

**INTERNATIONAL
STANDARD**

**IEC
CEI**

**NORME
INTERNATIONALE**

62387-1

First edition
Première édition
2007-07

**Radiation protection instrumentation –
Passive integrating dosimetry systems for
environmental and personal monitoring –**

**Part 1:
General characteristics and performance
requirements**

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

**Partie 1:
Caractéristiques générales et exigences
de fonctionnement**



Reference number
Numéro de référence
IEC/CEI 62387-1:2007



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

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

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

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

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

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

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

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

A propos de la CEI

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

A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

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

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

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

INTERNATIONAL
STANDARD

IEC
CEI

NORME
INTERNATIONALE

62387-1

First edition
Première édition
2007-07

**Radiation protection instrumentation –
Passive integrating dosimetry systems for
environmental and personal monitoring –**

**Part 1:
General characteristics and performance
requirements**

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

**Partie 1:
Caractéristiques générales et exigences
de fonctionnement**



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE
CODE PRIX **XB**

*For price, see current catalogue
Pour prix, voir catalogue en vigueur*

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope and object.....	9
2 Normative references	10
3 Terms and definitions	11
4 Units and symbols	20
5 General test procedures	20
5.1 Basic test procedures.....	20
5.2 Test procedures to be considered for every test	21
6 Performance requirements: summary	22
7 Capability of a dosimetry system	22
7.1 General.....	22
7.2 Measuring range and type of radiation.....	22
7.3 Rated ranges of the influence quantities.....	22
7.4 Maximum rated measurement time t_{\max}	22
7.5 Reusability	23
7.6 Model function.....	23
7.7 Example for the capabilities of a dosimetry system.....	23
8 Requirements for the design of the dosimetry system.....	24
8.1 General.....	24
8.2 Indication of the dose value (dosimetry system)	24
8.3 Assignment of the dose value to the dosimeter (dosimetry system)	24
8.4 Information given on the devices (reader and dosimeter).....	24
8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosimeter)	25
8.6 Algorithm to evaluate the indicated value (dosimetry system).....	25
8.7 Use of dosimeters in mixed radiation fields (dosimetry system)	25
9 Instruction manual.....	25
9.1 General.....	25
9.2 Specification of the technical data	25
10 Software, data and interfaces of the dosimetry system	27
10.1 General.....	27
10.2 Requirements.....	27
10.3 Method of test	30
11 Radiation performance requirements and tests (dosimetry system).....	33
11.1 General.....	33
11.2 Coefficient of variation.....	33
11.3 Non-linearity.....	33
11.4 Overload characteristics, after-effects and reusability.....	35
11.5 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(10)$ or $H^*(10)$ dosimeters	36
11.6 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(0,07)$ dosimeters	38
11.7 Radiation incidence from the side of an $H_p(10)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter	40
12 Additivity of the indicated value (dosimetry system).....	41
12.1 Requirements.....	41
12.2 Method of test	42

12.3 Interpretation of the results	42
13 Environmental performance requirements and tests	43
13.1 General	43
13.2 Ambient temperature and relative humidity (dosemeter)	43
13.3 Light exposure (dosemeter)	44
13.4 Dose build-up, fading, self-irradiation and response to natural radiation (dosemeter)	44
13.5 Sealing (dosemeter)	46
13.6 Reader stability (reader)	46
13.7 Ambient temperature (reader)	46
13.8 Light exposure (reader)	47
13.9 Primary power supply (reader)	48
13.10 General interpretation of the results	49
14 Electromagnetic performance requirements and tests (dosimetry system)	49
14.1 General	49
14.2 Requirement	49
14.3 Method of test	49
14.4 Interpretation of the results	50
15 Mechanical performance requirements and tests	50
15.1 General requirement	50
15.2 Drop (dosemeter)	51
16 Documentation	51
16.1 Type test report	51
16.2 Certificate issued by the laboratory performing the type test	51
Annex A (normative) Confidence limits	62
Annex B (informative) Causal connection between readout signals, indicated value and measured value	66
Annex C (informative) Overview of the necessary actions that have to be performed for a type test according to this standard	67
Annex D (informative) Usage categories of passive dosimeters	69
Bibliography	70
Figure A.1 – Test for confidence interval	62
Figure B.1 – Data evaluation in dosimetry systems	66
Table 1 – Symbols	53
Table 2 – Reference conditions and standard test conditions	55
Table 3 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosimeters	56
Table 4 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosimeters	57
Table 5 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosimeters	58
Table 6 – Environmental performance requirements for dosimeters and readers	59
Table 7 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14	60
Table 8 – Mechanical disturbances performance requirements for dosimeters	61

Table A.1 – Student’s t -value for a double sided 95 % confidence interval 63

Table C.1 – Schedule for a type test of a dosimeter for $H_p(10)$ fulfilling the requirements within the minimal rated ranges 67

Table D.1 – Usage categories of passive dosimeters 69

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
PASSIVE INTEGRATING DOSIMETRY SYSTEMS FOR
ENVIRONMENTAL AND PERSONAL MONITORING –**

Part 1: General characteristics and performance requirements

FOREWORD

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

International Standard IEC 62387-1 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/544/FDIS	45B/554/RVD

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

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

A list of all parts of the IEC 62387 series, under the general title: *Radiation protection instrumentation – Passive integrating dosimetry systems for environmental and personal monitoring*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

IEC 62387 is published in separate parts according to the following structure:

Part 1: General

General characteristics and performance requirements

Part 2: Thermoluminescence dosimetry systems

Specific characteristics of, and performance requirements for, thermoluminescence dosimetry systems

Up to now, this part is represented by the second edition of IEC 61066.

Parts 3 and following: Other dosimetry systems

The further parts (to be published later) contain specific characteristics of, and performance requirements for, other detectors like direct ion storage, optically stimulated luminescence etc.

A dosimetry system may consist of the following elements:

- a) a passive device, referred to here as a *detector*, which, after the presence of radiation, provides and 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;
- 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.

The main objectives of this international standard IEC 62387-1 are to:

- specify performance requirements for complete dosimetry systems including detectors, dosimeters, readers, and additional equipment. In addition, the corresponding methods of test to check that these requirements are met are given in detail;
- harmonize requirements for all types of passive dosimetry systems detecting external photon and beta radiation;
- specify the use of the operational quantities according to ICRU 51;
- harmonize tests using radiation with relevant ISO standards on reference radiation and calibration: ISO 4037 for photon radiation, ISO 6980 for beta radiation and ISO 8529 for neutron radiation. For this reason, no conversion coefficients from air kerma (or absorbed dose or fluence) to the operational quantities are given in this standard. Those given in the ISO-standards are applicable;
- incorporate basic terms of the concept that a result of a measurement essentially consists of a value and an associated uncertainty, as expounded in the introductions of IEC 311 and IEC 60359 and refer the reader to an IEC technical report for complete uncertainty analysis in radiation protection measurements and to the GUM;

- align IEC uncertainty requirements on dosimetry systems for measuring personal dose equivalents with those stated in ICRP Publication 75: *General Principles for the Radiation Protection of Workers*.

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

Part 1: General characteristics and performance requirements

1 Scope and object

This part of IEC 62387 applies to all kinds of passive dosimetry systems that are used for measuring the personal dose equivalents $H_p(10)$ or $H_p(0,07)$ or the ambient dose equivalent $H^*(10)$. It applies to dosimetry systems that measure external photon or beta radiation in the dose range between 0,01 mSv and 10 Sv and in the energy ranges given in the following Table. 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.

Measuring quantity	Energy range for photon radiation	Energy range for beta-particle radiation
$H_p(10)$, $H^*(10)$	12 keV to 7 MeV	---
$H_p(0,07)$	8 keV to 250 keV	0,07 MeV ^a to 1,2 MeV almost equivalent to E_{max} from 225 keV to 3,54 MeV
^a For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (almost equivalent to 0,07 mm of ICRU tissue) nominal depth.		

NOTE 1 In this standard, “dose” means personal or ambient dose equivalent, unless otherwise stated.

NOTE 2 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.

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 The correction due to natural background may be made before or after the dose calculation.

In this standard, requirements are stated for minimal ranges of influence quantities, for example 80 keV to 1,25 MeV for photon energy (see Tables 3 to 5). A dosimetry system shall at least fulfil the requirements stated for these *minimal* ranges. However, the manufacturer may state larger ranges for the different influence quantities, for example 60 keV to 7 MeV. These larger ranges are called *rated* ranges. In such cases, the dosimetry systems must fulfil the requirements stated for these rated ranges. Thus, dosimetry systems can be classified by stating a set of ranges (for dose, energy, temperature etc.) 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.

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.

2 Normative references

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

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Electrical and electronic measurements and measuring instruments – Part 311: General terms relating to measurements – Part 312: General terms relating to electrical measurements – Part 313: Types of electrical measuring instruments – Part 314: Specific terms according to the type of instrument*

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

IEC 60050-394:1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*
Amendment 1 (1996)
Amendment 2 (2000)

IEC 60068-2-32, *Environmental testing – Part 2: Tests. Test Ed: Free fall*

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 61000-4-11, *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 4037-1:1996, *X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3 Terms and definitions

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

For definitions related to measurements in general, definitions were taken from IEC 60050-300, Part 311, from IEC 60050-393 and from IEC 60050-394. A very limited number of definitions was taken from ISO 4037-3 and the ISO Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM).

The references are given in brackets []. The information following the brackets is specific to this standard and is not originating from the given source.

A word between parentheses () in the title of a definition is a qualifier that may be skipped if there is no danger of confusion with a similar term.

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

[ICRU 51]

NOTE 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]

**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. It is expressed as

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

NOTE 1 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.

[ISO 4037-3, Definition 3.2.12, modified]

NOTE 2 This definition is of special importance for non-linear dosimeters.

NOTE 3 The reference value $C_{r,0}$ for the dose is given in Table 2.

**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) given by the following formula:

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

[IEV 394-20-14, modified]

**3.4
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 "Conventional true value" is sometimes called "assigned value", "best estimate of the value", "conventional value" or "reference value".

[IEV 311-01-06; 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 R_0 . It is expressed as

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

NOTE 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 A coverage factor k is typically in the range 2 to 3.

[GUM 2.3.6]

NOTE 2 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.

3.7 detector

element of equipment or a substance which, in the presence of radiation, provides a signal for use in measuring one or more quantities of the incident radiation

[IEV 394-04-01]

NOTE 1 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 A passive detector does not need an external power supply to collect and store dose information.

NOTE 3 In IEV, the term reads “radiation detector”.

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

[IEV 311-07-03, modified]

$$D = G - G_r$$

where

G the indicated value under the effect, and

G_r the indicated value under reference conditions

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

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

**3.9
dosemeter**

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

NOTE 1 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 This apparatus may require a separate reader to read out the absorbed dose or dose equivalent.

[IEV 394-02-11]

NOTE 3 A dosimeter usually consists of a detector and a badge, for example TLD badge with filters.

**3.10
dosimetry system**

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

[IEV 394-11-06, modified]

**3.11
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

[GUM 2.3.5]

NOTE 1 The expanded uncertainty is obtained by multiplying the combined standard uncertainty by a coverage factor.

NOTE 2 In this standard, the confidence level is 95 %.

**3.12
indicated value**

G

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

[IEV 311-01-08]

NOTE 1 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 The indicated value is equivalent to the evaluated value in ISO 12794, Annex D.

NOTE 3 For details, see Annex B of this standard.

**3.13
influence quantity**

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

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

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

NOTE 2 If the effect on the result of a measurement of an influence quantity depends on another influence quantity, these influence quantities are treated as a single one. In this standard, this is the case for two pairs of influence quantities:

- 1 – radiation energy and angle of incidence,
- 2 – ambient temperature and relative humidity.

3.14

influence quantity of type F

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

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

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

3.15

influence quantity of type S

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

NOTE 1 An example is the electromagnetic disturbance.

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

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

3.16

lower limit of the measuring range

H_{low}

lowest dose value included in the measuring range

3.17

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 The maximum rated measuring time depends on the lower limit of the measuring range H_{low} , the fading, etc.

NOTE 2 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).

3.18

measured value

M

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

NOTE 1 The uncertainty 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:

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

This uncertainty model function is necessary to evaluate the uncertainty of the system according to the GUM (see GUM sections 3.1.6, 3.4.1 and 4.1).

NOTE 2 For “model” function, see Note 2 to 3.35.

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

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

NOTE 5 For details, see Annex B.

3.19

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

[IEV 311-03-12]

NOTE 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.

3.20

minimal rated range (of use)

smallest range being specified for an influence quantity or instrument parameter over which the dosimetry system shall operate in compliance with this standard

NOTE The minimal rated ranges of the influence quantities dealt with in this standard are given in the second column of Tables 3 to 7.

3.21

personal dose equivalent

$H_p(d)$

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

[ICRU 51]

NOTE 1 The recommended depths are 10 mm for penetrating radiation and 0,07 mm for superficial radiation. [IEV 393-14-97]

NOTE 2 Soft tissue means ICRU 4-element tissue, see ICRU Report 39.

3.22

point of test

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

[ISO 4037-3, Definition 3.2.6, modified]

3.23

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, etc., which the dosimeters or detectors are intended to be subjected to in routine use

3.24

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

[IEV 311-07-05, modified]

NOTE 1 In IEC 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 Influence quantities can be either of type S or of type F.

3.25

reader

instrument designed to read out one or more detectors in a dosimeter

[IEV 394-11-10, modified]

NOTE 1 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.

NOTE 2 In IEV, the term reads “dosemeter reader”.

3.26 readout

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

3.27 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

[IEV 311-06-02, modified]

3.28 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

[ISO 4037-3, 3.2.7]

3.29 reference orientation

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

[ISO 4037-3, 3.2.8]

3.30 reference point of a dosimeter

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

[IEV 394-20-15, modified]

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

NOTE 2 The reference values for the dose are given in Table 2.

3.32 relative expanded uncertainty

U_{rel}
expanded uncertainty divided by the measurement result

**3.33
relative response**

r
quotient of the response *R* and the reference response *R*₀

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

**3.34
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

[IEV 394-20-21, modified]

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

**3.35
result of a measurement**

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

NOTE 1 The central value of the whole (set of values) can be selected as *measured value M* (see 3.18) and a parameter characterizing the dispersion as *uncertainty* (see 3.39).

NOTE 2 The result of a measurement is related to the *indicated value given by the instrument G* (see 3.12) and to the values of correction obtained by calibration and by the use of a *model* (see 3.18).

[IEV 311-01-01, modified]

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

**3.36
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 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 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 Using more than one detector always means using more than one signal.

NOTE 4 The “signal” is similar to the “readout value” in ISO 12794, 3.13.

NOTE 5 For details, see Annex B of this standard.

3.37 standard deviation

s

for a series of n measurements of the same measurand, the quantity s characterizing the dispersion of the results and given by the formula:

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

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 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 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 Experimental standard deviation of the mean" is sometimes incorrectly called "standard error of the mean".

[IEV 394-20-44, modified]

NOTE 4 In IEV, the term reads "experimental standard deviation".

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

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

[ISO 4037-3, Definition 3.2.3]

3.39 standard uncertainty

u

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

[GUM 2.3.1]

3.40 type test

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

[IEV 394-20-28]

3.41 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 1.

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, unless otherwise specified in the individual subclauses.

5.1.3 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 2. The tests shall be carried out under standard test conditions given in the third column of Table 2, unless otherwise specified.

All influence quantities shall be maintained within the limits set for standard test conditions given in Table 2, 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 with the recommendations in the following documents: a) ISO 4037 series for photon radiation and b) ISO 6980 series for beta 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, Subclause 6.3.1, shall be used. The required irradiation geometry is specified in the appropriate ISO reference standard (ISO 4037-1 or ISO 6980-1).

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 % = 0,08. The testing laboratory shall determine $U_{C,rel}$ according to the GUM.

NOTE According to Note 2 of 3.11, the confidence level is 95 %.

5.2.3 Consideration of non-linearity

The effect of a non-linearity 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 3.36) 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 Clauses 12 to 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

The performance requirements for dosimetry systems are given in Tables 3 to 5 depending on the quantity to be measured: $H_p(10)$: Table 3; $H_p(0,07)$: Table 4; $H^*(10)$: Table 5.

Details for some of the entries in Tables 3 to 5 are given in the further Tables 6 to 8.

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 minimum ranges that are give in Tables 3 to 5. The dosimetry system shall fulfill 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 minimal ranges given in line 6 of Tables 3 to 5.

The type of radiation the dosimeter is designed for 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 minimal range for each influence quantity is given in the third column of Tables 3 to 8. 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 Note 1 to 3.18 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 minimal rated 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 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): minimal ranges, see Table 7
- Mechanical disturbances: minimal ranges, see Table 8

Maximum rated measurement time: 6 months.

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

Model function: $M = \frac{N_0}{r_n \cdot r_{E,\alpha} \cdot r_{env}} \cdot [G - D_{EMC} - D_{mech}]$, for details see 3.18 and Annex B,

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.

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 must show 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):

- an identification to assign the reader and dosimeter to the dosimetry system;
- the quantity and measuring range that is measured;
- the type of radiation (for example photon and / or beta) the dosimeter is suitable for;
- the rated range of particle energy;
- only on the dosimeter: the reference point and reference orientation (or in the manual);
- only on the dosimeter: if the dosimeter design does permit the user to use the dosimeter in two or more orientations, then the dosimeter shall fulfill 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;
- only on the dosimeter: an identification number that can be read by the user shall always be on the dosimeter;
- only on the dosimeter: usage category according to Annex D.

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

8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosemeter)

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 has to supply a possibility to read 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 may 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. In case neutron irradiations are necessary, they shall be done according to ISO-series 8529.

With this information, the user can determine the influence to 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 10.2.3.1);

- 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 4 of 12.1.

Reader:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of the reader;
- power supply requirements;
- stabilization time of the reader;
- reference 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.

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.

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.

10.2 Requirements

10.2.1 General requirements

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

10.2.2 Design and structure of the software

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".

10.2.3 Protection of the software and data

10.2.3.1 Identification

The "data-relevant part" of the software (see Note to 10.2.2) shall have an identification. It shall be possible to display this identification while the software is running. This identification can be compared with the 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 CRC-16 with a secret start value hidden in the executable file, built over the software.

10.2.3.2 Authenticity of the software and the presentation of results

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.

NOTE 1 By this requirement, it is excluded that the reader is operated with software other than the type tested.

NOTE 2 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.

10.2.3.3 Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions

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 above the normal range of operating temperature, etc., or if the software controlling the measurement is stopped.

Not more than one indicated value shall be lost due to abnormal operating conditions.

10.2.3.4 Control of input data by the dosimetry system

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.

10.2.3.5 Storage of data

- 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 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 a software for data display: viewing program which is a “data-relevant program”, see Note to 10.2.2. This software shall not use (display, print, etc.) 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 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.

10.2.3.6 Transmission of data

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 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.

In case an open network is used, for example if arbitrary participants (devices with arbitrary functions) can connect to the network or if IR or wireless network communication interfaces are used, the transmission shall be protected by means of secret software keys.

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.

10.2.3.7 Hardware interfaces and software interfaces

All entered commands or values received via interfaces (for example user interface as keyboard, software interfaces, etc.) 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 10.2.2, when the data-relevant part of the software is realized in a separate binary file, see 10.3.2.

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.

10.2.4 Documentation

10.2.4.1 Documentation in the instruction manual

The whole functionality and all 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.

10.2.4.2 Documentation for the type test

Beside the documentation listed in 10.2.4.1, 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 10.2.2;
- the method to evaluate the identification; see 10.2.3.1;
- the measures to prevent any change of the software and of the presented data and how their authenticity is guaranteed; see 10.2.3.2;
- the measures to recognize faulty operation; see 10.2.3.3;
- 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 10.2.3.4;
- 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 10.2.3.5;
- 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 10.2.3.6;
- 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 10.2.3.7;
- 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, privileges, etc.

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

10.3 Method of test

10.3.1 General

Testing of software can be a very complex item, 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 10.2.4, to perform the tests. Nevertheless, a few simple practical tests are made to make sure that the functionality is as documented.

10.3.2 Testing the design and structure of the software

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

Practical test: Check that all data-relevant parts of the software including the software to read and display stored data (viewing program) fulfill the requirements according to this standard. Make sure that the software is an executable file. In case of software separation, see the note to 10.2.2, the different software parts shall be separate files (for example DLLs or libraries).

10.3.3 Testing the protection of the software and data

10.3.3.1 Testing the software identification

Documentation: The method to generate the identification shall apparently cause a change of the identification in case the software is changed.

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.

10.3.3.2 Testing the authenticity of the software and the presentation of results

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 “ μ Sv” 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.

10.3.3.3 Testing the system under abnormal operating conditions

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 or disconnect the data line between the reader and the computer. If more than one indicated value per simulated hardware failure is lost due to the abnormal operating condition, the requirement is not met.

10.3.3.4 Testing the control of input data

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.

10.3.3.5 Testing the storage of data

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, a formula to calculate the remaining storage capacity shall be applied, etc.). 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:

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) Check that a warning is given and the measurement stops in case the storage is full or removed.
- 6) Make sure that the history of all parameters is accessible with the aid of the software.
- 7) In case data are printed out and stored, make sure that both are identical.

NOTE 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).

10.3.3.6 Testing the transmission of data

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, put a wireless LAN out of range etc.).

10.3.3.7 Testing the hardware interfaces and software interfaces

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.

10.3.4 Testing the documentation

Documentation: Check that all documentation required in 10.2.4 is completely given and fulfills 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.

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.

11.2 Coefficient of variation

The statistical fluctuations of the indicated value shall fulfill the requirements given in line 7 of Tables 3 to 5.

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

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 6 of Tables 3 to 5 over the entire measuring range for photon and/or beta reference radiation.

11.3.2 Method of test

a) Source to be used

For $H_p(10)$ and $H^*(10)$, the tests shall be performed with ^{137}Cs or ^{60}Co sources for photon radiation. For $H_p(0,07)$, appropriate radiation qualities are H-300 (ISO 4037) for photon radiation and $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ for beta radiation. During the tests, the dosimeter shall be irradiated on the required phantom (see 5.1.5) in 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 test shall be performed for twelve dose values. At every dose, $n_i = 5$ dosimeters shall be irradiated ($i = 1.. 12$). The dose values under test shall for example be the following, if the measuring range is 0,1 mSv up to 1 Sv (at the three lower dose values, two groups of $n_i = 5$ dosimeters shall be irradiated): 0,1 mSv; 0,1 mSv; 0,3 mSv; 0,3 mSv; 1 mSv; 1 mSv; 3 mSv; 10 mSv; 30 mSv; 100 mSv; 300 mSv; 1 000 mSv and an additional one for example in the vicinity of a range change (if known).

In case it is 1 mSv up to 10 Sv, the values shall be multiplied by a factor of 10.

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, for every dose C_i , the value $\frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ is not larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5, and the value $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ is not larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5 for more than two C_i and these two values C_i are not adjacent, then the requirement of 11.2 is considered to be met. For this test, the number of dosimeters per group shall not be increased.

NOTE 1 This method of test is explained in detail in a publication, 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 passes 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 $\frac{s_i}{\bar{G}_i}$ would not be larger than the required limit given in line 7 of Table 3 to 5 (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 “ $\frac{s_i}{\bar{G}_i}$ 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.

Then, for the three lower dose values $C_1 = C_2$, $C_3 = C_4$, and $C_5 = C_6$, the values \bar{G}_i and s_i shall be determined from all 10 dosimeters irradiated with the same dose equivalent: $\bar{G}_{1,2}$, $\bar{G}_{3,4}$, $\bar{G}_{5,6}$, $s_{1,2}$, $s_{3,4}$, and $s_{5,6}$.

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

$0,95 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,05 + U_{C,com}$ is valid for the restricted range for $H^*(10)$ (see line 6 of Table 5),

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.

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 dose 10 times the upper limit of the measuring range, $10 \cdot H_{\text{up}}$, (up to a maximum dose of 10 Sv), 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. A dosimeter still regarded as usable shall fulfill all the requirements of this standard.

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 (≥ 5) dosimeters shall be irradiated with $C_{r,0}$, see Table 2.

Group 2: one dosimeter shall be irradiated with a dose equivalent of 10 times the value of the upper limit of the measuring range, $10 \cdot H_{\text{up}}$, or 10 Sv whichever is lesser.

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

Group 4: n (≥ 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 or an overload message shall be displayed on the system.

If for the three other groups of dosimeters, the inequality

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

is valid and for group 3 and 4 the value $\frac{S_i}{\bar{G}_i}$ is

smaller than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5, 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 3 and 5 for $H_p(10)$ or $H^*(10)$, respectively.

11.5.1.2 Method of test

The following radiation qualities specified in ISO 4037 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 following energies and angles of incidence α .

α	$H_p(10)$ dosimeters (irradiations on phantom, 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
± α_{max}	Three lowest energies in rated range of energy	Three lowest energies in rated range of energy
90°	This test is given in 11.7	Three lowest energies in rated range of energy
±(180°– α_{max})	As for α_{max} , not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)	As for α_{max} , not necessary if badge is symmetrical
±120°	As for 60°, not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)	As for 60°, not necessary if badge is symmetrical
180°	As for 0° angle of incidence, not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)	As for 0° angle of incidence, not necessary if badge is symmetrical
NOTE The badge is symmetrical, if all parts of it are symmetrical with respect to a plane through the centre of the detector and perpendicular to the reference direction.		

For $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$, $\alpha = \pm(180^\circ - \alpha_{\max})$ and $\alpha = \pm 120^\circ$ 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 $H^*(10)$ 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 badge. As α is 90° , the reference direction is orientated perpendicular to the radiation beam.

For $H_p(10)$ dosimeters and $\alpha > 90^\circ$, the dosimeter shall be placed on 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 \overline{G}_i and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 1 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 2 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 3 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

For $H_p(10)$ dosimeters the conventional true values C for angles of incidence of $\alpha > 90^\circ$ are given as $C(\alpha) = C(180^\circ - \alpha)$, for example $C(105^\circ) = C(75^\circ)$, as wearing the badge in the wrong direction is of concern.

If for $H^*(10)$ and $H_p(10)$ dosimeters for every radiation quality with $\alpha \leq \alpha_{\max}$ and $\alpha \geq 180^\circ - \alpha_{\max}$, the inequality $0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$ is valid and, if for $H^*(10)$ dosimeters for every radiation quality with $\alpha = 90^\circ$ the inequality $0,67 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\overline{G}_i}{\overline{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 2,00 + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.5.1.1 is considered to be met.

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.

11.5.2 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 3 and 5).

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 $H_p(0,07) = 100$ 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 $\bar{G} + U_m \leq 0,1 \cdot C$ 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 $H_p(0,07)$ 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 4.

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.

Irradiations shall be performed for the following energies and angles of incidence α :

α	$H_p(0,07)$ dosimeters (irradiations on phantom, 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
$\pm \alpha_{\max}$	Three lowest energies in rated range of energy
90°	This test is given in 11.7
$\pm (180^\circ - \alpha_{\max})$	As for α_{\max} , not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)
$\pm 120^\circ$	As for 60° , not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)
180°	As for 0° angle of incidence, not necessary if badge is symmetrical or backwards usage is prevented (see 8.4 f)
NOTE 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 $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$, $\alpha = \pm(180^\circ - \alpha_{\max})$ and $\alpha = \pm 120^\circ$, 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 $H_p(0,07)$ dosimeters and $\alpha > 90^\circ$, the dosimeter shall be placed on 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 \bar{G}_i and the standard deviation s_i shall be determined.

NOTE 1 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 2 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° .

11.6.1.3 Interpretation of the results

For $H_p(0,07)$ dosimeters, the conventional true values C for angles of incidence of $\alpha > 90^\circ$ are given as $C(\alpha) = C(180^\circ - \alpha)$, for example $C(105^\circ) = C(75^\circ)$, as wearing the badge in the wrong direction is of concern.

If, for every radiation quality, the inequality $0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.6.1.1 is considered to be met.

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 $U_{C,\text{rel};i}$, 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 4.

11.6.2.2 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).

The tests shall be performed for those radiation qualities whose mean energy falls in the rated range of energy. Angles of incidence: $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 45^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ 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 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, 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 $0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$ is valid, then the requirement of 11.6.2.1 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.

11.7 Radiation incidence from the side of an $H_p(10)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter

11.7.1 Requirements

If the dosimeter is irradiated free in air from the side (α_{max} to $180^\circ - \alpha_{\text{max}}$), 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 $H_p(10)$ 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 that detector material with high atomic number z gives a large over response if irradiated from the side without having enough shielding.

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

11.7.2 Method of test

This test shall be performed for every radiation energy within the rated range. For several radiation energies, the test can be performed by examining the materials in front of the sensitive material and the surrounding area. 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, the "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 incidence corresponding to a “weak point”. Separate groups shall be irradiated for every “weak point” separately.

NOTE In case of $\alpha_{\max} = 60^\circ$, the irradiation is performed from 60° to 120° .

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

11.7.3 Interpretation of the results

If the inequality $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 1,5$ or $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ is valid for $H_p(10)$ dosimeters or $H_p(0,07)$ dosimeters, respectively, then the requirement of 11.7.1 is considered to be met.

U_{com} is calculated according to equation (A.5), example 2.

12 Additivity of the indicated value (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.

For other dosimetry systems, it shall be assured that the indicated value is additive for mixed irradiations. Mixed irradiation means that a dosimeter is irradiated with two (or more) portions of dose equivalent with different radiation qualities. The difference in the radiation qualities can be

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

Requirement for a): the relative response of the mixed irradiation has to be within the range required for the non-linearity.

Requirement for b): the relative response of the mixed irradiation has to be within the range required for the specific influence quantity.

Requirement for c): the relative change of the indicated value, $\frac{\Delta G}{G} = \frac{G_K + G_L - G_{K+L}}{G_{K+L}}$, caused by the mix of different types of radiation, shall not exceed -9% to $+11\%$.

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 If 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).

NOTE 4 A dosimetry system with a non-additive evaluation algorithm may 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) may 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

For this test, the information gained during the tests according to Clause 11 shall be used.

For requirements a) and b):

It has to be decided during the type test which influence quantity can be relevant for this test depending on the type of signal and on the algorithm used to evaluate the indicated value.

Two irradiations under the conditions K and L (different dose values and/or different values of the influence quantity under test) shall be performed with the conventional true dose values C_K and C_L . The indicated values G_K and G_L shall be read from the dosimetry system. The corresponding indicated values $f(S_{g,K})$ and $f(S_{g,L})$ shall be calculated using the signals $S_{g,K}$ and $S_{g,L}$ and the evaluation algorithm ($g = 1..b$, see Annex B). G_K and G_L shall be compared to $f(S_{g,K})$ and $f(S_{g,L})$, respectively. The values have to be equal, otherwise the manufacturer has to deliver the correct function $f(S_g)$ for the evaluation of the indicated value.

Then, mixed irradiations can be simulated by calculating the sum of the signals $S_{g,K} + S_{g,L}$. 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 value of C_K and C_L and any irradiation conditions K and L. This calculation shall be verified experimentally at one combination of different radiation qualities.

The relative response is given by $r = \frac{G_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{ref}}{G_{ref}}$. The value of r shall be determined for any value of C_K and C_L and any irradiation conditions K and L.

NOTE 1 Any non-linearity must be corrected. When different dosimeters are used to determine G_K and G_L , any difference in the calibration factor must also be taken into consideration.

NOTE 2 The use of computer simulation programs may be helpful for this test.

For requirement c):

The same as for requirements a) and b) applies, except that different irradiation conditions mean: different dose values and/or different types of radiation.

$\Delta G/G$ shall be determined for any value of C_K and C_L and any irradiation conditions K and L.

12.3 Interpretation of the results

For requirements a) and b):

All the calculated relative responses shall be within the permitted variation of the response.

For requirement c):

The relative change of the indicated value, $\Delta G/G$, shall not exceed -9 % to +11 %.

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. For the sake of simplification, the mathematical treatment is performed as if all influence quantities were of type F.

The root mean square of the variation of the response due to all environmental disturbances shall not exceed 20 % (see Table 6). In addition, the coefficient of variation shall fulfill the requirements specified in 11.2.

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

If not stated otherwise, the conventional true value of the dose equivalent shall be $7 \cdot H_{\text{low}}$. For every group, n (≥ 6) dosimeters shall be irradiated.

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.

13.2 Ambient temperature and relative humidity (dosemeter)

13.2.1 General

The influence quantity dealt with in this subclause is of type F.

13.2.2 Requirements

The relative response due to a change of the ambient temperature and relative humidity within their rated ranges shall be within the interval from 0,83 to 1,25 (see Table 6).

13.2.3 Method of test

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

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 2.
- 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 $0,83 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,25$ is valid, then the requirements of 13.2.2 are considered to be met.

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 this clause is of type F.

13.3.2 Requirements

The relative response due to a change of the light exposure within its rated range shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6).

13.3.3 Method of test

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

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.

To produce for example 1 000 W/m² of light, use an apparatus which produces light whose spectrum corresponds to that of bright sunlight (295 nm to 769 nm), for example with a xenon lamp equipped, if necessary, with appropriate filters, or use a daylight fluorescent lamp.

NOTE 1 A reference solar spectral irradiance distribution is given in IEC 60904-3.

NOTE 2 1 000 W/m² bright sunlight includes approximately 60 W/m² of UV light.

NOTE 3 During this test, the temperature should be maintained and not allowed to rise or fluctuate due to heating from the light source.

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

13.3.4 Interpretation of the results

If the inequality $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_2}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ is valid, then the requirements of 13.3.2 are considered to be met.

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 this clause (time) is of type F and type S.

13.4.2 Requirements

The relative response due to dose build up and fading shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6).

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 measuring time.

13.4.3 Method of test

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

Groups 1 to 3 consisting of n (≥ 6) dosimeters shall be exposed to a reference source approximately the lower limit of the measuring range, H_{low} .

Group 4 consisting of n (≥ 25) dosimeters shall be exposed to the same dose and reference source as groups 1 to 3.

Group 5 consisting of n (≥ 25) dosimeters shall not be exposed.

Treatment of the five groups after the irradiation:

Especially group 4 and 5 shall be stored together at a known level of natural background dose rate.

Group 1 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.

Group 2, reference group, shall be read out one week after the irradiation.

Groups 3 to 5 shall be read out after the maximum rated measurement time t_{max} after the irradiation.

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

From every indicated value of group four $G_{j,4}$, the mean indicated value of group five \bar{G}_5 shall be subtracted: $\{G_{j,4} - \bar{G}_5\}$, $j = 1..25$. From this new group four prime, the mean indicated value \bar{G}'_4 and the standard deviation s'_4 shall be determined.

NOTE This subtraction is the simulation of the measurement of a net-dose over the period of the maximum rated measurement time.

13.4.4 Interpretation of the results

If for groups 1 to 3 and for group 4' the inequality $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{com} \right) \leq 1,11$ is valid and if for group 5 the inequation $-H_{low} \leq \bar{G}_5 \pm U_m - C_{nat} \leq +H_{low}$ is valid, then the requirements of 13.4.2 are considered to be met.

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 group 4 and 5 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.

13.6 Reader stability (reader)

13.6.1 General

The influence quantity dealt with in this clause (time) is of type F.

13.6.2 Requirements

The relative response due to reader stability shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6) over the maximum rated measurement time t_{max} .

13.6.3 Method of test

For this test, three groups of n (≥ 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 $t_{\text{max}}/2$ 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.

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 $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ is valid, then the requirements of 13.6.2 are considered to be met.

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 this subclause may be of type S or of type F.

13.7.2 Requirements

The relative response due to a change of the temperature within its rated range shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6).

13.7.3 Method of test

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

Group 1 shall be exposed to a dose equivalent to the lower limit of the measuring range, H_{low} .

Groups 2 and 3 shall be exposed to $7 \cdot H_{low}$.

Treatment of the three groups after the irradiation:

Group 2, reference group: the temperature of the reader shall be at standard test conditions (see Table 2) and the dosimeters shall be read out.

Groups 1 and 3: the temperature of the reader shall be at least 4 h at the highest temperature within the rated range. At the end of 4 h, the readout of the dosimeters shall be performed holding the given temperature.

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

13.7.4 Interpretation of the results

If, for every group, the inequality $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{com} \right) \leq 1,11$ is valid, then the requirements of 13.7.2 are considered to be met.

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 this clause is usually of type S, it may be of type F.

13.8.2 Requirements

The relative response due to a change of the light exposure within its rated range shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6).

13.8.3 Method of test

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

Group 1 shall be exposed to the lower limit of the measuring range, H_{low} .

Groups 2 and 3 shall be exposed to $7 \cdot H_{low}$.

Treatment of the three groups after the irradiation:

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

Group 2, 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 1 and 3: 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.

To produce for example 1 000 W/m² of light, use an apparatus which produces light whose spectrum corresponds to that of bright sunlight (295 nm to 769 nm), for example with a xenon lamp equipped if necessary with appropriate filters, or use a daylight fluorescent lamp.

NOTE 1 A reference solar spectral irradiance distribution is given in IEC 60904-3.

NOTE 2 1 000 W/m² bright sunlight includes approximately 60 W/m² of UV light.

NOTE 3 During this test, the temperature should be kept constant and not allowed to rise or fluctuate due to heating from the light source.

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, for every group, the inequality $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ is valid, then the requirements of 13.8.2 are considered to be met.

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 this clause is usually of type F, it may be of type S.

13.9.2 Requirements

The relative response due to a change of the power supply voltage and frequency within its rated range shall be within the interval from 0,91 to 1,11 (see Table 6).

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

13.9.3 Method of test

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

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 $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ is valid, then the requirements of 13.9.2 are considered to be met.

U_{com} is calculated according to equation (A.5), example 2.

13.10 General interpretation of the results

If for all relative responses r_q in subclauses 13.2 to 13.9, the inequality $\sqrt{\sum_{13.2 \text{ to } 13.9} \left(\frac{1}{r_q} - 1 \right)^2} \leq 20\%$ is valid, and if for all coefficients of variation in 13.4, 13.6, 13.7, 13.8 and 13.9 the value $\frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ is not larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5, and if $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ is not larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5 for more than two values, then the requirements of 13.1.1 are considered to be met.

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 loose more than one indicated value, see 10.2.3.3.

The root mean square of the deviations due to all electromagnetic disturbances shall not exceed $1,1 \cdot H_{\text{low}}$ (see Table 7).

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

The tests using “radio-frequency amplitude modulated electromagnetic field” (line 8 in Table 7) are very time-consuming and need a large amount of dosimeters. These tests shall not be done if the manufacturer declares that the electromagnetic fields affect neither the dosimeters nor the reader during readout of dosimeters. This declaration has to contain a physical explanation.

14.3 Method of test

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

Group 8 of n (≥ 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 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 2, 6 and 8 of Table 7 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 7. 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 $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_m| \leq 0,7 \cdot H_{low}$ is valid, and if the inequality

$$\sqrt{\sum_{i=2}^8 \left\{ \left(\max \left| \bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_m \right| \right)^2 \right\}} \leq 1,1 \cdot H_{low} \quad (\text{see notes}) \quad \text{is valid, and if the value } \frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i} \text{ is not}$$

larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5, and if $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ is not larger than the figures given in line 7 of Tables 3 to 5 for more than two values, 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_m is calculated according to equation (A.3).

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

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

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 $0,7 \cdot H_{low}$ for every single influence quantity (see Table 8). Exception: The absolute value of the deviation may be larger than $0,7 \cdot H_{low}$ 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 by the dosimetry system due to abnormal operation, see 10.2.3.3.

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 60068-2-32) without the deviation exceeding $\pm 0,7 \cdot H_{low}$ 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 (≥ 6) dosimeters shall be exposed to a reference source with a dose equivalent of $7 \cdot H_{low}$.

Group 1: 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.

Group 2: reference group.

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 \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 .

NOTE As stated above, also the influence quantities that may be of type F are limited by a maximum permitted value for the deviation: $\pm 0,7 \cdot H_{low}$. As the conventional true value of the dose equivalent is $7 \cdot H_{low}$, a deviation of $\pm 0,7 \cdot H_{low}$ is equivalent to a change of the response of ± 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 ($\pm 0,7 \cdot H_{low}$ and ± 10 %, respectively).

15.2.3 Interpretation of the results

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

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

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 10.2.3.1);
- if the evaluation algorithm is not additive, a comment according to Note 4 of 12.1.

Reader:

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

Dosimeter:

- 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.

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 1 – Symbols

Symbol	Meaning	Unit
α	Angle of radiation incidence	Degrees
α_{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_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 Clause 12	—
D	Deviation	Sv
d	Depth in ICRU 4-element or soft tissue. Recommended depths are 10 mm and 0,07 mm	m
D_p	Deviation due to influence quantity no. p of type S; $p = 1..l$	Sv
$f(S_1, \dots, S_b)$ $= f(\bar{S}_g)$	Function representing the evaluation algorithm inside the dosimetry system to evaluate the indicated value	—
g	Designator for a specific signal delivered from one dosimeter; $g = 1..b$	—
G	Indicated value	Sv
G_j	Indicated value of the j -th dosimeter of several dosimeters irradiated equally; $j = 1..n$	Sv
\bar{G}_i	Mean indicated value of group i	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
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
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 effective range of measurement	Sv
H_{up}	Upper dose limit of the effective 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
$H_p(10)$	Personal dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
$H_p(d)$	Personal dose equivalent at a depth d	Sv
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	Measured value	Sv
m	Number of influence quantities of type F	—
n	Number of dosimeters in one group that are equally irradiated	—
N_0	(Reference) calibration factor	—
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	Response	—
R_0	Reference response	—

Table 1 (continued)

Symbol	Meaning	Unit
R_n	Response under reference conditions, except the value of the dose equivalent is different from reference conditions	—
r_n	Correction for non-linearity	—
r_q	Relative response due to influence quantity no. q of type F; $q = 1..m$	—
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 measuring time	Month
t_n	Students t -factor for n measurements	—
U	Expanded uncertainty	As quantity
$U_{C,rel}$	Relative expanded uncertainty of the conventional true value	As quantity
U_{rel}	Relative expanded uncertainty	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
$U_{C,com}$	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_{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
v	coefficient of variation	As quantity

Table 2 – 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 $H_p(10)$ and $H^*(10)$ $H_p(0,07)$	3 mSv 10 mSv	1 mSv to 10 mSv 3 mSv to 30 mSv
Photon radiation energy for $H_p(10)$ and $H^*(10)$ $H_p(0,07)$	S-Cs (ISO 4037) ^a N-80 (ISO 4037) ^a	S-Cs (ISO 4037) ^a N-80 (ISO 4037) ^a
Beta radiation energy for $H_p(0,07)$	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y (ISO 6980) ^a	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y (ISO 6980) ^a
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 ^b
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^b
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,6 kPa ^b
Power supply voltage	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 1 %
Frequency	Nominal frequency	Nominal frequency ± 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 μ Sv/h or less if practical	Less than ambient dose equivalent rate of 0,25 μ Sv/h
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
^a Other sources may be used if necessary, if appropriate correction factors are applied. ^b 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 3 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or minimal measuring range or minimal rated range of influence quantity	Performance requirement for the whole rated range	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	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	–9 % to +11 %	11.3
7	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 % $\left(16 - \frac{H}{0,1 \text{ mSv}}\right) \%$ 5 %	11.2
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{up}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfill the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{low})$ shall be according to line 7	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	–29 % to +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 line 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	See line 9 and 10, if no statement by the manufacturer	See line 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	11.7
13	Additivity of the indicated value	Irradiation with different radiation qualities	–9 % to +11 %	12
14	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 6	$\pm 20 \%$	13
15	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 7	$\pm 1,1 \cdot H_{low}$	14
16	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 8	$\pm 0,8 \cdot H_{low}$	15
<p>The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40\%$ for $\frac{1}{r} \in [0,6 \dots 1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} \dots \frac{1}{0,6}\right] \equiv [0,71 \dots 1,67] \equiv -29\%$ up to $+67\%$ for r</p>				

Table 4 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or minimal measuring range or minimal rated range of influence quantity	Performance requirement for the whole rated range	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	Relative response due to non-linearity	$1 \text{ mSv} \leq H \leq 3 \text{ Sv}$	-9 % to +11 %	11.3
7	Coefficient of variation, v	$H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $H \geq 11 \text{ mSv}$	15 % $\left(16 - \frac{H}{1 \text{ mSv}}\right) \%$ 5 %	11.2
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{up}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfill the requirements.	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{low})$ shall be according to line 7	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	-29 % to +67 %	11.6.1
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	-29 % to +67 %	11.6.2
11	As in line 9 and 10 but new reference direction opposite to that one used	See line 9 and 10, if no statement by the manufacturer	See line 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	11.7
13	Additivity of the indicated value	Irradiation with different radiation qualities	-9 % to +11 %	12
14	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 6	$\pm 20 \%$	13
15	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 7	$\pm 1,1 \cdot H_{low}$	14
16	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 8	$\pm 0,8 \cdot H_{low}$	15
<p>The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors ($1/r$), for example: $\pm 40\%$ for $\frac{1}{r} \in [0,6 \dots 1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} \dots \frac{1}{0,6}\right] \equiv [0,71 \dots 1,67] \equiv -29\%$ up to +67 % for r</p>				

Table 5 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosimeters

Line	Characteristic under test	Main characteristics or minimal measuring range or minimal rated range of influence quantity	Performance requirement for the whole rated range	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	Relative response due to non-linearity	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$	–9 % to +11 % $\pm 5 \%$	11.3
7	Coefficient of variation, v	$H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H < 20 \text{ mSv}$ $H \geq 20 \text{ mSv}$	5 % 3 % 5 %	11.2
8	Overload, after-effects, and reusability	10 times the upper limit of the measuring range: $10 \cdot H_{up}$, however at maximum 10 Sv. Reused dosimeters shall fulfill the requirements	Perception to be off-scale on the high end side of the measuring range, after-effects may not cause fault measurements and $v(H_{low})$ shall be according to line 7	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	–29 % to +67 % –33 % to +100 %	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	Additivity of the indicated value	Irradiation with different radiation qualities	–9 % to +11 %	12
12	Total effect due to environmental performance requirements	Temperature, light, time; for details, see Table 6	$\pm 20 \%$	13
13	Deviation due to electromagnetic performance requirements	See Table 7	$\pm 1,1 \cdot H_{low}$	14
14	Deviation due to mechanical performance requirements	Drop; for details, see Table 8	$\pm 0,8 \cdot H_{low}$	15
The non-symmetrical borders of relative responses r are derived from symmetrical borders of correction factors $(1/r)$, for example: $\pm 40\%$ for $\frac{1}{r} \in [0,6 \dots 1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} \dots \frac{1}{0,6} \right] \equiv [0,71 \dots 1,67] \equiv -29\%$ up to +67 % for r				

Table 6 – Environmental performance requirements for dosimeters and readers

Line	Characteristic under test	Minimal rated range of influence quantity	Maximum permitted variation of relative response for the whole rated range	Sub-clause
1	Total effect of electrical and environmental influence quantities as given in line 2 to 9	As in lines 2 to 9	$20 \% \geq \sqrt{\sum_{\text{line 2 to 9}} \left(\frac{1}{r_q} - 1\right)^2}$	13.1.1 and 13.10
2	Relative response due to ambient temperature and relative humidity (dosimeter)	<ul style="list-style-type: none"> Personal dosimeters: –10 °C to +40 °C Environmental dosimeters: –20 °C to +50 °C and 40 % to 90 % relative humidity, not condensing	–17 % to +25 %	13.2
3	Relative response due to light exposure (dosimeter)	0 W/m ² to 1 000 W/m ² (spectrum corresponding to bright sunlight)	–9 % to +11 %	13.3
4	Dose build-up, fading, self irradiation and response to natural radiation (dosimeter)	Maximum rated measurement time: $t_{\max} \geq 1$ month	–9 % to +11 % and $v(H_{\text{low}})$ according to line 7 of Table 3 or Table 4 and $ G_{\text{nat}} - C_{\text{nat}} \leq H_{\text{low}}$	13.4
5	Sealing (dosimeter)	Ingress shall be prevented	Precautions to be stated	13.5
6	Relative response due to reader stability (reader)	Stability over t_{\max}	–9 % to +11 %	13.6
7	Relative response due to ambient temperature (reader)	+10 °C to +40 °C for 4 h	–9 % to +11 % and $v(H_{\text{low}})$ according to line 7 of Table 3 or Table 4	13.7
8	Relative response due to light exposure (reader)	0 W/m ² to 1 000 W/m ² (spectrum corresponding to bright sunlight)	–9 % to +11 % and $v(H_{\text{low}})$ according to line 7 of Table 3 or Table 4	13.8
9	Relative response 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)	–9 % to +11 % and $v(H_{\text{low}})$ according to line 7 of Table 3 or Table 4	13.9

Table 7 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14

Line	Influence quantity	Minimal rated range of influence quantity	Criterion ^a	Test according to	Maximum permitted deviation, D_p , for the whole rated range
1	Total effect of all electromagnetic disturbances as given in line 2 to 8	As in line 2 to 8		As in line 2 to 8	$1,1 H_{\min} \geq \sqrt{\sum_{\text{line 2 to 8}} D_p^2}$
2	Electrostatic discharge	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 4 kV contact discharge	B	IEC 61000-4-2	±0,7 H_{low}
3	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	±0,7 H_{low}
4	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 ± 0,5 kV (d.c. power ports) 0 kV to ± 1 kV (signal ports, line-to-earth) ^c 1,2/50 (8/20) µs (t_r/t_h)	B	IEC 61000-4-5	±0,7 H_{low}
5	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	±0,7 H_{low}
6	Power-frequency magnetic field	50 Hz, 60 Hz 30 A/m	A	IEC 61000-4-8	±0,7 H_{low}
7	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	±0,7 H_{low}
8	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	±0,7 H_{low}
<p>^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 must be possible to switch it on after the test; For details, see IEC 61000-6-2.</p> <p>^b Only if cables above 3 m are allowed by the manufacturer.</p> <p>^c Only if cables above 30 m are allowed by the manufacturer.</p> <p>^d This results in 37 different frequencies (and thus dosimeters).</p>					

**Table 8 – Mechanical disturbances performance requirements
for dosimeters**

Line	Influence quantity	Minimal rated range of influence quantity	Maximum permitted deviation, D_p , for the whole rated range	Subclause
1	Drop on surface (dosimeter)	1,0 m onto concrete surface (IEC 60068-2-32)	$\pm 0,7 H_{low}$	15.2

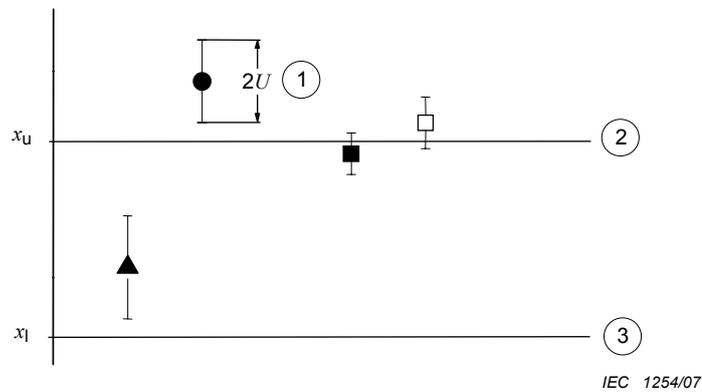
Annex A (normative)

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 has to be considered by performing more than one measurement (see 5.2.1). The number of measurements or the sample size has to 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 (square) and the test is failed if the mean \bar{x} lies outside the permitted limits of variation (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} . When calculating \bar{x} from n measurements, the half-width of the confidence interval at a confidence level of 95 % is given by (see GUM, Annex C.3.2 and Annex 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}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
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
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 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} is approximately given by:

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

This is only valid, if the w quantities are normally distributed (see GUM, Annex E.3.3) and not correlated. The correct way to determine the confidence interval for the combined quantity \bar{x} is described in the GUM, 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 $\bar{x} = \frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}}$ hence $U_{\text{com}} \approx \frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_1}{\bar{G}_1} \right)^2 + \left(\frac{U_{r,0}}{\bar{G}_{r,0}} \right)^2}$

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 $U_{C,rel;r,0} = 2,5\%$ and $U_{C,rel;1} = 2,5\%$, respectively, leads to $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;1}^2} = 0,035$. This leads to the following allowed limits: 0,87 to 1,15.

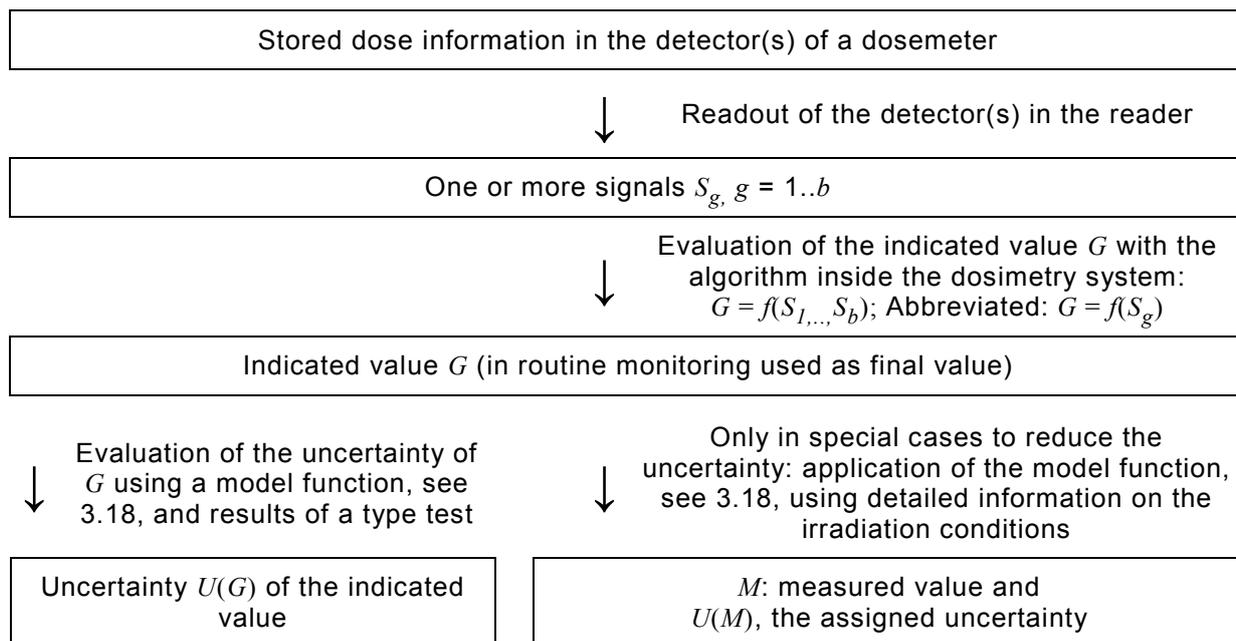
In conclusion, the inequation $0,91 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,com}$ becomes

$0,87 \leq 0,89.. 0,99 \leq 1,15$ 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 3.36), indicated value (see 3.12) and the measured value (see 3.18) 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 readout and the reader generates one or more signals, for example the charge measured in a photomultiplier tube due to TL-light, called S_g : $g = 1$. 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 3.18) 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 3.18). 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 minimal rated 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 minimal rated 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 minimal 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, ν			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	11.7
13	Additivity of the indicated value	Check by understanding the evaluation algorithm; if it is not additive, use irradiations from Clause 11 and calculate	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 / doseimeters 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}	19 / 114 5 / 68	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	Minimum required 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)	200 keV to 800 keV (E_{mean}) ^a 1 mSv to 10 Sv ^b	l : lower limit 60 keV (E_{mean}) ^a	g : lower limit 0,1 mSv	
^a Minimal rated energy range ^b Minimal effective range of measurement 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 .					

Bibliography

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*

ICRP 75, *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, *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 12794:2000, *Nuclear energy – Radiation protection – Individual thermoluminescence dosimeters for extremities and eyes*

Guide to the Expression of Uncertainty in measurement (GUM) (1995). *International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland*

WELMEC 7.2: Software Guide as of May 2005 (<http://www.welmec.org/publications/7-2en.pdf>)

BRUNZENDORF, J. and BEHRENS, R., *How to type test the coefficient of variation of an indication*, Radiation Protection Dosimetry Advance Access published July 18, 2006, doi:10.1093/rpd/ncl078.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	75
INTRODUCTION.....	77
1 Domaine d'application et objet.....	79
2 Références normatives.....	80
3 Termes et définitions.....	81
4 Unités et symboles.....	90
5 Procédures générales d'essai.....	90
5.1 Procédures d'essai basiques.....	90
5.2 Procédures d'essai applicables à tout essai.....	91
6 Exigences de performances: résumé.....	92
7 Aptitude d'un système dosimétrique.....	92
7.1 Généralités.....	92
7.2 Domaine de mesure et type de rayonnement.....	92
7.3 Domaine de variation des grandeurs d'influence.....	92
7.4 Temps de mesure maximal assigné t_{max}	92
7.5 Réutilisation.....	93
7.6 Fonction modèle.....	93
7.7 Exemple de caractérisation d'un système dosimétrique.....	93
8 Exigences pour la conception du système dosimétrique.....	94
8.1 Généralités.....	94
8.2 Indication de la valeur de la dose (système dosimétrique).....	94
8.3 Attribution de la valeur de dose au dosimètre (système dosimétrique).....	94
8.4 Informations données sur l'instrumentation (lecteur et dosimètre).....	94
8.5 Contamination radioactive et décontamination (dosimètre).....	95
8.6 Algorithme pour calculer la valeur indiquée (système dosimétrique).....	95
8.7 Utilisation des dosimètres en champ mixte de rayonnement (système dosimétrique).....	95
9 Manuel d'instructions.....	95
9.1 Généralités.....	95
9.2 Spécification des données techniques.....	95
10 Logiciels, données et interfaces du système dosimétrique.....	97
10.1 Généralités.....	97
10.2 Exigences.....	97
10.3 Méthode d'essai.....	100
11 Exigences de performances et essais sous rayonnement (système dosimétrique).....	103
11.1 Généralités.....	103
11.2 Coefficient de variation.....	103
11.3 Non-linéarité.....	103
11.4 Caractéristiques de surexposition, rémanence et réutilisation.....	105
11.5 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ ou $H^*(10)$	106
11.6 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$	108
11.7 Rayonnement incident sur le côté du dosimètre $H_p(10)$ ou $H_p(0,07)$	110
12 Additivité de la valeur indiquée (système dosimétrique).....	111

12.1	Exigences	111
12.2	Méthode d'essai	112
12.3	Interprétation des résultats	113
13	Exigences et essais de performances d'environnement	113
13.1	Généralités.....	113
13.2	Température ambiante et humidité relative (dosimètre)	113
13.3	Exposition à la lumière (dosimètre).....	114
13.4	Acquisition de la dose, effacement, auto-exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre).....	115
13.5	Étanchéité (dosimètre)	116
13.6	Stabilité du lecteur (lecteur)	116
13.7	Température ambiante (lecteur)	117
13.8	Exposition à la lumière (lecteur)	117
13.9	Alimentation primaire (lecteur).....	118
13.10	Interprétation générale des résultats	119
14	Performances électromagnétiques, exigences et essais (système dosimétrique)	119
14.1	Généralités.....	119
14.2	Exigence	120
14.3	Méthode d'essai	120
14.4	Interprétation des résultats.....	121
15	Exigences et essais de performances mécaniques	121
15.1	Exigences générales	121
15.2	Chute (dosimètre)	121
16	Documentation	122
16.1	Rapport d'essai de type.....	122
16.2	Certificat publié par le laboratoire réalisant l'essai de type	122
Annexe A (normative) Limites de confiance		134
Annexe B (informative) Lien de cause à effet entre la lecture des signaux, la valeur indiquée et la valeur mesurée		138
Annexe C (informative) Revue des actions nécessaires, à mener pour un essai de type selon la présente norme.....		139
Annexe D (informative) Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs		141
Bibliographie.....		142
Figure A.1 – Essai pour les intervalles de confiance		134
Figure B.1 – Evaluation des données d'un système dosimétrique		138
Tableau 1 – Symboles		124
Tableau 2 – Conditions de référence et conditions normales d'essai.....		126
Tableau 3 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$		127
Tableau 4 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$		128
Tableau 5 – Exigences de performances des dosimètres mesurant $H^*(10)$		129
Tableau 6 – Exigences de performances à l'environnement pour les dosimètres et les lecteurs.....		131

Tableau 7 – Exigences de performance des systèmes dosimétriques soumis aux perturbations électromagnétiques conformément à l'Article 14 132

Tableau 8 – Performances mécaniques, exigences pour les dosimètres 133

Tableau A.1 – Coefficient de Student pour un intervalle de confiance bilatéral de 95 % 135

Tableau C.1 – Canevas pour un essai de type d'un dosimètre pour $H_p(10)$ répondant aux exigences des domaines minimaux assignés..... 139

Tableau D.1 – Catégories d'utilisation pour les dosimètres passifs 141

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

Partie 1: Caractéristiques générales et exigences de fonctionnement

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 62387-1 a été préparée par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/544/FDIS	45B/554/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 62387, sous le titre général: *Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes dosimétriques intégrés passifs pour la surveillance de l'environnement et de l'individu*, est disponible sur le site web de la CEI.

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

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

INTRODUCTION

La CEI 62387 est publiée en plusieurs parties selon la structure suivante:

Partie 1: Généralités

Caractéristiques générales et exigences de fonctionnement

Partie 2: Systèmes dosimétriques par thermoluminescence

Caractéristiques spécifiques et exigences de performances pour les systèmes dosimétriques par thermoluminescence

Actuellement, cette partie est traitée dans l'édition 2 de la CEI 61066.

Parties 3 et suivantes: Autres systèmes dosimétriques

Les autres parties (à publier ultérieurement) traitent des caractéristiques spécifiques et des exigences de performance des autres détecteurs telles que le stockage direct d'ions, la luminescence optiquement stimulée, etc.

Un système dosimétrique comporte les éléments suivants:

- a) un dispositif passif, appelé ici *détecteur* qui, en présence de rayonnement, fournit et 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 et contient un ou plusieurs détecteurs;
- 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 associées (manuel d'instructions) pour réaliser des opérations telles que supprimer l'information de dose enregistrée, la remise à zéro des dosimètres, ou les moyens ou procédures nécessaires pour vérifier l'efficacité de l'ensemble du système.

Les objectifs principaux de la présente Norme internationale CEI 62387-1 sont:

- spécifier les exigences de performance pour le système complet de dosimétrie incluant les détecteurs, les dosimètres, les lecteurs et les équipements supplémentaires. De plus, les méthodes d'essais correspondantes pour contrôler que ces exigences sont remplies sont exposées en détail;
- harmoniser les exigences pour tous les types de dosimétrie passive détectant des rayonnements externes photoniques et bêta;
- spécifier l'utilisation des grandeurs opérationnelles en accord avec l'ICRU 51;
- harmoniser les essais utilisant des rayonnements avec les normes ISO applicables aux rayonnements de référence et à l'étalonnage: l'ISO 4037 pour les rayonnements photoniques, l'ISO 6980 pour les rayonnements bêta et l'ISO 8529 pour les rayonnements neutroniques. Pour cette raison, cette norme ne donne aucun facteur de conversion du kerma (ou dose absorbée ou fluence) dans l'air pour les grandeurs opérationnelles. Ceux donnés dans les normes ISO sont applicables;
- introduire les termes fondamentaux du concept qu'un résultat de mesure consiste essentiellement en une valeur et une incertitude associée, comme exprimé dans le VEI 311 et la CEI 60359. Pour une analyse complète de l'incertitude, le lecteur se référera au rapport technique CEI concernant la détermination de l'incertitude des mesures en radioprotection et au GUM;

- aligner les exigences de la CEI relatives aux incertitudes des systèmes dosimétriques pour la mesure des équivalents de dose sur les individus avec les exigences établies dans la publication 75 de la CIRP: *Principes généraux pour la radioprotection des travailleurs*.

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

Partie 1: Caractéristiques générales et exigences de fonctionnement

1 Domaine d'application et objet

La présente partie générale de la CEI 62387 s'applique à toutes sortes de systèmes dosimétriques passifs utilisés pour la mesure des équivalents de dose individuels $H_p(10)$ ou $H_p(0,07)$ ou l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$. Elle s'applique aux systèmes dosimétriques qui mesurent les rayonnements photoniques ou bêta externes dans le domaine allant de 0,01 mSv à 10 Sv et dans les domaines d'énergie donnés dans le tableau suivant. Toutes les valeurs d'énergie données sont des valeurs moyennes par rapport à la grandeur considérée. Les systèmes dosimétriques utilisent habituellement des dispositifs électroniques pour l'évaluation des données et sont donc souvent commandés par ordinateur.

Grandeur mesurée	Domaine d'énergie pour le rayonnement photon	Domaine d'énergie pour le rayonnement bêta
$H_p(10); H^*(10)$	12 keV à 7 MeV	---
$H_p(0,07)$	8 keV à 250 keV	0,07 MeV ^a à 1,2 MeV presque équivalent à E_{max} de 225 keV à 3,54 MeV
^a 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 d'épaisseur nominale (presque équivalent à 0,07 mm de tissu de l'ICRU).		

NOTE 1 Dans la présente norme, « dose » signifie équivalent de dose individuel ou ambiant, sauf précision contraire.

NOTE 2 Pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$, aucun rayonnement bêta n'est considéré. Raisons: 1) $H_p(10)$ et $H^*(10)$ sont des estimations conservatives pour 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.

La présente norme est destinée aux systèmes dosimétriques qui sont capables d'évaluer des doses dans la grandeur et l'unité exigées (Sv) 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 La correction due au bruit de fond naturel peut être faite avant ou après le calcul de la dose.

Dans la présente norme, les exigences sont établies pour des domaines minimaux de grandeurs d'influence, par exemple de 80 keV à 1,25 MeV pour l'énergie photonique (voir Tableaux 3 à 5). Un système dosimétrique doit au minimum répondre aux exigences établies pour ces domaines *minimaux*. Cependant, le fabricant peut établir des domaines plus larges pour les différentes valeurs d'influence, par exemple 60 keV à 7 MeV. Ces domaines plus larges sont appelés domaines *assignés*. Dans de tels cas, il faut que les systèmes dosimétriques répondent aux exigences établies pour ces domaines assignés. Ainsi, des systèmes dosimétriques peuvent être classés en fonction d'un ensemble de domaines (pour les doses, les énergies, la température, etc.) dans lesquelles les exigences établies par cette 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.

L'étalonnage absolu du système dosimétrique n'est pas vérifié en tant qu'essai de type en accord avec la présente norme, puisque seules des propriétés du système présentent un intérêt. L'étalonnage absolu est vérifié pendant les essais individuels de série.

2 Références normatives

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

CEI 60050-300:2001, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Mesures et appareils de mesure électriques et électroniques – Partie 311: Termes généraux concernant les mesures – Partie 312: Termes généraux concernant les mesures électriques – Partie 313: Types d'appareils électriques de mesure – Partie 314: Termes spécifiques selon le type d'appareil*

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

CEI 60050-394:1995, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*
Amendement 1 (1996)
Amendement 2 (2000)

CEI 60068-2-32, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais. Essai Ed: Chute libre*

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 61000-4-11, *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 4037-1:1996, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

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

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

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

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

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

ISO 6980-1:2006, *Énergie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 3: Étalonnage des dosimètres individuels et des dosimètres de zone et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta*

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

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

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

3 Termes et définitions

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

Les définitions générales relatives aux mesures sont celles de la CEI 60050-300, Partie 311, de la CEI 60050-393 et CEI 60050-394. Un très petit nombre de définitions sont issues de l'ISO 4037-3 et du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) de l'ISO.

Les références sont données entre crochets []. L'information qui suit les crochets est spécifique à la présente norme et ne correspond pas à la référence donnée.

Un mot entre parenthèses () dans le titre d'une définition est un qualificatif qui peut être supprimé s'il n'y a pas de risque de confusion avec un terme similaire.

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, l'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

[ICRU 51]

NOTE La profondeur recommandée, d , pour la surveillance dosimétrique en termes de $H^*(d)$ est 10 mm et $H^*(d)$ s'écrit alors $H^*(10)$. [VEI 393-14-95]

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. Il est exprimé par:

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

NOTE 1 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 à des conditions quelconques existantes au moment de la mesure.

[ISO 4037-3, Définition 3.2.12, modifiée]

NOTE 2 Cette définition est particulièrement importante pour les dosimètres non linéaires.

NOTE 3 La valeur de référence $C_{r,0}$ pour la dose est donnée dans le Tableau 2.

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) donné par la formule suivante:

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

[VEI 394-20-14, modifié]

3.4
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 La «valeur conventionnellement vraie» est parfois appelée «valeur assignée», «meilleure estimation de la valeur», «valeur convenue» ou «valeur de référence».

[VEI 311-01-06; 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 . Il est exprimé par:

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

NOTE Pour un système dosimétrique linéaire, r_n est égal à l'unité.

3.6**facteur de couverture** k

facteur numérique utilisé comme multiplicateur de l'incertitude type composée pour obtenir l'incertitude élargie

NOTE 1 Un facteur de couverture est typiquement entre 2 et 3.

[GUM 2.3.6]

NOTE 2 Dans le cas d'une distribution normale, de l'utilisation d'un facteur de couverture 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 de couverture peut être plus grand.

3.7**détecteur**

élément d'un équipement ou substance qui, sous l'action d'un rayonnement, fournit un signal permettant de mesurer une ou plusieurs grandeurs du rayonnement incident

[VEI 394-04-01]

NOTE 1 Le détecteur nécessite le plus souvent un lecteur pour lire le signal. Cela signifie que le détecteur est généralement n'est généralement pas capable de lire un signal sans un processus de lecture externe.

NOTE 2 Un détecteur passif ne nécessite pas une alimentation électrique externe pour recueillir et stocker les informations de doses.

NOTE 3 Lire dans le VEI «détecteur de rayonnement».

3.8**écart** D

différence entre les valeurs indiquées pour la même valeur du mesurande d'un système dosimétrique, lorsqu'une grandeur prend successivement deux valeurs différentes

[VEI 311-07-03, modifié]

$$D = G - G_r$$

où

G est la valeur indiquée sous l'effet, et

G_r est la valeur indiquée dans les conditions de référence

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

NOTE 2 La variation peut être positive ou négative selon qu'elle résulte respectivement d'une augmentation ou d'une diminution de la valeur indiquée.

3.9 dosimètre

radiamètre destiné à la mesure de la grandeur de la dose absorbée ou de la grandeur de l'équivalent de dose

NOTE 1 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 Cet appareil peut nécessiter l'utilisation d'un lecteur séparé pour lire la dose absorbée ou l'équivalent de dose.

[VEI 394-02-11]

NOTE 3 Le plus souvent, un dosimètre est composé d'un détecteur et d'un badge, par exemple TLD avec des filtres.

3.10 système dosimétrique

le dosimètre, le lecteur et tous les équipements et procédures associés utilisés pour évaluer la valeur indiquée

[VEI 394-11-06, modifié]

3.11 incertitude élargie

U

grandeur définissant un intervalle autour du résultat d'une mesure dont on peut attendre qu'il englobe une large fraction de la distribution de valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées au mesurande

[GUM 2.3.5]

NOTE 1 L'incertitude élargie est obtenue en multipliant l'incertitude type composée par un facteur d'élargissement.

NOTE 2 Dans la présente norme, le niveau de confiance est 95 %.

3.12 valeur indiquée

G

valeur du mesurande donnée directement par un appareil de mesure sur la base de sa courbe d'étalonnage

[VEI 311-01-08]

NOTE 1 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 La valeur indiquée est équivalente à la valeur évaluée dans l'ISO 12794, Annexe D.

NOTE 3 Pour plus de détails, voir l'Annexe B de la présente norme.

3.13 grandeur d'influence

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

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

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

NOTE 2 Si l'effet d'une grandeur d'influence sur le résultat d'une mesure dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une unique grandeur d'influence. C'est le cas, dans la présente norme, de deux couples de grandeurs d'influence:

- 1 – énergie du rayonnement et angle d'incidence,
- 2 – température ambiante et humidité relative.

3.14

grandeur d'influence de type F

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

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

NOTE 2 F représente le facteur. L'indication due au rayonnement est multipliée par un facteur dû à la grandeur d'influence.

3.15

grandeur d'influence de type S

grandeur d'influence dont l'effet sur la valeur indiquée est une variation indépendante de la valeur indiquée

NOTE 1 La perturbation électromagnétique en est un exemple.

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

NOTE 3 S représente la somme. L'indication est la somme de l'indication due au rayonnement et de celle due à la perturbation.

3.16

limite inférieure du domaine de mesure

H_{\min}

plus basse valeur de la dose appartenant au domaine de mesure

3.17

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 Le temps de mesure maximal assigné dépend de la limite inférieure du domaine de mesures H_{\min} , de l'effacement, etc.

NOTE 2 Le début de cette durée peut par exemple être l'effacement de la dose par chauffage (les TLDs) ou une remise à zéro de la dose par logiciel (les DIS).

3.18

valeur mesurée

M

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

NOTE 1 La fonction modèle d'incertitude combine la valeur indiquée G avec le coefficient d'étalonnage de référence N_0 , la correction de non-linéarité r_n , la variation de l , D_p ($p = 1..l$) pour les grandeurs d'influence de type S et la valeur de réponse relative r_q ($q = 1..m$) pour les grandeur d'influence de type F:

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

Cette fonction modèle de la mesure est nécessaire pour toute détermination de l'incertitude selon le GUM (voir GUM, paragraphes 3.1.6, 3.4.1 et 4.1).

NOTE 2 Pour la fonction "modèle", voir la Note 2 de 3.35.

NOTE 3 Les calculs selon cette 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 doit être appliquée.

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

NOTE 5 Pour plus de détails, voir l'Annexe B.

3.19

domaine de mesure

plage définie par deux valeurs du mesurande, ou grandeur à fournir, dans laquelle les limites d'incertitude de l'appareil mesure sont spécifiées

[VEI 311-03-12, modifié]

NOTE Dans la présente norme, le domaine 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.

3.20

domaine minimal de variation (d'utilisation)

plus petit domaine spécifié d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental dans lequel le système dosimétrique doit fonctionner conformément à la présente norme

NOTE La seconde colonne des Tableaux 3 à 7 donne le domaine de variation minimal pour chaque grandeur d'influence considérée dans la présente norme.

3.21

équivalent de dose individuel

$H_p(d)$

l'équivalent de dose dans un tissu mou, à une profondeur appropriée, d , au dessous d'un point spécifié du corps

[ICRU 51]

NOTE 1 Les profondeurs recommandées sont 10 mm pour les rayonnements fortement pénétrants et 0,07 mm pour les rayonnements faiblement pénétrants [VEI 393-14-97].

NOTE 2 Tissus mous signifie élément de tissu ICRU-4; voir le rapport ICRU 39.

3.22

point d'essai

point du champ de rayonnement où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue

[ISO 4037-3, Définition 3.2.6, modifiée]

3.23

préparation

traitement normal des dosimètres ou détecteurs avant une mesure de dose, par exemple une procédure d'effacement d'informations résultant des doses antérieures, de réinitialisation de l'information de dose au moyen d'un logiciel, d'un nettoyage, etc. auquel les dosimètres ou les détecteurs sont soumis normalement

3.24

domaine de variation assigné (d'utilisation)

domaine des valeurs que peut avoir une grandeur d'influence sans que l'écart ou la variation de la réponse soit supérieure aux limites spécifiées

[VEI 311-07-05, modifié]

NOTE 1 Dans le VEI 311-07-05, le terme s'écrit «domaine nominal d'utilisation». Dans la présente norme, «domaine de variation» est utilisé pour éviter les termes compliqués comme «le domaine d'utilisation d'une grandeur d'influence» mais pour avoir des termes plus aisément compréhensibles comme «domaine de variation d'une grandeur d'influence».

NOTE 2 Les grandeurs d'influence peuvent être soit de type S, soit de type F.

3.25

lecteur

instrument conçu pour lire un ou plusieurs détecteurs dans un dosimètre

[VEI 311-11-10, modifié]

NOTE 1 Le signal d'un dosimètre passif peut être une quantité de lumière, une quantité de charges, la transparence d'un film, etc. Ainsi chaque type de dosimètre passif possède un type différent de lecteur.

NOTE 2 Dans le VEI, le terme est "lecteur de dosimètre".

3.26

lecture

procédé de mesure de l'information de dose d'un détecteur mémorisée dans un lecteur

3.27

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

[VEI 311-06-02, modifiée]

3.28

direction de référence

dans le système des coordonnées du dosimètre, la direction par rapport à laquelle l'angle de la direction d'incidence du rayonnement est repéré dans des champs unidirectionnels

[ISO 4037-3, 3.2.7]

3.29

orientation de référence

orientation (du dosimètre) pour laquelle la direction du rayonnement incident coïncide avec la direction de référence du dosimètre

[ISO 4037-3, 3.2.8]

3.30

point de référence d'un dosimètre

marque(s) physique(s) sur la surface extérieure du dosimètre utilisée(s) pour positionner celui-ci par rapport au point d'essai

[VEI 394-20-15, modifié]

3.31

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

NOTE 2 La valeur de référence pour la dose est donnée dans le Tableau 2.

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

incertitude élargie divisée par le résultat de la mesure

3.33**réponse relative** r rapport de la réponse R sur la réponse de référence R_0

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

3.34**réponse (d'un ensemble de mesure de rayonnements)** 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

[VEI 394-20-21, modifié]

NOTE La valeur de la réponse peut varier avec la dose à mesurer. Dans ce cas, on dit que le système dosimétrique est non linéaire.

3.35**résultat d'une mesure**

ensemble des valeurs attribuées au mesurande, incluant une valeur, l'incertitude correspondante et l'unité de mesure

NOTE 1 La valeur centrale de l'ensemble de valeurs peut être sélectionnée comme *valeur mesurée* M (voir 3.18) et un paramètre caractérisant la dispersion peut être sélectionné comme étant *l'incertitude* (voir 3.39).NOTE 2 Le résultat de la mesure se rapporte à *l'indication donnée par l'instrument* G (voir 3.12) et aux valeurs correctives obtenues lors de l'étalonnage ou par l'utilisation d'un *modèle* (voir 3.18).

[VEI 311-01-01, modifié]

NOTE 3 L'estimation de M peut être basée sur une ou plusieurs valeurs indiquées.**3.36****signal** S

quantité obtenue par un lecteur à partir de la lecture d'un dosimètre dont on veut évaluer la valeur indiquée de l'équivalent de dose

NOTE 1 Par exemple, la charge produite dans un 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 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 L'utilisation de plus d'un détecteur conduit toujours à l'utilisation de plus d'un signal.

NOTE 4 Dans l'ISO 12794 3.13, «signal» est assimilé à «valeur de lecture».

NOTE 5 Pour plus de détails, voir l'Annexe B de la présente norme.

3.37

écart type

s

pour une série de n mesures du même mesurande, la grandeur s caractérisant la dispersion des résultats est donnée par la formule:

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

où

G_j est le résultat de la j -ème mesure, et

\bar{G} est la moyenne arithmétique des n résultats considérés

NOTE 1 Si l'on considère la série des n valeurs comme un échantillonnage de la distribution, \bar{G} est une estimation impartiale de la valeur moyenne μ , et s^2 est une estimation impartiale de la variance σ^2 de cette distribution.

NOTE 2 L'expression s/\sqrt{n} est une estimation de l'écart type de la distribution de \bar{G} et s'appelle « l'écart type expérimental sur la moyenne ».

NOTE 3 «L'écart type expérimental sur la moyenne» est parfois appelé incorrectement «erreur sur la moyenne».

[VEI 394-20-44, modifié]

NOTE 4 Dans le VEI, le terme est «écart type expérimental».

3.38

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 réalisée

NOTE 1 L'idéal serait de réaliser les étalonnages dans les conditions de référence. Comme cela n'est pas toujours possible (par exemple, pour la pression atmosphérique ambiante) ou pratique (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 la variation du coefficient d'étalonnage par la valeur qu'il aurait dans les conditions de référence.

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

[ISO 4037-3, Définition 3.2.3]

3.39

incertitude normalisée

u

incertitude du résultat d'un mesurage exprimée sous la forme d'un écart-type

[GUM 2.3.1]

3.40

essais de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier qu'elle répond aux spécifications prescrites

[VEI 394-20-28]

3.41

limite supérieure du domaine de mesure

H_{\max}

valeur de la dose la plus élevée appartenant au domaine 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'électron-volt (symbole eV). $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-9} \text{ J}$
- pour le temps: année, 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 de symboles est donnée dans le Tableau 1.

5 Procédures générales d'essai

5.1 Procédures d'essai basiques

5.1.1 Consignes d'utilisation

Les consignes d'utilisation des systèmes dosimétriques doivent être données sans aucune ambiguïté dans le manuel, voir l'Article 9. Les consignes doivent être les mêmes pour toutes les parties des essais de type et aussi pour les essais individuels.

5.1.2 Nature des essais

Sauf précision contraire dans le paragraphe correspondant, tous les essais décrits dans la présente norme sont à considérer comme des essais de type.

5.1.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du Tableau 2. Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés dans les conditions normalisées d'essai données dans la troisième colonne du Tableau 2.

Sauf spécification contraire donnée dans la spécification d'essai, toutes les grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites établies pour les conditions normalisées d'essai données dans le Tableau 2, sauf pour les grandeurs d'influence qui sont l'objet de l'essai.

5.1.4 Production du rayonnement de référence

La nature, la réalisation et les conditions d'utilisation des sources ionisantes doivent être conformes aux recommandations des documents suivants: a) la série ISO 4037 pour le rayonnement photon et b) la série ISO 6980 pour le rayonnement bêta.

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, Paragraphe 6.3.1, doivent être utilisés. La géométrie d'exposition requise est spécifiée dans la norme ISO de référence appropriée (ISO 4037-1 ou ISO 6980-1).

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 la direction 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 fixé arbitrairement par convention à 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 Considération relative 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 % = 0,08. Le laboratoire d'essai déterminera $U_{C,rel}$ selon le GUM.

NOTE Conformément à la Note 2 de 3.11, le niveau de confiance est 95 %.

5.2.3 Considérations sur la non-linéarité

L'effet de la non-linéarité doit être considéré.

Une méthode pratique consiste à commencer les essais par la non-linéarité et à réaliser les autres essais dans une région où la non-linéarité est négligeable (1 % à 2 %).

5.2.4 Considérations sur le 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 du bruit de fond naturel. On le fait généralement en utilisant un nombre suffisant 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 Considération d'un dosimètre avec plusieurs détecteurs ou signaux

Si plus d'un signal (voir 3.3.6) ou détecteur (voir 3.7) est utilisé pour évaluer la valeur indiquée, chaque signal ou détecteur doit être soumis séparément aux essais. Des essais séparés sont nécessaires quand différents signaux sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée dans différentes régions du domaine de mesure ou différentes régions des valeurs d'une grandeur d'influence.

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

NOTE 2 Exemples:

- 1) Si un second détecteur ou signal est utilisé pour évaluer un équivalent de dose supérieur à 200 mSv, 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 très 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 plusieurs grandeurs d'influence, on expose différents groupes de dosimètres: un groupe de référence et divers groupes pour lesquels on mesure l'effet de la grandeur d'influence à mesurer. Pour limiter le nombre d'expositions nécessaires, il convient de combiner les essais des Articles 12 à 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

Les exigences de performances des systèmes dosimétriques sont données dans les Tableaux 3 à 5, en fonction de la grandeur à mesurer: $H_p(10)$: Tableau 3; $H_p(0,07)$: Tableau 4; $H^*(10)$: Tableau 5.

Les détails concernant certaines entrées des Tableaux 3 à 5 sont donnés dans les Tableaux 6 et 8.

7 Aptitude 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 minimaux qui sont donnés dans les Tableaux 3 à 5. 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 limites des performances de son instrumentation.

7.2 Domaine de mesure et type de rayonnement

Dépendantes de la grandeur de dose, les limites du domaine de mesure doivent couvrir les domaines minimaux donnés à la ligne 6 des Tableaux 3 à 5.

Le type de rayonnement pour lequel le dosimètre est conçu doit être précisé.

7.3 Domaine de variation des grandeurs d'influence

Le domaine de variation de toute grandeur d'influence doit être précisé par le fabricant dans la documentation. Le domaine minimal de variation de chaque grandeur d'influence est donné dans la troisième colonne des Tableaux 3 à 8. Toutes les exigences de la présente norme doivent être satisfaites sur tous les domaines de variation assignés.

7.4 Temps de mesure maximal assigné t_{\max}

Le fabricant doit indiquer quelle est la durée maximale assignée 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, cela doit être précisé par le fabricant. Le fabricant doit préciser les limites pour une utilisation répétée, par exemple le nombre 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 significative du 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 dans la Note 1 de 3.18 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 variations.

7.7 Exemple de caractérisation d'un système dosimétrique

Les nombres suivants sont choisis arbitrairement; ils couvrent au moins les domaines assignés minimaux, 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: $0,05 \text{ mSv} \leq H_p(10) \leq 4 \text{ Sv}$.

Les domaines d'utilisation pour les différentes grandeurs d'influence sont les suivants.

- Énergie 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 minimaux, voir Tableau 7
- Perturbations mécaniques: domaines minimaux, voir Tableau 8

Temps de mesure maximal possible: 6 mois.

Les dosimètres du système dosimétrique sont utilisables jusqu'à un équivalent de dose unique de 200 mSv.

Fonction modèle: $M = \frac{N_0}{r_n \cdot r_{E,\alpha} \cdot r_{\text{env}}} \cdot [G - D_{\text{EMC}} - D_{\text{mech}}]$, pour plus de détails, voir 3.18 et l'Annexe B,

où

M est la valeur mesurée;

N_0 est le coefficient d'étalonnage de référence;

r_n est réponse relative due à la non-linéarité;

$r_{E,\alpha}$ est réponse relative due à l'énergie et à l'angle d'incidence;

r_{env} est le réponse relative due aux influences de l'environnement;

G est la valeur indiquée par le système dosimétrique;
 D_{EMC} est la variation due aux perturbations électromagnétiques;
 D_{mech} est la variation due aux perturbations mécaniques.

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 observation du système dosimétrique en fonctionnement.

8.2 Indication de la valeur de la dose (système dosimétrique)

La valeur indiquée doit être donnée en équivalent de dose, par exemple en microsieverts (μSv). L'affichage doit clairement indiquer la grandeur mesurée.

Quand le lecteur permet des changements d'échelle, ce changement doit être automatique.

La valeur indiquée doit être affichée avec une résolution meilleure que 2 %. A la limite basse du domaine de mesure, H_{min} , une valeur de 10 % est suffisante.

NOTE Une solution technique possible est un affichage numérique: au moins deux chiffres sont affichés à la limite inférieure du domaine de mesure H_{min} . Par exemple, pour $H_{min}=0,1$ mSv, l'affichage indique 0,10 mSv. Au-dessus de $10 H_{min}$, trois chiffres significatifs s'affichent: 1,00 mSv.

8.3 Attribution de la valeur de dose au dosimètre (système dosimétrique)

La valeur indiquée doit être attribuée individuellement au dosimètre (numéro) selon son origine.

NOTE Une solution technique possible est la suivante: le repérage, 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 lot de données qui sera toujours manipulé d'un seul bloc.

8.4 Informations données sur l'instrumentation (lecteur et dosimètre)

L'information suivante doit être clairement visible sur le dosimètre et le lecteur (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 le domaine de mesure;
- le type de rayonnement (par exemple photon et/ou bêta) correspondant au dosimètre;
- le domaine de variation 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 uniquement: si la conception du dosimètre permet pas à l'utilisateur de l'utiliser dans deux orientations ou plus, le dosimètre doit satisfaire aux exigences de la présente norme toutes les orientations ou 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 Contamination radioactive et décontamination (dosimètre)

Autant que faire ce peut, il convient que le dosimètre soit être conçu pour minimiser la rétention des contaminations et faciliter leur élimination. Un dosimètre peut être fourni avec une couverture protectrice mais, muni de cette couverture, il doit toujours satisfaire aux exigences de la présente norme.

8.6 Algorithme pour calculer la valeur indiquée (système dosimétrique)

Pour les essais de type selon la présente norme, le fabricant doit fournir un 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 de l'arbre de décision.

Si plus d'un signal est utilisé pour calculer 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 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. Dans le cas où des expositions neutroniques sont nécessaires, celles-ci doivent être conformes à la série ISO 8529.

A partir de cette information, l'utilisateur, avec l'aide d'un second dosimètre conçu pour la mesure des neutrons, 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 repéré de telle sorte qu'il se rapporte sans ambiguïté au système dosimétrique décrit. De telles instructions d'utilisation doivent être fournies pour chaque système dosimétrique. Les instructions d'utilisation doivent contenir la description de la réalisation, la fonction, le fonctionnement et la manipulation du système dosimétrique et de ses composants y compris l'usage 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 commerciale enregistrée (si le système est fabriqué dans son ensemble);
- type de système dosimétrique et principe de fonctionnement;
- bloc diagramme du système dosimétrique comportant le matériel, le logiciel et les données;
- nom du logiciel du système dosimétrique et numéro d'identification (voir 10.2.3.1);

- 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 4 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 des parties du dosimètre au cours de sa lecture;
- mise en garde contre un stockage prolongé, l'humidité 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;
- la direction de référence pour l'étalonnage;
- orientation de référence relativement aux sources de rayonnement et orientation de référence par rapport au porteur;
- dessin du dosimètre 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.

Caractéristiques dosimétriques

- grandeur mesurée;
- domaine 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 la variation correspondante de la réponse relative ou l'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 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, cela dans la mesure où une grande partie des essais concernant les logiciels sont indirectement couverts par les essais métrologiques.

NOTE Les exigences suivantes sont fondées sur le guide logiciel 7.2 de la Coopération européenne pour la Métrologie Légale (WELMEC) et mettent en oeuvre la classe de risques C du guide 7.2

10.2 Exigences

10.2.1 Exigences générales

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 du logiciel ou des données.

L'ensemble des exigences est valide uniquement dans le cas d'un système dosimétrique utilisé dans un cadre officiel, par exemple la surveillance légale applicable au personnel.

10.2.2 Conception et structure des logiciels

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 consiste à séparer le logiciel en deux parties. Une partie contient toutes les fonctions nécessaires au contrôle du 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, la fréquence de certaines valeurs de la dose. La partie dépendant des données comporte des fonctions bien définies (interface 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».

10.2.3 Protection des logiciels ou des données

10.2.3.1 Identification

La « partie dépendant des données » du logiciel (voir Note en 10.2.2) 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 au cours des essais 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 la somme de contrôle, au moins CRC 16 avec une valeur départ secrète cachée dans le fichier exécutable portant sur la totalité du logiciel.

10.2.3.2 Authenticité du logiciel et présentation des résultats

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 du style « Violation de l'authenticité du logiciel, modification 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.

NOTE 1 De par cette exigence, il est exclu que le lecteur soit commandé par un logiciel autre que celui essayé.

NOTE 2 Une solution technique possible est la suivante:

Le code programme est un format exécutable (.exe). Une somme de contrôle, au moins CRC-16 avec une valeur secrète cachée dans le code 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 fonctionne pas. La fenêtre du programme en cours est rafraîchie périodiquement et contrôle qu'il est toujours visible.

10.2.3.3 Alerte et arrêt du système en cas de conditions anormales de fonctionnement

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 ou visible) doit avertir l'opérateur. Ces conditions anormales de fonctionnement comprennent celles qui induisent de fausses lectures ou la perte de l'information de dose, par exemple la chute de tension d'un photomultiplicateur, l'absence de papier de l'imprimante, la température de chauffage du lecteur sortant du domaine de fonctionnement normal, etc., ou bien si le logiciel commandant la mesure est arrêté.

Pas plus d'une valeur indiquée ne doit être perdue du fait de conditions de fonctionnement anormales.

10.2.3.4 Contrôle des données d'entrée par le système dosimétrique

Toutes les valeurs utilisées pour la détermination de la valeur indiquée, par exemple les facteurs 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.

10.2.3.5 Stockage des données

a) Paramètres instrumentaux: L'utilisateur ne doit pas pouvoir modifier à volonté les paramètres instrumentaux (par exemple coefficient d'étalonnage, fourchette de haute tension du tube photomultiplicateur). Exception: Il doit n'être possible de modifier les paramètres instrumentaux 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 Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données appartiennent à un jeu de données bien définies. L'ensemble du jeu de données est protégé par une somme de contrôle, au moins CRC 16 avec une valeur secrète à l'origine, cachée dans le fichier exécutable. Le logiciel lit l'ensemble des données, calcule la somme de contrôle et la compare à sa valeur nominale contenue dans l'ensemble des données. Dans le cas de tout écart détecté 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. Cela contient au minimum la date et l'instant de la lecture, l'identification du dosimètre (par exemple son numéro) et du lecteur, la valeur indiquée et le coefficient d'étalonnage utilisé. Ces données peuvent être produites sur des documents imprimés ou mémorisées sous forme électronique sur 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 10.2.2). Ce logiciel ne doit pas utiliser des données modifiées (écran, imprimante, etc.). De plus, le stockage à long terme doit avoir une capacité suffisante pour le sujet. Les données doivent être protégées contre les risques de perte.

NOTE Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données spécifiques à une mesure particulière sont combinées dans des ensembles de données bien définies et stockées dans un format binaire automatiquement après la mesure. L'ensemble de données complet est protégé 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'endroit et la date et l'instant du fichier. Le programme de lecture lit les données mémorisées, calcule la somme de contrôle et la compare à sa valeur nominale contenue dans le fichier de données. Dans le cas de tout écart détecté 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 supervisés par un contrôleur de protection. Le logiciel active la protection en écriture du système d'exploitation.

10.2.3.6 Transmission des données

Dans le cas où les données ne sont pas 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, supprimer ou ajouter quoique ce soit. De plus, la partie réceptrice du système dosimétrique, par exemple l'ordinateur, doit s'assurer que les données reçues sont authentiques. C'est à dire que l'on doit reconnaître si les données proviennent d'un autre appareil que le lecteur attribué au système dosimétrique. Dans le cas où la connexion entre les parties impliquées dans une transmission est indisponible ou retardée, une valeur indiquée doit au maximum être perdue. Dans le cas d'un ensemble de données corrompu dans la transmission (bien que le protocole de transmission ait essayé de répéter la transmission jusqu'à son succès), cet ensemble de données ne doit pas être utilisé.

Dans le cas de l'utilisation d'un réseau ouvert, par exemple si des participants arbitraires (dispositifs avec des fonctions arbitraires) peuvent se connecter au réseau ou bien si un réseau de communication infrarouge ou sans fil est utilisé, la transmission doit être protégée au moyen de clés logicielles secrètes.

NOTE Une solution technique possible est la suivante:

Toutes les données appartiennent à un jeu de données bien définies incluant la date et l'horaire de création du jeu de données, un numéro d'exploitation, une identification de la partie transmise, par exemple le numéro de série du lecteur et la donnée correspondante. L'ensemble du jeu de données est protégé par une somme de contrôle, au moins CRC 16 avec une valeur secrète de départ cachée dans le fichier exécutable. Le lecteur crypte la donnée transmise au logiciel avec une clé connue uniquement par le logiciel (par exemple par son code de dispersion) 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'exploitation ne manque (ou est à double) et que l'identification de la partie transmise 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.

10.2.3.7 Interfaces matérielles et interfaces logicielles

L'influence des commandes entrées et des valeurs reçues via les interfaces (par exemple une interface utilisateur telle qu'un clavier, des interfaces logicielles, etc.) 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 ont un sens et leur traitement par l'instrument doit être possible, soit l'instrument doit les identifier comme non valides. 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 de 10.2.2, quand la partie dépendant des données du logiciel est réalisée séparément, voir 10.3.2.

NOTE 2 Une solution technique possible est:

Interfaces utilisateurs: un module dans le logiciel de données pertinent 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 spécifique est indissociable du module qui élimine les commandes inadmissibles.

Interfaces logicielles: Un module reçoit et interprète les commandes de l'interface. Ce module appartient au logiciel de données pertinent. Il ne transmet que les commandes autorisées aux autres modules logiciels de données pertinents. Toute commande inconnue ou non autorisée est rejetée et n'a pas d'impact sur le logiciel de données pertinent ou sur les données de mesure.

10.2.4 Documentation

10.2.4.1 Documentation dans le manuel d'instructions

L'ensemble des fonctionnalités et tous les menus et sous-menus du logiciel, y compris le programme de visualisation de la lecture et d'affichage des données mémorisées, doivent être décrits dans le manuel d'instructions, voir l'Article 9.

10.2.4.2 Documentation pour les essais de type

En dehors de la documentation listée en 10.2.4, les informations suivantes doivent être données par le fabricant au sujet des essais de type du système:

- une description de la structure du logiciel, incluant les fonctions logicielles de données pertinentes et la signification de ces données; en cas de séparation logicielle, une description de l'interface logicielle; les mesures pour protéger le logiciel; selon 10.2.2;
- la méthode pour reconnaître le numéro d'identification, voir 10.2.3.1;
- les mesures pour prévenir toute modification du logiciel et des données présentées et comment leur authenticité est garantie, voir 10.2.3.2;
- les mesures pour reconnaître les pannes de fonctionnement, voir 10.2.3.3;
- une liste de tous les paramètres, leurs étendues et leurs valeurs nominales, la méthode pour s'assurer que les paramètres de l'instrument sont dans les fourchettes autorisées, où ils sont mémorisés et comment ils peuvent être visualisés, y compris leur historique; voir 10.2.3.4;
- 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 de l'entrée en mémoire 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 10.2.3.5;
- 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 l'entrée en mémoire de données (par exemple un câble déconnecté); les mesures pour empêcher toute modification, perte ou addition aux données transmises, voir 10.2.3.6;
- 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 comme quoi cette liste est complète, et une brève description de chaque commande; voir 10.2.3.7;
- 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, etc.

NOTE Ces informations peuvent être confidentielles et utilisées uniquement par le laboratoire d'essai pour les besoins des essais de type.

10.3 Méthode d'essai

10.3.1 Généralités

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 10.2.4, 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.

10.3.2 Essais sur la conception et la structure du logiciel

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: Vérifier que toutes les parties de logiciels pertinents pour les données, y compris le logiciel pour lire et afficher les données stockées (programme de visualisation) sont conformes aux exigences de la présente norme. S'assurer que le logiciel est un exécutable. En cas de séparation du logiciel, voir Note en 10.2.2, les différentes parties du logiciel doivent être des fichiers séparés (par exemple DLLs ou bibliothèques).

10.3.3 Essai des protections du logiciel et des données

10.3.3.1 Essai de l'identification du logiciel

Documentation: La méthode pour générer l'identification doit apparemment entraîner une modification de l'identification en cas de modification du logiciel.

Réalisation de l'essai: S'assurer que les identifications peuvent être affichées pendant que le logiciel est en action comme décrit dans le manuel d'instructions et qu'elles sont identiques à celles données dans le manuel d'instructions.

10.3.3.2 Vérification de l'authenticité du logiciel et de la présentation des résultats

Documentation: Les mesures pour empêcher toute modification du logiciel doivent être plausibles (par exemple évaluation d'une somme de contrôle). Vérifier que les ensembles de données légalement applicables peuvent être uniquement produits par le logiciel de données pertinent 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 l'exécutable à l'aide d'un éditeur et faire fonctionner le logiciel. Si le système fonctionne, l'exigence n'est pas satisfaite. Estimer par un contrôle visuel que des informations complémentaires sur l'écran ou l'imprimante ne peuvent pas être confondues avec les informations appartenant aux données de mesures pertinentes et que toutes les données pertinentes sont présentées.

10.3.3.3 Essai du système dans des conditions de fonctionnement anormales

Documentation: Les mesures pour reconnaître un fonctionnement défectueux doivent être plausibles.

Réalisation de l'essai: Simuler un dysfonctionnement quelconque du matériel au cours de la lecture, par exemple déconnecter l'alimentation du système de chauffage ou le câble de transmission des données entre le lecteur et l'ordinateur. Si plus d'une valeur indiquée est perdue par dysfonctionnement du matériel du fait d'une condition anormale de fonctionnement, l'exigence n'est pas satisfaite.

10.3.3.4 Essai du contrôle des données d'entrée

Documentation: La méthode pour s'assurer que les paramètres de l'instrument sont dans leur fourchette autorisée 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 plus d'un détecteur est lu par erreur simulée de sortie de domaine, l'exigence n'est pas satisfaite.

10.3.3.5 Essai concernant le stockage des données

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, elle doit couvrir l'ensemble de données complet, une formule pour calculer la capacité de stockage restante peut être appliquée, etc.) 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 (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:

- 1) S'assurer que toutes les données pertinentes nécessaires pour reconstruire la mesure sont stockées dans un fichier de données directement après une mesure et qu'il n'y a pas de bouton ou de menu pour interrompre ou désactiver le stockage automatique.
- 2) Essayer 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.
- 3) Ouvrir un fichier de données à l'aide d'un éditeur de texte et modifier quelques octets 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.
- 4) Essayer d'éliminer le fichier de données du disque dur en utilisant une commande standard du système d'exploitation. 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.
- 5) Vérifier qu'un avertissement est donné que la mesure est arrêtée dans le cas où le stockage est plein ou retiré.
- 6) S'assurer que l'historique de tous les paramètres est accessible à l'aide du logiciel.
- 7) Dans le cas où les données sont imprimées et mémorisées, s'assurer qu'elles sont identiques dans les deux cas.

NOTE 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).

10.3.3.6 Essai sur la transmission des données

Documentation: Toutes les informations nécessaires pour retrouver la traçabilité et pour poursuivre le traitement des données 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 clé initiale 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 propre identification et authenticité.

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, réseau de communication local LAN hors service, etc.).

10.3.3.7 Essai concernant les interfaces matérielles et les interfaces logicielles

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 (vérifications ponctuelles) avec les commandes documentées et aussi les commandes non documentées et essayer 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, on doit vérifier que le système dosimétrique fonctionne comme indiqué dans la documentation. De plus, certaines autres commandes doivent être données. Au cas où cela affecterait le système dosimétrique, l'exigence ne serait pas satisfaite.

10.3.4 Vérification de la documentation

Documentation: Vérifier que toute la documentation exigée en 10.2.4 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 vérifiant les parties correspondantes du manuel d'instructions. Si tous les menus trouvés dans le logiciel et dans le manuel d'instructions ne se 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 ce paragraphe sont de type F.

Si le système dosimétrique utilise plus d'un signal pour l'évaluation de la valeur indiquée, l'Article 12 doit être considéré. L'information nécessaire pour l'essai selon l'Article 12 doit être obtenue au cours de l'essai selon l'Article 11.

11.2 Coefficient de variation

Les fluctuations statistiques de la valeur indiquée doivent satisfaire aux exigences de la ligne 7 des Tableaux 3 à 5.

L'essai doit être réalisé conjointement avec l'essai concernant la non-linéarité de la réponse. La méthode d'essai est décrite dans le paragraphe suivant.

11.3 Non-linéarité

11.3.1 Exigences

La variation de la réponse due à une variation de l'équivalent de dose ne doit pas être supérieure aux valeurs données à la ligne 6 des Tableaux 3 à 5 sur l'ensemble du domaine de mesure des rayonnements de référence photon et/ou bêta.

11.3.2 Méthode d'essai

a) Source de rayonnement à utiliser

Pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$, les essais doivent être réalisés avec des sources de ^{137}Cs ou ^{60}Co pour les photons. Pour $H_p(0,07)$, les rayonnements à utiliser sont H-300 (ISO 4037) pour les photons et $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ pour les rayonnements bêta. Durant les essais, le dosimètre doit être exposé au rayonnement sur le fantôme adapté (voir 5.1.5) dans la direction de référence.

NOTE Les expositions peuvent être effectuées en air libre si le facteur de correction pour l'exposition en air libre est appliqué au lieu de celui sur le fantôme. Ce facteur de correction est spécifique au dosimètre en cours d'essai et au type de rayonnement utilisé. Il est donc déterminé spécifiquement.

b) Essai à réaliser

Les essais doivent être réalisés séparément pour les rayonnements photoniques ou les rayonnements bêta.

Les essais doivent être réalisés pour douze valeurs de dose. Pour chaque dose, $n_i = 5$ dosimètres doivent être exposés ($i = 1.. 12$). Les valeurs des doses en essai doivent par exemple les suivantes si le domaine de mesure est de 0,1 mSv à 1 Sv (aux trois valeurs de dose les plus faibles, deux groupes de $n_i = 5$ dosimètres doivent être exposés):
0,1 mSv; 0,1 mSv; 0,3 mSv; 0,3 mSv; 1 mSv; 1 mSv; 3 mSv; 10 mSv; 30 mSv;
100 mSv; 300 mSv; 1 000 mSv

et une valeur complémentaire, par exemple à proximité d'un changement de domaine (si connu).

Dans le cas de 1 mSv à 10 Sv, les valeurs doivent être multipliées par un facteur 10.

Pour chaque valeur C_i de dose, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

11.3.3 Interprétation des résultats

Si pour chaque dose C_i , la valeur $\frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ n'est pas supérieure aux valeurs données à la

ligne 7 des Tableaux 3 à 5 et la valeur $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ pour plus de 2 C_i n'est pas supérieure aux valeurs données à la ligne 7 des Tableaux 3 à 5, ces deux valeurs C_i n'étant adjacentes, alors l'exigence de 11.2 est considérée comme satisfaite. Pour cet essai, le nombre de dosimètres par groupe ne doit pas être augmenté.

NOTE 1 Cette méthode d'essai est expliquée en détail dans une publication, voir la bibliographie. Elle prend en compte le fait qu'il n'est pas réaliste de vouloir mesurer le coefficient de variation avec précision. Par conséquent, l'essai incorpore la méthode statistique d'un test de Khi-deux. Un système dosimétrique ayant un coefficient de variation équivalent à 0,9 fois la limite requise passe avec succès 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 était faite pour chaque dose C_i , la valeur $\frac{s_i}{\bar{G}_i}$ ne serait pas plus élevée

que les valeurs exigées (méthode conventionnelle d'essai), ainsi un système dosimétrique ayant un coefficient de variation équivalent à 0,9 fois la limite requise donnée à la ligne 7 des Tableaux 3 à 5 (méthodes d'essai), échouerait à l'essai avec une probabilité d'environ 98 %. Cela peut s'expliquer ainsi: si l'exigence de la méthode d'essai « $\frac{s_i}{\bar{G}_i}$ n'est pas plus élevée que la limite requise » est satisfaite avec une probabilité d'environ 85 %, alors

le vrai coefficient de variation ne sera pas plus élevé que 0,63 fois la limite requise.

Alors, pour les trois valeurs les plus basses $C_1 = C_2$, $C_3 = C_4$ et $C_5 = C_6$, les valeurs \bar{G}_i et s_i doivent être déterminées pour les 10 dosimètres exposés avec le même équivalent de dose: $\bar{G}_{1,2}$, $\bar{G}_{3,4}$, $\bar{G}_{5,6}$, $s_{1,2}$ et $s_{3,4}$ et $s_{5,6}$.

Si, pour chaque dose C_i , l'inégalité $0,91 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,com}$ est

vérifiée et $0,95 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,05 + U_{C,com}$ est vérifiée pour le domaine

restreint de $H^*(10)$ (voir ligne 6 du Tableau 5), alors l'exigence de 11.3.1 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative combinée 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 de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement, respectivement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ce doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.4 Caractéristiques de surexposition, rémanence et réutilisation

11.4.1 Exigences

Les exigences se subdivisent en trois parties:

a) La reconnaissance d'une surexposition

Quand le dosimètre est exposé avec une dose de 10 fois la limite supérieure du domaine de mesure, $10 \cdot H_{\text{max}}$, (jusqu'à pour un maximum de 10 Sv) 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 des effets de rémanence sur les mesures suivantes, des mesures appropriées doivent être prises pour assurer que les exigences de la présente norme sont satisfaites.

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 les mesures suivantes. Un dosimètre considéré comme réutilisable doit satisfaire à toutes les exigences de la présente norme.

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 Tableau 2.

Groupe 2: un dosimètre doit être exposé à un équivalent de dose de 10 fois la limite supérieure du domaine de mesure, $10 \cdot H_{\text{max}}$ ou 10 Sv, en prenant le plus petit.

Groupe 3: n (≥ 10) dosimètres doivent être exposés à un équivalent de dose égal à la limite inférieure du domaine de mesure, H_{min} .

Groupe 4: n (≥ 10) dosimètres doivent être exposés à la dose à partir de laquelle ils ne sont pas réutilisables. Cette dose est donnée par le fabricant, voir 7.5. Ensuite, la méthode habituelle de préparation des dosimètres pour une nouvelle utilisation doit être appliquée. Les dosimètres doivent finalement être exposés à un équivalent de dose égal à la limite inférieure du domaine 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 du domaine de mesure ou un message de surexposition doit être affiché par le système.

Si pour les trois groupes de dosimètres, l'inégalité

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

est vérifiée 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 7 des Tableaux 3 à 5, alors les exigences de 11.4.1 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2. $U_{C,com}$ est l'incertitude relative élargie combinée de $\frac{C_{r,0}}{C_i}$: $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;i}^2}$ avec les incertitudes relatives élargies

$U_{C,rel;r,0}$ et $U_{C,rel;i}$ des valeurs conventionnellement vraies de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement, respectivement. Dans le cas où $U_{C,rel;r,0}$ et $U_{C,rel;i}$ sont corrélées, ce doit être pris en compte. Pour $U_{C,rel}$, 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 variation de l'énergie du rayonnement ou de l'angle d'incidence dans leur domaine assigné ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 9 des Tableaux 3 et 5 pour respectivement $H_p(10)$ 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 suivants:

α	Dosimètres $H_p(10)$ (exposition du fantôme, 5.1.5)	Dosimètres $H^*(10)$ (exposition en 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
±60°	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
± α_{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 11.7	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
±(180°- α_{max})	Comme pour α_{max} , non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)	Comme pour α_{max} , non nécessaire si le badge est symétrique
±120°	Comme pour 60°, non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)	Comme pour 60°, non nécessaire si le badge est symétrique
180°	Comme pour l'angle d'incidence 0°, non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)	Comme pour l'angle d'incidence 0°, non nécessaire si le badge est symétrique

NOTE Le badge est symétrique si tous les composants inclus dans le filtre sont symétriques par rapport à un plan passant par le centre du détecteur et perpendiculaire à la direction de référence.

Pour $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{max}$, $\alpha = \pm(180^\circ - \alpha_{max})$ et $\alpha = \pm 120^\circ$, l'essai doit être réalisé 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° 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 la 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 peuvent être faites avec des angles polaires variant par pas de 45°, sur chaque badge. Lorsque $\alpha = 90^\circ$, la direction de référence est orientée perpendiculairement au faisceau du rayonnement.

Pour les dosimètres $H_p(10)$ et $\alpha > 90^\circ$, le dosimètre doit être placé sur le 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 indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

NOTE 1 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple N-30, 60° (voir ci-dessus). Cela signifie que différentes directions (horizontales vers la droite et vers la gauche; verticales vers le haut et vers le bas) pour un angle d'incidence ne sont pas moyennées.

NOTE 2 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 3 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

Pour les dosimètres $H_p(10)$, les valeurs vraies conventionnelles C pour les angles d'incidence $\alpha > 90^\circ$ sont données comme $C(\alpha) = C(180^\circ - \alpha)$, par exemple $C(105^\circ) = C(75^\circ)$, en ayant à l'esprit si le badge est porté dans la mauvaise direction.

Si pour des dosimètres $H^*(10)$ et $H_p(10)$ pour chaque qualité de rayonnement avec $\alpha \leq \alpha_{\max}$ et $\alpha \geq 180^\circ - \alpha_{\max}$, l'inégalité $0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$ est vérifiée et, si pour des dosimètres $H^*(10)$ pour chaque qualité de rayonnement avec $\alpha = 90^\circ$ l'inégalité $0,67 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 2,00 + U_{C,\text{com}}$ est vérifiée, alors, l'exigence de 11.5.1.1 est considérée comme satisfaite.

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 par rapport à la limite autorisée, et qu'aucune exposition angulaire n'a été réalisée à cette énergie, les expositions angulaires correspondantes doivent être réalisées à ces énergies particulières.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative combinée 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 de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement, respectivement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ce doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.5.2 Rayonnement bêta

11.5.2.1 Exigences

Comme le dosimètre est destiné à la mesure de $H_p(10)$ ou $H^*(10)$, la valeur indiquée due au rayonnement bêta d'énergies supérieures 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 3 et 5).

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 requis (voir 5.1.5). Exposer n (≥ 4) dosimètres à un rayonnement de référence bêta, spécifié dans la norme 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 $H_p(0,07) = 100$ mSv = C .

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

Pour chaque 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 vérifiée, alors l'exigence de 11.5.2.1 est considérée comme satisfaite.

U_m est calculé selon l'équation (A.3).

11.6 Energie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$

11.6.1 Rayonnement photonique

11.6.1.1 Exigences

La variation de la réponse relative due à la variation de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement dans le domaine de variation assigné ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 9 du Tableau 4.

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.

Les expositions sont réalisées pour les énergies et angles d'incidence α suivants:

α	Dosimètres $H_p(0,07)$ (exposition du fantôme, 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
$\pm \alpha_{\max}$	Les trois énergies les plus basses dans le domaine d'énergie assigné
90°	Cet essai est décrit en 11.7

$\pm(180^\circ - \alpha_{\max})$	Comme pour α_{\max} , non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)
$\pm 120^\circ$	Comme pour 60° , non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)
180°	Comme pour l'angle d'incidence 0° , non nécessaire si le badge est symétrique ou si l'utilisation par l'arrière est empêchée (voir 8.4.f)
NOTE Le badge est symétrique si tous les composants inclus dans le filtre sont symétriques par rapport à un plan passant par le centre du détecteur et perpendiculaire à la direction de référence.	

Pour $\alpha = \pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$, $\alpha = \pm(180^\circ - \alpha_{\max})$ et $\alpha = \pm 120^\circ$, 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°) seront l'objet d'une exposition uniquement si la construction du dosimètre n'est pas symétrique par rapport à un changement de la direction.

Pour les dosimètres $H_p(0,07)$ et $\alpha > 90^\circ$, le dosimètre doit être placé sur un 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 1 i fait référence à un groupe de dosimètres exposés dans les mêmes conditions, par exemple N-30, 60° (voir ci-dessus). Cela signifie que différentes directions (horizontales vers la droite et vers la gauche; verticales vers le haut et vers le bas) pour un angle d'incidence ne sont pas moyennées.

NOTE 2 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° .

11.6.1.3 Interprétation des résultats

Pour les dosimètres $H_p(0,07)$, les valeurs vraies conventionnelles C pour les angles d'incidence $\alpha > 90^\circ$ sont données comme $C(\alpha) = C(180^\circ - \alpha)$, par exemple $C(105^\circ) = C(75^\circ)$, en ayant à l'esprit le fait si le badge est porté dans la mauvaise direction.

Si pour toutes les qualités de rayonnement, l'inégalité

$$0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$$

sont considérées comme satisfaites.

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 par rapport à la limite autorisée, et qu'aucune exposition angulaire n'a été réalisée à cette énergie, les expositions angulaires correspondantes doivent être réalisées pour ces énergies particulières.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative combinée

élargie 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 de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement, respectivement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ce 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 variation de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta dans le domaine de variation assigné ne doit pas dépasser les valeurs données à la ligne 10 du Tableau 4.

11.6.2.2 Méthode d'essai

Les qualités de rayonnement suivantes spécifiées dans la norme 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).

Les essais doivent être réalisés pour les qualités de rayonnement dont l'énergie moyenne est dans le domaine de variation en énergie. Angles d'incidence: $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 60^\circ$ et $\alpha = \pm 75^\circ$ si inclus dans le domaine de variation de l'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 aux rayonnements 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 N-30, 60° (voir ci-dessus). Cela signifie que différentes directions (horizontales vers la droite et vers la gauche; verticales vers le haut et vers le bas) pour un angle d'incidence ne sont pas moyennées.

NOTE 3 Pour un dosimètre $H_p(0,07)$, 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 toutes les qualités de rayonnement, l'inégalité

$$0,71 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,67 + U_{C,\text{com}}$$

sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2. $U_{C,\text{com}}$ est l'incertitude relative combinée élargie 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 de $C_{r,0}$ et C_i pour les différentes qualités de rayonnement, respectivement. Dans le cas où $U_{C,\text{rel};r,0}$ et $U_{C,\text{rel};i}$ sont corrélées, ce doit être pris en compte. Pour $U_{C,\text{rel}}$, voir 5.2.2.

11.7 Rayonnement incident sur le côté du dosimètre $H_p(10)$ ou $H_p(0,07)$

11.7.1 Exigences

Si le dosimètre est exposé 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 avec la même qualité de rayonnement par la face (0°) pour les dosimètres $H_p(10)$ (pour les dosimètres $H_p(0,07)$, le facteur 2 est applicable). Cela doit être vérifié pour toutes les énergies du domaine de variation en énergie.

NOTE 1 Cette exigence empêche que les matériaux du détecteur ayant un nombre atomique z donnent une réponse excessive si l'exposition de côté est réalisée sans un blindage suffisant.

NOTE 2 Si $\alpha_{\max} = 60^\circ$, cela signifie une exposition de 60° à 120° .

11.7.2 Méthode d'essai

Cet essai doit être réalisé pour toutes les énergies du rayonnement dans le domaine de variation. Pour plusieurs énergies du rayonnement, l'essai peut être réalisé par examen des matériaux sur la face et autour de l'élément sensible. Si l'on peut considérer que du fait du coefficient d'absorption physique des matériaux situés sur le côté ceux-ci sont plus absorbants que de face, l'essai pour ces énergies du rayonnement peut ne pas être effectué.

Pour les autres énergies du rayonnement, les « points faibles », au moins deux groupes de dosimètres doivent être exposés à l'air libre à un équivalent de dose ambiante $H^*(10) \approx 3$ 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 correspondant au « point faible ». Un groupe différent doit être exposé pour chaque point faible.

NOTE Dans le cas de $\alpha_{\max} = 60^\circ$, l'exposition est réalisée de 60° à 120° .

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

11.7.3 Interprétation des résultats

Si les inégalités $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ à } 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 1,5$ et $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ à } 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ sont valides

respectivement pour des dosimètres $H_p(10)$ et pour des dosimètres $H_p(0,07)$, alors, l'exigence de 11.7.1 est considérée comme satisfaite.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

12 Additivité de la valeur indiquée (système dosimétrique)

12.1 Exigences

L'exigence suivante est satisfaite pour les systèmes dosimétriques n'utilisant qu'un signal et par conséquent un seul détecteur pour évaluer la valeur indiquée.

Pour les autres systèmes dosimétriques, la valeur indiquée doit être additive en cas d'exposition mixte. Exposition mixte signifie que le dosimètre est exposé à deux (ou plusieurs) équivalents de dose produits par des qualités de rayonnement différentes. La différence de qualité des rayonnements peut être:

- une différence des valeurs de dose, et/ou
- une différence sur la valeur d'une grandeur d'influence spécifique (par exemple énergie et angle d'incidence des rayonnements différents), ou
- un type de rayonnement différent si les essais du système dosimétrique concernent plus d'un type de rayonnement (par exemple essais de type pour les rayonnements photoniques et bêta).

Exigence pour a): la réponse relative à l'exposition mixte doit être dans le domaine exigé pour la non-linéarité.

Exigence pour b): la réponse relative à l'exposition mixte doit être dans le domaine exigé pour la grandeur d'influence spécifique.

Exigence pour c): la variation relative de la valeur indiquée, $\frac{\Delta G}{G} = \frac{G_K + G_L - G_{K+L}}{G_{K+L}}$, due au mélange de différents types de rayonnement, ne doit pas dépasser –9 % et +11 %.

NOTE 1 Cette exigence assure que les résultats de l'essai selon la présente norme sont aussi 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 selon l'ISO 4037 ou ISO 6980 et l'angle d'incidence, par exemple N-30 et 45° d'angle d'incidence.

NOTE 3 Si l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée est soit une combinaison linéaire soit une optimisation linéaire des signaux, cette exigence est satisfaite et aucun essai n'est exigé (l'algorithme est additif).

NOTE 4 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 (ex. ^{137}Cs , 0°). Par la suite, le dosimètre A subit une exposition supplémentaire avec une autre qualité de rayonnement (ex. 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 de variation 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

Pour cet essai, on doit utiliser les informations obtenues au cours des essais selon l'Article 11.

Pour les exigences a) et b):

Au cours de l'essai de type, on décide quelle grandeur d'influence relève de cet essai en fonction du type de signal et de l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée.

Deux expositions dans les conditions K et L (valeurs de dose différentes et/ou différentes valeurs de la grandeur d'influence en cours d'essai) doivent être réalisées pour des valeurs conventionnellement vraies de la dose C_K et C_L . Les valeurs indiquées G_K et G_L doivent être lues par le système dosimétrique. Les valeurs indiquées correspondantes $f(S_{g,K})$ et $f(S_{g,L})$ doivent être calculées en utilisant les signaux $S_{g,K}$ et $S_{g,L}$ et l'algorithme d'évaluation ($g = 1..b$, voir Annexe B). G_K et G_L doivent être comparés à $f(S_{g,K})$ et $f(S_{g,L})$, respectivement. Les valeurs doivent être égales, sinon le fabricant aura à délivrer la fonction correcte $f(S_g)$ pour l'évaluation de la valeur indiquée.

Ensuite, des expositions mixtes peuvent être simulées par calcul de la somme des signaux $S_{g,K} + S_{g,L}$. De cette somme, la valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ pour les conditions d'exposition mixte K+L pour la valeur conventionnellement vraie de la dose $C_{K+L} = C_K + C_L$ doit être calculée. La valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ doit être déterminée pour toute valeur de C_K et C_L et pour toute condition d'exposition K et L. Ce calcul doit être vérifié expérimentalement pour une combinaison de différentes qualités de rayonnement.

La réponse relative est donnée par $r = \frac{G_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{\text{ref}}}{G_{\text{ref}}}$. La valeur de r doit être déterminée pour toute valeur de C_K et C_L et toute condition d'exposition K et L.

NOTE 1 Il faut corriger toutes les non-linéarités. Quand différents dosimètres sont utilisés pour déterminer G_K et G_L , il faut aussi que toute différence du coefficient d'étalonnage soit prise en considération.

NOTE 2 L'utilisation d'un programme de simulation sur ordinateur peut être utile pour cet essai.

Pour l'exigence c):

Les exigences sont identiques à celles de a) et b), sauf que les conditions d'exposition différentes signifient: différentes valeurs de dose et / ou différents types de rayonnement.

$\Delta G/G$ doit être déterminé pour toute valeur de C_K et C_L et toute condition d'exposition K et L.

12.3 Interprétation des résultats

Pour les exigences a) et b):

Toutes les réponses relatives calculées doivent être dans le domaine de variation autorisé de la réponse.

Pour l'exigence c):

La variation relative de la valeur indiquée, $\Delta G/G$, ne doit pas dépasser -9% et $+11\%$.

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 de type S. Dans un esprit de simplification, le traitement mathématique est fait comme si toutes les grandeurs d'influence étaient de type F.

La moyenne quadratique des variations de la réponse due à toutes les perturbations environnementales ne doit pas être supérieure à 20% (voir Tableau 6). De plus, le coefficient de variation doit remplir les exigences spécifiées en 11.2.

Pour le lecteur, seules des exigences concernant une utilisation habituelle en intérieur sont nécessaires (variation de température et exposition à la lumière, par exemple chauffage par le soleil derrière une baie vitrée).

13.1.2 Méthode générale d'essai

Sauf avis contraire, la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose doit être $7 \cdot H_{\min}$. Pour chaque groupe, n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés.

NOTE Comme précisé ci-dessus, les grandeurs d'influence qui peuvent être de type S sont aussi limitées par une valeur maximale autorisée de variation de la réponse. Comme la valeur conventionnellement de l'équivalent de dose est $7 \cdot H_{\min}$ une variation de la réponse de 10% est égale à une variation de $0,7 \cdot H_{\min}$. Donc, on assure simultanément, par cette méthode d'essai, que la variation et l'écart de la réponse à l'unité ne sont pas supérieurs aux valeurs données ci-dessus: $0,7 \cdot H_{\min}$ et 10% , respectivement

13.2 Température ambiante et humidité relative (dosimètre)

13.2.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe est de type F.

13.2.2 Exigences

La réponse relative due à une variation de la température ambiante et de l'humidité relative dans leurs domaines de variation assignés doit être dans l'intervalle $0,83$ à $1,25$ (voir Tableau 6).

13.2.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, trois groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

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 2.

Groupe 2: les dosimètres doivent être exposés à la valeur limite la plus basse en température de leurs domaines de variation assignés. 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 leurs domaines de variation.

La durée d'exposition doit être une semaine. La lecture des dosimètres doit être faite aussi rapidement que possible, c'est à dire aussi rapidement que le permettent les instructions du fabricant.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.2.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe, l'inégalité $0,83 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{G_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,25$ est vérifiée, les exigences de

13.3.2 peuvent alors être considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.3 Exposition à la lumière (dosimètre)

13.3.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe est de type F.

13.3.2 Exigences

La réponse relative due à une variation de l'exposition à la lumière dans son domaine de variation assigné doit être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6).

13.3.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, deux groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Traitement des deux groupes après exposition:

Groupe 1: groupe de référence: les dosimètres doivent être maintenus à la lumière du jour normale mais à l'ombre.

Groupe 2: Les dosimètres doivent être exposés à la valeur extrême de l'exposition à la lumière dans le domaine de variation pendant une semaine.

Pour produire par exemple une illumination de $1\,000\text{ W/m}^2$, utiliser un appareillage produisant une lumière dont le spectre correspond au spectre solaire (295 nm à 769 nm), par exemple avec une lampe xénon équipée des filtres nécessaires ou une lampe fluorescente lumière du jour.

NOTE 1 Une distribution spectrale du rayonnement solaire de référence est donnée dans la CEI 60904-3.

NOTE 2 1 000 W/m² de lumière solaire comportent environ 60 W/m² d'UV.

NOTE 3 Pendant cet essai, il convient que la température soit maintenue sans qu'il lui soit possible de croître ou de fluctuer du fait de l'échauffement de la source de lumière.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.3.4 Interprétation des résultats

Si l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_2}{\bar{G}_1} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée, les exigences de 13.3.2 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.4 Acquisition de la dose, effacement, auto-exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre)

13.4.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe (le temps) est de type F et de type S.

13.4.2 Exigences

L'acquisition de la dose et l'effacement doivent être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6).

La valeur indiquée due à l'auto exposition et au rayonnement naturel ne doit pas s'écarter de la limite inférieure du domaine 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, cinq groupes de dosimètres doivent être utilisés.

Des groupes 1 à 3 consistant en n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence, approximativement la limite inférieure du domaine de mesure, H_{min} .

Un groupe 4 consistant en n (≥ 25) dosimètres doit être exposé à la dose et à la même source de référence que les groupes 1 à 3.

Un groupe 5 consistant en n (≥ 25) dosimètres ne doit pas être exposé.

Traitement des cinq groupes après exposition:

Les groupes 4 et 5 doivent être spécialement stockés ensemble à un débit de dose connu du bruit de fond dû au rayonnement naturel.

Le groupe 1 doit être lu 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 permis par le manuel d'instructions.

Le groupe 2, groupe de référence, doit être lu une semaine après exposition.

Les groupes 3 à 5 doivent être lus après le temps de mesure maximal assigné t_{\max} après exposition.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

Pour toute valeur indiquée du groupe quatre $G_{j,4}$, la valeur moyenne \bar{G}_5 indiquée du groupe cinq doit être soustraite: $\{G_{j,4} - \bar{G}_5\}$, $j = 1..25$. Pour ce nouveau groupe quatre prime, la valeur moyenne indiquée et l'écart type s'_4 doivent être déterminés.

NOTE Cette soustraction est la simulation d'une dose nette sur la période correspondant au temps maximal assigné de la mesure.

13.4.4 Interprétation des résultats

Si pour les groupes 1 à 3 et pour le groupe 4' l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée

et si pour le groupe 5 l'inéquation $-H_{\min} \leq \bar{G}_5 \pm U_m - C_{\text{nat}} \leq +H_{\min}$ est vérifiée, alors les exigences de 13.4.2 sont considérées comme satisfaites.

Pour C_{nat} , l'hypothèse d'une valeur de $2 \mu\text{Sv/d}$ multipliée par t_{\max} peut être faite. Si l'inéquation n'est pas valide, l'équivalent de dose conventionnellement vrai du rayonnement naturel pendant le stockage des groupes 4 et 5 doit être pris pour C_{nat} .

U_{com} et U_m sont calculées respectivement selon les équations (A.5), exemple 2 et (A.3).

13.5 Étanchéité (dosimètre)

Le fabricant doit indiquer les précautions à prendre pour prévenir l'entrée d'humidité, et décrire les essais à effectuer et les résultats attendus pour démontrer l'efficacité de l'étanchéité.

13.6 Stabilité du lecteur (lecteur)

13.6.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe (le temps) est de type F.

13.6.2 Exigences

La variation relative de la valeur indiquée due à la stabilité du lecteur doit être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6) sur le temps 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 faite une semaine après son exposition.

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 assigné maximal $t_{\max}/2$ et lu une semaine après.

Le groupe 3 doit être exposé à la même dose que les groupes 1 et 2 après un temps égal à la moitié du temps de mesure assigné maximal t_{\max} et lu une semaine après.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.6.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe, l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée, alors les exigences de 13.6.2 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.7 Température ambiante (lecteur)

13.7.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe peut être de type S ou de type F.

13.7.2 Exigences

La réponse relative due à une variation de la température dans son domaine de variation assigné doit être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6).

13.7.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, trois groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Le groupe 1 doit être exposé à une dose équivalente à la limite inférieure du domaine de mesure H_{min} .

Les groupes 2 et 3 doivent être exposés à $7 H_{\text{min}}$.

Traitement des trois groupes après exposition:

Groupe 2: groupe de référence: la température du lecteur doit être dans les conditions normales d'essai (voir Tableau 2) pour la lecture des dosimètres.

Groupes 1 et 3: la température du lecteur doit être maintenue au moins 4 h à la valeur la plus élevée du domaine de variation en température. La lecture doit être effectuée à la fin des 4 h tout en conservant la température donnée.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.7.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe, l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée, alors les exigences de 13.7.2 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.8 Exposition à la lumière (lecteur)

13.8.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe est habituellement de type S, elle peut être de type F.

13.8.2 Exigences

La réponse relative due à une variation de l'exposition à la lumière dans son domaine de variation assigné doit être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6).

De plus, le coefficient de variation doit remplir les exigences spécifiées en 11.2.

13.8.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, trois groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence:

Le groupe 1 doit être exposé à la limite inférieure du domaine de mesure H_{\min} .

Les groupes 2 et 3 doivent être exposés à $7 H_{\min}$.

Traitement des trois groupes après exposition:

Les dosimètres ne doivent pas (ou aussi peu que possible) être exposés à une source de lumière supplémentaire.

Groupe 2: groupe de référence: le lecteur normalement à l'ombre, à la lumière du jour, ne doit pas être exposé à un éclairage supplémentaire et la lecture des dosimètres doit être effectuée.

Groupes 1 et 3: les parties du lecteur assurant l'étanchéité à la lumière pour le photomultiplicateur ou autre dispositif de lecture sensible à la lumière doit être exposé à une valeur extrême de l'éclairement dans son domaine de variation assigné, et la lecture des dosimètres doit être effectuée.

Pour produire par exemple une illumination de $1\ 000\ \text{W/m}^2$, utiliser un appareillage produisant une lumière dont le spectre correspond au spectre solaire (295 nm à 769 nm), par exemple avec une lampe xénon équipée des filtres nécessaires ou une lampe fluorescente lumière du jour.

NOTE 1 Une distribution spectrale du rayonnement solaire de référence est donnée dans la CEI 60904-3.

NOTE 2 $1\ 000\ \text{W/m}^2$ de lumière solaire comportent environ $60\ \text{W/m}^2$ d'UV.

NOTE 3 Pendant cet essai, il convient que la température soit maintenue sans qu'il lui soit possible de croître ou de fluctuer du fait de l'échauffement de la source de lumière.

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.8.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe, l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée, alors les exigences de

13.8.2 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.9 Alimentation primaire (lecteur)

13.9.1 Généralités

La grandeur d'influence considérée dans ce paragraphe est habituellement de type S, elle peut être de type F.

13.9.2 Exigences

La réponse relative due à une variation de la tension ou de la fréquence de l'alimentation dans leur domaine de variation assigné respectif doit être dans l'intervalle 0,91 à 1,11 (voir Tableau 6).

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 (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence.

Traitement des cinq groupes après exposition:

Les dosimètres doivent être lus dans les conditions suivantes:

Groupe 1: groupe de référence: tension et fréquences nominales de l'alimentation

Groupe 2: tension minimale et fréquence minimale dans leur domaine assigné

Groupe 3: tension maximale et fréquence minimale dans leur domaine assigné

Groupe 4: tension minimale et fréquence maximale dans leur domaine assigné

Groupe 5: tension maximale et fréquence maximale dans leur domaine assigné

Pour chaque groupe, la valeur moyenne indiquée \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés.

13.9.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe l'inégalité $0,91 \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_2} \pm U_{\text{com}} \right) \leq 1,11$ est vérifiée, alors les exigences de 13.9.2 sont considérées comme satisfaites.

U_{com} est calculée selon l'équation (A.5), exemple 2.

13.10 Interprétation générale des résultats

Si pour toutes les réponses relatives r_q dans les paragraphes 13.2 à 13.9, l'inégalité

$$\sqrt{\sum_{13.2 \text{ à } 13.9} \left(\frac{1}{r_q} - 1 \right)^2} \leq 20 \% \text{ est vérifiée, et si pour tous les coefficients de variation de 13.4,}$$

13.6, 13.7, 13.8 et 13.9 la valeur $\frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ n'est pas supérieure aux données de la ligne 7 des

Tableaux 3 à 5, et si $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ n'est pas supérieur aux valeurs données à la ligne 7 des

Tableaux 3 à 5 pour plus de deux valeurs, alors les exigences de 13.1.1 sont considérées comme satisfaites.

14 Performances électromagnétiques, exigences et essais (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 la variation due à des perturbations électromagnétiques doit être inférieure 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 fautive. De plus, le système dosimétrique ne doit pas perdre plus d'une valeur, voir 10.2.3.3.

La moyenne quadratique des variations dues à toutes les perturbations électromagnétiques doit être inférieure à $1,1 H_{\min}$ (voir Tableau 7).

Pour toutes les grandeurs d'influence, les domaines minimaux de variation sont issus de la CEI 61000-6-2.

Les essais utilisant « un champ de radiofréquence d'amplitude modulée » (ligne 8 du Tableau 7) exigent beaucoup de temps et une grande quantité de dosimètres. Ces essais ne doivent pas être faits si le fabricant déclare que les champs électromagnétiques n'affectent pas les dosimètres ni le lecteur pendant leur lecture. Cette déclaration doit inclure l'explication physique.

14.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, huit 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 (≥ 37) dosimètres est uniquement nécessaire dans les cas où aucune déclaration du fabricant n'est disponible, voir ci-dessus. Il doit être exposé aussi 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 être appliquée.

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 2, 6 et 8 du Tableau 7, avant leur lecture. Le rayonnement de radiofréquence doit être appliqué par pas de fréquence inférieurs 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 établi dans le Tableau 7. Chaque influence électromagnétique doit être appliquée pour 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 \bar{G}_i et l'écart type s_i doivent être déterminés. Dans le cas où des valeurs indiquées sont déclarées fautes par le système dosimétrique, ces valeurs doivent être exclues de la détermination de \bar{G}_i et s_i .

14.4 Interprétation des résultats

Si pour chaque groupe, l'inégalité $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_m| \leq 0,7 \cdot H_{\min}$ est vérifiée, et si l'inégalité

$$\sqrt{\sum_{i=2}^8 \left\{ \left(\max |\bar{G}_i - \bar{G}_1 \pm U_m| \right)^2 \right\}} \leq 1,1 \cdot H_{\min} \quad (\text{voir notes}) \text{ est vérifiée, et si la valeur } \frac{1}{1,77} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i} \text{ n'est}$$

pas supérieure aux données de la ligne 7 des Tableaux 3 à 5, et si $\frac{1}{1,24} \cdot \frac{s_i}{\bar{G}_i}$ n'est pas

supérieur aux données de la ligne 7 des Tableaux 3 à 5 pour plus de deux valeurs, et si pour les essais avec le critère A, aucune valeur 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_m est calculé selon l'équation (A.3).

NOTE 1 Le maximum est constitué à partir des deux possibilités $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 + U_m|$ et $|\bar{G}_i - \bar{G}_1 - U_m|$.

NOTE 2 L'expression $\sqrt{\dots}$ représente la racine carrée des sommes quadratiques des variations.

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 fait comme si toutes les grandeurs d'influence étaient de type S.

Pour chaque grandeur d'influence, la valeur absolue de la variation due à des perturbations mécaniques doit être inférieure à $0,7 \cdot H_{\min}$ (voir Tableau 8). 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 est fausse.

Il n'est pas permis que le système dosimétrique perde plus d'une indication du fait d'une utilisation anormale, voir 10.2.3.3.

15.2 Chute (dosimètre)

15.2.1 Exigences

Un dosimètre doit pouvoir supporter une chute d'une hauteur de 1,0 m sur une surface dure et plane de ciment ou d'acier (CEI 60068-2-32) sans que la variation soit supérieure à $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ du fait de la chute. Cet essai doit porter sur chaque face du dosimètre.

Le dosimètre ne doit pas être détérioré ni à l'intérieur (par exemple perte d'un matériau d'écrantage) ni à l'extérieur.

15.2.2 Méthode d'essai

Pour ces essais, deux groupes de n (≥ 6) dosimètres doivent être exposés à une source de référence avec un équivalent de dose de $7 \cdot H_{\min}$.

Groupe 1: 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 comportement physique enregistré, par exemple si les matériaux d'écrantage sont toujours fixés et en position.

Groupe 2: groupe de référence.

Après tous les essais, les dosimètres doivent être lus et les valeurs indiquées déterminées.

Pour les groupes 1 et 2, la valeur moyenne indiquée \bar{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 \bar{G}_i et s_i .

NOTE Comme précisé ci-dessus, les grandeurs d'influence qui peuvent être de type F sont aussi limitées par une valeur maximale autorisée de l'écart: $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$. Comme la valeur conventionnellement de l'équivalent de dose est $7 \cdot H_{\min}$, un écart de $\pm 10\%$ est égal à une variation de la réponse de $0,7 \cdot H_{\min}$. Donc, on assure 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: $\pm 0,7 \cdot H_{\min}$ et 10% , respectivement.

15.2.3 Interprétation des résultats

Si pour les deux groupes, l'inégalité $|\bar{G}_1 - \bar{G}_2 \pm U_m| \leq 0,7 \cdot H_{\min}$ est vérifiée, alors, l'exigence de 15.2 est considérée comme satisfaite.

U_m est calculé selon l'équation (A.3).

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 commerciale enregistrée (si le système est fabriqué dans son ensemble);
- type de système dosimétrique et principe de fonctionnement;
- déclaration indiquant que l'équipement a été essayé selon la présente norme et que les exigences sont satisfaites;
- nom du logiciel du système dosimétrique et numéro d'identification (voir 10.2.3.1);
- si l'algorithme d'évaluation n'est pas additif, un commentaire conformément à la Note 4 de 12.1.

Lecteur:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de lecteur et numéro du lecteur essayé.

Dosimètre:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type de dosimètre et numéros de série des dosimètres essayés;
- type de détecteur(s);
- types de rayonnements que le dosimètre est destiné à mesurer.

Caractéristiques dosimétriques:

- grandeur mesurée;
- domaine 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 grandeurs d'influence et la variation correspondante de la réponse ou l'écart (voir 7.2 à 7.6, un exemple est donné en 7.7).

Tableau 1 – Symboles

Symbole	Signification	Unité
α	Angle d'incidence du rayonnement	Degré
α_{\max}	valeur maximale du domaine de variation assigné de l'angle d'incidence du rayonnement	Degré
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'évaluation i	Sv
C_r	Valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose (délivré) dans les conditions de référence: cela signifie que toutes les grandeurs d'influence sont à 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	Variation de l'indication provoquée par des expositions ultérieures et mélangées, voir l'Article 12	—
D	Variation	Sv
d	Profondeur dans les tissus mous, éléments ICRU 4. Les profondeurs recommandées sont 10 mm et 0,07 mm	m
D_p	Variation due à une grandeur d'influence p de type S; $p = 1..l$	Sv
$f(S_1...S_b) = f(S_g)$	Fonction représentant l'évaluation de l'algorithme du système dosimétrique pour évaluer la valeur indiquée	—
g	Désignation pour un signal spécifique fourni par un dosimètre: $g = 1..b$	—
G	Valeur indiquée	Sv
G_j	Valeur indiquée de la j -ème mesure de plusieurs mesures équivalentes; $j = 1..n$	Sv
\overline{G}_i	Valeur moyenne indiquée pour le groupe d'évaluation i	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
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
H	Synonyme pour l'équivalent de dose, peut être $H_p(10)$, $H_p(0,07)$ ou $H^*(10)$	Sv
H_{\min}	Limite inférieure du domaine de mesure de la dose	Sv
H_{\max}	Limite supérieure du domaine de mesure de la dose	Sv
$H^*(10)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$H^*(d)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur d	Sv
$H_p(0,07)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_p(10)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$H_p(d)$	Équivalent 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 de couverture	—
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	Valeur mesurée	Sv
m	Nombre de grandeurs d'influence de type F	—
n	Nombre de signaux d'un dosimètre utilisés pour évaluer la dose	—
N_0	Coefficient d'étalonnage (de référence)	—
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	Réponse	—
R_0	Réponse de référence	—

Tableau 1 (suite)

Symbole	Signification	Unité
R_n	Réponse dans les conditions de référence, sauf si la valeur de l'équivalent de dose est différente des conditions de référence	—
r_n	Correction de non-linéarité	—
r_q	Réponse relative due à une grandeur d'influence q de type F; $q = 1..m$	—
s	Écart-type	Comme la grandeur
s_i	Écart-type d'un groupe i	Comme la grandeur
S	Signal d'un détecteur; à partir d'un même détecteur, on peut obtenir plus d'un signal	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 possible	Mois
t_n	Coefficient de Student t pour n mesures	—
U	Incertitude élargie	Comme la grandeur
$U_{C,rel}$	Incertitude relative élargie de la valeur conventionnellement vraie	Comme la grandeur
U_{rel}	Incertitude relative élargie	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
$U_{C,com}$	Incertitude élargie de la grandeur combinée des 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_{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, équation (A.5), exemple 2	Comme la grandeur
v	Coefficient de variation	Comme la grandeur

Tableau 2 – Conditions de référence et conditions normales d'essai

Grandeur à mesurer; grandeur d'influence	Conditions de référence (sauf indications contraires du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indications contraires du fabricant)
Equivalent de dose de référence $C_{r,0}$ pour $H_p(10)$, $H^*(10)$ et $H_p(0,07)$	3 mSv 10 mSv	1 mSv à 10 mSv 3 mSv à 30 mSv
Énergie des rayonnements photoniques pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$ $H_p(0,07)$	S-Cs (ISO 4037) ^a N-80 (ISO 4037) ^a	S-Cs (ISO 4037) ^a N-80 (ISO 4037) ^a
Énergie des rayonnements bêta pour $H_p(0,07)$	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y (ISO 6980) ^a	⁹⁰ Sr/ ⁹⁰ Y (ISO 6980) ^a
Angle d'incidence du rayonnement	Direction de référence donnée par le fabricant	Direction de référence ±2°
Température ambiante	20 °C	15 °C à 25 °C ^b
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % ^b
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,6 kPa ^b
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 interférence
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Contrôles du dosimètre	Réglage pour fonctionnement normal	Réglage pour fonctionnement normal
Bruit de fond radiatif	Débit d'équivalent de dose de 0,1 μSv·h ⁻¹ ou moins si possible	Inférieur à un débit d'équivalent de dose ambiant de 0,25 μSv·h ⁻¹
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
<p>^a D'autres sources peuvent être utilisées, si les facteurs de correction appropriés sont appliqués.</p> <p>^b 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.</p>		

Tableau 3 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine minimal de mesure, ou domaine minimal de variation assigné d'une grandeur d'influence	Exigence de performance pour tout le domaine de variation assigné	Paragraphe
1	Aptitude d'un système dosimétrique	Domaine de mesure; grandeurs d'influence; t_{max} ; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences de 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	Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer	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	Réponse due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$	-9 % à +11 %	11.3
7	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 % $\left(16 - \frac{H}{0,1 \text{ mSv}}\right) \%$ 5 %	11.2
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure du domaine 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 du domaine de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{min})$ doit être conforme à la ligne 7	11.4
9	Réponse due à l'énergie moyenne du rayonnement photon et angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	-29 % à +67 %	11.5.1
10	Réponse 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 lignes 9 et 10 mais direction de référence opposée à la précédente	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	11.7
13	Additivité de la valeur indiquée	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	-9 % à +11 %	12
14	Effet total dû aux exigences sur les performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 6	$\pm 20 \%$	13
15	Variation due aux exigences de performances électromagnétiques	Voir le Tableau 7	$\pm 1,1 \cdot H_{min}$	14
16	Variation due aux exigences de performances mécaniques	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 8	$\pm 0,8 \cdot H_{min}$	15

Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs d'étalonnage ($1/r$), par exemple:

$$\pm 40 \% \text{ pour } \frac{1}{r} \in [0,6..1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} .. \frac{1}{0,6} \right] \equiv [0,71..1,67] \equiv -29 \% \text{ jusqu'à } +67 \% \text{ pour } r$$

Tableau 4 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine minimal de mesure, ou domaine minimal de variation assigné d'une grandeur d'influence	Exigence de performance pour tout le domaine de variation assigné	Paragraphe
1	Aptitude d'un système dosimétrique	Domaine de mesure; grandeurs d'influence; t_{max} ; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences de 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	Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer	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	Réponse due à la non-linéarité	$1 \text{ mSv} \leq H \leq 3 \text{ Sv}$	-9 % à +11 %	11.3
7	Coefficient de variation, v	$H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $H \geq 11 \text{ mSv}$	15 % $\left(16 - \frac{H}{1 \text{ mSv}}\right) \%$ 5 %	11.2
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure du domaine 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 le domaine de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{min})$ doit être conforme à la ligne 7	11.4
9	Réponse due à l'énergie moyenne du rayonnement photon et angle d'incidence	30 keV à 250 keV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	-29 % à +67 %	11.6.1
10	Réponse due à l'énergie moyenne du rayonnement bêta	0,2 keV à 0,8 MeV et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence	-29 % à +67 %	11.6.2
11	Comme lignes 9 à 10 mais direction de référence opposée à la précédente	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	11.7
13	Additivité de la valeur indiquée	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	-9 % à +11 %	12
14	Effet total dû aux exigences sur les performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 6	$\pm 20 \%$	13
15	Variation due aux exigences de performances électromagnétiques	Voir le Tableau 7	$\pm 1,1 \cdot H_{min}$	14
16	Variation due aux exigences de performances mécaniques	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 8	$\pm 0,8 \cdot H_{min}$	15

Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs d'étalonnage ($1/r$), par exemple

$$\pm 40 \% \text{ pour } \frac{1}{r} \in [0,6..1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} .. \frac{1}{0,6} \right] \equiv [0,71..1,67] \equiv -29 \% \text{ jusqu' à } +67 \% \text{ pour } r$$

Tableau 5 – Exigences de performances des dosimètres mesurant $H^*(10)$

Ligne	Caractéristique en essai	Principales caractéristiques ou domaine minimal de mesure, ou domaine minimal de variation assigné d'une grandeur d'influence	Exigence de performance pour tout le domaine de variation assigné	Paragraphe
1	Aptitude d'un système dosimétrique	Domaine de mesure; grandeurs d'influence; t_{max} ; fonction modèle	À indiquer par le fabricant pour l'essai de type	7
2	Exigences de 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	Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer	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	Réponse due à la non-linéarité	$0,1 \text{ mSv} \leq H \leq 1 \text{ Sv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H \leq 20 \text{ mSv}$	-9 % à +11 % ±5 %	11.3
7	Coefficient de variation, v	$H < 0,5 \text{ mSv}$ $0,5 \text{ mSv} \leq H < 20 \text{ mSv}$ $H \geq 20 \text{ mSv}$	5 % 3 % 5 %	11.2
8	Surexposition, rémanence et réutilisation	10 fois la limite supérieure du domaine 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 du domaine de mesure, les rémanences ne peuvent pas causer d'erreur de mesure et $v(H_{min})$ doit être conforme à la ligne 7	11.4
9	Réponse due à l'énergie moyenne du rayonnement photon et angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV et $0^\circ \pm 75^\circ$ et $180^\circ \pm 75^\circ$ et 180° à $(180^\circ \pm 75^\circ)$ et de $\pm 75^\circ$ à $\pm 105^\circ$ à partir de la direction de référence	-29 % à +67 % -33 % à +100 %	11.5.1
10	Réponse 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	Additivité de la valeur indiquée	Exposition avec différentes qualités de rayonnement	-9 % à +11 %	12
12	Effet total dû aux exigences de performances environnementales	Température, lumière, temps; pour plus de détails, voir le Tableau 6	±20 %	13
13	Variation due aux exigences de performances électromagnétiques	Voir le Tableau 7	$\pm 1,1 \cdot H_{min}$	14
14	Variation due aux exigences de performances mécaniques	Chute; pour plus de détails, voir le Tableau 8	$\pm 0,8 \cdot H_{min}$	15

Les limites non symétriques des réponses relatives r sont déduites des limites symétriques des facteurs d'étalonnage ($1/r$), par exemple:

$$\pm 40 \% \text{ pour } \frac{1}{r} \in [0,6 \dots 1,4] \Rightarrow r \in \left[\frac{1}{1,4} \dots \frac{1}{0,6} \right] \equiv [0,71 \dots 1,67] \equiv -29 \% \text{ jusqu' à } +67 \% \text{ pour } r$$

**Tableau 6 – Exigences de performances à l'environnement
pour les dosimètres et les lecteurs**

Ligne	Caractéristique en essai	Domaine minimal de variation assigné de la grandeur d'influence	Variation maximale autorisée pour la réponse relative sur tout le domaine assigné	Paragraphe
1	Effet total des grandeurs d'influence électriques et d'environnement données aux lignes 2 à 9	Comme lignes 2 à 9	$20 \% \geq \sqrt{\sum_{\text{ligne 2 à 9}} \left(\frac{1}{r_q} - 1\right)^2}$	13.1.1 et 13.10
2	Réponse relative due à la température ambiante et à l'humidité relative (dosimètre)	<ul style="list-style-type: none"> Dosimètres individuels: -10 °C à $+40\text{ °C}$ Dosimètres de l'environnement: -20 °C à $+50\text{ °C}$ et 40 % à 90 % d'humidité relative, sans condensation	-17% à $+25\%$	13.2
3	Réponse relative due à l'exposition à la lumière (dosimètre)	0 W/m^2 à $1\,000\text{ W/m}^2$ (spectre correspondant à la lumière solaire)	-9% à $+11\%$	13.3
4	Empilement de dose, effacement, auto exposition et réponse au rayonnement naturel (dosimètre)	Temps de mesure maximal possible: $t_{\max} \geq 1$ mois	-9% à $+11\%$ et $v(H_{\min})$ conformément à la ligne 7 du Tableau 3 ou du Tableau 4 et $ G_{\text{nat}} - C_{\text{nat}} \leq H_{\min}$	13.4
5	Étanchéité (dosimètre)	La pénétration doit être évitée	Définir les précautions prises	13.5
6	Réponse relative due à la stabilité du lecteur (lecteur)	Stabilité sur t_{\max}	-9% à $+11\%$	13.6
7	Réponse relative due à la température ambiante (lecteur)	$+10\text{ °C}$ à $+40\text{ °C}$ pour 4 h	-9% à $+11\%$ et $v(H_{\min})$ conformément à la ligne 7 du Tableau 3 ou du Tableau 4	13.7
8	Réponse relative due à l'exposition à la lumière (dosimètre)	0 W/m^2 à $1\,000\text{ W/m}^2$ (spectre correspondant à la lumière solaire)	-9% à $+11\%$ et $v(H_{\min})$ conformément à la ligne 7 du Tableau 3 ou du Tableau 4	13.8
9	Réponse relative due à une variation de la tension d'alimentation (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)	-9% à $+11\%$ et $v(H_{\min})$ conformément à la ligne 7 du Tableau 3 ou du Tableau 4	13.9

Tableau 7 – Exigences de performance des systèmes dosimétriques soumis aux perturbations électromagnétiques conformément à l’Article 14

Ligne	Grandeur d'influence	Domaine minimal de variation assigné de la grandeur d'influence	Critère ^a	Essai selon	Variation maximale autorisée, D_p , pour tout le domaine de variation assigné
1	Effet total des perturbations électromagnétiques données aux lignes 2 à 8	Comme lignes 2 à 8		Comme lignes 2 à 8	$1,1 H_{min} \geq \sqrt{\sum_{\text{ligne 2 à 8}} D_p^2}$
2	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	±0,7 H_{min}
3	Perturbations par conduction: transitoires rapides	0 kV à ± 2 kV (entrées de puissance 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	±0,7 H_{min}
4	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 ± 0,5 kV (entrées alimentation c.c.) 0 kV à ± 1 kV (entrées signaux, entre ligne et terre) ^c 1,2/50 (8/20) µs (t_r/t_h)	B	CEI 61000-4-5	±0,7 H_{min}
5	Perturbations par conduction: mode commun radio-fréquences	150 kHz à 80 MHz 0 V à 10 V (eff, non modulé) 80 % AM (1 kHz) (entrées signaux, entrées alimentation c.a et entrées fonctionnelles de terre)	A	CEI 61000-4-6	±0,7 H_{min}
6	Champ magnétique du réseau d'alimentation	50 Hz, 60 Hz 30 A/m	A	CEI 61000-4-8	±0,7 H_{min}
7	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	±0,7 H_{min}
8	Champ électromagnétique de radiofréquence d'amplitude modulée	80 MHz à 2 400 MHz: 0 V/m à 30 V/m (eff., non modulé) 80 % AM (1 kHz)	A	CEI 61000-4-3 Pas de fréquence inférieurs à 10 % ^d	±0,7 H_{min}
<p>^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.</p> <p>^b Seulement si des câbles de plus de 3 m sont autorisés par le fabricant.</p> <p>^c Seulement si des câbles de plus de 30 m sont autorisés par le fabricant.</p> <p>^d Cela résulte en 37 fréquences différentes (et donc autant de dosimètres).</p>					

Tableau 8 – Performances mécaniques, exigences pour les dosimètres

Ligne	Grandeur d'influence	Domaine minimal de variation assigné de la grandeur d'influence	Variation maximale autorisée, D_p , pour tout le domaine de variation assigné	Paragraphe
1	Chute sur une surface (dosimètre)	1,0 m sur une surface de béton (CEI 60068-2-32)	$\pm 0,7 H_{\min}$	15.2

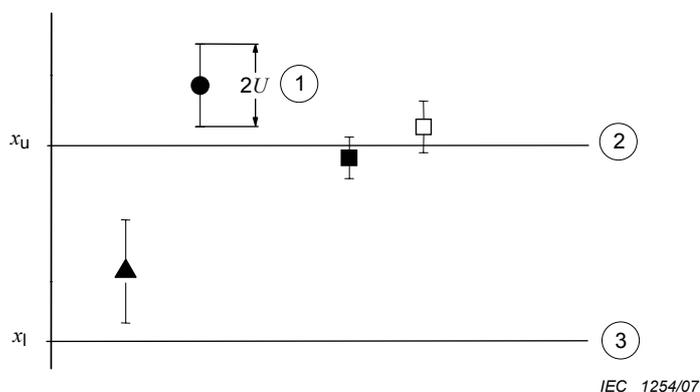
Annexe A (normative)

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 est à prendre en considération en effectuant plus d'une mesure (voir 5.2.1). Le nombre de mesures ou la taille de l'échantillonnage est à choisir de manière 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 autorisées de la valeur indiquée pour cet essai (essai accepté, triangle de la Figure A.1) soit hors de ces limites (essai refusé, cercle, dans la Figure A.1). Si 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 la taille de l'échantillonnage peuvent être augmentés 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 d'acceptation ou non de l'essai.

Dans le cas où le nombre de mesures ou la taille de l'échantillon est déjà 25, l'essai est satisfaisant si la moyenne \bar{x} reste dans les limites permises de la variation (carré) et l'essai échoue si la moyenne \bar{x} est hors des limites de la variation (carré).



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 satisfaisant 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_l :

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

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} . Si \bar{x} est calculé à partir de n mesures, la demi-largeur de l'intervalle de confiance à un niveau de confiance de 95 % est donné par (voir GUM, Annexe C.3.2 et Annexe G.3, équation 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 pris dans le 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 – Coefficient de Student pour un intervalle de confiance bilatéral de 95 %

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 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 conformément à l'équation (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} 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 GUM, Annexe E.3.3) et non corrélées. La démarche correcte pour déterminer l'intervalle de confiance de la grandeur combinée \bar{x} est décrite dans le GUM, Annexe G.4.1. Néanmoins, pour l'objet de la présente norme, l'équation (A.5) peut être utilisée avec une approximation satisfaisante. Les exemples suivants utilisent l'équation (A.5).

EXEMPLE 1 $\bar{x} = \bar{x}_1 \pm \bar{x}_2$, et donc $U_{\text{com}} \approx \sqrt{U_1^2 + U_2^2}$

en général $\bar{x} = \sum_{i=1}^n \bar{x}_i$ et donc $U_{\text{com}} \approx \sqrt{\sum_{i=1}^n U_i^2}$

EXEMPLE 2 $\bar{x} = \frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}}$ et donc $U_{\text{com}} \approx \frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \cdot \sqrt{\left(\frac{U_1}{\bar{G}_1}\right)^2 + \left(\frac{U_{r,0}}{\bar{G}_{r,0}}\right)^2}$

NOTE 1 U_1 et $U_{r,0}$ sont calculés selon l'équation (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.

A partir des valeurs ci-dessus, $\bar{G}_1 = 0,0924$, $\bar{G}_{r,0} = 2,950$, $s_1 = 0,00517$ et $s_{r,0} = 0,0800$ sont calculées. Un 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 $r = 0,940$.

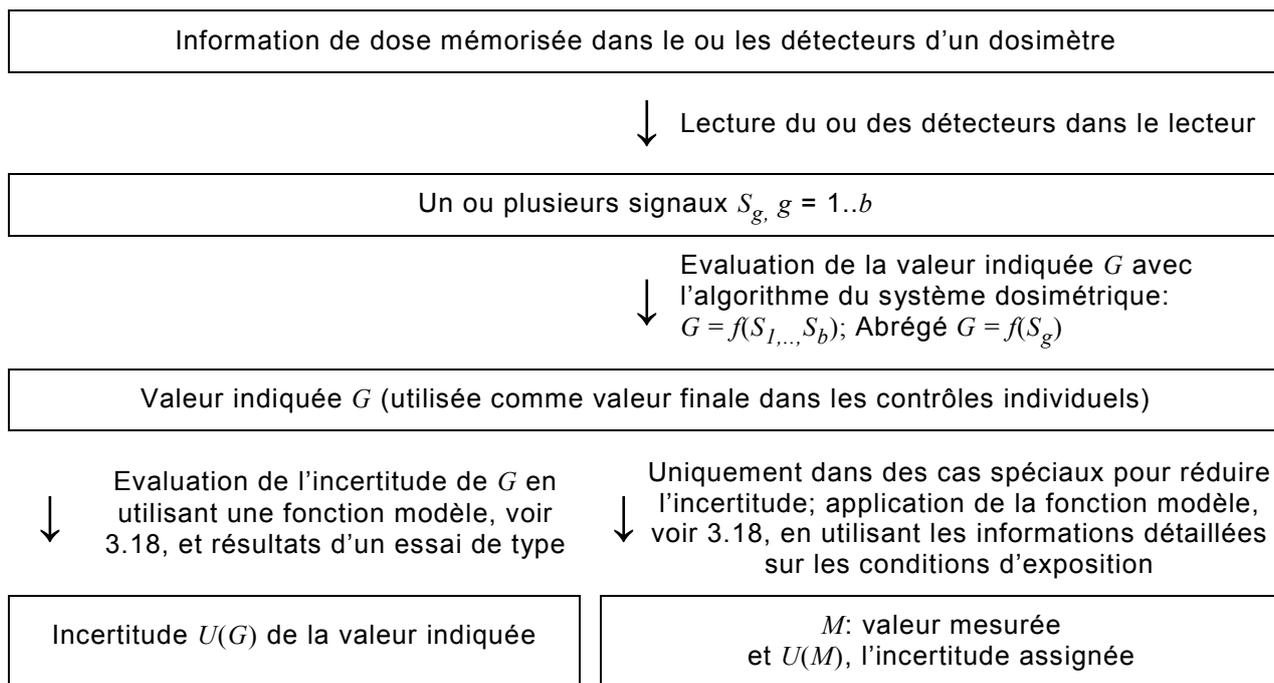
En faisant l'hypothèse que la réponse relative est permise entre 0,91 et 1,11, et que les incertitudes étendues des valeurs conventionnellement vraies C_1 et $C_{r,0}$ sont respectivement $U_{C,rel;r,0} = 2,5\%$ et $U_{C,rel;1} = 2,5\%$, cela conduit à $U_{C,com} = \sqrt{U_{C,rel;r,0}^2 + U_{C,rel;1}^2} = 0,035$. D'où les limites autorisées suivantes: 0,87 à 1,15.

En conclusion, l'inéquation $0,91 - U_{C,com} \leq \left(\frac{\bar{G}_i}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{com} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_i} \leq 1,11 + U_{C,com}$ devient $0,87 \leq 0,89.. 0,99 \leq 1,15$ et est respectée. L'essai est satisfaisant.

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 les signaux (lecture) (voir 3.36), la valeur indiquée (voir 3.12) et la valeur mesurée (voir 3.18) est donné 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 s 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, appelé S_g : $g = 1..b$ indique que plus d'un signal peut être présent dans le dosimètre.

En utilisant le signal comme une base, le système dosimétrique (ordinateur ou autre) évalue la valeur qui sera indiquée. Pour déterminer cette valeur indiquée G à partir du ou des signaux, un nombre d'étapes est automatiquement réalisé 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 de l'algorithme pour la 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 3.18) et d'autres informations, par exemple les résultats d'un essai de type selon la présente norme.

Dans le cas de l'évaluation très précise d'une valeur de dose, 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 fait en utilisant une fonction modèle (voir 3.18). 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)

Revue 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 assignés minimaux. L'extension des domaines assignés suppose que qu'un nombre plus important d'expositions est réalisé.

Tableau C.1 – Canevas pour un essai de type d'un dosimètre pour $H_p(10)$ répondant aux exigences des domaines minimaux assignés

Ligne	Caractéristique en essai	Action à prendre 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 minimaux	0 / 0	7
2	Exigences relatives à la conception du système dosimétrique	Documentation du fabricant: contrôler la tenue des exigences et que l'évaluation de l'algorithme est donnée	0 / 0	8
3	Effets du rayonnement non objet de la mesure	Documentation du fabricant: contrôler que la réponse au rayonnement neutron 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 tests 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 et à l'angle d'incidence	Vérifier que la construction du dosimètre est symétrique par rapport à la rotation et effectuer des expositions	Sym.: 24 / 96 Non-sym.: 48 / 192	11.5.1
10	Réponse relative due à l'énergie moyenne de rayonnement bêta	Effectuer des expositions	1 / 5	11.5.2
11	Uniquement pour les dosimètres individuels: 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 rapport au côté du dosimètre	Contrôle de la construction du dosimètre: parois plus épaisses que la face ? Sinon, effectuer des expositions	Le plus souvent 0 / 0 Possible: 6 / 24	11.7
13	Additivité de la valeur indiquée	Contrôle par la compréhension de l'algorithme d'évaluation; s'il n'y a pas additivité, utiliser des expositions de l'Article 11 et faire le calcul	Le plus souvent 0 / 0 Possible 3 / 12	12

Tableau C.1 (suite)

Ligne	Caractéristique en essai	Action à prendre 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 pour une durée de t_{max}	19 / 114 5 / 68	13
15	Variation due aux exigences de performance électromagnétique	Effectuer des expositions et des influences complémentaires	8 / 107	14
16	Variation due 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'utilisations 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 minimal d'utilisation exigée	Extensions optionnelles		
			pour le domaine d'énergie	pour la limite inférieure de le domaine de dose	pour la limite supérieure de le domaine de dose
$H_p(10)$ rayonnement photon	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 photon	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 photon	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)	200 keV à 800 keV (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 assigné minimal ^b Domaine de mesure effectif minimal Exemple 1: Un dosimètre individuel photon pour une centrale nucléaire peut être classé Gmh . Exemple 2: Un dosimètre d'environnement photon pour un lieu proche d'une centrale nucléaire peut être classé Emhf . Exemple 3: Un dosimètre individuel bêta pour une utilisation médicale peut être classé Sng-Blg .					

Bibliographie

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

CEI 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Troisième partie: 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 de radioprotection – Détermination de l'incertitude*

CIPR, Publication 75, *Principes généraux pour la radioprotection 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*

ICRU report 51, *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 12794:2000, *Énergie nucléaire – Radioprotection – Dosimètres individuels thermoluminescents pour yeux et extrémités*

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) (1995). Organisation internationale de normalisation, Genève, Suisse

WELMEC 7.2: Software Guide as of May 2005 (<http://www.welmec.org/publications/7-2en.pdf>)

BRUNZENDORF, J. and BEHRENS, R., *How to type test the coefficient of variation of an indication*, Radiation Protection Dosimetry Advance Access published July 18, 2006, doi:10.1093/rpd/ncl078.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

ISBN 2-8318-9233-3



9 782831 892337

ICS 13.280
