes: L'exposition doit être réalisée sous un angle d'incidence β correspondant aux "points faibles". Pendant l'exposition, on doit faire varier l'angle azimutal d'incidence entre α_{max} et $180^\circ - \alpha_{\text{max}}$ par pas de 10° , 90° compris.

Des groupes différents doivent être exposés séparément pour chaque angle polaire β (c'est-à-dire, pour chaque "point faible").

NOTE Dans le cas de $\alpha_{\text{max}} = 60^\circ$, l'exposition de chaque badge est réalisée en cinq fractions équivalentes à 70° , 80° , 90° , 100° et 110° .

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

11.8.3 Interprétation des résultats

Si l'inégalité $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\text{max}} \text{ à } 180^\circ - \alpha_{\text{max}}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 1,5$ est valide pour des dosimètres $H_p(10)$ et $H_p(3)$ ou

si $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\text{max}} \text{ à } 180^\circ - \alpha_{\text{max}}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ est valide pour des dosimètres $H_p(0,07)$, alors, l'exigence

de 11.8.1 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

11.9 Indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta pour des dosimètres corps entier $H_p(0,07)$

Les exigences, la méthode d'essai et l'interprétation des résultats indiqués en 11.7.2 s'appliquent pour des angles d'incidence de 0° , voir la ligne 13 du Tableau 10. Pour des angles d'incidence de $\alpha = \pm 45^\circ$ les valeurs de la réponse doivent être mesurées et indiquées.

12 Réponse à des expositions mixtes (système dosimétrique)

12.1 Exigences

L'exigence suivante est satisfaite pour les systèmes dosimétriques n'utilisant qu'un seul signal et par conséquent un seul détecteur pour évaluer la valeur indiquée. Si on utilise plusieurs signaux et que l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée est soit une combinaison linéaire des signaux, soit une optimisation linéaire des signaux, cette exigence est satisfaite et aucun essai n'est exigé (l'algorithme est additif).

Si un quelconque couplage ou point de décision à partir duquel différentes méthodes (ou équations ou corrections) sont utilisées dans l'algorithme, l'essai doit alors être effectué pour contrôler l'algorithme d'évaluation du système dosimétrique pour des expositions mixtes. Exposition mixte signifie que le dosimètre est exposé à deux équivalents de dose produits par des qualités de rayonnement différentes. La différence de qualité des rayonnements peut être

- a) une différence des valeurs de dose, et/ou
- b) une différence sur la valeur d'une grandeur d'influence spécifique (par exemple énergie et angle d'incidence des rayonnements différents), ou
- c) un type de rayonnement différent si les essais du système dosimétrique concernent plusieurs types de rayonnement.

Exigence: La réponse relative à une exposition mixte doit se trouver dans le domaine de réponse, pondéré par les valeurs de dose respectives.

NOTE 1 Cette exigence assure que les résultats de l'essai selon la présente norme sont également valables si le dosimètre est exposé à des rayonnements à spectre large et/ou un mélange de plusieurs qualités de rayonnement.

NOTE 2 Dans ce contexte, la qualité du rayonnement est donnée par la notation conforme à l'ISO 4037 ou à l'ISO 6980 et l'angle d'incidence, par exemple N-30 et 45° d'angle d'incidence.

NOTE 3 Bien qu'il satisfasse à la présente Norme, un système dosimétrique avec un algorithme d'évaluation non additif peut avoir les caractéristiques suivantes: Deux dosimètres (A et B) sont exposés au même équivalent de dose (par exemple 20 mSv) d'une qualité de rayonnement (par exemple ^{137}Cs , 0°). Par la suite, le dosimètre A subit une exposition supplémentaire avec une autre qualité de rayonnement (par exemple 2 mSv, N-40, 0°). La valeur indiquée du dosimètre A (par exemple 21 mSv) peut être inférieure à celle du dosimètre B (par exemple 22 mSv). Pour les deux dosimètres, la réponse relative entre dans le domaine exigé, 0,71 à 1,67 (c'est-à-dire que l'exigence de 11.5.1 est satisfaite), mais la valeur indiquée n'est pas additive.

12.2 Méthode d'essai

12.2.1 Généralités

Cet essai est à effectuer à l'aide de calculs utilisant les signaux des éléments du dosimètre et l'algorithme d'évaluation du système dosimétrique. Il est donc nécessaire que le laboratoire d'essai accède à l'algorithme d'évaluation et aux signaux S_g des éléments des dosimètres.

12.2.2 Préparation de l'essai

Les réponses relatives des signaux des éléments du dosimètre obtenus pendant les essais selon 11.5, 11.6 et 11.7 doivent être utilisées. Toutes les qualités de rayonnement énumérées dans 11.5.1.2, 11.6.1.2, 11.6.2.2, 11.7.1.2, et 11.7.2.2 (selon le type de dosimètre) et tous les angles d'incidence allant de 0° jusqu'à l'angle assigné maximal par pas de 15° doivent être

pris en compte. Si le badge du dosimètre n'est pas symétrique, quatre directions différentes (haut, bas, gauche et droite) doivent être prises en compte pour chaque angle d'incidence.

Si les réponses relatives des signaux des éléments du dosimètre ne sont pas disponibles pour toutes les qualités de rayonnement et angles d'incidence, ces valeurs peuvent être déterminées par des mesures ou par des méthodes de Monte-Carlo, ces dernières devant être validées par des mesures.

Pour s'assurer que l'algorithme d'évaluation fourni par le fabricant est correct, l'essai suivant doit être effectué pour quelques qualités de rayonnement pour lesquelles des expositions ont été effectuées pendant les essais selon 11.5, 11.6 et 11.7: La valeur indiquée G_K , évaluée par le système dosimétrique, doit être comparée à la valeur indiquée correspondante $f(S_{g,K})$ calculée en utilisant les signaux $S_{g,K}$ des éléments de détecteur $g = 1..b$ et l'algorithme d'évaluation. Il faut que les valeurs soient égales, sinon le fabricant doit délivrer la fonction correcte $f(S_g)$ pour l'évaluation de la valeur indiquée.

12.2.3 Réalisation des essais

Des expositions mixtes utilisant les deux qualités de rayonnement K et L peuvent être simulées en calculant la somme des signaux $S_{g,K} + S_{g,L}$ pour chaque élément de détecteur g . La valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ pour la condition d'exposition mixte K+L pour la valeur conventionnellement vraie de la dose $C_{K+L} = C_K + C_L$ doit être calculée d'après cette somme. La valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ doit être déterminée pour toute combinaison possible de deux qualités de rayonnement K et L avec une énergie et un angle d'incidence différents dans le domaine assigné. Pour chaque combinaison de K et L, le rapport de C_K à C_L doit prendre les valeurs suivantes: 1:9, 2:8, .. jusqu'à 9:1 (neuf rapports différents). La dose totale doit être maintenue dans les conditions d'essai normales, voir la ligne 1 du Tableau 7.

La réponse relative doit être calculée selon $r = \frac{G_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{r,0}}{G_{r,0}}$ pour chaque combinaison décrite

ci-dessus. Une méthode informatique permettant d'exécuter l'ensemble de ces calculs est décrite à l'Annexe H.

NOTE À titre d'exemple, le domaine assigné commence à des photons de 33 keV jusqu'à 1,25 MeV et de 0° jusqu'à $\pm 60^\circ$ et à des rayonnements bêta de 0,2 MeV jusqu'à 0,8 MeV et de 0° jusqu'à $\pm 60^\circ$. Selon 11.7.1.2 et 11.7.2.2, neuf qualités de rayonnement photonique et deux qualités de rayonnement bêta sont utilisées. De plus, 17 angles d'incidence différents sont à considérer: 0°, 15°, 30°, 45° et 60°, les quatre derniers à partir de quatre directions différentes (haut, bas, gauche, droite), car on suppose que le badge du dosimètre n'est pas symétrique, quelle que soit la direction. En résumé, (9 + 2) énergies multipliées par 17 angles d'incidence multipliés par 9 rapports de dose produisent 1 683 contributions de qualités de rayonnement différentes. La combinaison de chaque contribution avec chacune des autres conduit à $1\,683 \cdot 1682/2 = 1\,415\,403$ combinaisons.

12.3 Interprétation des résultats

Toutes les réponses relatives calculées doivent être dans le domaine de variation autorisé de la réponse. Si différents domaines de réponse sont requis pour les différentes qualités de rayonnement K et L, le domaine de réponse pondéré avec les valeurs de dose respectives, C_K et C_L , doit être appliqué. La réponse pondérée doit être calculée comme suit: Les domaines de réponse pour les qualités de rayonnement K et L, $r_{\min,K} \dots r_{\max,K}$ et $r_{\min,L} \dots r_{\max,L}$, doivent être combinés avec les limites pondérées pour les valeurs de réponse

$$r_{\min,w} = \frac{r_{\min,K} \cdot C_K + r_{\min,L} \cdot C_L}{C_K + C_L} \text{ et } r_{\max,w} = \frac{r_{\max,K} \cdot C_K + r_{\max,L} \cdot C_L}{C_K + C_L}.$$

EXEMPLE $r_{\min,K} = 0,67$; $r_{\max,K} = 2,00$ et $r_{\min,L} = 0,71$; $r_{\max,L} = 1,67$ avec $C_K = 2$ mSv et $C_L = 8$ mSv. Ceci donne $r_{\min,w} = \frac{0,67 \cdot 2 \text{ mSv} + 0,71 \cdot 8 \text{ mSv}}{10 \text{ mSv}} = 0,70$

$$\text{et } r_{\max,w} = \frac{2,00 \cdot 2 \text{ mSv} + 1,67 \cdot 8 \text{ mSv}}{10 \text{ mSv}} = 1,74.$$

Dans ce cas l'exigence de 12.1 est considérée comme satisfaite.

13 Exigences et essais de performances d'environnement

13.1 Généralités

13.1.1 Exigences générales

Les grandeurs d'influence traitées dans cet article sont de type F et/ou de type S. Deux exigences différentes sont donc valables pour chaque grandeur d'influence: La première, comme si elle était de type F (le domaine de réponse relative, r , est limité) et la seconde, comme si elle était de type S (l'écart, D , est limité).

Pour le lecteur, seules des exigences concernant une utilisation habituelle en intérieur sont indiquées (variation de température et d'exposition à la lumière, par exemple chauffage par le soleil derrière une baie vitrée).

13.1.2 Méthode générale d'essai

Trois situations différentes peuvent se présenter:

- a) Lorsqu'il n'est pas clair si la grandeur d'influence agit comme un type S ou comme un type F, la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose doit être $7 \cdot H_{\min}$ sauf indication contraire dans le paragraphe respectif. Pour chaque groupe, $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés. Si le coefficient de variation de la valeur indiquée est trop grand pour estimer si les exigences sont satisfaites ou non, les dosimètres peuvent être exposés à un équivalent de dose supérieur si l'on suppose qu'il s'agit d'une grandeur d'influence de type F. Sinon, le nombre de dosimètres doit être augmenté, voir l'Article A.1.

NOTE Comme précisé ci-dessus, les grandeurs d'influence qui peuvent être de type S sont également limitées par une valeur maximale autorisée de variation de la réponse. Puisque la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose est $7 \cdot H_{\min}$, une variation de la réponse de 10 % est égale à un écart de $0,7 \cdot H_{\min}$. On assure donc simultanément, par cette méthode d'essai, que l'écart et la variation de la réponse à l'unité ne sont pas supérieurs aux valeurs données ci-dessus: respectivement $0,7 \cdot H_{\min}$ et 10 %.

- b) Lorsque la grandeur d'influence agit comme un type F, la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose doit être au moins de $10 \cdot H_{\min}$ sauf indication contraire dans le paragraphe respectif. Pour chaque groupe, $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés. Si le coefficient de variation de la valeur indiquée est trop grand pour estimer si les exigences sont satisfaites ou non, les dosimètres peuvent être exposés à un équivalent de dose supérieur et/ou le nombre de dosimètres doit être augmenté, voir l'Article A.1.
- c) Lorsque la grandeur d'influence agit comme un type S, la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose doit être de $7 \cdot H_{\min}$ sauf indication contraire dans le paragraphe respectif. Pour chaque groupe, $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés. Si le coefficient de variation de la valeur indiquée est trop grand pour estimer si les exigences sont satisfaites ou non, le nombre de dosimètres doit être augmenté, voir l'Article A.1.

13.2 Température ambiante et humidité relative (dosimètre)

13.2.1 Généralités

On suppose que la grandeur d'influence considérée au 13.2 est de type F.

13.2.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à une modification de la température ambiante et de l'humidité relative dans leurs domaines assignés ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 1 du Tableau 13.

13.2.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, trois groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence, voir 13.1.2.

Traitement des trois groupes après exposition:

Groupe 1: groupe de référence: la température et l'humidité relative doivent être dans les conditions normales d'essai, voir Tableau 7.

Groupe 2: les dosimètres doivent être exposés à la valeur limite la plus basse en température de leur domaine assigné. Il n'est pas nécessaire de contrôler l'humidité relative.

Groupe 3: les dosimètres doivent être exposés à la valeur limite la plus élevée en température et à la valeur limite la plus élevée en humidité relative (sans condensation) de leur domaine assigné.

La durée d'exposition doit être d'une semaine. La lecture des dosimètres doit être effectuée aussi rapidement que possible, c'est-à-dire aussi rapidement que le permettent les instructions du fabricant.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.2.4 Interprétation des résultats

Si, pour chaque groupe, l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.2.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 1 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

13.3 Exposition à la lumière (dosimètre)

13.3.1 Généralités

On suppose que la grandeur d'influence considérée au 13.3 est de type F.

13.3.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à une modification de l'exposition à la lumière dans son domaine assigné ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 2 du Tableau 13.

13.3.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, deux groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence, voir 13.1.2.

Traitement des deux groupes après exposition:

Groupe 1: groupe de référence: les dosimètres doivent être maintenus à la lumière du jour normale, à l'ombre.

Groupe 2: Les dosimètres doivent être exposés à la valeur maximale de l'exposition à la lumière dans le domaine assigné pendant une semaine. Pendant cet essai, la température doit être comprise entre 15 °C et 25 °C. Un refroidissement par eau est recommandé, car la source de lumière produit habituellement une grande quantité d'énergie thermique.

Pour produire par exemple un éclairage intégré cumulé effectif de 1 000 W/m² dans tout le domaine de longueurs d'onde sur le plan d'essai, utiliser un appareillage produisant une lumière dont le spectre correspond au spectre solaire: au moins 45 W/m² dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 300 nm et 400 nm et au moins 630 W/m² dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 900 nm (valeurs extraites du spectre AM 1.5 de la CEI 60904-3).

Si 45 W/m² et 630 W/m² (dans les domaines respectifs des longueurs d'onde) ne peuvent pas être atteints, l'éclairage peut être diminué jusqu'à un facteur de 2, cependant le temps d'exposition est à augmenter par le même facteur.

NOTE Une répartition spectrale de l'éclairage solaire de référence est donnée dans la CEI 60904-3.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.3.4 Interprétation des résultats

Si l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_2}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.3.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 2 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

13.4 Acquisition de la dose, effacement, auto-exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre)

13.4.1 Généralités

On suppose que la grandeur d'influence considérée au 13.4 (le temps) est de type F et de type S.

13.4.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à l'acquisition de la dose et à l'effacement ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 3 du Tableau 13.

La valeur indiquée due à l'auto-exposition et au rayonnement naturel ne doit pas s'écarter de la limite inférieure de l'étendue de mesure de la valeur conventionnellement vraie du rayonnement naturel, au cours du temps de mesure maximal assigné.

13.4.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, huit groupes de dosimètres doivent être utilisés.

Les groupes 1 à 3 consistant en n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence, 7 fois la limite inférieure de l'étendue de mesure, $7 \cdot H_{\min}$.

Le groupe 4 consistant en n (≥ 25) dosimètres doit être exposé à la limite inférieure de l'étendue de mesure, $H_{\min}$.

Les groupes 5 à 7 consistant en n (≥ 6) dosimètres et le groupe 8 consistant en n (≥ 25) dosimètres ne doivent pas être exposés.

Des informations complémentaires concernant la méthode d'essai sont données au 13.1.2.

Traitement des huit groupes après exposition:

Les groupes 4 et 8 doivent être spécialement stockés ensemble à un débit de dose connu du bruit de fond dû au rayonnement naturel.

Les groupes 1 et 5 doivent être lus 1 h après exposition, si ce n'est pas en contradiction avec le manuel d'instructions. Si c'est le cas, on doit prendre le temps minimal entre l'exposition et la lecture autorisé par le manuel d'instructions.

Les groupes 2 et 6, groupes de référence, doivent être lus une semaine après exposition.

Les groupes 3, 4, 7 et 8 doivent être lus après le temps de mesure maximal assigné $t_{\max}$ après exposition.

Pour les groupes 5 à 8, la valeur moyenne indiquée $\bar{G}_k$ doit être déterminée ($k = 5..8$).

La valeur moyenne indiquée des groupes 5 à 8 doit être soustraite de chaque valeur indiquée des groupes 1 à 4, respectivement: $\{G_{j,1} - \bar{G}_5\}$, $\{G_{j,2} - \bar{G}_6\}$, $\{G_{j,3} - \bar{G}_7\}$ et $\{G_{j,4} - \bar{G}_8\}$. Les valeurs moyennes $\bar{G}'_i$ ($i = 1..4$) doivent être déterminées d'après ces nouveaux groupes primés.

NOTE 1 Cette soustraction représente la détermination des doses nettes.

NOTE 2 La soustraction $\{G_{j,i} - \bar{G}_k\}$ peut être effectuée avant ou après le calcul de dose.

13.4.4 Interprétation des résultats

Si, pour les groupes 1' à 3', l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\bar{G}'_i}{\bar{G}'_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\bar{G}'_i - \bar{G}'_2 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide et si pour le groupe 4' l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{7 \cdot \bar{G}'_4}{\bar{G}'_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|7 \cdot \bar{G}'_4 - \bar{G}'_2 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide et si pour le groupe 8 l'inéquation $-H_{\min} \leq \bar{G}_8 \pm U_m - C_{\text{nat}} \leq +H_{\min}$ est valide, alors les exigences du 13.4.2 sont considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 3 du Tableau 13.

Pour C_{nat} , l'hypothèse d'une valeur de $2 \mu\text{Sv/d}$ multipliée par $t_{\max}$ peut être effectuée. Si l'inéquation n'est pas satisfaite, l'équivalent de dose conventionnellement vrai du rayonnement naturel pendant le stockage des groupes 4 et 8 est à prendre pour C_{nat} .

U_{com} et U_m sont calculées respectivement au moyen des Equations (A.5), Exemple 2 et (A.3).

13.5 Etanchéité (dosimètre)

Le fabricant doit indiquer les précautions à prendre pour prévenir l'entrée d'humidité, et décrire les essais et les résultats utilisés pour démontrer l'efficacité de l'étanchéité.

Cette exigence est essentielle pour les dosimètres d'extrémité, car habituellement ils sont à désinfecter en utilisant des liquides.

13.6 Stabilité du lecteur (lecteur)

13.6.1 Généralités

On suppose que la grandeur d'influence considérée au 13.6 (temps) est de type F.

13.6.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à la stabilité du lecteur ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 5 du Tableau 13 sur le temps de mesure maximal assigné $t_{\max}$.

13.6.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, trois groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être utilisés.

Le groupe 1 doit être exposé au début de l'essai de type et sa lecture doit être effectuée une semaine plus tard.

Le groupe 2 doit être exposé à la même dose que le groupe 1 après un temps égal à la moitié du temps de mesure maximal assigné $t_{\max}/2$ et lu une semaine plus tard.

Le groupe 3 doit être exposé à la même dose que les groupes 1 et 2 après le temps de mesure maximal assigné $t_{\max}$ et lu une semaine plus tard.

Des informations complémentaires concernant la méthode d'essai sont données au 13.1.2.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.6.4 Interprétation des résultats

Si, pour chaque groupe, l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.6.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 5 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

13.7 Température ambiante (lecteur)

13.7.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée au 13.7 peut être de type S ou de type F.

13.7.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à une modification de la température dans son domaine assigné ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 6 du Tableau 13.

Dans le cas où l'on peut s'assurer par des raisons physiques que la lumière n'a pas d'effet significatif sur la valeur indiquée, cet essai peut alors ne pas être effectué.

13.7.3 Méthode d'essai

Cet essai ne doit être effectué que si un domaine de température qui ne se situe pas entre +15 °C et +25 °C est spécifié par le fabricant.

Pour cet essai, deux groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Les groupes 1 et 2 doivent être exposés à $7 \cdot H_{\min}$, voir 13.1.2.

Traitement des deux groupes après exposition:

Groupe 1, groupe de référence: la température du lecteur doit être dans les conditions normales d'essai (voir Tableau 7) et les dosimètres doivent être lus.

Groupe 2: la température du lecteur doit être maintenue au moins pendant 4 h à la valeur la plus élevée du domaine assigné. La lecture des dosimètres doit être effectuée à la fin des 4 h au plus tôt tout en conservant la température donnée.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.7.4 Interprétation des résultats

Si l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_2}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.7.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 6 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

13.8 Exposition à la lumière (lecteur)

13.8.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée au 13.8 est habituellement de type S, elle peut être de type F.

Dans le cas où l'on peut s'assurer par des raisons physiques que la lumière n'a pas d'effet significatif sur la valeur indiquée, cet essai peut alors ne pas être effectué.

13.8.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à une modification de l'exposition à la lumière dans son domaine assigné ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 7 du Tableau 13.

13.8.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, deux groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Les groupes 1 et 2 doivent être exposés à $7 \cdot H_{\min}$, voir 13.1.2.

Traitement des deux groupes après exposition:

Les dosimètres ne doivent pas (ou aussi peu que possible) être exposés à une source de lumière supplémentaire.

Groupe 1, groupe de référence: le lecteur ne doit pas être exposé à un éclairage supplémentaire autre que celui de la lumière du jour à l'ombre, et la lecture des dosimètres doit être effectuée.

Groupe 2: les parties du lecteur proches du joint du photomultiplicateur ou d'autres dispositifs de lecture sensibles à la lumière doivent être exposées à la valeur extrême de l'exposition à la lumière (par exemple en plaçant une lampe près de la surface du lecteur) dans le domaine assigné, et la lecture des dosimètres doit être effectuée. Pendant cet essai, la température doit être comprise entre 15 °C et 25 °C. Un refroidissement par eau est recommandé, car la source de lumière produit habituellement une grande quantité d'énergie thermique.

Pour produire par exemple un éclairage intégré cumulé effectif de 1 000 W/m² dans tout le domaine de longueurs d'onde sur le plan d'essai, utiliser un dispositif ou une lampe produisant une lumière dont le spectre correspond approximativement au spectre solaire: au moins 45 W/m² dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 300 nm et 400 nm et au moins 630 W/m² dans le domaine des longueurs d'onde comprises entre 400 nm et 900 nm (valeurs extraites du spectre AM 1.5 de la CEI 60904-3).

NOTE Une répartition spectrale de l'éclairage solaire de référence est donnée dans la CEI 60904-3.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.8.4 Interprétation des résultats

Si l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_2}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.8.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 7 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

13.9 Alimentation primaire (lecteur)

13.9.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée au 13.9 est habituellement de type F, elle peut être de type S.

13.9.2 Exigences

La réponse relative et l'écart dus à une modification de la tension d'alimentation et de la fréquence dans son domaine assigné ne doivent pas dépasser les valeurs données à la ligne 8 du Tableau 13.

De plus, le coefficient de variation doit remplir les exigences spécifiées en 11.2.

13.9.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, cinq groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence, voir 13.1.2.

Traitement des cinq groupes après exposition:

Les dosimètres doivent être lus dans les conditions suivantes:

Groupe 1, groupe de référence: tension et fréquence nominales de l'alimentation

Groupe 2: tension minimale et fréquence minimale dans leurs domaines assignés

Groupe 3: tension maximale et fréquence minimale dans leurs domaines assignés

Groupe 4: tension minimale et fréquence maximale dans leurs domaines assignés

Groupe 5: tension maximale et fréquence maximale dans leurs domaines assignés

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés.

13.9.4 Interprétation des résultats

Si, pour chaque groupe, l'inégalité $r_{\min} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq r_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type F) ou l'inégalité $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq D_{\max}$ (pour les grandeurs d'influence de type S) est valide, les exigences de 13.9.2 sont alors considérées comme satisfaites. Les valeurs pour $r_{\min}$, $r_{\max}$ et $D_{\max}$ sont données à la ligne 8 du Tableau 13.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5), Exemple 2.

14 Exigences et essais de performance électromagnétique (système dosimétrique)

14.1 Généralités

Au cours de la conception d'un système dosimétrique, des précautions particulières doivent être prises pour assurer un fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques. Les perturbations électromagnétiques sont essentiellement des grandeurs d'influence de type S.

14.2 Exigence

Pour chaque grandeur d'influence, la valeur absolue de l'écart due à des perturbations électromagnétiques doit être inférieure ou égale à $0,7 \cdot H_{\min}$. Exception: La valeur absolue de l'écart peut être supérieure à $0,7 \cdot H_{\min}$ pour une valeur indiquée, si le système dosimétrique délivre un message d'erreur indiquant que cette valeur est fausse. De plus, le système dosimétrique ne doit pas perdre plus d'une valeur indiquée, voir 10.5.

Pour toutes les grandeurs d'influence, les domaines obligatoires sont issus de la CEI 61000-6-2.

Il n'est pas nécessaire d'effectuer les essais pour les lecteurs pour lesquels le fabricant déclare, soit que la grandeur d'influence respective n'a pas d'effet sur la valeur indiquée dépassant $0,7 \cdot H_{\min}$ pendant la lecture des dosimètres, soit que l'effet est reconnu et accompagné d'un message d'erreur (au plus un, voir ci-dessus), soit que l'effet est corrigé (par exemple au moyen d'un logiciel). Cette déclaration doit contenir la preuve nécessaire. La preuve peut être une raison physique pour laquelle le dispositif n'est pas affecté par la perturbation électromagnétique ou la raison pour laquelle la perturbation électromagnétique est absente. Cette preuve est à mentionner séparément pour chaque perturbation électromagnétique. On peut citer comme exemple l'interdiction des téléphones portables dans la salle où se trouve le lecteur.

14.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, sept groupes de n (≥ 10) dosimètres doivent être exposés à une source de référence à un équivalent de dose de $7 \cdot H_{\min}$.

Le groupe 8 de $n (\geq 37)$ dosimètres est uniquement nécessaire dans le cas où aucune déclaration du fabricant n'est disponible, voir ci-dessus. Il doit également être exposé à une source de référence avec un équivalent de dose de $7 \cdot H_{\min}$.

Groupe 1, groupe de référence: aucune influence électromagnétique ne doit exister. Pour garantir cela, des filtres appropriés, des blindages etc. doivent être appliqués.

Groupes 2, 6 et 8: dans le cas où les dosimètres possèdent des composants électriques pouvant être sensibles aux perturbations électromagnétiques (par exemple un dosimètre DIS), les dosimètres doivent être exposés aux grandeurs d'influence conformément aux lignes 1, 5 et 7 du Tableau 14 avant leur lecture. Le rayonnement radiofréquence doit être appliqué par pas de fréquence inférieurs ou égaux à 10 %.

Le groupe 1 doit être lu hors de toute influence électromagnétique.

Les groupes 2 à 8 doivent être lus alors que le lecteur est soumis aux différentes influences électromagnétiques conformément aux normes de la série CEI 61000-4, comme indiqué dans le Tableau 14. Chaque influence électromagnétique doit être appliquée pendant la durée de lecture d'un dosimètre. Si possible, la sortie du lecteur (par exemple la courbe de luminescence) doit être observée. En l'absence de tout message d'erreur, aucune caractéristique anormale (par exemple des pics d'intensité dans une courbe de luminescence induisant des doses non négligeables) ne doit apparaître.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés. Dans le cas où des valeurs indiquées sont déclarées fausses par le système dosimétrique, ces valeurs doivent être exclues de la détermination de $\overline{G}_i$ et de s_i .

14.4 Interprétation des résultats

Si, pour chaque groupe, l'inégalité $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq 0,7 \cdot H_{\min}$ est valide, et si pour les essais avec le critère A, aucune valeur indiquée n'est perdue et si pour les essais avec le critère B ou C, au plus une valeur indiquée par grandeur d'influence est perdue, alors l'exigence de 14.2 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5).

NOTE Le maximum est constitué à partir des deux possibilités suivantes $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 + U_m|$ et $|\overline{G}_i - \overline{G}_1 - U_m|$.

15 Exigences et essais de performances mécaniques

15.1 Exigences générales

Les perturbations mécaniques sont principalement des grandeurs d'influence de type S, elles peuvent être de type F. Dans un but de simplification, le traitement mathématique est effectué comme si toutes les grandeurs d'influence étaient de type S.

Pour chaque grandeur d'influence, la valeur absolue de l'écart dû à des perturbations mécaniques doit être inférieure à $0,7 \cdot H_{\min}$ (voir Tableau 15). Exception: La valeur absolue de l'écart peut être supérieure à $0,7 \cdot H_{\min}$ pour une valeur indiquée, si le système dosimétrique délivre un message d'erreur indiquant qu'une valeur spécifique indiquée est fausse.

Il n'est pas permis que plus d'une valeur indiquée soit perdue ou accompagnée d'un message d'erreur à la suite d'un quelconque fonctionnement anormal, voir 10.5.

15.2 Chute (dosimètre)

15.2.1 Exigences

Un dosimètre doit pouvoir supporter des chutes d'une hauteur de 1,0 m sur une surface dure et plate en ciment ou en acier (CEI 60068-2-31) sans que l'écart soit supérieur à $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ après la chute. Ces essais doivent porter sur chaque face du dosimètre.

Le dosimètre ne doit pas être détérioré ni à l'intérieur (par exemple perte d'un matériau de filtrage) ni à l'extérieur.

15.2.2 Méthode d'essai

Pour ces essais, deux groupes de $n (\geq 6)$ dosimètres doivent être exposés à une source de référence avec un équivalent de dose de $7 \cdot H_{\min}$. Si le coefficient de variation de la valeur indiquée est trop grand pour estimer si les exigences sont satisfaites ou non, les dosimètres peuvent être exposés à un équivalent de dose supérieur dans le cas où la grandeur d'influence agit comme une grandeur d'influence de type F. Sinon, il convient d'augmenter le nombre de dosimètres, voir l'Article A.1.

Groupe 1: groupe de référence.

Groupe 2: chacun des dosimètres doit être soumis à un essai comportant des chutes sur chacune de ses 6 faces.

Les dosimètres doivent être inspectés et leur état physique consigné, par exemple si les matériaux de filtrage sont toujours fixés et en position.

Après tous les essais, les dosimètres doivent être lus et les valeurs indiquées déterminées.

Pour les groupes 1 et 2, la valeur moyenne indiquée $\overline{G}_i$ et l'écart-type s_i doivent être déterminés. Dans le cas où des valeurs indiquées sont déclarées fausses par le système dosimétrique, ces valeurs doivent être exclues de la détermination de $\overline{G}_i$ et de s_i .

NOTE Comme précisé ci-dessus, les grandeurs d'influence qui peuvent être de type F sont également limitées par une valeur maximale autorisée de l'écart: $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$. Comme la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose est $7 \cdot H_{\min}$, un écart de $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ est équivalent à une modification de la réponse de $\pm 10 \%$. On assure donc simultanément, par cette méthode d'essai, que l'écart et la variation de la réponse à l'unité ne sont pas supérieurs aux valeurs données ci-dessus (respectivement $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ et $\pm 10 \%$).

15.2.3 Interprétation des résultats

Si pour les deux groupes l'inégalité $|\overline{G}_2 - \overline{G}_1 \pm U_{\text{com}}| \leq 0,7 \cdot H_{\min}$ est valide, alors, l'exigence de 15.2.1 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée au moyen de l'Equation (A.5).

16 Documentation

16.1 Rapport d'essai de type

A la demande du client, le fabricant doit produire le rapport d'essai de type réalisé selon les exigences de la présente Norme.

16.2 Certificat publié par le laboratoire réalisant l'essai de type

Un certificat doit être attribué à chaque système dosimétrique, fournissant au moins les informations suivantes:

Système dosimétrique en général:

- nom du fabricant ou marque déposée (si le système est fabriqué comme un tout);
- type de système dosimétrique et principe de fonctionnement;
- déclaration indiquant que l'équipement a été soumis aux essais selon la présente Norme et que les exigences sont satisfaites;
- nom du logiciel du système dosimétrique et numéro d'identification (voir 10.3);
- si l'algorithme d'évaluation n'est pas additif, un commentaire conformément à la Note 3 de 12.1.

Lecteur:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de lecteur et numéro de série du lecteur soumis aux essais.

Dosimètre:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de dosimètre et numéros de série des dosimètres soumis aux essais;
- type de détecteur(s);
- type de rayonnement pour la mesure duquel le dosimètre est conçu;
- méthode permettant d'empêcher l'entrée d'humidité.

Caractéristiques dosimétriques:

- grandeur mesurée;
- étendue de mesure et variation de la réponse due à la non-linéarité;
- coefficient de variation fonction de l'équivalent de dose;
- temps de mesure maximal assigné;
- réponse relative fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence (pour les rayonnements bêta et photon);
- domaines assignés de toutes les autres grandeurs d'influence et variation correspondante de la réponse ou écart (voir 7.2 à 7.6, un exemple est donné en 7.7).

Tableau 6 – Symboles

Symbole	Signification	Unité
α	Angle d'incidence du rayonnement	Degrés
$\alpha_{\max}$	Valeur maximale du domaine assigné de l'angle d'incidence du rayonnement	Degrés
b	Nombre de signaux pour un dosimètre, utilisés pour évaluer la valeur de dose indiquée	—
C	Valeur conventionnellement vraie de la dose	Sv
C_i	Valeur conventionnellement vraie de la dose du groupe d'exposition i	Sv
C_K	Valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose (délivré) pour la condition d'exposition K	Sv
C_L	Valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose (délivré) pour la condition d'exposition L	Sv
C_{nat}	Valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose d'un rayonnement naturel pendant le stockage pendant le temps de mesure maximal assigné, $t_{\max}$	Sv
C_r	Valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose (délivré) dans les conditions de référence: ceci signifie que toutes les grandeurs d'influence ont leur valeur de référence, sauf la valeur de l'équivalent de dose qui est différente de sa condition de référence: $C_r \neq C_{r,0}$	Sv
$C_{r,0}$	Comme C_r mais uniquement pour l'équivalent de dose de référence, voir Tableau 2, ligne 1	Sv
ΔG	Modification de l'indication provoquée par des expositions ultérieures et mélangées, voir 11.9	Sv
d	Profondeur dans les tissus mous, éléments ICRU 4. Les profondeurs recommandées sont 10 mm, 3 mm et 0,07 mm	m
D	Ecart	Sv
D_{EMC}	Ecart dû aux perturbations électromagnétiques	Sv
$D_{\max}$	Variation maximale autorisée de l'écart dû à une grandeur d'influence	Sv
D_{mech}	Ecart dû aux perturbations mécaniques	Sv
D_p	Ecart dû à une grandeur d'influence p de type S; $p = 1..l$	Sv
E_{beta}	Energie du rayonnement bêta	keV ou MeV
E_{ph}	Energie photonique	keV ou MeV
$f(S_1, \dots, S_b) = f(S_g)$	Fonction représentant l'algorithme d'évaluation du système dosimétrique pour évaluer la valeur indiquée	Sv
g	Désignation pour un signal spécifique fourni par un dosimètre: $g = 1..b$	—
G	Valeur indiquée	Sv
$\overline{G}_i$	Valeur moyenne indiquée du groupe i	Sv

Tableau 6 (suite)

Symbole	Signification	Unité
$\bar{G}_i$	Valeur moyenne indiquée du groupe i prime (indications de bruit de fond soustraites)	Sv
G_j	Valeur indiquée de la j -ème mesure de plusieurs dosimètres exposés de manière équivalente; $j = 1..n$	Sv
$G_{j,i}$	Valeur indiquée du j -ème dosimètre du groupe i	Sv
G_K	Valeur indiquée due à une seule exposition avec C_K	Sv
G_{K+L}	Valeur indiquée due à une exposition combinée avec $C_K + C_L$	Sv
G_L	Valeur indiquée due à une seule exposition avec C_L	Sv
G_r	Valeur indiquée d'un dosimètre exposé à C_r	Sv
$G_{r,0}$	Valeur indiquée d'un dosimètre exposé à $C_{r,0}$	Sv
$h_{pK}(d;R,\alpha)$	Coefficient de conversion du kerma en équivalent de dose individuel à une profondeur d pour la série de rayonnements R	Sv
$h'_K(d;R,\alpha)$	Coefficient de conversion du kerma en équivalent de dose directionnel à une profondeur d pour la série de rayonnements R	Sv
H	Synonyme pour l'équivalent de dose, peut être $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ ou $H^*(10)$	Sv
$H_{\min}$	Limite inférieure de l'étendue de mesure de la dose	Sv
$H_{\max}$	Limite supérieure de l'étendue de mesure de la dose	Sv
$H^*(10)$	Equivalent de dose ambiant à une profondeur de 10 mm	Sv
$H^*(d)$	Equivalent de dose ambiant à une profondeur d	Sv
$H_p(0,07)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_p(3)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv
$H_p(10)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$H_p(d)$	Equivalent de dose individuel à une profondeur d	Sv
i	Désignation pour un groupe soumis à une grandeur d'influence spécifique	—
j	Désignation pour un dosimètre spécifique parmi n dosimètres exposés identiquement	—
k	Facteur d'élargissement	—
K	Symbole des conditions d'exposition K, par exemple 3 mSv et N-80 et 60°	—
l	Nombre de grandeurs d'influence de type S	—
L	Symbole des conditions d'exposition L, par exemple 4 mSv et S-Co et 0°	—
m	Nombre de grandeurs d'influence de type F	—
M	Valeur mesurée	Sv
n	Nombre de dosimètres dans un groupe qui sont également exposés	—
N	Pointeur sur l'entrée de tableau contenant les signaux (ligne de N)	—
N_0	Coefficient d'étalonnage (de référence)	—
$N_{\max}$	Nombre de lignes dans le tableau contenant les signaux	—
p	Désignation pour une grandeur d'influence spécifique de type S parmi l grandeurs d'influence de type S	—
q	Désignation pour une grandeur d'influence spécifique de type F parmi m grandeurs d'influence de type F	—
r	Réponse relative	—
$r_{E,\alpha}$	Réponse relative due à l'énergie et à l'angle d'incidence	—
r_{env}	Réponse relative due aux influences de l'environnement	—
$r_{\max}$	Valeur maximale autorisée de la réponse relative due à une grandeur d'influence	—

Tableau 6 (suite)

Symbole	Signification	Unité
$r_{\max,w}$	Valeur maximale autorisée de la réponse relative due à une grandeur d'influence pour une exposition mixte	—
$r_{\min}$	Valeur minimale autorisée de la réponse relative due à une grandeur d'influence	—
$r_{\min,w}$	Valeur minimale autorisée de la réponse relative due à une grandeur d'influence pour une exposition mixte	—
r_n	Réponse relative due à la non-linéarité	—
r_q	Réponse relative due à une grandeur d'influence q de type F; $q = 1..m$	—
R	Symbole de la série R de rayonnement, par exemple, série N ou série S	—
R	Réponse	—
R_0	Réponse de référence	—
R_n	Réponse dans les conditions de référence, sauf si la valeur de l'équivalent de dose est différente des conditions de référence	—
s	Écart-type	Comme la grandeur
s_i	Ecart-type d'un groupe i	Comme la grandeur
S	Signal d'un détecteur; à partir d'un même détecteur, on peut obtenir plusieurs signaux	Selon le cas
S_g	Nombre de signaux g d'un dosimètre; $g = 1..b$	Selon le cas
$S_{g,K}$	Nombre de signaux g dus à la qualité du rayonnement K	Selon le cas
$S_{g,L}$	Nombre de signaux g dus à la qualité du rayonnement L	Selon le cas
$t_{\max}$	Temps de mesure maximal assigné	Mois
t_{n-1}	Coefficient t de Student pour n mesures	—
U	Incertitude élargie	Comme la grandeur
$U_{C,com}$	Incertitude élargie d'une grandeur combinée de valeurs conventionnellement vraies. Cette incertitude est équivalente à la demi-largeur de l'intervalle de confiance pour la grandeur combinée avec un niveau de confiance de 95 %	Comme la grandeur
$U_{C,rel}$	Incertitude relative élargie de la valeur conventionnellement vraie	—
U_{com}	Incertitude élargie de la grandeur combinée. Cette incertitude est équivalente à la demi-largeur de l'intervalle de confiance pour la grandeur combinée avec un niveau de confiance de 95 %. Voir Annexe A, Equation (A.5), Exemple 2	Comme la grandeur
U_m	Incertitude élargie d'une valeur moyenne. Cette incertitude est équivalente à la demi-largeur de l'intervalle de confiance sur une moyenne avec un niveau de confiance de 95 %	Comme la grandeur
U_{rel}	Incertitude relative élargie	—
V	Coefficient de variation	Comme la grandeur

Tableau 7 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

Grandeur à mesurer; grandeur d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Equivalent de dose de référence $C_{r,0}$ pour $H_p(10)$, $H^*(10)$ et $H_p(3)$ $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$	3 mSv 10 mSv	1 mSv à 10 mSv 3 mSv à 30 mSv
Energie des rayonnements photoniques pour $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$	S-Cs (ISO 4037) ^a	S-Cs (ISO 4037) ^a
Energie des rayonnements bêta pour $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980) ^{a,b}	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980) ^{a,b}
Angle d'incidence du rayonnement	Direction de référence donnée par le fabricant	Direction de référence $\pm 2^\circ$
Température ambiante	20 °C	15 °C à 25 °C ^c
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % ^c
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,6 kPa ^c
Tension d'alimentation électrique	Tension d'alimentation nominale	Tension d'alimentation nominale ± 1 %
Fréquence	Fréquence nominale	Fréquence nominale ± 1 %
Forme d'onde de l'alimentation c.a.	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion totale due aux harmoniques inférieure à 5 %
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus basse qui provoque une perturbation
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Commandes du dosimètre	Installation pour une utilisation normale	Installation pour une utilisation normale
Bruit de fond de rayonnement	Débit d'équivalent de dose ambiant de 0,1 $\mu\text{Sv/h}$ ou moins si possible	Inférieur à un débit d'équivalent de dose ambiant de 0,25 $\mu\text{Sv/h}$
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
a Conforme au troisième alinéa du 11.1 concernant les systèmes dosimétriques destinés à mesurer à la fois le rayonnement photonique et bêta. b Pour les dosimètres bêta, en variante, une qualité de rayonnement photonique peut être choisie comme qualité de rayonnement de référence. c Les valeurs réelles de ces grandeurs au moment de l'essai doivent être définies. La valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose doit être corrigée de l'écart aux conditions de référence. Pour les altitudes élevées, il peut être admis une limite inférieure de la pression de 70 kPa.		

Tableau 8 – Exigences de performance pour les dosimètres $H_p(10)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Etendue de mesure; grandeurs d'influence; t_{max} ; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Indication de dose; informations sur le lecteur; dosimètre et algorithme d'évaluation	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Réponse aux neutrons thermiques, ^{252}Cf et ^{252}Cf (D_2O -modéré)	Réponse à définir par le fabricant	8.7
4	Manuel d'instructions	Informations de bonne utilisation; informations sur les performances du système	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	9
5	Logiciel, données et interfaces	Authenticité du logiciel; exactitude et intégrité des données	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	10
6	Coefficient de variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $H \geq 1,1 \text{ mSv}$	15 % ($16 - H/0,1 \text{ mSv}$) % 5 %	11.2
7	Réponse relative due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	–9 % à +11 %	11.3
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure de l'étendue de mesure: $10 \cdot H_{max}$, mais 10 Sv au maximum. Les dosimètres réutilisés doivent remplir les exigences	Perception d'être hors échelle du côté des valeurs hautes de l'étendue de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{min})$ doit être conforme à la ligne 6	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	Pour $12 \text{ keV} \leq E_{ph} < 33 \text{ keV}$: $r_{min} = 0,67$ à $r_{max} = 2,00$ et pour $33 \text{ keV} \leq E_{ph} < 65 \text{ keV}$: $r_{min} = 0,69$ à $r_{max} = 1,82$ et pour $E_{ph} \geq 65 \text{ keV}$: $r_{min} = 0,71$ à $r_{max} = 1,67$	11.5.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,8 MeV	Valeur indiquée maximale 10 % de $H_p(0,07)$ en équivalent de dose	11.5.2
11	Comme aux lignes 9 et 10 mais en utilisant une nouvelle direction de référence opposée à celle utilisée	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	8.4 f)
12	Incidence du rayonnement par le côté du dosimètre	Incidence du rayonnement de 60° à 120°	Indication inférieure à 1,5 fois l'indication due à une exposition frontale à l'air libre	11.8
13	Réponse à des expositions mixtes	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	Réponse dans les domaines de qualités de rayonnement soumis à essai	12
14	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 13	Voir le Tableau 13	13
15	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Voir le Tableau 14	Voir le Tableau 14	14
16	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 15	$\pm 0,7 \cdot H_{min}$ pour une dose de $H = 7 H_{min}$	15
NOTE Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs de correction ($1/r$), par exemple: $\pm 40 \%$ pour $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$				

Tableau 9 – Exigences de performances pour les dosimètres $H_p(3)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Etendue de mesure; grandeurs d'influence; $t_{\max}$; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Indication de dose; informations sur le lecteur; dosimètre et algorithme d'évaluation	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Réponse aux neutrons thermiques, ^{252}Cf et ^{252}Cf (D_2O -modéré)	Réponse à définir par le fabricant	8.7
4	Manuel d'instructions	Informations de bonne utilisation; informations sur les performances du système	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	9
5	Logiciel, données et interfaces	Authenticité du logiciel; exactitude et intégrité des données	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	10
6	Coefficient de variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $H \geq 1,1 \text{ mSv}$	15 % ($16 - H/0,1 \text{ mSv}$) % 5 %	11.2
7	Réponse relative due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	–9 % à +11 %	11.3
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure de l'étendue de mesure: $10 \cdot H_{\max}$, mais 10 Sv au maximum. Les dosimètres réutilisés doivent remplir les exigences	Perception d'être hors échelle du côté des valeurs hautes de l'étendue de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{\min})$ doit être conforme à la ligne 6	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	30 keV à 250 keV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$	11.6.1
10	Réponse relative r due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,8 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$	11.6.2
11	Comme aux lignes 9 et 10 mais en utilisant une nouvelle direction de référence opposée à celle utilisée	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	8.4 f)
12	Incidence du rayonnement par le côté du dosimètre	Incidence du rayonnement de 60° à 120°	Indication inférieure à 2 fois l'indication due à une exposition frontale à l'air libre	11.8
13	Réponse à des expositions mixtes	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	Réponse dans les domaines de qualités de rayonnement soumis à essai	12
14	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 13	Voir le Tableau 13	13
15	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Voir le Tableau 14	Voir le Tableau 14	14
16	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ pour une dose de $H = 7 H_{\min}$	15
NOTE Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs de correction ($1/r$), par exemple: $\pm 40 \%$ pour $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$				

Tableau 10 – Exigences de performances pour les dosimètres $H_p(0,07)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/ Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Étendue de mesure; grandeurs d'influence; $t_{\max}$; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Indication de dose; informations sur le lecteur; dosimètre et algorithme d'évaluation	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Réponse aux neutrons thermiques, ^{252}Cf et ^{252}Cf (D_2O -modéré)	Réponse à définir par le fabricant	8.7
4	Manuel d'instructions	Informations de bonne utilisation; informations sur les performances du système	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	9
5	Logiciel, données et interfaces	Authenticité du logiciel; exactitude et intégrité des données	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	10
6	Coefficient de variation, v	$H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $H \geq 11 \text{ mSv}$	15 % ($16 - H/1 \text{ mSv}$) % 5 %	11.2
7	Réponse relative due à la non-linéarité	$1 \text{ mSv} \leq H \leq 3 \text{ Sv}$	–9 % à +11 %	11.3
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure de l'étendue de mesure: $10 \cdot H_{\max}$, mais 10 Sv au maximum. Les dosimètres réutilisés doivent remplir les exigences	Perception d'être hors échelle du côté des valeurs hautes de l'étendue de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{\min})$ doit être conforme à la ligne 6	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	30 keV à 250 keV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	Pour $8 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 20 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,67$ à $r_{\max} = 2,00$ et pour $20 \text{ keV} \leq E_{\text{ph}} < 33 \text{ keV}$: $r_{\min} = 0,69$ à $r_{\max} = 1,82$ et pour $E_{\text{ph}} \geq 33 \text{ keV}$: 0,71 à 1,67	11.7.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,8 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ pour les dosimètres d'extrémité et 0° à $\pm 45^\circ$ pour les dosimètres corps entier	Pour $0,06 \text{ MeV} \leq E_{\text{beta}} < 0,2 \text{ MeV}$: $r_{\min} = 0,67$ à $r_{\max} = 2,00$ et pour $0,2 \text{ MeV} \leq E_{\text{beta}} < 0,7 \text{ MeV}$: $r_{\min} = 0,69$ à $r_{\max} = 1,82$ et pour $E_{\text{beta}} \geq 0,7 \text{ MeV}$: 0,71 à 0,67 Pour les dosimètres corps entier: Si non satisfait, la ligne 13 s'applique	11.7.2
11	Comme aux lignes 9 et 10 mais en utilisant une nouvelle direction de référence opposée à celle utilisée	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	Voir lignes 9 et 10, si le fabricant n'a rien précisé	8.4 f)
12	Incidence du rayonnement par le côté du dosimètre	Incidence du rayonnement de 60° à 120°	Indication inférieure à 2 fois l'indication due à une exposition frontale à l'air libre	11.8
13	Pour des dosimètres corps entier: Indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta	0,8 MeV pour un angle d'incidence de 0°	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$	11.9

Tableau 10 (suite)

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/ Paragraphe
14	Réponse à des expositions mixtes	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	Réponses dans les domaines de qualités de rayonnement soumis à essai	12
15	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 13	Voir le Tableau 13	13
16	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Voir le Tableau 14	Voir le Tableau 14	14
17	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ pour une dose de $H = 7 H_{\min}$	15

Tableau 11 – Exigences de performances des dosimètres $H^*(10)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/ Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Etendue de mesure; grandeurs d'influence; $t_{\max}$; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Indication de dose; informations sur le lecteur; dosimètre et algorithme d'évaluation	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Réponse aux neutrons thermiques, ^{252}Cf et ^{252}Cf (D_2O -modéré)	Réponse à définir par le fabricant	8.7
4	Manuel d'instructions	Informations de bonne utilisation; informations sur les performances du système	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	9
5	Logiciel, données et interfaces	Authenticité du logiciel; exactitude et intégrité des données	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	10
6	Coefficient de variation, ν	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $H > 20 \text{ mSv}$	15 % $(18 - 3 \cdot H/0,1 \text{ mSv}) \%$ 3 % 5 %	11.2
7	Réponse relative due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $20 \text{ mSv} < H \leq 1 \text{ Sv}$	Pour $H < 0,1 \text{ mSv}$ et supérieur: –9 % à +11 % $\pm 5 \%$ –9 % à +11 % et pour $H > 1 \text{ Sv}$	11.3
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure de l'étendue de mesure: $10 \cdot H_{\max}$, mais 10 Sv au maximum. Les dosimètres réutilisés doivent remplir les exigences	Perception d'être hors échelle du côté des valeurs hautes de l'étendue de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $\nu(H_{\min})$ doit être conforme à la ligne 6	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV et 0° à $\pm 75^\circ$ et 180° à $(180^\circ \pm 75^\circ)$ et de $\pm 75^\circ$ à $\pm 105^\circ$ par rapport à la direction de référence	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$ et $r_{\min} = 0,67$ à $r_{\max} = 2,00$	11.5.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,8 MeV	Valeur maximale indiquée 10 % de $H_p(0,07)$ en équivalent de dose	11.5.2
11	Réponse à des expositions mixtes	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	Réponses dans les domaines de qualités de rayonnement soumis à essai	12
12	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 13	Voir le Tableau 13	13
13	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Voir le Tableau 14	Voir le Tableau 14	14
14	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ pour une dose de $H = 7 H_{\min}$	15
NOTE Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs de correction ($1/r$), par exemple: $\pm 40 \%$ pour $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$				

Tableau 12 – Exigences de performances des dosimètres $H'(0,07)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine obligatoire de mesure, ou domaine obligatoire de grandeur d'influence	Exigence de performance pour le domaine assigné	Article/Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Etendue de mesure; grandeurs d'influence; $t_{\max}$; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Indication de dose; informations sur le lecteur; dosimètre et algorithme d'évaluation	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Réponse aux neutrons thermiques, ^{252}Cf et ^{252}Cf (D_2O -modéré)	Réponse à définir par le fabricant	8.7
4	Manuel d'instructions	Informations de bonne utilisation; informations sur les performances du système	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	9
5	Logiciel, données et interfaces	Authenticité du logiciel; exactitude et intégrité des données	A indiquer par le fabricant pour l'essai de type et à vérifier au cours de l'essai de type	10
6	Coefficient de variation, v	$H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $H > 20 \text{ mSv}$	15 % $(18 - 3 \cdot H/0,1 \text{ mSv}) \%$ 3 % 5 %	11.2
7	Réponse relative due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$ $20 \text{ mSv} < H \leq 1 \text{ Sv}$	Pour $H < 0,1 \text{ mSv}$ et supérieur: –9 % à +11 % $\pm 5 \%$ –9 % à +11 % et pour $H > 1 \text{ Sv}$	11.3
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure de l'étendue de mesure: $10 \cdot H_{\max}$, mais 10 Sv au maximum. Les dosimètres réutilisés doivent remplir les exigences	Perception d'être hors échelle du côté des valeurs hautes de l'étendue de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{\min})$ doit être conforme à la ligne 6	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV et 0° à $\pm 75^\circ$ et 180° à $(180^\circ \pm 75^\circ)$ et de $\pm 75^\circ$ à $\pm 105^\circ$ par rapport à la direction de référence	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$ et $r_{\min} = 0,67$ à $r_{\max} = 2,00$	11.7.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,2 MeV à 0,8 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	$r_{\min} = 0,71$ à $r_{\max} = 1,67$	11.7.2
11	Réponse à des expositions mixtes	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	Réponse dans les domaines de qualités de rayonnement soumis à essai	12
12	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 13	Voir le Tableau 13	13
13	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Voir le Tableau 14	Voir le Tableau 14	14
14	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 15	$\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ pour une dose de $H = 7 H_{\min}$	15
NOTE Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs de correction ($1/r$), par exemple: $\pm 40 \%$ pour $1/r \in [0,6 \dots 1,4] \rightarrow r \in [1/1,4 \dots 1/0,6] = [0,71 \dots 1,67]$				

**Tableau 13 – Exigences de performances d'environnement
pour les dosimètres et les lecteurs**

Ligne	Caractéristique en essai	Domaine obligatoire de grandeur d'influence	Variation maximale autorisée pour la réponse relative ^a et écart, D , ^b sur le domaine assigné	Article/Paragraphe
1	Réponse relative et écart dus à la température ambiante et à l'humidité relative (dosimètre)	- Dosimètres individuels: -10 °C à $+40\text{ °C}$ - Dosimètres de l'environnement: -20 °C à $+50\text{ °C}$ et 10 % à 90 % d'humidité relative, sans condensation	Type F: $r_{\min} = 0,83$; $r_{\max} = 1,25$ Type S: $D_{\max} = 1,1 H_{\min}$ pour une dose de $H = 11 H_{\min}$	13.2
2	Réponse relative et écart dus à l'exposition à la lumière (dosimètre)	0 W/m^2 à $1\,000\text{ W/m}^2$ (spectre correspondant à la lumière solaire)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$	13.3
3	Acquisition de la dose, effacement, auto-exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre)	Temps de mesure maximal assigné: $t_{\max} \geq 1$ mois	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$ et pour type F et type S $v(H_{\min})$ selon ligne 6 des Tableaux 8 à 12 et $ G_{\text{nat}} - C_{\text{nat}} \leq H_{\min}$	13.4
4	Étanchéité (dosimètre)	La pénétration doit être évitée	Définir les précautions prises	13.5
5	Réponse relative et écart dus à la stabilité du lecteur (lecteur)	Stabilité sur $t_{\max}$	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$	13.6
6	Réponse relative et écart dus à la température ambiante (lecteur)	$+15\text{ °C}$ à $+25\text{ °C}$ pendant au moins 4 h mais suffisamment longtemps pour permettre un équilibre de température avec l'environnement.	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$ et pour type F et type S $v(H_{\min})$ selon ligne 6 des Tableaux 8 à 12	13.7
7	Réponse relative et écart dus à l'exposition à la lumière (lecteur)	0 W/m^2 à $1\,000\text{ W/m}^2$ (spectre correspondant à la lumière solaire)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$ et pour type F et type S $v(H_{\min})$ selon ligne 6 des Tableaux 8 à 12	13.8
8	Réponse relative et écart dus à une modification de la tension d'alimentation primaire (lecteur)	Tension d'alimentation: -15% à $+10\%$ de la valeur nominale (par exemple 110 V ou 230 V) Fréquence: -2% à $+2\%$ de la valeur nominale (par exemple 50 Hz ou 60 Hz)	Type F: $r_{\min} = 0,91$; $r_{\max} = 1,11$ Type S: $D_{\max} = 0,7 H_{\min}$ pour une dose $H = 7 H_{\min}$ et pour type F et type S $v(H_{\min})$ selon ligne 6 des Tableaux 8 à 12	13.9
^a Valable dans le cas où on suppose que la grandeur d'influence est de type F. ^b Valable dans le cas où on suppose que la grandeur d'influence est de type S.				

Tableau 14 – Exigences de performance des systèmes dosimétriques soumis aux perturbations électromagnétiques conformément à l'Article 14

Ligne	Grandeur d'influence	Domaine obligatoire de grandeur d'influence	Critère ^a	Essai selon	Ecart maximal autorisé, D , pour le domaine assigné pour une dose $H = 7 H_{\min}$
1	Décharge électrostatique	Décharge dans l'air de 0 kV à ± 8 kV Décharge au contact de 0 kV à ± 4 kV	B	CEI 61000-4-2	$\pm 0,7 H_{\min}$
2	Perturbations par conduction: transitoires rapides	0 kV à ± 2 kV (entrées alimentation c.a. et c.c. ^b) 0 kV à ± 1 kV (entrées signaux) ^b 0 kV à ± 1 kV (entrées fonctionnelles de terre) 5/50 ns (t_r/t_h) Fréquence de répétition 5 kHz	B	CEI 61000-4-4	$\pm 0,7 H_{\min}$
3	Perturbations par conduction: surcharges	0 kV à ± 2 kV (entrée alimentation c.a. entre ligne et terre) 0 kV à ± 1 kV (entrée alimentation c.a. entre lignes) 0 kV à $\pm 0,5$ kV (entrées alimentation c.c.) 0 kV à ± 1 kV (entrées signaux, entre ligne et terre) ^c 1,2/50 (8/20) μ s (t_r/t_h)	B	CEI 61000-4-5	$\pm 0,7 H_{\min}$
4	Perturbations par conduction: mode commun radiofréquences	150 kHz à 80 MHz 0 V à 10 V (efficace, non modulé) 80 % AM (1 kHz) (entrées signaux, entrées alimentation c.a. et entrées fonctionnelles de terre)	A	CEI 61000-4-6	$\pm 0,7 H_{\min}$
5	Champ magnétique du réseau d'alimentation	50 Hz, 60 Hz 30 A/m	A	CEI 61000-4-8	$\pm 0,7 H_{\min}$
6	Perturbations par conduction: Baisses de tension Coups de tension	100 % de réduction pour 1 période (20 ms à 50 Hz) 30 % de réduction pour 500 ms 60 % de réduction pour 200 ms 100 % de réduction pour 5 000 ms	B C C C	CEI 61000-4-11	$\pm 0,7 H_{\min}$
7	Champ électromagnétique de radiofréquence, modulation d'amplitude	80 MHz à 2 400 MHz: 0 V/m à 30 V/m (efficace, non modulé) 80 % AM (1 kHz)	A	CEI 61000-4-3 Pas de fréquence inférieurs à 10 % ^d	$\pm 0,7 H_{\min}$
^a A: Le dispositif fonctionne correctement pendant et après l'essai; B: Le dispositif fonctionne correctement après l'essai; C: Le dispositif peut être désactivé pendant l'essai mais il doit pouvoir être mis en marche après l'essai; Pour plus de détails, voir la CEI 61000-6-2. ^b Seulement si des câbles de plus de 3 m sont autorisés par le fabricant. ^c Seulement si des câbles de plus de 30 m sont autorisés par le fabricant. ^d Il en résulte 37 fréquences différentes (et donc autant de dosimètres).					

Tableau 15 – Exigences de performance des dosimètres soumis aux perturbations mécaniques

Ligne	Grandeur d'influence	Domaine obligatoire de grandeur d'influence	Ecart maximal autorisé, D , pour le domaine assigné pour une dose $H = 7 H_{\min}$	Paragraphe
1	Chute sur une surface (dosimètre)	1,0 m sur une surface de béton (CEI 60068-2-31)	$\pm 0,7 H_{\min}$	15.2

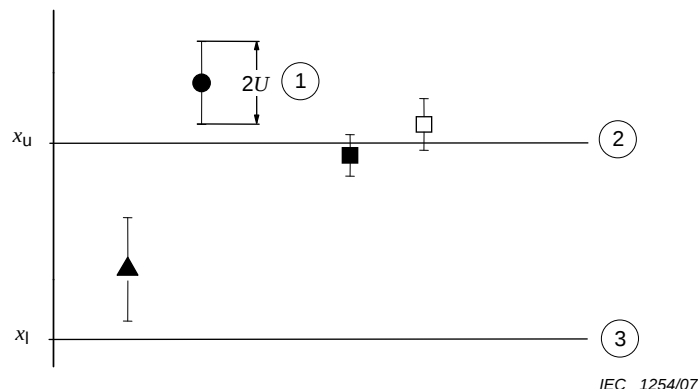
Annexe A (normative)

Limites de confiance

A.1 Généralités

Si l'amplitude de l'incertitude aléatoire d'une valeur indiquée est une fraction significative des tolérances admises pour cette valeur indiquée, l'incertitude aléatoire doit être prise en considération en effectuant plusieurs mesures (voir 5.2.1). Le nombre de mesures ou l'effectif d'échantillon doit être choisie de telle façon que l'intervalle de confiance obtenu pour chaque moyenne, $\bar{x}$, pour un niveau de confiance de 95 % (c'est-à-dire l'incertitude élargie de la valeur indiquée, U) se trouve soit dans les limites de variation de la valeur indiquée autorisée pour cet essai (essai réussi, triangle de la Figure A.1) soit en dehors de ces limites (échec de l'essai, cercle, sur la Figure A.1). Si l'une des limites de variation autorisées, x_U ou x_I , se trouve dans l'intervalle de confiance (carrés de la Figure A.1), le nombre de mesures ou l'effectif d'échantillon peut être augmenté jusqu'à 25 pour réduire la largeur de $2 \cdot U$ de l'intervalle de confiance, pour atteindre un des deux cas présentés ci-dessus, qui sont nécessaires pour une décision non équivoque de réussite ou d'échec de l'essai.

Dans le cas où le nombre de mesures ou l'effectif d'échantillon est déjà de 25, l'essai est réussi si la moyenne $\bar{x}$ reste dans les limites de variation autorisées (carré plein) et l'essai échoue si la moyenne $\bar{x}$ est en dehors des limites de variation autorisées (carré ouvert).



Légende

- 1 Intervalle de confiance de la moyenne, largeur $2 U$
- 2 Limite de variation supérieure autorisée, x_U
- 3 Limite de variation inférieure autorisée, x_I

Figure A.1 – Essai pour les intervalles de confiance

L'essai est considéré comme réussi si l'intervalle de confiance de largeur $2 \cdot U$ autour de $\bar{x}$ se trouve entre les limites de variation supérieure et inférieure autorisées de x_U et x_I :

$$x_I < \bar{x} \pm U < x_U \quad (\text{A.1})$$

S'il s'avère nécessaire de réduire la largeur $2 \cdot U$ de l'intervalle de confiance, il convient d'augmenter le nombre de mesures.

A.2 Intervalle de confiance pour la moyenne, $\bar{x}$

L'intervalle de confiance pour la moyenne $\bar{x}$ est:

$$(\bar{x} - U_m, \bar{x} + U_m) \quad (\text{A.2})$$

où U_m est la demi-largeur de l'intervalle de confiance de $\bar{x}$ qui est l'incertitude élargie d'une valeur moyenne. Lorsqu'on calcule $\bar{x}$ à partir de n mesures, la demi-largeur de l'intervalle de confiance à un niveau de confiance de 95 % est donnée par (voir le Guide ISO/CEI 98-3:2008, C.3.2 et G.3, Equation G.1d):

$$U_m = \frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}} \cdot s \quad (\text{A.3})$$

où s est l'écart-type pour le groupe spécifique de mesures, et t_{n-1} (facteur d'élargissement pour un niveau de confiance bilatéral de 95 %) est extrait du Tableau A.1 pour n mesures. Par exemple, pour $n = 10$, $U_m = \frac{2,262}{\sqrt{10}} \cdot s = 0,72 \cdot s$.

Tableau A.1 – Valeur du t de Student pour un intervalle de confiance bilatéral de 95 %

n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
2	12,71	8,98
3	4,30	2,48
4	3,18	1,59
5	2,78	1,24
6	2,57	1,05
7	2,45	0,925
8	2,36	0,836
9	2,31	0,769
10	2,26	0,715

n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
15	2,14	0,554
20	2,09	0,468
25	2,06	0,413
30	2,05	0,373
40	2,02	0,320
60	2,00	0,258
120	1,98	0,181
∞	1,96	$1,96/\sqrt{n}$

A.3 Intervalle de confiance pour une grandeur combinée

Supposons les valeurs moyennes de w grandeurs $\bar{x}_i$ ($i = 1..w$) et les demi-largeurs des intervalles de confiance correspondants U_i ($i = 1..w$) à donner, les U_i sont calculés au moyen de l'Equation (A.3). Soit $\bar{x}$ une grandeur combinée de ces w valeurs moyennes:

$$\bar{x} = f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_w) \quad (\text{A.4})$$

Ainsi la demi-largeur de l'intervalle de confiance U_{com} pour la grandeur combinée $\bar{x}$ représente l'incertitude élargie de $\bar{x}$ et est approximativement donnée par:

$$U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^w \left(\frac{\partial \bar{x}}{\partial x_i} \cdot U_i \right)^2} \quad (\text{A.5})$$

Cela est uniquement valable si les grandeurs w suivent une distribution normale (voir le Guide ISO/CEI 98-3:2008, E.3.3) et ne sont pas corrélées. La démarche correcte pour déterminer l'intervalle de confiance de la grandeur combinée $\bar{x}$ est décrite dans le Guide ISO/CEI 98-3:200, G.4.1. Néanmoins, pour les besoins de la présente Norme, l'Equation (A.5) peut être utilisée avec une approximation satisfaisante. Les exemples suivants utilisent l'Equation (A.5).

EXEMPLE 1
$$\bar{x} = \bar{x}_1 \pm \bar{x}_2 \text{ d'où } U_{\text{com}} \approx \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$$

en général
$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i \text{ d'où } U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}$$

EXEMPLE 2
$$\bar{x} = \frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}} \text{ d'où } U_{\text{com}} \approx \frac{\bar{G}_1}{G_{r,0}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_1}{G_1}\right)^2 + \left(\frac{U_{r,0}}{G_{r,0}}\right)^2}$$

NOTE 1 U_1 et $U_{r,0}$ sont calculés au moyen de l'Equation (A.3).

Supposons que le groupe 1 de $n = 10$ dosimètres a été exposé à une valeur conventionnellement vraie de $C_1 = 0,1$ mSv. Le groupe de référence de $n = 5$ dosimètres a été exposé à $C_{r,0} = 3$ mSv.

Les valeurs indiquées pour les deux groupes sont, pour le groupe 1:

0,094 mSv; 0,097 mSv; 0,086 mSv; 0,091 mSv; 0,092 mSv;
0,103 mSv; 0,093 mSv; 0,087 mSv; 0,087 mSv; 0,094 mSv.

et pour le groupe de référence:

2,82 mSv; 2,97 mSv; 3,04 mSv; 2,96 mSv; et 2,96 mSv.

$\bar{G}_1 = 0,0924$, $\bar{G}_{r,0} = 2,950$, $s_1 = 0,00517$ et $s_{r,0} = 0,0800$ sont calculées d'après les valeurs ci-dessus. En utilisant l'équation (A.3), on obtient $U_1 = 0,00370$ et $U_{r,0} = 0,0993$. Pour le rapport $\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} = 0,0313$, il en découle $U_{\text{com}} \approx 0,00164$. Ainsi, le terme $\left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}}\right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_1}$ donne $0,940 \pm 0,049$ ce qui représente l'intervalle de confiance de la réponse relative avec un niveau de confiance de 95 %: 0,89 à 0,99.

NOTE 2 Les valeurs de la réponse sont $R_1 = 0,924$ et $R_{r,0} = 0,983$ d'où une réponse relative de $r = 0,940$.

On fait l'hypothèse que la réponse relative est permise entre 0,91 et 1,11. En faisant l'hypothèse que les incertitudes élargies des valeurs conventionnellement vraies C_1 et $C_{r,0}$ sont respectivement $U_{C,\text{rel};r,0} = 2,5$ % et $U_{C,\text{rel};1} = 2,5$ %, ceci conduit à $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};r,0}^2 + U_{C,\text{rel};1}^2} = 0,035$. Ceci conduit aux limites autorisées suivantes: 0,87 à 1,15.

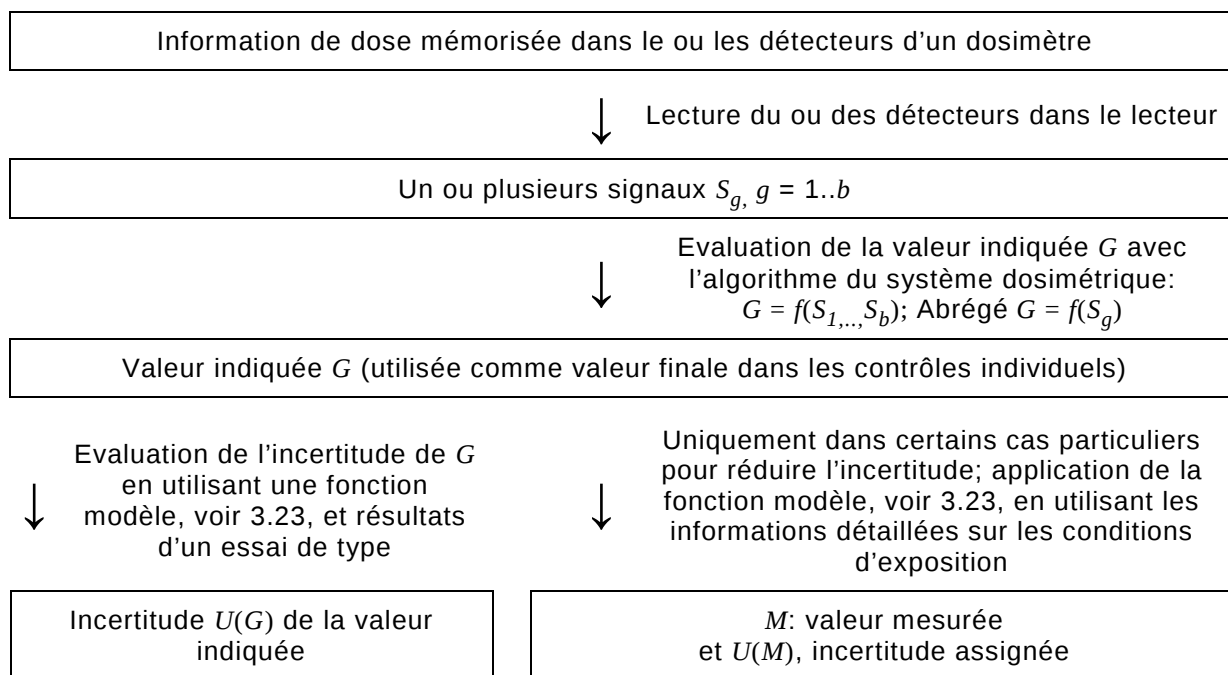
En conclusion, l'inéquation $0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}}\right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}}$ devient

$0,87 \leq 0,89.. 0,99 \leq 1,15$ et elle est satisfaite. L'essai est réussi.

Annexe B (informative)

Lien de cause à effet entre la lecture des signaux, la valeur indiquée et la valeur mesurée

Le lien de cause à effet entre le ou les signaux (lecture) (voir 3.38), la valeur indiquée (voir 3.13) et la valeur mesurée (voir 3.20) est indiqué dans la Figure B.1 suivante.



IEC 1255/07

Figure B.1 – Evaluation des données d'un système dosimétrique

Le point de départ de l'évaluation des données est l'information de dose mémorisée dans le ou les détecteurs.

Cette information est lue et le lecteur génère un ou plusieurs signaux, par exemple la charge mesurée dans un tube photomultiplicateur due à la lumière TL, appelée S_1 : $b = 1$. $b > 1$ indique que plusieurs signaux peuvent être présents dans un dosimètre.

En se basant sur ce signal, le système dosimétrique (ordinateur ou autre) évalue la valeur qui sera indiquée. Pour déterminer cette valeur indiquée G d'après le ou les signaux, plusieurs étapes sont automatiquement exécutées dans le système dosimétrique. Des exemples de ces étapes peuvent être trouvés dans l'application du coefficient d'étalonnage, du facteur de sensibilité du détecteur et dans l'application d'un algorithme de combinaison de plusieurs signaux. Ces étapes sont résumées dans la fonction $f(S_g)$ (voir 8.6). Dans le contrôle individuel, la valeur indiquée G est utilisée comme résultat final. Cependant, l'incertitude de G n'est pas encore connue à ce point.

L'incertitude $U(G)$ de la valeur indiquée peut être déterminée en utilisant une fonction modèle (voir 3.23) et d'autres informations, par exemple les résultats d'un essai de type selon la présente Norme.

Dans le cas où une valeur de dose très précise doit être déterminée, par exemple dans une situation d'accident, des informations détaillées sur les conditions d'exposition peuvent être utilisées pour corriger la valeur indiquée. Cela peut être réalisé en utilisant une fonction

modèle (voir 3.23). Le résultat est appelé valeur mesurée M parce qu'il est proche de la valeur qui est traditionnellement appelée valeur vraie de dose avec une petite incertitude.

Les deux dernières étapes sont expliquées en détail dans la CEI/TR 62461.

Annexe C (informative)

Vue d'ensemble des actions nécessaires à mener pour un essai de type selon la présente Norme

Le Tableau C.1 donne un canevas pour un essai de type pour un dosimètre, qui répond aux exigences de la présente Norme pour les domaines obligatoires. L'extension des domaines assignés suppose qu'un plus grand nombre d'expositions est à réaliser.

**Tableau C.1 – Canevas pour un essai de type d'un dosimètre
pour $H_p(10)$ répondant aux exigences des domaines obligatoires**

Ligne	Caractéristique en essai	Action à entreprendre pour l'essai de type	Nombre de groupes / dosimètres à exposer	Article/ Paragraphe
1	Capacité du système dosimétrique	Documentation du fabricant: contrôler la couverture des domaines obligatoires	0 / 0	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Documentation du fabricant: contrôler si les exigences sont satisfaites et si l'algorithme d'évaluation est donné	0 / 0	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Documentation du fabricant: contrôler que la réponse au rayonnement neutronique est donnée	0 / 0	8.7
4	Manuel d'instructions	Vérifier le manuel	0 / 0	9
5	Logiciel, données et interfaces	Vérifier la documentation du fabricant et effectuer des essais simples	0 / 0	10
6	Réponse relative due à la non-linéarité	Effectuer des expositions	12 / 96	11.3
7	Coefficient de variation, v			11.2
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	Effectuer des expositions	4 / 26	11.4
9	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement photonique et à l'angle d'incidence	Vérifier que la construction du dosimètre est symétrique par rapport à la rotation et effectuer des expositions	Sym. Constr.: 24 / 96 Non-sym.: 48 / 192	11.5.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	Effectuer des expositions	1 / 5	11.5.2
11	Comme aux lignes 9 et 10 mais en utilisant une nouvelle direction de référence opposée à celle utilisée	Vérifier que les informations sur le dosimètre sont données ou que le dosimètre est symétrique par rapport au plan du détecteur; sinon, effectuer des expositions	Le plus souvent 0 / 0 Possible: comme à la ligne 9	8.4 f)
12	Incidence du rayonnement par le côté du dosimètre	Contrôle par examen de la construction du dosimètre: parois plus épaisses que la face? Sinon, effectuer des expositions	Le plus souvent 0 / 0 Possible 6 / 24	11.8
13	Réponse à des expositions mixtes	Contrôle par la compréhension de l'algorithme d'évaluation; s'il n'est pas additif, utiliser des expositions de l'Article 11 et effectuer le calcul selon l'Article 12 et l'Annexe H	Le plus souvent 0 / 0 Possible 3 / 12	12

Tableau C.1 (suite)

Ligne	Caractéristique en essai	Action à entreprendre pour l'essai de type	Nombre de groupes / dosimètres à exposer	Article/ Paragraphe
14	Réponse relative due aux exigences de performances environnementales	Effectuer des expositions et des influences complémentaires, par exemple stockage de trois groupes pendant une durée $t_{\max}$	23/176	13
15	Ecart dû aux exigences de performance électromagnétique	Effectuer des expositions et des influences complémentaires	8 / 107	14
16	Ecart dû aux exigences de performance mécanique	Effectuer des expositions et des influences complémentaires	4 / 24	15

Annexe D (informative)

Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs

Les catégories d'utilisation données au Tableau D.1 peuvent être utilisées pour classer les dosimètres passifs en vue de leur approbation.

Tableau D.1 – Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs

Catégorie principale	Symbole	Domaine obligatoire d'utilisation	Extensions facultatives		
			pour le domaine d'énergie	pour la limite inférieure du domaine de dose	pour la limite supérieure du domaine de dose
$H_p(10)$ rayonnement photonique	G (gamma)	80 keV à 1,25 MeV ^a 0,1 mSv à 1 Sv ^b	m (moy): limite inférieure 60 keV l (basse): limite inférieure 20 keV h (haute): inclut 7 MeV	f : limite inférieure 0,01 mSv	a (accident): limite supérieure 10 Sv
$H^*(10)$ rayonnement photonique	E (environnement)	80 keV à 1,25 MeV ^a 0,1 mSv à 1 Sv ^b	m (moy): limite inférieure 60 keV l (basse): limite inférieure 20 keV h (haute): inclut 7 MeV	f : limite inférieure 0,01 mSv	a (accident): limite supérieure 10 Sv
$H_p(0,07)$ rayonnement photonique	S (peau)	30 keV à 250 keV 1 mSv à 10 Sv ^b	l : limite inférieure 20 keV n : limite inférieure 15 keV	g : limite inférieure 0,1 mSv	
$H_p(0,07)$ rayonnement bêta	B (bêta)	0,8 MeV (E_{moy}) ^a 1 mSv à 10 Sv ^b	l : limite inférieure 60 keV (E_{moy}) ^a	g : limite inférieure 0,1 mSv	
^a Domaine d'énergie obligatoire ^b Etendue de mesure obligatoire Exemple 1: Un dosimètre individuel de rayonnement photonique pour une centrale nucléaire peut être classé Gmh . Exemple 2: Un dosimètre d'environnement de rayonnement photonique pour un lieu proche d'une centrale nucléaire peut être classé Emhf . Exemple 3: Un dosimètre individuel de rayonnement bêta pour une utilisation médicale peut être classé Sng-Blg .					

Annexe E (informative)

Incertitude des systèmes dosimétriques

Si un système dosimétrique satisfait à toutes les exigences de la présente Norme internationale et si de plus, les deux conditions a) et b) indiquées ci-dessous sont satisfaites, le système dosimétrique est alors conforme aux recommandations de précision indiquées à l'alinéa 251 de la CIPR 75:1997. Ceci signifie que la réponse du système dosimétrique est à un facteur de moins de 1,5 dans l'une ou l'autre direction pour un rayonnement photonique avec un intervalle de confiance de 95 %. Ceci est valide si le dosimètre est porté correctement sur la partie représentative du corps et si toutes les grandeurs d'influence sont dans leurs domaines assignés.

a) Pour toutes les réponses relatives r_q déterminées selon 13.2 à 13.9, l'inégalité

$$\sqrt{\sum_{13.2 \text{ to } 13.9} \left(\frac{1}{r_q} - 1\right)^2} \leq 20 \% \text{ est valide}$$

b) Pour toutes les valeurs indiquées $\bar{G}_i$ déterminées selon 14.3, l'inégalité

$$\sqrt{\sum_{i=2}^8 \left\{ \left(\max \left| \bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_m \right| \right)^2 \right\}} \leq 1,1 \cdot H_{\min} \text{ est valide.}$$

NOTE 1 Le maximum est constitué à partir des deux possibilités suivantes $\left| \bar{G}_i - \bar{G}_1 + U_m \right|$ et $\left| \bar{G}_i - \bar{G}_1 - U_m \right|$.

NOTE 2 L'expression $\sqrt{\dots}$ représente la racine carrée de la somme des carrés des écarts.

Annexe F (informative)

Coefficients de conversion $h_{pK}(3;\alpha)$, $h_{pK}(0,07;\alpha)$ et $h'_{K}(0,07;\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$, $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$, respectivement pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1

Dans les Tableaux F.1 et F.2 sont respectivement indiqués les coefficients de conversion du kerma en équivalent de dose $H_p(3)$ pour la série de spectres étroits et pour les qualités de rayonnement gamma. Dans le Tableau F.3 sont indiqués les coefficients de conversion du kerma en équivalents de dose $H_p(0,07)$ pour les qualités de rayonnement gamma. Dans le Tableau F.4 sont indiqués les coefficients de conversion du kerma en équivalents de dose $H'(0,07)$ pour les qualités de rayonnement de rayons X de haute énergie et gamma. Ces valeurs ont été obtenues par spectre de fluence replié avec les coefficients de conversion correspondants pour les photons mono-énergétiques, voir Behrens (2011).

Les valeurs utilisées dans les Tableaux F.1, F.2, F.3 et F.4 suivants ne doivent être utilisées que dans la mesure où elles ne sont pas incluses dans l'ISO 4037-3 ou tout autre document ou publication scientifique.

Tableau F.1 – Coefficients de conversion $h_{pK}(3;N,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme plaque, distance de référence 2 m

Qualité de rayonnement	Distance d'exposition m	Diamètre du faisceau ^a cm	$h_{pK}(3;N,\alpha)$ en Sv/Gy pour un angle d'incidence α de					
			0°	15°	30°	45°	60°	75°
N-10	1,0 – 2,0	25	0,131	0,122	0,098	0,061	0,0213	0,00099
N-15	1,0 – 2,0	25	0,42	0,41	0,38	0,32	0,238	0,129
N-20	1,0 – 2,0	25	0,66	0,66	0,63	0,58	0,49	0,31
N-25	1,0 – 3,0	23	0,88	0,88	0,86	0,80	0,71	0,49
N-30	1,0 – 3,0	20	1,04	1,04	1,03	0,97	0,89	0,65
N-40	1,0 – 3,0	16	1,29	1,29	1,28	1,22	1,13	0,91
N-60	1,0 – 3,0	11	1,63	1,63	1,60	1,54	1,43	1,17
N-80	1,0 – 3,0	11	1,80	1,79	1,77	1,71	1,59	1,33
N-100	1,0 – 3,0	11	1,81	1,80	1,78	1,73	1,62	1,39
N-120	1,0 – 3,0	11	1,74	1,73	1,72	1,68	1,59	1,38
N-150	1,0 – 3,0	11	1,66	1,65	1,65	1,62	1,55	1,35
N-200	1,0 – 3,0	11	1,53	1,53	1,53	1,51	1,47	1,32
N-250	1,0 – 3,0	11	1,46	1,46	1,45	1,45	1,41	1,30
N-300	1,0 – 3,0	11	1,41	1,41	1,40	1,40	1,37	1,28
N-350	1,0 – 3,0	11	1,37	1,37	1,37	1,37	1,35	1,27
N-400	1,0 – 3,0	11	1,33	1,34	1,34	1,35	1,33	1,27

^a Lieu approximatif du contour isodose à 98 % par rapport à la dose au centre du fantôme.

Tableau F.2 – Coefficients de conversion $h_{pK}(3;S,\alpha)$ et $h_{pK}(3;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(3)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme plaque

Qualité de rayonnement	Distance d'exposition m	Diamètre du faisceau ^a cm	Couche d'empilement ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h_{pK}(3;S,\alpha)$ et $h_{pK}(3;R,\alpha)$ en Sv/Gy pour un angle d'incidence α de					
					0°	15°	30°	45°	60°	75°
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,22	1,22	1,22	1,25	1,25	1,22
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,16	1,17	1,17	1,18	1,19	1,19
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,15
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,14

^a Lieu approximatif du contour isodose à 98 % par rapport à la dose au centre du fantôme.

^b Il convient de positionner devant le dosimètre une plaque de polyméthyle-méthacrylate (PMMA) d'une section transversale de 30 cm × 30 cm et d'une épaisseur suffisante pour assurer l'empilement complet.

^c Il convient de tenir compte de la modification du champ de rayonnement par introduction de la plaque de PMMA en multipliant le coefficient de conversion par le facteur de correction k_{PMMA} .

Tableau F.3 – Coefficients de conversion $h_{pK}(0,07;S,\alpha)$ et $h_{pK}(0,07;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1 et pour le fantôme tige, pilier et plaque

Qualité de rayonnement	Distance d'exposition m	Diamètre du faisceau ^a cm	Couche d'empilement ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h_{pK}(0,07)_{Tige}$ Sv/Gy pour α	$h_{pK}(0,07)_{Pilier}$ Sv/Gy pour α	$h_{pK}(0,07;S,\alpha)_{Plaque}$ et $h_{pK}(0,07;R,\alpha)_{Plaque}$ en Sv/Gy pour α					
					0° .. ± 60°	0° .. ± 60°	0°	15°	30°	45°	60°	75°
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,13	1,14	1,21	1,22	1,22	1,23	1,26	1,28
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,12	1,13	1,17	1,17	1,17	1,18	1,21	1,23
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,12	1,12	1,12	1,12	1,13	1,14	1,17
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,12	1,13	1,12	1,12	1,12	1,13	1,15

^a Lieu approximatif du contour isodose à 98 % par rapport à la dose au centre du fantôme.

^b Il convient de positionner devant le dosimètre une plaque de polyméthyle-méthacrylate (PMMA) d'une section transversale de 30 cm × 30 cm et d'une épaisseur suffisante pour assurer l'empilement complet.

^c Il convient de tenir compte de la modification du champ de rayonnement par introduction de la plaque de PMMA en multipliant le coefficient de conversion par le facteur de correction k_{PMMA} .

Tableau F.4 – Coefficients de conversion $h'_K(0,07;N,\alpha)$, $h'_K(0,07;S,\alpha)$ et $h'_K(0,07;R,\alpha)$ du kerma, K_a , en $H'(0,07)$ pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 4037-1

Qualité de rayonnement	Distance d'exposition m	Diamètre du faisceau ^a cm	Couche d'empilement ^b mm	k_{PMMA} ^c	$h'_K(0,07;N,\alpha)$, $h'_K(0,07;S,\alpha)$, et $h'_K(0,07;R,\alpha)$ en Sv/Gy pour α							
					0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	180°
N-350	1,0 – 3,0	11	-	-	1,32	1,32	1,32	1,32	1,31	1,31	1,17	0,130
N-400	1,0 – 3,0	11	-	-	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,16	0,139
S-Cs	1,5 – 4,0	15	2	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,18	1,07	0,22
S-Co	1,5 – 4,0	15	4	1,00	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,14	1,04	0,35
R-C	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,09	1,01	0,57
R-F	1,0 – 5,0	15	25	0,94	1,11	1,11	1,11	1,11	1,11	1,09	1,02	0,62

^a Lieu approximatif du contour isodose à 98 % par rapport à la dose au centre du fantôme.

^b Il convient de positionner devant le dosimètre une plaque de polyméthyle-méthacrylate (PMMA) d'une section transversale de 30 cm × 30 cm et d'une épaisseur suffisante pour assurer l'empilement complet.

^c Il convient de tenir compte de la modification du champ de rayonnement par introduction de la plaque de PMMA en multipliant le coefficient de conversion par le facteur de correction k_{PMMA} .

Annexe G (informative)

Coefficients de conversion $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ et $h_{pD}(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, respectivement en équivalent de dose $H_p(0,07)$ et $H_p(3)$, pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1

Dans le Tableau G.1, les coefficients de conversion de la dose individuelle absorbée à une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(3)$ sont donnés pour les champs de rayonnement de série 1 $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ et ^{106}Ru . Dans le Tableau G.2, les coefficients de conversion de la dose individuelle absorbée à une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(0,07)$ sont donnés pour les champs de rayonnement de série 1 ^{106}Ru . Ces valeurs ont été obtenues par des mesures avec étalon bêta primaire de dose absorbée dans un tissu, voir Behrens et Buchholz (2011).

Les valeurs utilisées dans les tableaux suivants ne doivent être utilisées que dans la mesure où elles ne sont pas incluses dans l'ISO 6980-3 ou tout autre document ou publication scientifique.

Tableau G.1 – Coefficients de conversion mesurés $h_{pD}(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(3)$ pour le fantôme plaque pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1

Source			$h_{pD}(3;source;\alpha)$ pour un angle d'incidence α de					
Nucléide	Filtre d'aplatissement de faisceau	Distance cm	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	oui	30	0,43	0,40	0,32	0,20	0,098	0,032
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	oui	30	0,76	0,72	0,63	0,47	0,26	0,095

Tableau G.2 – Coefficients de conversion mesurés $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour le fantôme plaque pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1

Source			$h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ pour un angle d'incidence α de					
Nucléide	Filtre d'aplatissement de faisceau	Distance cm	0°	15°	30°	45°	60°	75°
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	oui	30	1,00	1,00	1,04	1,13	1,19	1,00

Annexe H (informative)

Méthode informatique d'essai de calcul d'expositions mixtes

L'organigramme d'un programme exécutant la méthode d'essai selon 12.2 est présenté à la Figure H.1. Les notations suivantes sont valides:

$N = 1, 2, \dots, N_{\max}$ est le pointeur sur l'entrée de tableau contenant les signaux (réponses élémentaires) $S_g(K)$ pour la qualité de rayonnement K ($g = 1..b$). Par exemple, $N = 2$ correspond à "N-20; 15° vers le haut".

$j = 1, 2, \dots, (N_{\max} - N)$ est le décalage par rapport à N pour pointer sur l'entrée de tableau contenant les signaux (réponses élémentaires) $S_g(L)$ pour la qualité de rayonnement L ($g = 1..b$). Par exemple, $N = 2$ et $j = 3$ correspond à la ligne $2+3 = 5$: "N-20; 15° vers la droite".

i est l'indice de pondération de 1 à 9, respectivement équivalent à 10 % jusqu'à 90 % pour les valeurs de dose C_K et 90 % jusqu'à 10 % pour C_L . Pour l'exemple donné ci-dessus, $i = 2$ correspond à une dose de 20 % de "N-20; 15° vers le haut" et une dose de 80 % de "N-20; 15° vers la droite".

Un exemple de tableau de signaux de dosimètre est donné ci-dessous.

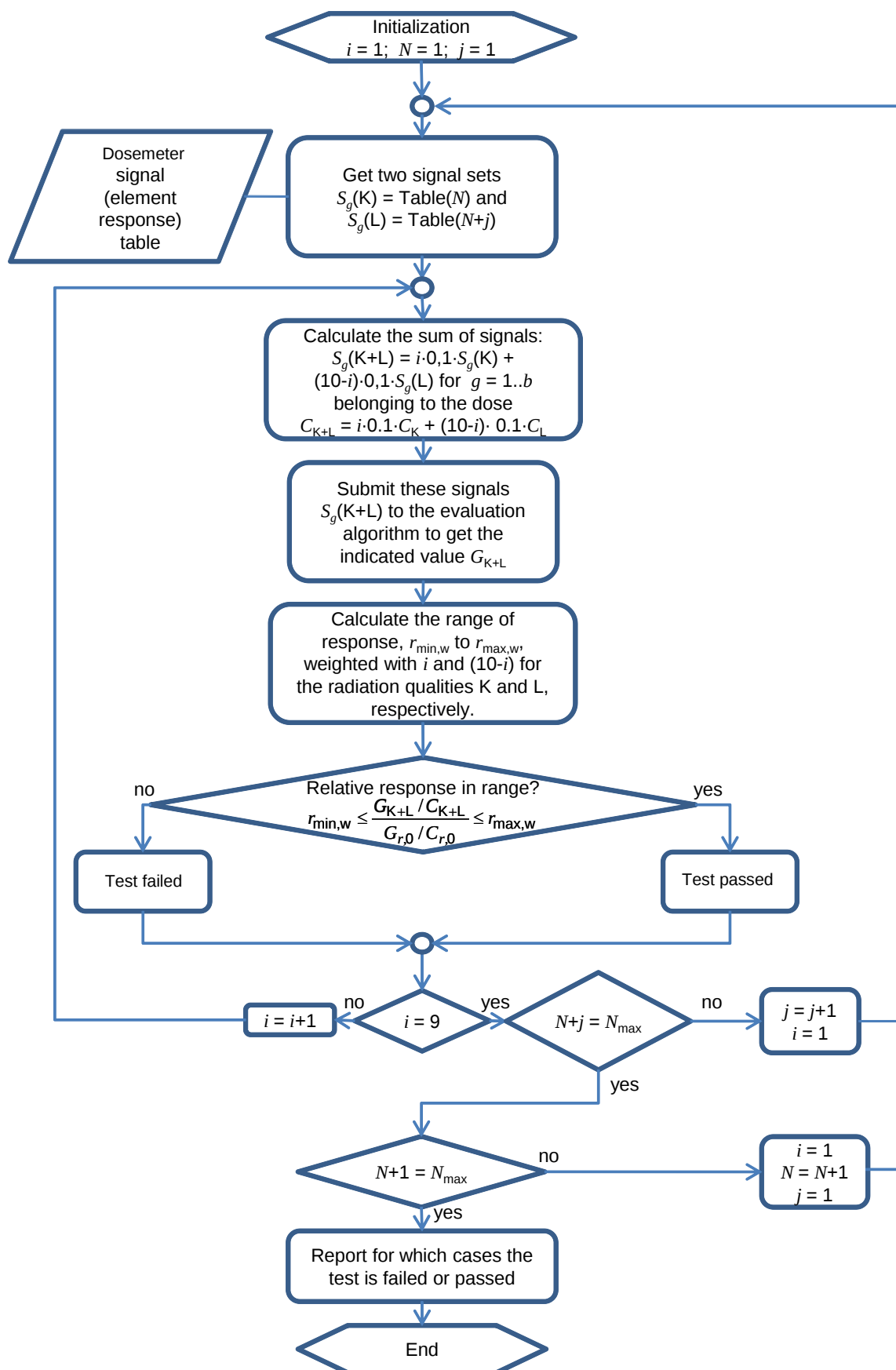
Example of Dosimeter response table & range limit

N	Radiation Quality	$r_{\min}$	$r_{\max}$	S_1	S_2	...	S_b
1	N-20; 0°	0,67	2,00	0,80	1,20	...	3,50
2	N-20; 15° up	0,67	2,00	0,72	1,08	...	3,15
3	N-20; 15° down	0,67	2,00	0,70	1,05	...	3,10
4	N-20; 15° left	0,67	2,00	0,63	0,95	...	2,79
5	N-20; 15° right	0,67	2,00	0,65	0,99	...	2,85
6	N-20; 30° up	0,67	2,00	0,70	1,03	...	3,10
...	...	0,67	2,00	...	...	...	...
	N-30; 0°	0,69	1,82	...	...	...	...
	N-30; 15° up	0,69	1,82	...	...	...	...
	...	0,69	1,82	...	...	...	...
	N-80; 0°	0,71	1,67	...	...	...	...
	N-80; 15° up	0,71	1,67	...	...	...	...
	...	0,71	1,67	...	...	...	...
	S-Co; 0°	0,71	1,67	...	...	...	...
	S-Co; 15° up	0,71	1,67	...	...	...	...
	...	0,71	1,67	...	...	...	...
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; 0°	0,67	2,00	...	...	...	...
	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$; 15° up	0,67	2,00	...	...	...	...
$N_{\max}$	...	0,67	2,00	...	...	...	...

Anglais	Français
Example of dosemeter response table & and range limit	Exemple de tableau de réponse de dosimètre et limite de domaine
Radiation quality	Qualité de rayonnement
Up	Vers le haut
Down	Vers le bas
Left	Vers la gauche

Anglais	Français
Right	Vers la droite

Le domaine requis de réponse pondérée avec i et $(10 - i)$ est calculé d'après les domaines de réponse pour les qualités de rayonnement K et L, $r_{\min,K} \dots r_{\max,K}$ et $r_{\min,L} \dots r_{\max,L}$, par $r_{\min,w} = \frac{r_{\min,K} \cdot i + r_{\min,L} \cdot (10 - i)}{10}$ et $r_{\max,w} = \frac{r_{\max,K} \cdot i + r_{\max,L} \cdot (10 - i)}{10}$.



Anglais	Français
Initialization	Initialisation
Dosemeter signal (element response) table	Tableau de signaux du dosimètre (réponse élémentaire)
Get two signals sets ----- and -----	Obtention de deux jeux de signaux ----- et -----
Calculate the sum of signals ----- ----- for g=--- belonging to the dose -----	Calcul de la somme des signaux ----- ----- pour g=--- appartenant à la dose -----
Submit these signals ---- to the evaluation algorithm to get the indicated value ---	Soumission de ces signaux ---- à l'algorithme d'évaluation pour obtenir la valeur indiquée ---
Calculate the range of response ----- to ----- weighted with i and (10-i) for the radiation qualities K and L respectively	Calcul du domaine de réponse ----- à ----- pondéré par i et (10-i) respectivement pour les qualités de rayonnement K et L
Relative response in range? -----	Réponse relative dans le domaine ? -----
yes	oui
no	non
Test failed	Echec de l'essai
Test passed	Réussite de l'essai
Report for which cases the test is failed or passed	Rapport des cas où l'essai a réussi ou échoué
End	Fin

Figure H.1 – Organigramme d'un programme informatique exécutant les essais selon 12.2

Bibliographie

CEI 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org>)

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

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

CEI 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement spectral de référence*

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

CIPR, Publication 75:1997, *Principes généraux de la protection radiologique des travailleurs*

ICRU Report 39:1985, *Determination of Dose Equivalents Resulting from External Radiation Sources, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA* (disponible en anglais seulement)

ICRU Report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry* (disponible en anglais seulement)

ICRU Report 56:1997, *Dosimetry of External Beta Rays for Radiation Protection, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA* (disponible en anglais seulement)

ICRU Report 57:1998, *Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation, International Commission on Radiation Units and Measurements, Bethesda, Maryland, USA* (disponible en anglais seulement)

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 4037-4:2004, *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 – Rayonnements bêta de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ du rayonnement*

ISO 12794:2000, *Energie nucléaire – Radioprotection – Dosimètres individuels thermoluminescents pour yeux et extrémités*

WELMEC 7.2: Software Guide as of May 2011 (<http://www.welmec.org/latest/guides/72.html>) (disponible en anglais seulement)

BEHRENS, R. *Air kerma to dose equivalent conversion coefficients not included in ISO 4037-3*. Rad. Prot. Dosim. Rad. Prot. Dosim. **147** 373-379 (2011) (disponible en anglais seulement)

BEHRENS, R. and DIETZE, G. *Monitoring the eye lens: which dose quantity is adequate?* Phys. Med. Biol. **55** 4047-4062 (2010) and corrigendum Phys. Med. Biol. **56** 511 (2011) (disponible en anglais seulement)

BEHRENS, R. and Buchholz, G. *Extensions of the PTB Beta Secondary Standard BSS 2*. J. Instrum. Vol. 6 P11007 (2011) (disponible en anglais seulement)

BRUNZENDORF, J. and BEHRENS, R. *How to type test the coefficient of variation of an indication*, Radiation Protection Dosimetry Vol. 123, 21-31 (2007) (disponible en anglais seulement)

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