

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents for X, gamma, neutron and beta radiations – Active personal dosimeters

Instrumentation pour la radioprotection – Mesure des équivalents de dose individuels pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta – Dosimètres individuels actifs

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61526:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Secretariat
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews, graphical symbols and the glossary. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications, symboles graphiques et le glossaire. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Radiation protection instrumentation – Measurement of personal dose equivalents for X, gamma, neutron and beta radiations – Active personal dosimeters

Instrumentation pour la radioprotection – Mesure des équivalents de dose individuels pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta – Dosimètres individuels actifs

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-8176-5

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

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope.....	10
2 Normative references	11
3 Terms and definitions	13
4 Units and symbols	21
4.1 Units.....	21
4.2 Symbols.....	21
5 Mechanical characteristics.....	23
5.1 Case.....	23
5.2 Switches	23
6 General characteristics.....	24
6.1 Storage of dose information	24
6.2 Indication	24
6.3 Dosimeter markings	24
6.4 Retention of radioactive contamination.....	24
6.5 Ranges for dose and dose rate	24
6.6 Rated range of an influence quantity.....	24
6.7 Effect of radiation not intended to be measured and use of more than one dosimeter.....	25
6.8 Intrinsic and environmental background of the instrument.....	25
6.9 Dose or dose rate alarms	25
6.9.1 General	25
6.9.2 Dose alarms	25
6.9.3 Dose rate alarms	25
6.9.4 Alarm output.....	26
6.10 Indication of malfunction	26
6.11 Assignment of the dose value to the dosimeter	26
6.12 Algorithm to evaluate the indicated value	26
7 General test procedures	26
7.1 Nature of tests	26
7.2 Reference conditions and standard test conditions.....	27
7.3 Tests for influence quantities of type F.....	28
7.4 Tests for influence quantities of type S	28
7.5 Phantom for testing.....	28
7.6 Position of detector assembly for the purpose of testing.....	28
7.7 Position of dosimeter during use	28
7.8 Minimum rated range of influence quantity	29
7.9 Low dose rates	29
7.10 Statistical fluctuations	29
7.11 Production of reference radiation	29
8 Additivity of indicated value	29
8.1 Requirements	29
8.2 Method of test.....	30
8.2.1 General	30
8.2.2 Preparation of the test	30

8.2.3	Practical test	31
8.3	Interpretation of the results	31
9	Radiation performance requirements and tests	31
9.1	General.....	31
9.2	Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value.....	32
9.3	Constancy of the dose response, dose rate dependence and statistical fluctuations	32
9.3.1	General	32
9.3.2	Requirements	32
9.3.3	Method of test using sources	37
9.3.4	Interpretation of the results of the test using sources.....	38
9.3.5	Method of test for photon dosimeters using natural radiation	39
9.3.6	Interpretation of the results of the test using natural radiation.....	39
9.4	Variation of the response due to photon radiation energy and angle of incidence	40
9.4.1	Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$	40
9.4.2	Measurement quantity $H_p(3)$ or $\dot{H}_p(3)$	40
9.4.3	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	41
9.5	Variation of the response due to neutron radiation energy and angle of incidence	42
9.5.1	General	42
9.5.2	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	42
9.6	Variation of the response due to beta radiation energy and angle of incidence	43
9.6.1	General	43
9.6.2	Measurement quantity $H_p(0,07)$ or $\dot{H}_p(0,07)$	43
9.6.3	Measurement quantity $H_p(3)$ or $\dot{H}_p(3)$	44
9.6.4	Measurement quantity $H_p(10)$ or $\dot{H}_p(10)$	45
9.7	Over indication due to radiation incident from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter	45
9.7.1	Requirements	45
9.7.2	Method of test.....	45
9.7.3	Interpretation of the results	46
9.8	Retention of dose reading	46
9.8.1	General	46
9.8.2	Requirements	46
9.8.3	Method of test and interpretation of the results	46
9.9	Overload characteristics	46
9.9.1	General	46
9.9.2	Requirements	47
9.9.3	Method of test and interpretation of the results	47
9.10	Alarm	48
9.10.1	General	48
9.10.2	Response time for dose rate indication and alarm.....	48
9.10.3	Accuracy of dose alarm	49
9.10.4	Accuracy of dose rate alarm	49
9.11	Model function	50
10	Electrical and environmental performance requirements and tests.....	50

10.1	General.....	50
10.2	Power supplies	50
10.2.1	General requirements	50
10.2.2	Specific primary batteries requirements	51
10.2.3	Specific secondary batteries requirements.....	51
10.2.4	Method of test and interpretation of the results (primary and secondary batteries)	51
10.3	Ambient temperature.....	52
10.3.1	Requirements	52
10.3.2	Method of test and interpretation of the results	53
10.4	Relative humidity	54
10.4.1	Requirements	54
10.4.2	Method of test and interpretation of the results	54
10.5	Atmospheric pressure	54
10.6	Sealing	54
10.7	Storage.....	54
10.8	Light exposure	54
10.8.1	General	54
10.8.2	Requirements	55
10.8.3	Interpretation of the results.....	55
10.9	Dose build-up, fading and self-irradiation (hybrid dosimeters)	55
11	Electromagnetic performance requirements and tests	56
11.1	General.....	56
11.2	Electrostatic discharge.....	57
11.2.1	Requirements	57
11.2.2	Method of test and interpretation of the results	57
11.3	Radiated electromagnetic fields	58
11.3.1	Requirements	58
11.3.2	Method of test and interpretation of the results	58
11.4	Conducted disturbances induced by fast transients or bursts	58
11.4.1	Requirements	58
11.4.2	Method of test and interpretation of the results	58
11.5	Conducted disturbances induced by surges	59
11.5.1	Requirements	59
11.5.2	Method of test and interpretation of the results	59
11.6	Conducted disturbances induced by radio-frequencies.....	59
11.6.1	Requirements	59
11.6.2	Method of test and interpretation of the results	59
11.7	50 Hz/60 Hz magnetic field	59
11.7.1	Requirements	59
11.7.2	Method of test and interpretation of the results	59
11.8	Voltage dips and short interruptions.....	59
11.8.1	Requirements	59
11.8.2	Method of test and interpretation of the results	60
12	Mechanical performance, requirements and tests	60
12.1	General.....	60
12.2	Drop test.....	60
12.2.1	Requirements	60
12.2.2	Method of test and interpretation of the results	60

12.3	Vibration test	61
12.3.1	Requirements	61
12.3.2	Method of test and interpretation of the results	61
12.4	Microphonics test.....	61
12.4.1	Requirements	61
12.4.2	Method of test and interpretation of the results	61
13	Software	62
13.1	General.....	62
13.2	Design and structure of the software	63
13.2.1	Requirements	63
13.2.2	Method of test.....	63
13.3	Identification of the software	63
13.3.1	Requirements	63
13.3.2	Method of test.....	63
13.4	Authenticity of the software and the presentation of results	64
13.4.1	Requirements	64
13.4.2	Method of test.....	64
13.5	Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions.....	64
13.5.1	Requirements	64
13.5.2	Method of test.....	64
13.6	Control of instrument parameters	65
13.6.1	Requirements	65
13.6.2	Method of test.....	65
13.7	Storage of measurement data	65
13.7.1	Requirements	65
13.7.2	Method of test.....	65
13.8	Transmission of data.....	66
13.8.1	Requirements	66
13.8.2	Method of test.....	66
13.9	Hardware interfaces and software interfaces.....	66
13.9.1	Requirements	66
13.9.2	Method of test.....	67
13.10	Documentation for the software test.....	67
13.10.1	Requirements	67
13.10.2	Method of test.....	67
14	Uncertainty	68
15	Documentation	68
15.1	Type test report	68
15.2	Certificate	68
16	Operation and maintenance manual	69
Annex A (normative)	Statistical fluctuations	70
Annex B (normative)	Coverage intervals	72
B.1	General.....	72
B.2	Coverage interval for the mean, $\bar{x}$	73
B.3	Coverage interval for a combined quantity	73
Annex C (informative)	Causal connection between readout signals, indicated value and measured value	75

Annex D (informative) Procedure to determine the variation of the relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence	76
Annex E (informative) Computational method of test for mixed irradiations	78
Bibliography.....	80
Figure B.1 – Test for coverage interval	72
Figure C.1 – Data evaluation in dosimetry systems	75
Figure E.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 8.2	79
Table 1 – Symbols and abbreviated terms	21
Table 2 – Reference conditions and standard test conditions	27
Table 3 – Radiation characteristics of $H_p(0,07)$ dosimeters for X, gamma and beta radiation	33
Table 4 – Radiation characteristics of $H_p(3)$ dosimeters for X, gamma and beta radiation	34
Table 5 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for X and gamma radiation	35
Table 6 – Radiation characteristics of $H_p(10)$ dosimeters for neutron radiation	36
Table 7 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value	39
Table 8 – Electrical and environmental characteristics of dosimeters	55
Table 9 – Electromagnetic disturbance characteristics of dosimeters	57
Table 10 – Mechanical disturbances characteristics of dosimeters.....	60
Table A.1 – Number of instrument readings required to detect true differences (95 % level of confidence) between two sets of instrument readings on the same instrument.....	71
Table B.1 – Student's t -value for a double sided 95 % coverage interval.....	73
Table E.1 – Example of dosimeter response table and range limits.....	78

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
MEASUREMENT OF PERSONAL DOSE EQUIVALENTS FOR X,
GAMMA, NEUTRON AND BETA RADIATIONS –
ACTIVE PERSONAL DOSEMETERS**

FOREWORD

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

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

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2010. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Modification of the title;
- b) Inclusion of the measurement quantity for the dose in the lens of the eye, $H_p(3)$;
- c) Inclusion of measurement quantity for dose in the skin and extremities, $H_p(0,07)$;

- d) Inclusion of dosimeters between active and passive: "hybrid dosimeters";
- e) Inclusion of software requirements;
- f) Harmonization of requirements for linearity to IEC 62387;
- g) Revised neutron energy response requirements.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
45B/1047/FDIS	45B/1049/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

INTRODUCTION

This document applies to active, (direct reading or hybrid) personal dosimeters and monitors used for measuring personal dose equivalents $H_p(10)$, $H_p(3)$, and $H_p(0,07)$, for X, gamma, neutron, and beta radiations.

For personal dose equivalent $H_p(10)$ and for X and gamma radiation, two minimum rated ranges for the photon energy are given. The first from 20 keV to 150 keV is for workplaces where low energy X-rays are used, e.g., in diagnostic medicine, the second from 80 keV to 1,25 MeV is for workplaces where high energy X-rays and/or gamma sources are used, e.g., in industry. For neutron radiation the minimum rated range of neutron energy is from 0,025 eV (thermal neutrons) to 10 MeV. The rated ranges can be extended to all energies covered by the respective standards for reference radiation fields.

For personal dose equivalent $H_p(3)$ and for X and gamma radiation, a minimum rated range for photon energy from 30 keV to 250 keV is given. For personal dose equivalent $H_p(0,07)$ a range of 30 keV to 1250 keV or, for workplaces where low energy X-rays are used, 20 keV to 150 keV, is given. For beta radiation for both quantities, the minimal rated range is from 0,24 MeV to 0,8 MeV (mean beta particle energy). The rated ranges can be extended to all energies covered by the respective standards for reference radiation fields.

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

For personal dosimeters, requirements for measuring the dose quantities $H_p(10)$, $H_p(3)$, and $H_p(0,07)$, and for monitoring of the respective dose rate quantities are given. The measurement of these dose rate quantities is an option for personal dosimeters.

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

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – MEASUREMENT OF PERSONAL DOSE EQUIVALENTS FOR X, GAMMA, NEUTRON AND BETA RADIATIONS – ACTIVE PERSONAL DOSEMETERS

1 Scope

This document applies to personal dosimeters with the following characteristics:

- a) They are worn on the trunk, close to the eye, or on the extremities.
- b) They measure the personal dose equivalents $H_p(10)$, $H_p(3)$, and $H_p(0,07)$, from external X and gamma, neutron (not for $H_p(3)$), and beta radiations, and may measure the respective personal dose equivalent rates for the same radiations (for alarming purposes).
- c) They have a digital indication. This indication may or may not be attached.
- d) They have alarm functions for the personal dose equivalents or personal dose equivalent rates except for hybrid dosimeters. For hybrid dosimeters an alarm function for the personal dose equivalents shall be implemented in the associated readout system.

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

NOTE 2 When reference is made in this document to "dosimeter", this is meant to include all personal dosimeters, unless otherwise stated.

NOTE 3 This document does not cover neutron dosimeters for the $H_p(3)$ measurements up to now.

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

Usually, a dosimeter is not able to measure all quantities given above. Thus, the dosimeter is only tested with regard to those quantities and types of radiation it is intended to be used for. Other types of radiation are considered as influence quantities which also may have requirements.

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

This document does not cover special requirements for accident or emergency dosimetry, although the dosimeters may be used for this purpose.

This document does not apply to dosimeters used for measurement of pulsed radiation, such as radiation emanating from many medical diagnostic X-ray facilities, linear accelerators or similar equipment.

NOTE 4 Requirements and testing procedure for dosimeters used in pulsed field of ionizing radiation can be found in IEC TS 63050 or IEC TS 62743.

This document does not apply for dosimeters to measure ambient or directional dose equivalent.

NOTE 5 Requirements for ambient or directional dose equivalent meters can be found e.g. in: IEC 60846-1; IEC 62387, IEC 61017 or IEC 60532.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050-395:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation – Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 60050-395:2014/AMD1:2016

IEC 60050-395:2014/AMD2:2020

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

IEC 60086-1:2021, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60086-2:2021, *Primary batteries – Part 2: Physical and electrical specifications*

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

IEC 60529:1989/AMD1:1999

IEC 60529:1989/AMD2:2013

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

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-11, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-11: Testing and measurement techniques – Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests for equipment with input current up to 16 A per phase*

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

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

IEC 62387:2020, *Radiation protection instrumentation – Dosimetry systems with integrating passive detectors for individual, workplace and environmental monitoring of photon and beta radiation*

IEC TR 62461:2015, *Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement*

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

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

ISO 4037-1:2019, *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*

ISO 4037-2:2019, *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*

ISO 4037-3:2019, *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*

ISO 4037-4:2019, *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 4: Calibration of area and personal dosimeters in low energy X reference radiation fields*

ISO 6980-1:2023, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 1: Methods of production*

ISO 6980-2:2023, *Nuclear energy – Reference beta-particle radiation – Part 2: Calibration fundamentals related to basic quantities characterizing the radiation field*

ISO 6980-3:2023, *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 8529-1:2021, *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 8529-3:2023, *Neutron reference radiation fields – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and determination of their response as a function of neutron energy and angle of incidence*

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

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

ISO 21909-1:2021, *Passive neutron dosimetry systems – Part 1: Performance and test requirements for personal dosimetry*

ISO 80000-10:2019, *Quantities and units – Part 10: Atomic and nuclear physics*

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

ANSI N42.17A, *American National Standard For Performance Specifications For Health Physics Instrumentation – Portable Instrumentation For Use In Normal Environmental Conditions*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-395, IEC 60529 and ICRU Report 51, as well as the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

3.1

acceptance test

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

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

3.2

active personal dosimeter

dosemeter measuring personal dose equivalent using electronic components (e.g. either a direct reading dosimeter or a hybrid personal dosimeter including the associated readout system)

3.3

calibration

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

Note 1 to entry: Methods of calibration are given in ISO 4037 for photons, ISO 6980 for beta and ISO 8529 for neutron radiations. Determinations concerning the build-up and phantom as given in these standards should be taken into account during the calibration of the dosimeter, for the use of phantoms see 7.5.

3.4 calibration coefficient

N

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

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

Note 1 to entry: The calibration coefficient N is dimensionless when the instrument indicates the quantity to be measured, then N is equal to the calibration factor. A dosimeter indicating the conventional quantity value correctly has the calibration coefficient of one.

[SOURCE: ISO 29661:2012, 3.1.5, modified: replaced notes by new one.]

3.5 coefficient of variation

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

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

3.6 combined standard measurement uncertainty combined standard uncertainty

u_c

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

Note 1 to entry: In case of correlations of input quantities in a measurement model, covariances must also be taken into account when calculating the combined standard measurement uncertainty; see also ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.4.

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

3.7 conventional quantity value conventional value of a quantity conventional value

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

Note 1 to entry: The term "conventional true quantity value" is sometimes used for this concept, but its use is discouraged.

Note 2 to entry: Sometimes a conventional quantity value is an estimate of a true quantity value.

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

[SOURCE: ISO/IEC Guide 99:2007, 2.12, modified: skipped examples.]

3.8 correction for non-constant response

r_n

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

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

Note 1 to entry: For an instrument with constant response, r_n is equal to one.

3.9 detector assembly

assembly of a radiation detector and the associated components needed for converting signal from the accumulated dose or prevailing dose rate integrated over time to dose measurand

Note 1 to entry: The detector assembly contains both mechanical parts, e.g. energy filtering and electrical parts e.g. which convert the active detector signal to detectable pulse indication (of active detector) or passive detector signal to monotonically changing voltage or current signal.

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

3.10 deviation

D

difference between the indicated values for the same value of the measurand of a dose(rate) meter, when an influence quantity assumes, successively, two different values

$$D = G - G_r$$

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

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-07-03, modified: The original term reads "variation (due to an influence quantity)". In order not to confuse variation (of the indicated value) and variation of the response, in this document, the term is called "deviation".]

3.11 direct reading personal dosimeter

personal dosimeter having a direct, e.g. digital, indication of the dose received

3.12 effective range of measurement

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

3.13 expanded measurement uncertainty expanded uncertainty

U

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

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

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

[SOURCE: ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.5, modified: Added "expanded measurement uncertainty", skipped notes, added new notes.]

3.14 hybrid dosimeter

dosimeter without real time direct dose indication, i.e. no dose display, with either active detector, i.e. semiconductor based, non-integrating, and associated electronics or passive, i.e. integrating, detector and circuitry of electronic components performing the dose signal to digital value conversion, and associated readout system for dose calculation and indication and other operational functions

3.15 indicated value

G

value given by the indication of the dosimeter, e.g. by its display or associated read-out system (hybrid dosimeters)

3.16 influence quantity

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

Note 1 to entry: If the effect on the result of a measurement of an influence quantity depends on another influence quantity, these influence quantities are treated as a single one. In this document, this is the case for the influence quantities "radiation energy and angle of radiation incidence".

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, B.2.10, modified: skipped examples.]

3.17 influence quantity of type F

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

Note 1 to entry: Examples are radiation energy and angle of radiation incidence (see 9.4 to 9.6) and dose rate when measuring the dose.

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

3.18 influence quantity of type S

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

Note 1 to entry: Examples are electromagnetic disturbance (see Clause 11) and microphonics (see 12.4).

Note 2 to entry: "S" stands for sum: The indication is the sum of the indication due to radiation and due to the influence quantity, e.g., electromagnetic disturbance.

3.19**lower limit of effective range of measurement** H_0

lowest dose value included in the effective range of measurement

3.20**maximum possible measuring time** $t_{\max}$

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

Note 1 to entry: The time can be given by the battery life or by other requirements, see note to 9.3.6.

Note 2 to entry: The time may strongly depend on the desired usage of the dosimeter e.g. reading every day or like a passive dosimeter reading at the end of a month.

3.21**measured value** M value that can be obtained from the indicated value G by applying the model function for the measurement**3.22****minimum rated range**

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

3.23**model function**function for calculation of the measurement results from the indicated value G and known corrections

Note 1 to entry: The model function is necessary to evaluate the uncertainty according to ISO/IEC Guide 98-3:2008, 3.1.6, 3.4.1 and 4.1.

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

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

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

3.24**non-constant response**

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

3.25**personal dose equivalent** $H_p(d)$ dose equivalent in soft tissue at an appropriate depth, d , below a specified point on the body

Note 1 to entry: Typical depths are 0,07 mm, 3 mm and 10 mm.

[SOURCE: ICRU Report 51:1993]

3.26

personal dosimeter

personal dose equivalent meter

dosimeter worn by a person to determine the personal dose equivalent received

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-05-08, modified, skipped notes and dosimeter.]

3.27

personal dose equivalent rate

$\dot{H}_p(d)$

differential quotient of $H_p(d)$, with respect to time:

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

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

3.28

point of test

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

[SOURCE: ISO 29661:2012, modified, replaced “known” by “determined and at which the reference point of the detector assembly is placed for calibration and test purposes”.]

3.29

qualification tests

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

3.30

rated range

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

3.31

rated range of use

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

3.32

reference calibration coefficient

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

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

Note 1 to entry: For the value of $H_{r,0}$ see Table 2.

Note 2 to entry: $N_0 = \frac{1}{R_0}$.

3.33**reference operating condition****reference condition**

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

3.34**reference orientation**

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

3.35**reference point (of a detector assembly)**

physical mark or marks on the outside of the dosimeter (possibly described in the manual) to be used in order to position it with respect to the point of test; if there is no mark or marks on the outside of the dosimeter, the geometric centre of the dosimeter should be taken as the reference point

Note 1 to entry: The point from which the distance to the source is measured.

Note 2 to entry: The reference point should not be the phantom front surface to not induce a bias at small source to dosimeter distances used e.g. for beta irradiations.

Note 3 to entry: The quantities are defined in the person.

3.36**reference response** **R_0**

response of the assembly under reference conditions:

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

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

Note 1 to entry: $R_0 = \frac{1}{N_0}$

3.37**relative expanded uncertainty** **U_{rel}**

expanded uncertainty divided by the result of the measurement

3.38**relative response** **r**

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

$$r = \left(\frac{R}{R_0} \right) \times 100\%$$

3.39
response (of a radiation measuring assembly)

R

ratio, under specified conditions, given by the relation:

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

where

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

H is the conventional quantity value of this quantity

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

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-03-72, modified, replaced ν and ν_c by *G* and *H*, deleted notes.]

3.40
routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

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

3.41
standard test conditions

value, values, or range of values of an influence quantity or instrument parameter, which are permitted when carrying out calibrations or tests on another influence quantity or instrument parameter (see column 3 of Table 2)

3.42
standard measurement uncertainty
standard uncertainty of measurement
standard uncertainty

u_i

measurement uncertainty expressed as a standard deviation

[ISO/IEC Guide 98-3:2008, 2.3.1]

3.43
supplementary tests

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

3.44
type test

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

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16 modified: two or more instead of one or more.]

3.45**measurement uncertainty
uncertainty of measurement
uncertainty**

parameter, associated with the result of a measurement, that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to a measurand [VIM 3.9]

Note 1 to entry: VIM 3.9 is 2nd version of VIM, in 3rd Version it is 2.26.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02 modified: skipped notes.]

4 Units and symbols**4.1 Units**

In the present document, the units of the International System (SI) are used. The definition of radiation quantities and dosimetric terms is given in IEC 60050-395, ISO 80000-10:2019 and ICRU Report 51. In addition, the following units are accepted:

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

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

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

4.2 Symbols

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

Table 1 – Symbols and abbreviated terms

Symbol	Meaning	Unit
α	Angle of radiation incidence	deg
α_{max}	Maximum value of α within rated range of use	deg
C_K	conventional quantity value for radiation quality K	Sv
C_{K+L}	conventional quantity value for combined irradiation with radiation quality K and L	Sv
C_L	conventional quantity value for radiation quality L	Sv
$D_p, (\dot{D}_p)$	Deviation due to influence quantity no. p of type S	Sv (Sv h ⁻¹)
$\bar{E}$	Fluence weighted mean radiation energy	eV
$f(S_g)$	Function for evaluation of the indicated value from the detector signals S_g	—
$G, (\dot{G})$	Indicated dose(rate) value	Sv (Sv h ⁻¹)
G_a	Indicated dose value at which the alarm occurs	Sv
$\hat{G}_{\text{high}}$	Stabilized dose rate reading after an increase in dose rate	Sv h ⁻¹
G_K	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional quantity value C_K	Sv
G_{K+L}	Indicated dose value due to a (simultaneously) combined irradiation with the conventional quantity value $C_K + C_L$	Sv
G_L	Indicated dose value due to a single irradiation with the conventional quantity value C_L	Sv

Symbol	Meaning	Unit
$G_{low,1}$	Indication of the dosimeter under the same conditions as given for G_{nom} , but when the battery voltage is low, for example, the dosimeter indicates "Low battery" for the first time.	Sv
Δg_{mix}	Relative change in indication caused by subsequent and mixed (simultaneously) exposure, see Clause 8	—
G_{nom}	Indication of the dosimeter under given conditions when the battery voltage has its nominal value.	Sv
G_{nat}	Accumulated dose in the environment	Sv
$G_r, \dot{G}_r$	Indicated dose(rate) value under specified reference conditions	Sv (Sv h ⁻¹)
$G_{r,0}, \dot{G}_{r,0}$	Value of the indicated dose(rate) due to exposure to reference dose $H_{r,0}$	Sv (Sv h ⁻¹)
$H, (\dot{H})$	Conventional quantity value of the dose (rate)	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_0, \dot{H}_0$	Lower dose(rate) limit of the effective range of measurement	Sv (Sv h ⁻¹)
H_a	Dose value to which the alarm is set	Sv
$H_{a,c}$	Conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs	Sv
$\dot{H}_a$	Dose rate value to which the alarm is set	Sv h ⁻¹
$H_p(0,07)$	Personal dose equivalent at a depth 0,07 mm	Sv
$H_p(3)$	Personal dose equivalent at a depth 3 mm	Sv
$H_p(10)$	Personal dose equivalent at a depth 10 mm	Sv
$\dot{H}_p(0,07)$	Personal dose equivalent rate at a depth 0,07 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(3)$	Personal dose equivalent rate at a depth 3 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(10)$	Personal dose equivalent rate at a depth 10 mm	Sv h ⁻¹
$H_p(d)$	Dose equivalent in soft tissue at a specified point in the human body at a depth d	Sv
$H_r, (\dot{H}_r)$	Conventional quantity value of the dose(rate) under specified reference conditions	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{r,0}, (\dot{H}_{r,0})$	Reference dose(rate) value of the quantity to be measured	Sv (Sv h ⁻¹)
H_{nat}	Personal dose equivalent due to natural environmental radiation	Sv
$\dot{H}_{nat}$	Personal dose equivalent rate due to natural environmental radiation	Sv h ⁻¹
$I_{low,1}$	Supply current of the dosimeter when the indication is $G_{low,1}$	A
$I_{low,2}$	Supply current of the dosimeter when the alarm sounds and the visual alarm is displayed after the alarm is set on its lowest range	A
K	Symbol of radiation condition K, for example, 3 mSv and N-80	—
k	Coverage factor (see ISO/IEC Guide 98-3)	—
L	Symbol of radiation condition L, for example, 4 mSv and S-Co	—
l	Number of influence quantities of type S	—
$M, (\dot{M})$	Measured dose(rate) value	Sv (Sv h ⁻¹)
m	Number of influence quantities of type F	—
N	Calibration coefficient	—
n	Number of indicated values for one dose value used for the test of constancy of dose response and coefficient of variation	—
N_0	Reference calibration coefficient	—
Q_{nom}	Nominal capacity of the batteries	A h
R	Response	—
r	Relative response	—

Symbol	Meaning	Unit
R_0	Reference response	—
r_n	Correction for non-constant response	—
r_q	Relative response due to influence quantity no. q of type F	—
S_g	Signal of dosimeter's element g	—
S_K	Symbol of radiation quality of condition K, for example, N-80	—
S_L	Symbol of radiation quality of condition L, for example, S-Co	—
t_{env}	Measuring time in the environment	h
t_{max}	Maximum possible measuring time (3.20)	h
U	Expanded uncertainty	As quantity
u_c	Combined standard uncertainty	As quantity
u_i	Standard uncertainty due to component i	As quantity
$U_{low,1}$	Battery voltage under conditions prevailing for the determination of $G_{low,1}$	V
$U_{low,2}$	Battery voltage under the same conditions as given for G_{nom} , but when the battery voltage is lowered until the indication of the dosimeter is 0,9 G_{nom}	V
U_{nom}	Nominal value of the battery voltage	V
U_{rel}	Relative expanded uncertainty	—
v	Coefficient of variation	—
v_{max}	Maximum permitted coefficient of variation at the dose rate to which the alarm is set	—
w	Number of dose values used for the test of constancy of the dose response and coefficient of variation	—

5 Mechanical characteristics

5.1 Case

The case should be at least protection class IP 54 (see 10.6). Means shall be provided for fixing the dosimeter to clothing, for example, a strong clip, ring or a lanyard. The design of the dosimeter should assist it being worn in a position that ensures the necessary orientation of the detector and of existing alarm indicators.

Should the dosimeter be used for extremity monitoring, then the extremity detector should be identified with the proper wearing orientation. The electronics case may be removed from the measurement position. A means of securely fixing the remote electronics to the user's clothing should be provided such that any alarms are easily identified, as well as a recommended method of attaching the extremity detector.

NOTE IEC 62706 suggests to use IP 54.

5.2 Switches

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

6 General characteristics

6.1 Storage of dose information

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

6.2 Indication

Any dose indication for personal dosimeters shall be digital and shall be shown in units of dose equivalent, namely sieverts and its submultiples, for example, microsieverts (μSv). The indication shall clearly indicate the unit of the quantity being measured. If a display exists, it shall be clearly visible and be easy to read by the wearer.

NOTE 1 For hybrid dosimeters no display on the device might exist. The dose indication might be available by an external display or readout system.

NOTE 2 To avoid significant underestimates of cumulative dose when multiple short exposures are added together, it is recommended that doses of less than H_0 are indicated by the dosimeter, even though with large statistical inaccuracy, rather than showing as zero. This means that cumulative doses from several low-dose exposures can be reliably estimated by adding indicated doses from multiple exposures when wearing different dosimeters for each activity.

6.3 Dosimeter markings

The reference point for calibration and test purposes shall be indicated on the outside of the dosimeter or should be clearly given in the instruction manual. If there is no mark or marks on the outside of the dosimeter, the geometric centre of the dosimeter should be taken as the reference point. There may be different marks for different measurement quantities.

The reference orientation with respect to the wearer shall also be marked on the dosimeter or clearly given in the instruction manual.

6.4 Retention of radioactive contamination

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

6.5 Ranges for dose and dose rate

The dose and dose rates to be measured are stated in lines 1 of Table 3 to Table 6.

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

6.6 Rated range of an influence quantity

The rated range of any influence quantity has to be stated by the manufacturer in the documentation, it shall cover at least the minimum rated range given in the third column of Table 3 to Table 6 and Table 8 to Table 10. All requirements of this document shall be fulfilled within the whole rated range.

Personal dosimeters are designed for specific applications so the manufacturers should specify the types of radiation, the measuring range, the energy ranges and the ranges of all other influence quantities in which their dosimeters are designed for (see 15.2).

6.7 Effect of radiation not intended to be measured and use of more than one dosimeter

If dosimeters are intended to be used in radiation fields for which they are not specified, for example, a neutron and a photon dosimeter together in a mixed neutron/photon field, the effect of radiation not intended to be measured shall be considered as an influence quantity. For the mentioned example, it follows that photon radiation is an influence quantity for the dosimeter only designed and specified for neutrons and vice versa. For each dosimeter designed for the measurement of a specific radiation, the manufacturer shall specify the deviation of this dosimeter if exposed to other radiation types (this should be checked during testing at least under 0° incident angle). From this information, in the case of use of more than one dosimeter, the user can estimate the total dose value and the associated uncertainties.

NOTE 1 Requirements for effect of beta radiation are given in 9.6.3 and 9.6.4.

NOTE 2 The effect of the radiation not intended to be measured may be dose rate dependent, e.g. photons may have an effect only at higher dose rates on the indication of a neutron dosimeter.

6.8 Intrinsic and environmental background of the instrument

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

For dosimeters for beta and neutron radiation, the indication due to instrument artefacts should be given by the manufacturer for an integrating period equivalent to the maximum possible measuring time $t_{\max}$. A test can be done according to 9.3.5b).

Each different detector of the dosimeter needs to be tested.

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

6.9 Dose or dose rate alarms

6.9.1 General

Direct reading dosimeters shall provide and hybrid dosimeters may provide at least one alarm such that the user has no need to look at the display (e.g., optical, vibrational or audible alarm).

For personal dosimeters, it shall not be possible to set alarm levels or deactivate the alarm completely by external switches on the dosimeter. The alarm levels and deactivation shall be set by the readout system (that is provided by the manufacturer) or by an electronic or mechanical system with restricted access (e.g., password protection). It shall be possible to inhibit unauthorized change of alarm levels or deactivation.

6.9.2 Dose alarms

If the alarm cannot be freely set to any value in the effective range of measurement, setting it to at least one value in each order of magnitude over the complete effective range of measurement of the dosimeter (for example, $30 \mu\text{Sv}$, $0,3 \text{ mSv}$, 3 mSv and 30 mSv) shall be possible.

6.9.3 Dose rate alarms

If the alarm cannot be freely set to any value in the effective range of measurement, setting it to at least one value in each order of magnitude over the complete effective range of measurement of the dosimeter (for example, $30 \mu\text{Sv h}^{-1}$, $0,3 \text{ mSv h}^{-1}$, 3 mSv h^{-1} and 30 mSv h^{-1}) shall be possible.

6.9.4 Alarm output

a) Location

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

b) Audible alarm

The frequency should be within the 1 kHz to 5 kHz range. Where an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s. The A-weighted sound level (impulse level for intermittent alarm) should exceed 80 dBA and not exceed 100 dBA at 30 cm from the alarm source for a whole body dosimeter.

NOTE A visual or vibration signal or earphones capability may be useful for high noise environments or someone who is hard of hearing.

6.10 Indication of malfunction

Indication shall be given of operation conditions in which the accumulation of dose equivalent is not accurate (within the specifications of this document), for example originating from: low battery supply, detector failure, electronic failure, unintended change of dosimeter software, or when used in high dose rate fields.

NOTE This requirement is also applicable to hybrid dosimeter. An option might be indication by LED or during the read out process.

6.11 Assignment of the dose value to the dosimeter

Every indicated and recorded value shall be unambiguously assigned to the dosimeter from which it originated. This shall be ensured for hybrid dosimeters and detached sensors that do not have an integral display but are only read with a separate reader.

NOTE One possible solution is to display the reading along with the serial number for detached sensors or dosimeters with no direct indication and readout by a reader.

6.12 Algorithm to evaluate the indicated value

For the type test according to this document, 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. It is not required for dosimeters using linear algorithms.

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

NOTE For details of signal, evaluated value and evaluation algorithm refer to Annex C.

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

7 General test procedures

7.1 Nature of tests

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

7.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of Table 2. Except where otherwise specified, the tests in this document shall be carried out under standard test conditions given in the third column of Table 2. For those tests carried out under standard test conditions, the values of temperature, pressure, and relative humidity at the time of test shall be stated and the appropriate corrections made to give the response under reference conditions. The values of any corrections shall be stated.

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in Table 2, all other influence quantities shall be maintained within the limits for standard test conditions given in Table 2, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

Table 2 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantity	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Photon radiation energy for: $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$	S-Cs (ISO 4037-3)	S-Cs (ISO 4037-3)
Beta radiation energy, $H_p(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)
Neutron radiation energy, $H_p(10)$	$^{241}\text{Am-Be}$ or ^{252}Cf ^{a)}	$^{241}\text{Am-Be}$ or ^{252}Cf ^{a)}
Angle of incidence of radiation	Reference direction given by the manufacturer	Direction given $\pm 2^\circ$
Dose for: $H_p(10)$, $H_p(3)$ $H_p(0,07)$	$H_{r,0}$: 0,3 mSv 3 mSv	0,1 mSv to 10 mSv ^{b)} 0,5 mSv to 50 mSv ^{b)}
Dose rate for: $\dot{H}_p(10)$, $\dot{H}_p(3)$ $\dot{H}_p(0,07)$	0,3 mSv h ⁻¹ 3 mSv h ⁻¹	0,1 mSv h ⁻¹ to 10 mSv h ⁻¹ ^{b)} 0,5 mSv h ⁻¹ to 50 mSv h ⁻¹ ^{b)}
Stabilization time	15 min	≥ 15 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ^{c)}
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ^{c)}
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,6 kPa ^{c)}
Battery voltage	Nominal voltage	Battery used up to half of its useful life
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the induction due to the earth's magnetic field
Orientation of dosimeter (geotropism)	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 5^\circ$
Dosimeter controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Natural radiation background	Ambient dose rate of 0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	Less than ambient dose rate of 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
^{a)} Other sources may be used if necessary. ^{b)} The actual value of the dose (rate) at the time of test shall be stated. ^{c)} The actual values of these quantities at the time of test shall be stated. These values are applicable for temperate climates. In hotter or colder climates, the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly, a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at high altitudes.		

7.3 Tests for influence quantities of type F

These tests may be performed at any value of the quantity to be measured above $10 H_0$. From the result of each test, the respective variation of the relative response r can be determined.

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

7.4 Tests for influence quantities of type S

These tests shall be performed at a conventional quantity value of the dose H of not more than 10 times the lower limit H_0 of the effective range of measurement, e.g. at $7 \times H_0$. The result of each test is a deviation D_p .

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

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

7.5 Phantom for testing

For all tests involving the use of a phantom, the phantoms given in ISO 4037-3 shall be used, i.e. slab, pillar, cylinder and rod phantom. For beta radiation the ISO water slab and cylinder phantom can be replaced by a polymethylmethacrylate (PMMA) slab, 200 mm × 200 mm × 20 mm (see ISO 6980-3:2023, 7.3.1).

For $H_p(0,07)$ the rod phantom shall be used for extremity dosimeters and the slab phantom for whole body dosimeters.

For $H_p(3)$ the cylinder phantom shall be used.

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

7.6 Position of detector assembly for the purpose of testing

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

7.7 Position of dosimeter during use

If the dosimeter design permits the user to wear the dosimeter in two orientations, one with the reference orientation pointing to the body of the user and one pointing away from the body – for example, a credit card size dosimeter – then the dosimeter shall fulfil the requirements of this document for both orientations or it shall clearly be stated at least in the manual that wearing in the wrong orientation can cause erroneous results and the correct orientation has to be clearly marked on the dosimeter, e.g. by "bodyside".

7.8 Minimum rated range of influence quantity

The minimum rated range of any specified influence quantity is given in the third column of Table 3 to Table 6 and Table 8 to Table 10.

7.9 Low dose rates

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

7.10 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations of the indication arising from the random nature of radiation alone, is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient accuracy to determine whether the requirements for the characteristic under test are met.

NOTE 1 Increasing the number of readings makes the estimation of the mean more accurate as it reduces the standard uncertainty.

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

NOTE 2 This time interval may be dose rate dependent.

The number of readings required to settle the true difference between two sets of fluctuating dosimeter readings on the same instruments under unchanged conditions is given in Table A.1.

NOTE 3 For details on statistical fluctuation, refer to Annex A.

7.11 Production of reference radiation

Unless otherwise specified in the individual methods of test, all tests involving the use of X, gamma, neutron, or beta radiations shall be carried out with the relevant specified type of radiation (see Table 2). The nature, construction and conditions of use of the radiation sources shall be in accordance with the following recommendations:

- a) ISO 4037-1/ISO 4037-2/ISO 4037-3/ISO 4037-4;
- b) ISO 6980-1/ISO 6980-2/ISO 6980-3;
- c) ISO 8529-1/ISO 8529-2/ISO 8529-3 and ISO 12789.

8 Additivity of indicated value

8.1 Requirements

The following requirement is fulfilled for dosimetry systems using only linear combinations or linear optimizations to obtain the signal and finally the indicated value, and no tests are required (the algorithm is an additive one).

Otherwise, i.e. if a non-linear behaving algorithm is used, e.g. if there is any use of ratios of different dosimeter detector element signals or any branching or decision points from which on different methods (or equations or corrections) are used in the algorithm, the test shall be performed in order to check the evaluation algorithm of the dosimetry system for mixed irradiations. Mixed irradiation means that a dosimeter is irradiated with two portions of dose equivalent with different radiation qualities or other conditions. The difference in the radiation qualities or other conditions can be:

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

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

NOTE 1 This requirement ensures that the results of the test according to this document 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.

EXAMPLE: A dosimetry system with a non-linear evaluation algorithm can have the following characteristic: Assuming two dosimeters (A and B) are irradiated with the same dose equivalent of 20 mSv ^{137}Cs , 0°. Afterwards, dosimeter B is irradiated additionally with 2 mSv, N-40, 0°. The indicated value of dosimeter A might be 22 mSv ($R = 22 \text{ mSv} / 20 \text{ mSv} = 1,1$) and the indication of dosimeter B might be 21 mSv ($R = 21 \text{ mSv} / 22 \text{ mSv} = 0,95$). For both dosimeters, the relative response (assuming $R_0 = 1$) is within the required range from 0,71 up to 1,67 (i.e. the requirement of 9.4.3.1 is fulfilled), but the indicated value is not additive.

8.2 Method of test

8.2.1 General

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

8.2.2 Preparation of the test

The relative responses of the signals of the dosimeter elements gained during the tests according to 9.4, 9.5, and 9.6 shall be used. All radiation qualities listed in 9.4.1.2, 9.4.2.2, 9.4.3.2, 9.5.2.2, 9.6.2.2, 9.6.3.2, and 9.6.4.2 (depending on the type of dosimeter) and all angles of incidence from 0° up to the maximum rated angle, at least for $\pm 45^\circ$ and $\pm 60^\circ$, shall be taken into account. In case the dosimeter badge is not symmetrical, four different directions (up, down, left, and right) shall be taken into account for every angle of incidence.

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

In order to make sure that the evaluation algorithm supplied by the manufacturer is correct, the following test shall be done for a few radiation qualities for which irradiations were performed during the tests according to 9.4, 9.5, and 9.6: The indicated value G_K evaluated by the dosimetry system shall be compared to the corresponding indicated value $f(S_{g,K})$ calculated using the signals $S_{g,K}$ of the $g = 1..b$ detector elements and the evaluation algorithm. The values have to be equal, otherwise the manufacturer shall deliver the correct function $f(S_g)$ for the evaluation of the indicated value.

8.2.3 Practical test

Mixed irradiations using the two radiation qualities K and L can be simulated by calculating the sum of the signals $S_{g,K} + S_{g,L}$ for each detector element g . From this sum, the indicated value $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ for the mixed irradiation condition K+L with the conventional quantity dose value $C_{K+L} = C_K + C_L$ shall be calculated. The indicated value $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ shall be determined for any possible combination of two radiation qualities K and L with different energy and angle of incidence within the rate range. For every combination of K and L, the ratio of C_K to C_L shall take the following values: 1:9, 2:8, .. up to 9:1 (nine different ratios). The total dose shall be within the standard test conditions, see line 5 of Table 2.

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

EXAMPLE: The rated range goes for photons from 33 keV up to 1,25 MeV and from 0° up to ± 60° and for betas from 0,24 MeV up to 0,8 MeV and from 0° up to ± 60°. According to 9.4.1.2 and 9.6.2.2 nine photon radiation qualities and two beta radiation qualities are involved. In addition, 17 different angles of incidence have to be considered: 0°, 45°, and 60°, the latter four from four different directions (up, down, left, right) as the dosimeter badge is assumed not to be symmetrical in any direction. In summary, (9+2) energies times 17 angles of incidence result in 99 contributions of different radiation qualities. The combination of each contribution with each other leads to $99 \times 98/2 = 4\,851$ combinations. 4 851 combinations times 9 dose ratios result in 43 659 types of signals to get the indicated value.

8.3 Interpretation of the results

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

NOTE This is especially relevant if neutron measurements are involved.

In that case the requirement of 8.1 is considered to be met.

9 Radiation performance requirements and tests

9.1 General

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

The tests are performed for all radiation types the dosimeter is intended to measure. Additionally, the effect of the other types of radiation on the measurement results shall be stated by the manufacturer (see 6.7). If the usage in neutron or beta radiation fields is not excluded in the instruction manual, requirements from 9.5.2.1, 9.6.2.1, 9.6.3.1 or 9.6.4.1 apply.

NOTE 1 The requirements for the influence quantity radiation energy and angle of radiation incidence are given with respect to the reference response R_0 under reference conditions (reference radiation and 0° radiation incidence, reference dose and/or dose rate and all the other reference conditions as given in Table 2). The possible reference radiations can be found for photon radiation in Table 1 of ISO 4037-1:2019, for beta radiation in Table 1 of ISO 6980-1:2023 and for neutron radiation in Table 1 of ISO 8529-1:2021.

The most used reference radiations are given in Table 2, but especially for neutron dosimeters it can be necessary to choose other radiations as reference radiation to comply with the requirements for this influence quantity, even an energy value can be chosen as reference condition for which no physical radiation is available. In that case this (virtual) reference radiation is realized by an available reference radiation and the deviation of the response to the (virtual) reference radiation.

NOTE 2 For high dose photon rates it may be suitable for the testing laboratory to use X-ray qualities or S-Co instead of S-Cs and apply a corresponding correction.

9.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value

The expanded relative uncertainty, U_{rel} , of the conventional quantity value of the dose or dose rate of the reference field, shall be less than 8 % = 0,08 at a 95 % coverage interval and shall be taken into account. The testing laboratory shall determine U_{rel} according to ISO/IEC Guide 98-3:2008.

Any requirement needing the use of radiation is considered to be given for $U_{rel} = 0$. For $U_{rel} > 0$, the allowed variation of the relative response shall be enlarged by U_{rel} . If several tests are to be performed with the same radiation quality, for example, the test for the constancy of the response, only the uncertainty of the ratio of the actual value and the reference value of the dose (rate) shall be considered. In case of other requirements, the consideration is mentioned in the respective method of test.

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

9.3.1 General

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

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

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

9.3.2 Requirements

- Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the variation of the relative response due to the non-constancy of the dose response shall not exceed the values listed in Table 3 through Table 6 line 1 over the whole of the effective range of measurement for either X, gamma, neutron or beta reference radiations chosen. The dose rate shall be varied over the whole range of dose rate specified by the manufacturer for dose measurements. The dose rate acts as an influence quantity here.
- The statistical fluctuations of the indication measured as coefficient of variation shall fulfil the requirements given in Table 3 to Table 6 lines 2 and 3.
- For photon dosimeters measuring $H_p(10)$ from X and gamma radiations the difference between the indicated background dose, G_{nat} , and the conventional quantity value of the background dose, H_{nat} , shall not exceed H_0 for the stated measuring time t_{max} .

NOTE This implies for photon dosimeters measuring $H_p(10)$ from X and gamma radiations that the difference between the indicated background doses, G_{nat} , for different dosimeters samples does not exceed 2 times H_0 for the stated measuring time t_{max} .

**Table 3 – Radiation characteristics of $H_p(0,07)$ dosimeters
for X, gamma and beta radiation**

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the relative response due to dose and dose rate	1 mSv to 3 Sv and $5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} ^{a)} for personal dose equivalent	–13 % to +18 % ^{b)} dosimeter	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose $H_p(0,07)$ for X, gamma and beta radiation	$H_0 \leq H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $11 \text{ mSv} \leq H$	15 % $(16 - H / (1 \text{ mSv})) \%$ 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose rate $\dot{H}_p(0,07)$ for X, gamma and beta radiation	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 100 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $100 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	X and gamma radiation energy and angle of incidence	30 keV to 1,25 MeV or 20 keV to 150 keV and 0° to 60° from reference direction	–29 % to +67 % ^{c)}	9.4.1
5	Mean beta radiation energy and angle of incidence	For extremity dosimeters: 0,8 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction and a mandatory test at 0,24 MeV and 0° to $\pm 60^\circ$ from reference direction For whole body dosimeters: 0,8 MeV and 0° to $\pm 45^\circ$ from reference direction	–29 % to +67 % ^{c)} Compliance at 0.24 MeV is not required but results shall be stated	9.6.2
6	Overload	10 times maximum range not more than 20 Sv or 10 Sv h^{-1}	Dose overload: indicate overload Dose rate overload: indicate overload until dose reset	9.9
7	Response time for dose rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(0,07) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$ and 10 s maximum waiting time	–13 % to +18 % for the indication after 20 s and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of $100 \mu\text{Sv}$	9.10.2
8	Accuracy of alarm set to H_a or $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c}$ $\leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ ^{d)} $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.10.3 9.10.4
9	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.7

^{a)} Minimum dose rate value as low as reasonably achievable.

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

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

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

Table 4 – Radiation characteristics of $H_p(3)$ dosimeters for X, gamma and beta radiation

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the relative response due to dose and dose rate	300 μSv to 1 Sv and 0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} a)	–13 % to +18 % b)	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose $H_p(3)$	$H_0 \leq H < 0,3 \text{ mSv}$ $0,3 \text{ mSv} \leq H < 3,3 \text{ mSv}$ $3,3 \text{ mSv} \leq H$	15 % $(16 - H / (0,3 \text{ mSv})) \%$ 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose rate $\dot{H}_p(3)$	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	X and gamma radiation energy and angle of incidence	30 keV to 250 keV and 0° to 60° from reference direction under consideration	–29 % to +67 % c)	9.4.2
5	Mean beta radiation energy and angle of incidence	0,8 MeV and 0° to 60° from reference direction	–29 % to +67 % c) only if dosimeter is specified for beta radiation, otherwise compliance is not required but results shall be stated (see 9.6.1)	9.6.3
6	Mean beta radiation energy and angle of incidence	0,24 MeV and 0°	Indicated value not larger than 10 % of irradiated $H_p(0,07)$ dose only if dosimeter is specified for beta radiation, otherwise compliance is not required but results shall be stated (see 9.6.1)	9.6.3
7	As in line 4 to 6 but new reference direction opposite to that one used	See line 4 to 6, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4 to 6, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
8	Overload	10 times maximum range not more than 20 Sv or 10 Sv h^{-1}	Dose overload: indicate overload Dose rate overload: indicate overload until dose reset	9.9
9	Response time for dose rate indication and alarm functions	$H_p(3) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ and 10 s maximum waiting time	–13 % to +18 % for the indication after 20 s and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of 10 μSv	9.10.2
10	Accuracy of alarm set to H_a or $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ d) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.10.3 9.10.4
11	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.7

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
12	Response due to natural background radiation	—	Deviation of the indication during $t_{\max}$ from the natural background less than H_0	9.3.5
a) Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. b) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose (rate). c) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose (rate). d) $H_{a,c}$ is the conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs.				

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

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the relative response due to dose and dose rate	100 μSv to 1 Sv and 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} a)	–13 % to +18 % b)	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose $H_p(10)$	$H_0 \leq H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $1,1 \text{ mSv} \leq H$	15 % (16 – $H / (0,1 \text{ mSv})$) % 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose rate $\dot{H}_p(10)$	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % (21 – $\dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})$) % 15 %	9.3
4	Radiation energy and angle of incidence	80 keV to 1,25 MeV or 20 keV to 150 keV and 0° to 60° from reference direction under consideration	–29 % to +67 % c)	9.4.3
5	Mean beta radiation energy and angle of incidence	0,8 MeV and 0°	Indicated value not larger than 10 % of irradiated $H_p(0,07)$ dose	9.6.4
6	As in line 4 but new reference direction opposite to that one used	See line 4, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
7	Overload	10 times maximum range not more than 20 Sv or 10 Sv h^{-1}	Dose overload: indicate overload Dose rate overload: indicate overload until dose reset	9.9
8	Response time for dose rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(10) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ and 10 s maximum waiting time	–13 % to +18 % for the indication after 10 s and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of 10 μSv	9.10.2

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
9	Accuracy of alarm set to H_a or $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{rel}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{rel})$ ^{d)} $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{max}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.10.3 9.10.4
10	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.7
11	Response due to natural background radiation	—	Deviation of the indication during t_{max} from the natural background less than H_0	9.3.5
a) Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. b) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the ratio of the actual value and the reference value of the conventional quantity value of the dose (rate). c) This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose (rate). d) $H_{a,c}$ is the conventional quantity value of the dose at which the alarm occurs.				

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

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Variation of the relative response due to dose and dose rate	100 μ Sv to 1 Sv and 5 μ Sv h^{-1} to 1 Sv h^{-1} ^{a)} for personal dose equivalent	–20 % to +33 % $\leq$ 5 mSv –20 % to +33 % $>$ 5 mSv ^{b)} dosimeter	9.3
2	Statistical fluctuation, v : dose	$H_0 \leq H < 51 H_0$ $H \geq 51 H_0$	$(25,4 - H / (2,5 H_0))$ % 5 %	9.3
3	Statistical fluctuation, v : dose rate for alarm functions	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 1$ mSv h^{-1} 1 mSv $h^{-1} \leq \dot{H} < 6$ mSv h^{-1} $\dot{H} \geq 6$ mSv h^{-1}	20 % $(21 - \dot{H} / (1$ mSv $h^{-1}))$ % 15 %	9.3
4	Radiation energy and angle of incidence	0,025 eV to 100 keV plus 100 keV to 10 MeV Range extension: above 10 MeV and 0° to 60° from reference direction under consideration	–60 % to +700 % ^{c)} –60 % to +100 % ^{c)} –60 % to +100 % ^{c)}	9.5.2
5	As in line 4 but new reference direction opposite to that one used	See line 4, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	See line 4, if no statement concerning wrong orientation is given by the manufacturer	7.7
6	Overload	10 times maximum range not more than 20 Sv or 10 Sv h^{-1}	Dose overload: indicate overload Dose rate overload: indicate overload until dose reset	9.9

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
7	Response time for dose rate indication and alarm functions	$\dot{H}_p(10) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	–17 % to +25 % for the indication after 10 s and any delay of more than 2 s in the alarm responding shall not result in the receipt of a dose in excess of 500 μSv	9.10.2
8	Accuracy of alarm set to H_a or $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude $\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})^{\text{d)}}$ $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active not more than 5 % of time $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarm active for at least 95 % of time	9.10.3 9.10.4
9	Effects of radiation not intended to be measured	—	Response to be stated by the manufacturer	6.7

a) Minimum dose rate value as low as reasonably achievable.

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

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

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

9.3.3 Method of test using sources

a) Source to be used

For the purpose of this test, the conventional quantity value of the personal dose (rate) at the point of test shall be known. The tests shall be performed with reference sources as given in Table 2 of appropriate activity, for example, ^{137}Cs for photon radiation, $^{241}\text{Am-Be}$ for neutron radiation and $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ for beta radiation, irradiating the dosimeter on the required phantom (see 7.5) in the reference direction. The dose rate shall be varied over the whole range of dose rates specified by the manufacturer for dose measurements.

If this test cannot be performed on the required phantom (see 7.5), for example, because the required high dose rate cannot be produced at a distance where the entire phantom is irradiated, then the test can also be performed free in air at shorter distances if a correction factor for irradiating free in air instead of on the phantom is applied. This correction factor is specific for the dosimeter under test and the radiation quality used and shall therefore be determined specifically.

Another option, if the needed dose rates cannot be achieved by ^{137}Cs , is to use another radiation quality, e.g. X-rays, for the test and apply a correction factor for the difference in response with respect to the reference energy.

NOTE For dosimeters using more than one detector and special algorithms the correction for the missing phantom might be dose rate dependent.

b) Tests to be performed

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

The response shall be measured for at least three dose values in each order of magnitude of the effective range of measurement of dose. These shall be at approximately each limit of the order of magnitudes included in the measuring range, at 30 % of each full order of magnitude, at the limits of the measuring range and in the vicinity of range changes (if known).

EXAMPLE The measuring range is from 0.1 mSv up to 2 Sv, the corresponding dose values are 0,1 mSv and 0,3 mSv; 1 mSv and 3 mSv; 10 mSv and 30 mSv; 100 mSv and 300 mSv; 1 Sv and 2 Sv.

At the different dose values, different dose rate values covered by the rated range of dose rate shall be applied as well. In total, n repeated measurements at each of the w dose values shall be performed, depending on the effective range of measurement of dose. From these measurements the w response values can be calculated from which the variation of the relative response due to the non-constancy of the response may be determined.

9.3.4 Interpretation of the results of the test using sources

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

Using the w mean values, the variation of the relative response due to the non-constancy of the response shall not exceed the range listed in Table 3 to Table 6 line 1. Also, using the w values of the coefficients of variation and the values of c_1 and c_2 given in Table 7, show that:

- for $w - 2$ dose values the coefficients of variation are less than c_1 times the limits given in Table 3 to Table 6, and
- for the remaining two dose (rate) values – which shall not be adjacent – the coefficients of variation are less than c_2 times the limits given in Table 3 to Table 6.

In that case, the requirements a) and b) of 9.3.2 can be considered to be met.

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

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

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

Table 7 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value

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

9.3.5 Method of test for photon dosimeters using natural radiation

Since the response of the dosimeters with respect to natural radiation or the intrinsic background may be different between different samples, the following test shall be performed with at least 5 different samples. The response of the dosimeters may depend on the direction of the natural radiation. Therefore, the test shall be performed in three orthogonal orientations of the dosimeter.

- Simple test: Place these dosimeter on the required phantom (see 7.5) for at least one week (t_{env}) in a normal laboratory environment and assume as a first estimate a background dose rate $\dot{H}_{\text{nat}}$ of $2 \mu\text{Sv d}^{-1}$, if no other information is available. Determine the instrument's accumulated dose $G_{\text{i,nat}}$ for the time t_{env} (see also 6.8). Calculate the expected dose value from the assumed dose rate due to natural environmental radiation $H_{\text{nat}} = 2 \mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{\text{env}}$.
- Refined test: This refined test is only necessary if the simple test does not show compliance with the requirements, see 9.3.6. Place the dosimeter on the required phantom (see 7.5) for at least $0,95 \times t_{\text{max}}$ (t_{env}) in an environment where the mean background dose rate $\dot{H}_{\text{nat}}$ is known. This shall be at a standard field station where the dose rates have been measured with reference instruments which are traceable to national standards. Determine the accumulated dose G_{nat} for time t_{env} (see also 6.8). Calculate the expected dose value from the known dose rate due to natural environmental radiation: $H_{\text{nat}} = \dot{H}_{\text{nat}} \times t_{\text{env}}$.

9.3.6 Interpretation of the results of the test using natural radiation

If the inequality

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

is valid for all tested dosimeters, the requirement of 9.3.2 c) can be considered to be met.

NOTE 1 This inequation can also be used to fix (new) values for H_0 and t_{max} .

NOTE 2 This will limit the difference in indication of two samples to less than 2 times H_0 after a time of t_{max} .

NOTE 3 The product variation is taken care of by using at least 5 samples.

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

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

9.4.1.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for photon radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 3 line 4. The minimum rated range of use covers the values given in Table 3, line 4 column 3. If the methods of detection are different for specific dose (rate) ranges, this requirement shall be tested separately for all these ranges.

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

9.4.1.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the required phantom (see 7.5). The photon radiation qualities specified in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4 shall be used. The narrow spectrum series is preferred. The selection of the radiation qualities should be done in accordance with Annex D.

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

NOTE 1 The maximum angle of irradiation incidence $\pm \alpha_{\max}$ is limited to $\pm 75^\circ$ for $H_p(0,07)$ on the slab phantom due to the definition of the measuring quantity.

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

9.4.1.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the limits stated in Table 3 line 4. In that case, the requirements of 9.4.1.1 can be considered to be met.

9.4.2 Measurement quantity $H_p(3)$ or $\dot{H}_p(3)$

9.4.2.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for photon radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 4 line 4. The minimum rated range of use covers the values given in Table 4 line 4 column 3.

The maximum angle of irradiation incidence $\pm \alpha_{\max}$ is limited to $\pm 90^\circ$ due to the definition of the measuring quantity.

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

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

9.4.2.2 Method of test

For this test, the dosimeter shall be placed on the required phantom (see 7.5). The photon radiation qualities specified in ISO 4037-1, ISO 4037-2, ISO 4037-3, ISO 4037-4 shall be used.

The narrow spectrum series is preferred. The selection of the radiation qualities should be done in accordance with Annex D.

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

9.4.2.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the limits stated in Table 4 line 4 for all energies. In that case, the requirements of 9.4.2.1 can be considered to be met.

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

9.4.3.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for photon radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 5 line 4. The minimum rated range of use covers at least one of the two energy ranges given in Table 5 line 4 column 3.

The maximum angle of irradiation incidence $\pm \alpha_{\max}$ is limited to $\pm 75^\circ$ due to the definition of the measuring quantity.

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

NOTE The two minimum rated ranges reflect the two main workplace conditions. The minimum rated range of use from 80 keV to 1,25 MeV is for workplaces where gamma sources are used, e.g., in industry, and the minimum rated range of use from 20 keV to 150 keV is for workplaces where X-rays are used, e.g., in medical diagnostic radiology. Both ranges can be extended until in the extreme case the rated range of use covers all energies from 10 keV to 7 MeV.

9.4.3.2 Method of test

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

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

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

9.4.3.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to photon radiation energy and angle of incidence shall be within the limits stated in Table 5 line 4. In this case, the requirements of 9.4.3.1 can be considered to be met.

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

9.5.1 General

The tests given here have to be performed if the dosimeter is intended to measure neutron radiation otherwise the influence of neutron radiation on the indication should be given by the manufacturer and checked at 0° angle of incidence (see 6.7).

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

9.5.2.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for neutron radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 6 line 4. The minimum rated range of use covers the values given in Table 6 line 4 column 3.

The maximum angle of irradiation incidence $\pm\alpha_{\max}$ is limited to $\pm 75^\circ$ due to the definition of the measuring quantity.

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

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

9.5.2.2 Method of test

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

The following energies shall be used, if included in the rated energy range, and the results shall be documented in the manual:

- a) one mainly thermal field with contribution of thermal neutrons to personal dose greater than 50 %
- b) 144 keV or 250 keV;
- c) 565 keV;
- d) 1,2 MeV;
- e) 5 MeV;
- f) bare ^{252}Cf ;
- g) AmBe;
- h) 14,8 MeV;
- i) 19 MeV (if specified energy range includes 20 MeV).

NOTE 1 Using these data the user can decide whether a dosimeter is suitable for his workplace and whether a calibration normalized to bare ^{252}Cf , ^{252}Cf (mod., D_2O) or AmBe is applicable.

In addition, it is recommended to state the response to standardized simulated workplace neutron field sources and to ^{252}Cf (mod., D_2O). By agreement between the manufacturer and the customer, simulated workplace neutron fields shall be selected in accordance with the field encountered at the workplace where the device will be used.

The response values shall be measured for angles of incidence of $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter.

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

9.5.2.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to neutron radiation energy and angle of incidence shall be within the limits stated in Table 6 line 4. In that case, the requirements of 9.5.2.1 can be considered to be met.

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

9.6.1 General

The tests given here have to be performed if the dosimeter is intended to measure beta radiation otherwise the influence of beta radiation on the indication shall be given by the manufacturer and, if the usage in beta radiation fields is not excluded in the instruction manual, the requirements from 9.6.2.1, 9.6.3.1 or 9.6.4.1 apply. Otherwise the indication under 0° angle of incidence should be checked (see 6.7).

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

9.6.2.1 Requirements

The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for beta radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 3 line 5. The minimum rated range of use covers the values given in Table 3 line 5 column 3.

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

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

9.6.2.2 Method of test

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

^{147}Pm	($\bar{E} \approx 0,06 \text{ MeV}$);
^{204}Tl or ^{85}Kr	($\bar{E} \approx 0,24 \text{ MeV}$);
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ with 3 mm or 4 mm absorber	($\bar{E} \approx 0,61 \text{ MeV}$ or $\bar{E} \approx 0,54 \text{ MeV}$)
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	($\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}$).

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

NOTE If a testing laboratory does not have access to the specified reference radiations, they may opt instead to use appropriate alternative reference radiations which are similar in energy, with an appropriate correction factor if needed.

9.6.2.3 Interpretation of the results

All the relative response values due to beta radiation energy and angle of incidence shall be within the limits stated in Table 3 line 5. In this case, the requirements of 9.6.2.1 can be considered to be met.

9.6.3 Measurement quantity $H_p(3)$ or $\dot{H}_p(3)$

9.6.3.1 Requirements

Requirement A: The relative response due to radiation energy and angle of radiation incidence for beta radiation within the rated range of use shall be within the interval stated in Table 4 line 5. The minimum rated range of use covers the values given in Table 4 line 5 column 3.

The maximum angle of irradiation incidence $\pm\alpha_{\max}$ is limited to $\pm 90^\circ$ due to the definition of the measuring quantity.

Requirement B: As the dosimeter is intended to measure $H_p(3)$ or $\dot{H}_p(3)$, the indicated value due to beta radiation with energies up to the energy equivalent of ^{85}Kr shall be less than $0,1 \cdot H_p(0,07)$ or $0,1 \cdot \dot{H}_p(0,07)$ (see line 6 of Table 4 column 3).

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

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

9.6.3.2 Method of test

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

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

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

Requirement B: For this test, the dosimeter shall be placed on the PMMA slab phantom (see 7.5). Expose the dosimeter at 0° angle of radiation incidence to beta reference radiation specified in the ISO 6980 series of the following quality: ^{85}Kr ($\bar{E} \approx 0,24 \text{ MeV}$).

9.6.3.3 Interpretation of the results

Requirement A: All the relative response values due to beta radiation energy and angle of incidence shall be within the limits given in Table 4 line 5. In this case, the requirements of 9.6.3.1 can be considered to be met.

Requirement B: The indicated $H_p(3)$ dose value for ^{85}Kr shall be less than 10 % of the $H_p(0,07)$ dose received.

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

9.6.4.1 Requirements

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

9.6.4.2 Method of test

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

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

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

9.7 Over indication due to radiation incident from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosimeter

9.7.1 Requirements

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

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

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

No lower limit is required as the conventional quantity value is zero for beta radiation and for low energy photon radiation.

9.7.2 Method of test

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

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

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

Further groups: Irradiations shall be performed at the angle of incidences β corresponding to the "weak points". The azimuthal angle of incidence shall be varied during the irradiation between $\alpha_{\max}$ and $180^\circ - \alpha_{\max}$ in steps of 15° including 90° resulting in the indicated value $\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}$.

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

NOTE In case of $\alpha_{\max} = 60^\circ$, the irradiation of each badge is performed in three equivalent fractions at 75° , 90° , and 105° .

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

9.7.3 Interpretation of the results

If, for every polar angle examined in accordance with 9.7.2, the inequality $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max}} \cos 180^\circ - \alpha_{\max}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ is valid, then the requirement of 9.7.1 is considered to be met. U_{com} is calculated according to formula (B.5), Example 2. This calculation presumes that all dose values used in this test are 100 % correlated. If this is not the case this shall be taken into account when calculating U_{com} , see Annex B.

9.8 Retention of dose reading

9.8.1 General

These requirements shall be tested separately for all dose quantities.

9.8.2 Requirements

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

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

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

9.8.3 Method of test and interpretation of the results

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

9.9 Overload characteristics

9.9.1 General

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

9.9.2 Requirements

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

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

9.9.3 Method of test and interpretation of the results

9.9.3.1 General

This test shall be performed using an appropriate source.

If the dose (rate) cannot be achieved e.g. on a phantom, procedure and correction as given in 9.3.3a) shall be applied.

If for some types of radiation, for example, neutrons or betas, the required high dose rate fields are not available, this shall be reported. Electrical test methods shall be applied and a theoretical performance analysis shall be performed.

Electrical test may be inadequate for certain detectors. The testing laboratory needs to carefully consider the drawbacks.

9.9.3.2 Dosimeters

The dosimeter shall be irradiated to a dose of 10 times the maximum range value, but no more than 20 Sv. The indication of the dosimeter shall remain at the maximum of the range and an overload indication shall be displayed.

The dosimeter shall be irradiated, for about 10 min, to a dose rate of 10 times the maximum range value, but not more than 10 Sv h^{-1} . An overload indication shall be displayed and remain until the dose is reset.

The dose measurement may be wrong during the overload condition. Therefore, a persistent warning is needed.

9.9.3.3 Dose rate meters

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

Upon removal of this "off-scale" dose rate, the time shall be measured for the indication of the dosimeter to return to an "on-scale" dose rate and recorded in the type test report. This time shall be less than 10 s (20 s for extremity dosimeters).

9.10 Alarm

9.10.1 General

These tests shall be performed separately for $H_p(10)$, $\dot{H}_p(10)$, $H_p(3)$, $\dot{H}_p(3)$, $H_p(0,07)$ and $\dot{H}_p(0,07)$ and for photon, neutron and beta radiation, as appropriate for the dosimeter. All dose (rate) values shall be corrected for non-constant response. If for some types of radiation, for example, neutrons or betas, the required high dose rate fields are not available, this shall be reported, and an electrical test method shall be applied.

If the dose (rate) cannot be achieved e.g. on a phantom, procedure and correction as given in 9.3.3a) shall be applied.

9.10.2 Response time for dose rate indication and alarm

9.10.2.1 Requirements

When the dosimeter is subjected to a step or slow increase or decrease in dose rate of one order of magnitude within the effective range of the dosimeter, the readout shall indicate the new dose rate with an error of less than the range given in line 9 row 3 of Table 3 to Table 6 of the upper dose rate value within 10 s (20 s for extremity dosimeters) after the dosimeter is subjected to the final dose rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half of the upper dose rate value, shall respond within 2 s. These requirements shall apply for changes from background dose rates to upper case dose rate values, which are greater than 1 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and 10 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and 10 mSv h⁻¹ for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation. Alternatively, any delay of more than 2 s in the alarm responding or 10 s in the indication shall not result in the receipt of a dose in excess of 10 µSv for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and 100 µSv for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and 500 µSv for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation.

NOTE The response time is valid for the first alarm (audible OR visual OR vibrational).

9.10.2.2 Method of test and interpretation of the results

For this test the dosimeter shall be placed in the irradiation facility in non-irradiating conditions and allowed to stabilize.

The irradiation facility shall then rapidly or slowly be set to irradiating conditions and readings recorded continuously until the dosimeter stabilizes at the new upper dose rate giving the reading $\dot{G}_{high}$. The change of the indication to 87 % (photon or beta dosimeters) or 83 % (neutron dosimeters) of this high reading $\dot{G}_{high}$ shall take less than 10 s (20 s for extremity dosimeters) after the dosimeter is subjected to the final dose rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half of the dose rate reading, 0,5 $\dot{G}_{high}$, shall respond within 2 s.

Next the irradiation facility shall rapidly or slowly be set to non-irradiating conditions. The dosimeter reading shall be below 25 % of the reading $\dot{G}_{high}$ within 10 s (20 s for extremity dosimeters) after the dosimeter is subjected to the final dose rate. In case of a step increase or decrease the alarm, if set to one half of the dose rate reading, 0,5 $\dot{G}_{high}$, shall stop within 2 s. The dose accrued during the delay in the alarm responding shall be measured.

When, in any case where the delay is greater than 2 s, the dose is less than 10 μSv for $\dot{H}_p(10)$ from X and gamma radiation and 100 μSv for $\dot{H}_p(0,07)$ from X, gamma and beta radiation and 500 μSv for $\dot{H}_p(10)$ from neutron radiation, the requirements of 9.10.2.1 can be considered to be met. This test shall be performed for one $\dot{G}_{\text{high}}$ value for each order of magnitude of the effective range of the dosimeter.

9.10.3 Accuracy of dose alarm

9.10.3.1 Requirements

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

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

9.10.3.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be placed on the required phantom (see 7.5) and the dose alarm set to H_a . The dosimeter shall be reset and then subjected to a dose rate of the appropriate reference radiation type such that the alarm will not occur for at least 100 s. The time of exposure of the dosimeter until the alarm occurs is to be measured and the corresponding conventional quantity value of the dose, $H_{a,c}$, shall be calculated.

The relation $0,87 \times (1 - U_{\text{rel}}) \leq \frac{H_a}{H_{a,c}} \leq 1,18 \times (1 + U_{\text{rel}})$ shall be fulfilled, see 9.2 for U_{rel} .

NOTE 1 If this test cannot be performed on the required phantom (see 7.5), for example because the required dose rate cannot be produced, then the test can also be performed free in air if appropriate correction factors are applied.

NOTE 2 U_{rel} will increase the limits in this case.

9.10.4 Accuracy of dose rate alarm

9.10.4.1 Requirements

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

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

9.10.4.2 Method of test and interpretation of the results

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

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

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

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

9.11 Model function

The manufacturer shall state the general form of the model function for the measurement with the dosimeter. The example given in 3.23 or other functions can be used. Any interdependencies between the variables of the model function shall be stated. The actual values of the variables will be determined during the type test according to this document.

10 Electrical and environmental performance requirements and tests

10.1 General

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

10.2 Power supplies

10.2.1 General requirements

The instrument shall regularly monitor its battery condition and an indication shall be provided when the remaining operational life is going to end. At the first time this indication appears, the remaining operational life shall be at least 8 h at dose rates of about $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ under normal conditions, including 1 min of alarm operation. This is only tested for the operational life with one set of batteries up to 120 h (i.e. 5 whole days), however the manufacturer shall demonstrate that this low battery warning is provided by all recommended batteries under normal operating conditions.

This should ensure a battery life time long enough for a working day after a low battery alarm.

Also, provision shall be made for indicating when the battery condition is no longer adequate for the dosimeter to meet the performance requirements of this document.

Batteries may be connected in any desired manner and it is recommended that incorrect battery contact is made, at minimum, very difficult. If required, the correct polarity shall be clearly indicated on the dosimeter by the manufacturer. It is recommended that primary or secondary batteries of physical dimensions as specified in IEC 60086-1 or IEC 60086-2 be used. The manufacturer should ensure that all batteries within the relevant dimensional tolerances should connect reliably.

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

NOTE This implies that the indication will not clear if the batteries recover due to e.g. changes in temperature.

As an option, it shall not be possible to remove batteries without the use of a special tool.

The equipment required for charging secondary batteries shall be described by the manufacturer, whether a dedicated charging and storage rack, or a recommended model (or models) of accessory charging devices for secondary batteries.

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

10.2.2 Specific primary batteries requirements

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

- a) When power is supplied by primary batteries, the capacity of these shall be such that, after 120 h (or manufacturer's specified operational life, if less but at least 24 h) of continuous operation under standard test conditions the variation of the relative response due to power supply shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$, other functions remaining within their specifications. The dosimeter shall meet this specification in fields of $0,01\text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1\text{ mSv h}^{-1}$.
- b) Immediately after new batteries are fitted, the dosimeter shall be capable of operating for at least 15 min with the alarm sounding and with the visual alarm displayed.

10.2.3 Specific secondary batteries requirements

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

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

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

10.2.4.1 General

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

Two tests shall be performed. The first method uses batteries and the second method uses a power supply.

10.2.4.2 Test using batteries

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

- a) Expose the dosimeter to a dose rate of between $0,01\text{ mSv h}^{-1}$ and $0,1\text{ mSv h}^{-1}$. Leave the dosimeter working in this field for a period of 120 h (or manufacturer's specified operational life, if less) and note the reading at the end of the period. The corresponding variation of the relative response shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$. For instruments using secondary batteries, or primary batteries with an estimated operational life of less than 120 h, the time at which the 'end of operational life' warning appears shall be noted. The irradiation shall be continued for 8 h. At the end, the corresponding variation of the relative response shall not exceed $-0,09$ to $+0,11$.

- b) Set the dosimeter to alarm on its lowest dose and/or dose rate setting. Expose the dosimeter to a dose rate of between $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ and $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ until the alarm sounds and the visual alarm is displayed, then after 15 min further exposure ensure that the alarm still sounds and the visual alarm is still displayed.

10.2.4.3 Test using power supply

The internal batteries shall be removed and the instrument connected to an external power supply with a suitable series resistor to simulate the battery impedance near the end of its life.

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

The dosimeter indication G_{nom} shall then be recorded.

The resistance that, in series with a power supply set to the nominal battery potential, just triggers the battery warning shall be determined.

The tests should then be repeated using the nominal battery voltage and the resistance identified above. The dosimeter indication $G_{\text{low},1}$ shall then be recorded. It shall be checked that all other functions are operating correctly. $G_{\text{low},1}$ shall be between $0,91 G_{\text{nom}}$ and $1,11 G_{\text{nom}}$, otherwise the test is failed.

Reduce the resistance to a slightly smaller value and check that the indication "operational life is going to end" has been permanently indicated during the whole test.

The manufacturer should demonstrate that the battery warning switches on, for all recommended batteries, at the point where at least 8 hours operation is possible. This may be done by quoting the voltage/discharge characteristics of the battery type and demonstrating that the battery warning allows at least 8 h of operation before any influence on function.

10.3 Ambient temperature

10.3.1 Requirements

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

a) Stable temperature

Over the rated range of temperature, the variation of the relative response due to stable temperature shall not exceed $-0,13$ to $+0,18$. The minimum rated ranges of temperature are $+5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ for indoor use, $+15 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+30 \text{ }^{\circ}\text{C}$ for controlled indoor use (e.g, only in surgery rooms in clinics) and $-10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ for outdoor use.

The temperature range shall be given in the instructions.

b) Temperature shock

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

c) Low temperature start-up

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

d) The variability of the indications shall be less than 15 % during each test.

10.3.2 Method of test and interpretation of the results

For this test, the dosimeter shall be exposed to a reference source providing a sufficient indication under standard tests conditions for the test to be carried out. The test should be repeated without source to check for changes in intrinsic background (see 9.3.5)

a) Stable temperature

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

b) Temperature shock

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

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

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

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

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

c) Low temperature start-up test

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

d) For each test record the number of reading during pre-test (20 °C), n_{pre} , and post-test (maximum or minimum values), n_{post} , calculate the mean indications $\bar{G}_{\text{pre/post}}$ and the corresponding standard deviation (s_{pre} , s_{post}).

Calculate

$$t_1 = \frac{\bar{G}_{\text{post}} - 0,85\bar{G}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{n_{\text{post}}} + \frac{(0,85s_{\text{pre}})^2}{n_{\text{pre}}}}} \quad \text{and} \quad t_2 = \frac{\bar{G}_{\text{post}} - 1,15\bar{G}_{\text{pre}}}{\sqrt{\frac{s_{\text{post}}^2}{n_{\text{post}}} + \frac{(1,15s_{\text{pre}})^2}{n_{\text{pre}}}}}$$

The requirement is met if $t_1 \geq -0,86$ and $t_2 \leq 0,86$. If $s_{\text{pre}} = s_{\text{post}} = 0$ then the results are acceptable if changes between the pre-test and post-test are such that $\bar{G}_{\text{post}} \geq 0,85\bar{G}_{\text{pre}}$ and $\bar{G}_{\text{post}} \leq 1,15\bar{G}_{\text{pre}}$.

10.4 Relative humidity

10.4.1 Requirements

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

The variation of the relative response due to humidity shall not exceed $-0,13$ to $+0,18$ in the rated range of use. The minimum range of use of relative humidity is from 40 % to 90 %.

10.4.2 Method of test and interpretation of the results

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

The humidity shall be maintained at 65 % and at each of its extreme values for at least 24 h and the indication of the dosimeter noted during the last 30 min of this period. The permitted variation of the relative response (calculated using response at 65 % relative humidity at $+35\text{ °C}$ as reference) of $-0,13$ to $+0,18$ as specified in Table 8 is additional to the permitted variation of the relative response due to temperature alone.

10.5 Atmospheric pressure

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

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

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

10.6 Sealing

The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture and describe the tests and results used to demonstrate the effectiveness of the sealing. The IP classification according to IEC 60529 shall be stated by the manufacturer, at least IP 54 should be fulfilled.

10.7 Storage

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

10.8 Light exposure

10.8.1 General

The influence quantity dealt with in 10.8 is usually of type S, it may be of type F.

This test can be omitted if it can be shown by physical reasons that light does not have a significant effect on the indicated value.

10.8.2 Requirements

The relative response and the deviation due to a change of the light exposure within its rated range shall not exceed the values given in line 7 of Table 8.

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

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

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

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

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

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

10.8.3 Interpretation of the results

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

$|\bar{G}_2 - \bar{G}_1| \leq D_{\max}$ (for type S influence quantities) is valid, then the requirements of 10.8.2 are considered to be met. The values for $r_{\min}$, $r_{\max}$, and $D_{\max}$ are given in line 7 of Table 8.

10.9 Dose build-up, fading and self-irradiation (hybrid dosimeters)

For hybrid dosimeters follow the test according to IEC 62387:2020, 13.4 or ISO 21909-1:2021, 8.1 to 8.3.

Table 8 – Electrical and environmental characteristics of dosimeters

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
1	Power supplies	24 h continuous use for primary batteries or secondary batteries a)	–9 % to +11 %	10.2
2	Ambient temperature	a) Indoor use +5 °C to +40 °C b) Controlled indoor use +15 °C to +30 °C c) Outdoor use –10 °C to +40 °C	–13 % to + 18 % ^{b)}	10.3
3	Relative humidity	40 % to 90 % relative humidity at 35 °C	–13 % to +18 % ^{c)}	10.4

Line	Characteristic under test or influence quantity	Minimum rated range of influence quantity	Limit of variation of instrument parameter or relative response for whole rated range	Sub-clause
4	Atmospheric pressure	86,0 kPa to 106,6 kPa ^{d)}	–9 % to +11 %	10.5
5	Sealing	IP classification IP-54 is suggested	IP classification to be stated	10.6
6	Storage	–25 °C to +50 °C for three months	To operate within specification	10.7
7	Light exposure	0 W/m ² to 1 000 W/m ² (spectrum corresponding to bright sunlight)	Type F: –9 % to +11 % Type S: $D_{\max} = 0,7 H_0$ at a dose of $H = 7 H_0$	10.8
a) Additional 8 h measurement after the instrument indicates that the battery voltage is low, for example, "low battery". b) The display of the dosimeter may be frozen, read out at room temperature shall be possible. c) The reference response for this test (at 65 % relative humidity) shall be determined at +35 °C and not at +20 °C. d) A lower limit of pressure of 70 kPa may be required at high altitudes.				

11 Electromagnetic performance requirements and tests

11.1 General

Electromagnetic disturbances are regarded as influence quantities of type S. Special precautions shall be taken in the design of a dosimeter to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances, particularly radio-frequency fields (see IEC 61000-4-3). If no other specifications are given, all tests shall be performed with the dosimeter and the associated readout systems.

The duration of the electromagnetic disturbance shall be such that it is equivalent to 1 h of operation according to the frequency data given in Table 9.

The test shall be done in accordance with the standards of the IEC 61000-4 series as given in Table 9. For all tests, the minimum rated ranges are taken from IEC 61000-6-2 and given in Table 9 together with the frequency of the disturbance, the respective maximum value of the deviation and the performance criteria, A, B or C, according to IEC 61000-6-2. Only the criteria A or B are permitted. If criterion B is permitted then the requirements given in Table 9 apply to the values of the personal dose indicated before and after the test. Before each test, the dosimeter indication shall be reset to zero.

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

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

Table 9 – Electromagnetic disturbance characteristics of dosimeters

Line	Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to	Frequency	Maximum permitted value for deviation, D_p , for whole rated range ^{a)}	Criterion ^{b)}	Sub-clause
1	Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 4 kV contact discharge	IEC 61000-4-2	10 disturbances per hour Interval between disturbances at least 10 s	$0,7 H_0$	B	11.2
2	Radiated electromagnetic fields, field strength and modulation	80 MHz to 2,7 GHz 0 V/m to 30 V/m (RMS, unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-3	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.3
3	Conducted disturbances induced by fast transients/burst, peak voltage	Line: 0 kV to ± 2 kV Signal: 0 kV to ± 1 kV 5/50 ns (t_r/t_h)	IEC 61000-4-4	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.4
4	Conducted disturbances induced by surges, peak voltage and rise time	0 kV to ± 2 kV non-sym. 0 kV to ± 1 kV sym. 1,2/50 (8/20) μ s (t_r/t_h)	IEC 61000-4-5	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.5
5	Conducted disturbances induced by radio-frequencies, frequency and voltage	150 kHz to 80 MHz 0 V to 10 V (RMS, unmodulated) 80 % AM (1 kHz)	IEC 61000-4-6	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.6
6	50 Hz (or 60 Hz as appropriate) magnetic field, field strength	0 A m ⁻¹ to 30 A m ⁻¹	IEC 61000-4-8	10 % of time	$0,7 H_0$	A	11.7
7	Voltage dips/short interruptions, duration	0 % for $\frac{1}{2}$ cycle 0 % for 1 cycle 70 % for 500 ms 0 % for 5 000 ms	IEC 61000-4-11	10 disturbances per hour	$0,7 H_0$	B	11.8
^{a)} H_0 is the lower limit of the effective range of measurement. ^{b)} See IEC 61000-6-2.							

11.2 Electrostatic discharge

11.2.1 Requirements

The deviation due to electrostatic discharge shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 discharges (see Table 9).

11.2.2 Method of test and interpretation of the results

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

The discharging shall be done using a suitable test generator as described in IEC 61000-4-2 at least ten times to those various external parts of the dosimeter which may be touched by the operator during a normal measurement, when the dosimeter is on and, if the ranges are selectable, set to its most sensitive range. The electrostatic discharge shall be performed as described in IEC 61000-4-2 with a voltage of 4 kV. When dosimeters with insulated surfaces are tested, the air discharge method with a voltage of 8 kV shall be used.

11.3 Radiated electromagnetic fields

11.3.1 Requirements

The deviation due to electromagnetic fields shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see 11.1 and Table 9).

11.3.2 Method of test and interpretation of the results

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

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

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

Perform tests at radiation frequencies 98 MHz, 202 MHz, 434 MHz, 550 MHz, 710 MHz, 873 MHz, 903 MHz, 915 MHz, 947 MHz, 1 472 MHz, 1 800 MHz, 1 890 MHz, 2 035 MHz, 2 150 MHz, 2 450 MHz with a field strength of 60 Vm^{-1} in one orientation only. At each frequency, the test shall be performed for 6 min or the result corrected for a 6 min measuring time. If any deviation greater than one-third of the limits given in Table 9 is observed at one of these given radiation frequencies, additional tests in the range of $\pm 5 \%$ around this frequency in steps of 1 % and with a field strength of 30 Vm^{-1} shall be carried out with the dosimeter oriented as described in IEC 61000-4-3.

11.4 Conducted disturbances induced by fast transients or bursts

11.4.1 Requirements

This requirement shall apply only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by fast transients or bursts shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 fast transients or bursts (see Table 9).

11.4.2 Method of test and interpretation of the results

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

Fast transients or bursts shall be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall be 5 kHz and the test duration shall not be less than one minute. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-4 with a peak voltage of $\pm 2 \text{ kV}$.

11.5 Conducted disturbances induced by surges

11.5.1 Requirements

This requirement shall apply only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by surges shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 surges (see Table 9).

11.5.2 Method of test and interpretation of the results

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

Pulses shall be applied to the mains supply terminals via a coupling/decoupling network, or equivalent equipment. The repetition rate shall not exceed once per minute. The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-5 with a voltage of ± 2 kV or ± 1 kV as given in Table 9.

11.6 Conducted disturbances induced by radio-frequencies

11.6.1 Requirements

This requirement shall apply only for dosimeters that have at least one conducting cable (for example, signal line) and for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to conducted disturbances induced by radio-frequencies shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the electromagnetic field (see 11.1 and Table 9).

11.6.2 Method of test and interpretation of the results

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

The disturbances shall be induced according to IEC 61000-4-6 and the voltage shall be 10 V in the frequency range of 150 kHz to 80 MHz in steps of 1 %, see Table 9.

11.7 50 Hz/60 Hz magnetic field

11.7.1 Requirements

The deviation due to 50 Hz (or 60 Hz as appropriate) magnetic field shall not exceed $0,7 H_0$ after 6 min (10 % of 1 h) of exposure to the magnetic field (see 11.1 and Table 9).

11.7.2 Method of test and interpretation of the results

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

The dosimeter shall be exposed to a continuous fields of 30 A m^{-1} at a frequency of 50 Hz (or 60 Hz as appropriate) according IEC 61000-4-8. The dose (rate) meter shall be exposed in three orthogonal orientations relative to the field lines.

11.8 Voltage dips and short interruptions

11.8.1 Requirements

This requirement is valid only for associated readout systems supplied from the mains. The deviation due to voltage dips and short interruptions shall not exceed $0,7 H_0$ after 10 voltage dips and short interruptions (see Table 9).

11.8.2 Method of test and interpretation of the results

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

The tests shall be performed as described in IEC 61000-4-11 with the reductions given in Table 9.

12 Mechanical performance, requirements and tests

12.1 General

Mechanical disturbance are regarded as influence quantities of type S.

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

12.2 Drop test

12.2.1 Requirements

The deviation due to 6 drops from heights of 1,0 m onto a concrete surface (IEC 60068-2-31) shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 10). These tests shall be made on each face of the dosimeter. The stored dose information shall not be lost by these drops. The physical condition of dosimeters shall not be affected by these drops (for example, solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose). Limited cosmetic case damage is acceptable, as is the replacement of parts, such as the clip, where approved by the manufacturer.

Table 10 – Mechanical disturbances characteristics of dosimeters

Line	Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Maximum permitted value for deviation, D_p , for whole rated range ^{a)}	Sub-clause
1	Drop on surface	1,0 m onto concrete surface (IEC 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.2
2	Vibration	spectral density of $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz	$0,7 H_0$	12.3
3	Microphonics	60 times 0,1 m onto steel surface (IEC 60068-2-31)	$0,7 H_0$	12.4

^{a)} H_0 is the lower limit of the effective range of measurement.

12.2.2 Method of test and interpretation of the results

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display before and after the test.

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

After the test, the dosimeter shall be inspected, the physical condition documented and it shall be working properly: Where a dosimeter operates a self-test process on switch on, where alarm operation, display operation etc. is demonstrated, that self-test shall be performed satisfactorily. A measurement of radiation response shall be repeated and the change in response shall be less than 5 %. Alarm function shall also be checked, if no self-test is available. The dosimeter shall also be shaken and any rattling heard shall constitute a failure of this test unless it can be demonstrated that it is of no operational significance.

12.3 Vibration test

12.3.1 Requirements

The deviation due to vibration shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 10) for a spectral density of $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz applied for 15 min in each of three orthogonal directions. The stored dose information shall not be lost by the vibration. The physical condition of dosimeters shall not be affected by this vibration (for example, solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose). Limited cosmetic case damage is acceptable, as is the replacement of parts, such as the clip, where approved by the manufacturer.

12.3.2 Method of test and interpretation of the results

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display before and after the test.

The dosimeter shall be subjected to a random vibration at a spectral density of $0,01 \text{ g}^2 \cdot \text{Hz}^{-1}$ with endpoints of 5 Hz and 500 Hz applied for 15 min in each of three orthogonal directions. After each 1 h vibration interval, the dosimeter reading shall be determined.

After the test, the dosimeter shall be inspected and the physical condition documented and it shall be working properly: Where a dosimeter operates a self-test process on switch on, where alarm operation, display operation, etc., is demonstrated, that self-test shall be performed satisfactorily. Where this function is not available, a measurement of radiation response shall be repeated and the change in response shall be less than 5 %. Alarm function shall also be checked. The dosimeter shall also be shaken and any rattling heard shall constitute a failure of this test, unless it can be demonstrated that it is of no operational significance.

12.4 Microphonics test

12.4.1 Requirements

The deviation due to microphonics shall not exceed $0,7 H_0$ (see Table 10), if the dosimeter is subjected to 60 repeated shocks, each shock corresponding to a drop from a height of 10 cm, on to a hard steel surface. The stored dose information shall not be lost by the drops. The physical condition of dosimeters shall not be affected by these drops (for example, solder joints shall hold, nuts and bolts shall not come loose). Limited cosmetic case damage is acceptable, as is the replacement of parts, such as the clip, where approved by the manufacturer.

12.4.2 Method of test and interpretation of the results

Compliance with this performance requirement shall be checked by observing and recording the indications of the display before and after the test.

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

After the test, the dosimeter shall be inspected and the physical condition documented. Where a dosimeter operates a self-test process on switch on, where alarm operation, display operation etc. is demonstrated, that self-test shall be performed satisfactorily. Where this function is not available, a measurement of radiation response shall be repeated and the change in response shall be less than 5 %. Alarm function shall also be checked. The dosimeter shall also be shaken and any rattling heard shall constitute a failure of this test unless it can be demonstrated that it is of no operational significance.

13 Software

13.1 General

The final version of the software (firmware) shall be available at the beginning of the type test, as a majority of the software test is indirectly covered by the metrological test. For that reason, a change of the data-relevant part of the software after the type test is not permitted. The data-relevant part contains all the functions necessary to control the detector(s) or reader and to evaluate, store and display the indicated values. These requirements aim at this data-relevant part.

NOTE 1 The following requirements are based on the software guide 7.2 of the European cooperation in legal metrology (WELMEC) and are implementing risk class C of guide 7.2. The WELMEC guide can serve as additional information, however, only the requirements given in this Clause 13 are relevant.

NOTE 2 If the software or firmware is not separated, the whole software is the data-relevant part.

The requirements shall prevent any unintended modification of the software or of the data. In addition, any intended modification of the software or of the data with the aid of simple tools (e.g. a text editor) shall be prevented. The requirements depend on the platform the software runs on: built-for-purpose measuring instrument or universal computer.

- a) either dosimeters and / or readers which form a built-for-purpose measuring instrument (type P), i.e., a measuring instrument designed and built specially for the task of the dose measurement; accordingly, the entire application software is constructed for the measuring purpose;
- b) or dosimeters and / or readers which form a measuring instrument using a universal device (type U), i.e., a measuring instrument that comprises a general-purpose computer, usually a PC-based system, for performing legally relevant functions; a type U system is assumed if the conditions of a built-for-purpose measuring instrument (type P) are not fulfilled.

For details regarding type P and type U devices, see WELMEC guide 7.2.

The software of a dosimeter and the software of its associated reader shall be tested separately.

NOTE 3 For stand-alone dosimeters, the software is usually of type P (built-for-purpose measuring instrument).

NOTE 4 For dosimeters with a reader, the software of the dosimeter is usually of type P (built-for-purpose measuring instrument), while the software of the associated reader may be of type P (built-for-purpose measuring instrument) or type U (measuring instrument using a universal device).

For the software running on dosimeters, some tests are performed with readers.

For built-for-purpose measuring instruments the possibilities for practical tests are limited and evaluation is based more on their documentation for compliance.

At most, one indicated value may be lost due to any change of the software or data.

The requirements are to be applied only when the dosimeter is used for official purposes, for example, legally required personal monitoring.

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

Testing of the data-relevant part of the software can be a very complex matter. However, it shall not dominate the testing-time. Therefore, a large amount of responsibility is handed over to the manufacturer by using their documentation, see 13.10, to perform the tests. Nevertheless, a few simple practical tests are made to make sure that the functionality is as documented.

13.2 Design and structure of the software

13.2.1 Requirements

The software (firmware) relevant for dose assessment (data-relevant part) shall be designed in such a way that it is not affected by other software running on the system or device 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 "data-relevant part" and 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".

13.2.2 Method of test

Documentation: The measures described to protect the software (firmware) shall be plausible, taking into account the platform the software runs on, e.g. built-for-purpose measuring instrument or universal computer.

Practical test for universal computers of dosimeters and / or readers: Make sure that the software is an executable file. In case of software separation, see the note to 13.2.1, the different software parts shall be separate files (for example dynamic link libraries (DLLs)).

Practical test for build-for-purpose dosimeters and / or readers: Check if other than the data-relevant software is running on the device – the effect of that software on the data-relevant part shall be documented.

13.3 Identification of the software

13.3.1 Requirements

The "data-relevant part" of the software (see 13.2.1) shall have an identification. It shall be possible to display this identification. This identification can be compared with the one given in the test record or in the user instructions. The identification shall automatically change in case the software is changed (a simple version number is not sufficient).

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

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

NOTE 3 In case of a build-for-purpose device the identification might be computed over the whole firmware and displayed on request, e.g. in a menu.

13.3.2 Method of test

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

Practical test for universal computers of dosimeters and / or readers: 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.

Practical test for the software running on build-for-purpose dosimeters and / or readers: Make sure that the identifications can be displayed as described in the instruction manual and that they are identical to the ones given in the instruction manual. If a dosimeter does not have a way to display the identifications, it shall be possible to have it displayed on the display of the reader.

13.4 Authenticity of the software and the presentation of results

13.4.1 Requirements

Protection shall cover both, unintentional actions (inadvertent wrong operation) and intended actions (manipulation) by means simple tools. 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.

This requirement is to prevent the dosimeter from being operated with software other than the type tested version.

NOTE One possible technical solution is:

The program code is an executable format (.exe). During start-up of the software or the device, a digital signature is checked. 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.

For build-for-purpose devices this check might be realized by performing a check of the checksum of the firmware against a stored reference value.

13.4.2 Method of test

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

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

Practical test for build-for-purpose dosimeters and / or readers: Try to modify the software by interfaces available, e.g. USB. It shall not be possible to change the software by interfaces. Judge through visual check that additional information on the display cannot be confused with the information belonging to the relevant measurement data and that all relevant data are presented.

13.5 Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions

13.5.1 Requirements

When abnormal operating conditions occur in system components, the operation of the dosimeter or 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, detector voltage failures. For hybrid dosimeters without alerting device the corresponding alarm shall be provided by its associated reader.

In case an indicated value does not fulfil the requirements of this document due to the abnormal operating conditions, this value shall be accompanied by an error message.

13.5.2 Method of test

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

13.6 Control of instrument parameters

13.6.1 Requirements

It shall not be possible for the user to modify the instrument parameters used for the determination of the indicated value without breaking a seal (hardware or software), e.g. the calibration coefficient can only be changed by activating a sealed switch. After a change all indicated values shall be marked that they cannot be used as legally relevant data.

Documentation: The method to detect changes in the instrument parameters shall be plausible.

13.6.2 Method of test

Practical test: Try to change some instrument parameters. If a change is possible without an error message, the requirement is not met.

13.7 Storage of measurement data

13.7.1 Requirements

These requirements are to be applied only when the stored dose values are used for official purposes, for example, legally required personal monitoring and if a storage (archive) is available.

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 measurement and the indicated value. The viewer for the stored measurements is a "data-relevant program", see 13.2.1. This software shall not use (for example, display or print) changed data. In addition, the long-term storage shall have a capacity which is sufficient for the intended purpose. The data shall be protected against loss.

NOTE 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 digital signature. The viewing program reads the stored data and checks its digital signature. 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 in two independent storage regions in the device.

13.7.2 Method of test

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

Practical tests:

- a) Make sure that all relevant data necessary to reconstruct the measurement are stored directly after a measurement and that there is no button or menu item to interrupt or disable the automatic storing.
- b) Try to modify instrument parameters or indicated values via the software itself. If this is possible without specific knowledge, for example a password or details of the software structure, the requirement is not met.
- c) Universal computer only: Open a data file with the aid of an editor and modify single bits, then close the file. If the software of the dosimeter still reads the data file and delivers the modified value, then the requirement is not met.

- d) Try to delete data from the storage using the standard command of the operating system. If this is possible without a warning or without specific knowledge, for example a password or details of the software structure, the requirement is not met.
- e) Check that a warning is given and the measurement stops in case the storage is full or removed.

For long term storage of data, it is necessary to consider the limited time (for example a few years) typical storage can hold data.

13.8 Transmission of data

13.8.1 Requirements

In case data are transmitted from one device to another (e.g. 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, shall make sure that the received data are authentic. That means it shall be recognized if the data comes from a device other than expected. In case a data set is transmitted incorrectly (despite the transmission protocol attempts to repeat the transmission until it succeeded) the data set shall not be used.

NOTE One possible technical solution is:

All transmitted data are combined in well-defined data sets including date and time of the generation of the data set, a running number, an identification of the transmitting part, for example serial number of the dosimeter, and the relevant data. The whole data set is protected by a digital signature. The dosimeter 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 duplicated) 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.

13.8.2 Method of test

Documentation: All information to trace back to the measurement and for further processing of measurement data shall be contained in the data set. If a digital signature is used, the software to receive the data shall check the validity. Secret data (for example key initial value if used) shall be kept secret against unintended access with simple tools (hacking). Check that data are digitally signed to ensure their proper identification and authentication.

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

13.9 Hardware interfaces and software interfaces

13.9.1 Requirements

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

NOTE 1 In principle it is possible to circumvent a software interface. This can usually be excluded by software separation, see Note to 13.2.1, when the data-relevant part of the software is realized in a separate binary file.

NOTE 2 One possible technical solution is:

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

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

13.9.2 Method of test

Documentation: The list of commands and parameters that are accepted by the hardware interfaces and software interfaces shall apparently be complete.

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 dosimeter for operating the interface via an additional computer, for some of the commands that are available it shall be checked that the dosimeter works as documented. In addition, some other commands shall be given. In case the dosimeter is affected by this, the requirement is not met.

13.10 Documentation for the software test

13.10.1 Requirements

- a) Documentation in the instruction manual: All dosimetric relevant parts, menus and submenus of the software including the viewing program to read and display stored data shall be described in the instruction manual, see Clause 16.
- b) Documentation for the type test: In addition to the documentation in the manual, the following information shall be given by the manufacturer for the purpose of type testing:
 - a description of the structure of the software including the data-relevant software functions and the meaning of data; in case of software separation a description of the software interface; the measures to protect the software; see 13.2;
 - the method to evaluate the identification; see 13.3;
 - the measures to prevent any change of the software and of the presented data and how their authenticity is guaranteed; see 13.4;
 - the measures to recognize faulty operation; see 13.5;
 - a list of all relevant parameters, their ranges and nominal values, the method to prevent or detect change; see 13.6;
 - the way of storing the data automatically; a description of all fields of a data set; the method used for ensuring their authenticity; the management of exceptional cases when storing data (for example full storage); the method of the viewing program to detect corruptions; the measures to prevent any change or loss of the stored data; see 13.7;
 - the way of transmitting the data; a description of all fields of a data set; the method used for ensuring their authenticity; the management of exceptional cases when transmitting data (for example cable disconnected); the measures to prevent any change, loss of or addition to transmitted data; see 13.8;
 - a description of the software interface, especially which data domains realize the interface; a complete list of commands and parameters that are accepted by the hardware interfaces and software interfaces, including a declaration of completeness of this list and a brief description of each command; see 13.9;
 - the necessary characteristics of the operating system and of the hardware of the device;
 - an overview of the security aspects of the operating system, for example, protection, user accounts, or privileges if applicable.

On the manufacturer's request, this information shall be treated as confidential and only be used by the testing laboratory for the purpose of type testing.

13.10.2 Method of test

Documentation: Check that all documentation required in 13.10.1 is completely given and fulfils its purpose.

Practical tests: By using the software during the type test many menus will be used. All of them shall be documented in the instruction manual. The rest of the menus shall be checked by "experimenting" with the running software and comparing the corresponding parts of the instruction manual. If all of the menus found in the software and in the instruction manual do not compare exactly, the requirement is not met.

14 Uncertainty

The uncertainty of a dose value measured with a dosimeter in compliance with this document can be calculated without further test measurements, see IEC TR 62461. The uncertainty depends on the workplace conditions and the knowledge about them. The largest uncertainty is obtained if the only knowledge of the workplace conditions is that they are within the rated ranges of all influence quantities. A further necessary assumption is, that the calibration conditions (for example, on the ISO water slab phantom) are representative for the conditions of use. In that case, the model function given by the manufacturer (see 9.11) together with the obtained values for the variation of the relative response and the deviations will directly lead to the uncertainty.

All uncertainty calculations shall be performed according to ISO/IEC Guide 98-3 and IEC TR 62461.

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

15 Documentation

15.1 Type test report

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

15.2 Certificate

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

- manufacturer's name or registered trade mark; type of dosimeter and serial number;
- statement that this equipment is tested in accordance with this document and that the requirements are fulfilled;
- detector type or types;
- measurement quantity;
- types of radiation the dosimeter is intended to measure;
- effective dose range of measurement;
- reference point of the dosimeter and the calibration direction for calibration purposes and reference orientation relative to radiation sources and reference orientation with respect to the wearer;
- location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors;
- specified reference conditions for determining the reference calibration coefficient and its reciprocal, the reference response;
- rated ranges of use for all influence quantities (for example, radiation energy and angle of incidence, temperature) together with the corresponding results of the type test (for example, response as a function of radiation energy and angle of incidence for all types of radiation intended to be measured);
- indication due to radiation types not intended to measure (see 6.7)
- maximum possible measuring time, $t_{\max}$ (see 9.3.6);

- indication due to zero effect and natural environmental radiation and the method to determine it (see 6.8 and 9.3.2);
- maximum dose rate for dose measurements (see 9.3.2);
- mass and dimensions of dosimeter;
- power supply requirements;
- model function for the measured value of the dosimeter, see 9.11.

16 Operation and maintenance manual

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

- schematic electrical diagrams including spare parts list;
- operational details, maintenance and calibration procedures;
- information on reference point and reference direction,
- maximum possible measuring time, $t_{\max}$ (see 9.3.6),
- power supply requirements,
- range for environmental conditions (temperature, humidity),
- necessary waiting time before battery removal to avoid data loss,
- method of retention of stored dose information.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61526:2024

Annex A (normative)

Statistical fluctuations

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61526:2024

Table A.1 – Number of instrument readings required to detect true differences (95 % level of confidence) between two sets of instrument readings on the same instrument¹

Percentage difference between true value and obtained values	Coefficient of variation specified by manufacturer	Number of readings required to get percentage difference
	%	
5	0,5	1
5	1,0	1
5	2,0	4
5	3,0	9
5	4,0	16
5	5,0	25
5	7,5	56
5	10,0	99
5	12,5	154
5	15,0	223
5	20,0	396
10	0,5	1
10	1,0	1
10	2,0	1
10	3,0	3
10	4,0	4
10	5,0	6
10	7,5	14
10	10,0	24
10	12,5	37
10	15,0	53
10	20,0	94
15	0,5	1
15	1,0	1
15	2,0	1
15	3,0	1
15	4,0	2
15	5,0	3
15	7,5	6
15	10,0	10
15	12,5	16
15	15,0	23
15	20,0	40
20	0,5	1
20	1,0	1
20	2,0	1
20	3,0	1
20	4,0	1
20	5,0	2
20	7,5	3
20	10,0	6
20	12,5	9
20	15,0	12
20	20,0	21
NOTE This table is derived under the assumption that the probability of saying that there is a difference when there is no true difference and the probability of saying that there is no difference when there is a true difference are both equal to 0,05.		

¹ Information taken from the American standard ANSI N42.17A.D8.

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

B.2 Coverage interval for the mean, $\bar{x}$

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

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

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

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

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

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

n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$	n	t_{n-1}	$\frac{t_{n-1}}{\sqrt{n}}$
2	12,71	8,98	15	2,14	0,554
3	4,30	2,48	20	2,09	0,468
4	3,18	1,59	24	2,06	0,410
5	2,78	1,24	25	2,06	0,413
6	2,57	1,05	30	2,05	0,373
7	2,45	0,925	40	2,02	0,320
8	2,36	0,836	60	2,00	0,258
9	2,31	0,769	120	1,98	0,181
10	2,26	0,715	∞	1,96	$1,96/\sqrt{n}$

B.3 Coverage 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 coverage intervals U_i ($i = 1..w$) to be given; the U_i are calculated according to formula (B.3). Let $\bar{x}$ be a combined quantity from these w mean values:

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

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

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

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

Suppose group 1 of $n = 10$ dosimeters was irradiated to a conventional quantity 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 $\left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \frac{C_{r,0}}{C_1}$ results in $0,940 \pm 0,049$ representing the coverage interval of the relative response at a level of confidence 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 $r = 0,940$.

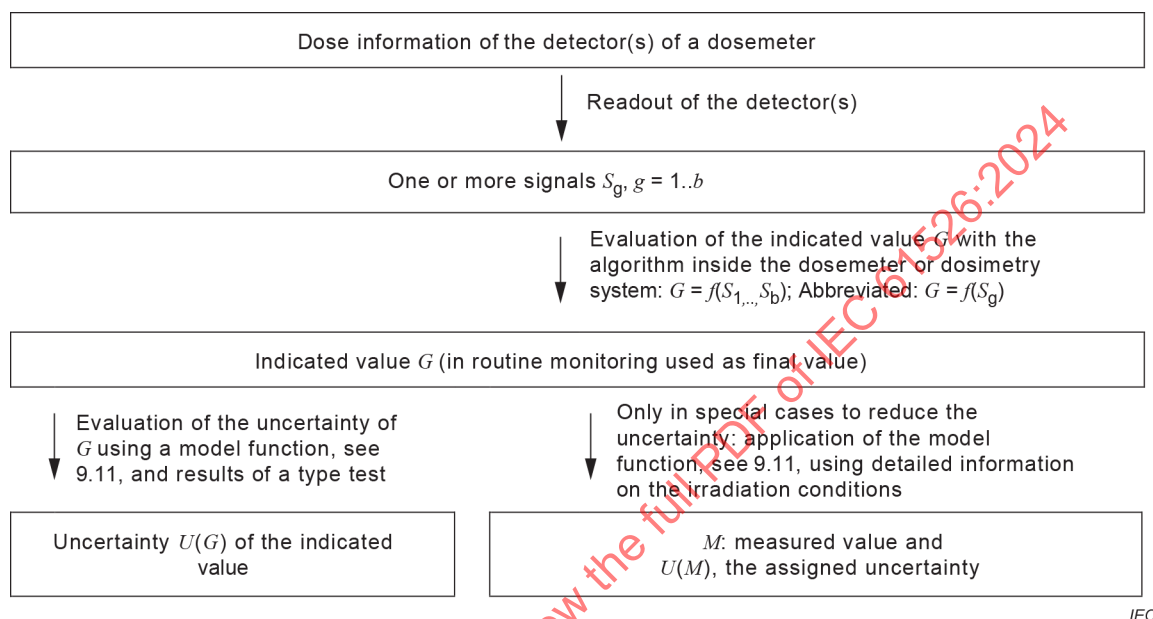
Assume, that the relative response is allowed to be between 0,91 and 1,11. Assuming the expanded uncertainties of the conventional quantity values C_1 and $C_{r,0}$ to be $U_{C,\text{rel}; r,0} = 2,5$ % and $U_{C,\text{rel}; 1} = 2,5$ %, respectively, leads to $U_{C,\text{com}} = \sqrt{U_{C,\text{rel};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

In conclusion, the inequation $0,91 - U_{C,\text{com}} \leq \left(\frac{\bar{G}_1}{\bar{G}_{r,0}} \pm U_{\text{com}} \right) \cdot \frac{C_{r,0}}{C_1} \leq 1,11 + U_{C,\text{com}}$ becomes $0,87 \leq 0,89.. 0,99 \leq 1,15$ and is fulfilled. This test is passed.

Annex C (informative)

Causal connection between readout signals, indicated value and measured value

The causal connection between (readout) signal(s), indicated value and the measured value is shown in Figure C.1.



IEC

Figure C.1 – Data evaluation in dosimetry systems

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

This information is read out or recorded and the reader generates one or more signals, e.g. counting for silicon diode based dosimeters, called S_1 : $b = 1$. In the case $b > 1$, this indicates that more than one signal can be present from one dosimeter.

Using this signal as a basis, the dosimeter electronics or (e.g. for some hybrid dosimeter) the dosimetry system (computer or readout device) evaluates the value that will be indicated. To determine this indicated value G from the signal(s), a number of steps are automatically done. Examples for these steps are the application of corrections for the detector sensitivity and e.g. reader calibration and the application of a computer algorithm for combining more than one signal. These steps are summarized in the function $f(S_g)$ (see 9.11). In routine monitoring, the indicated value G is used as the final result. In other words: the instrument constant, c_i , is unity. 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 9.11) and further information, for example results of a type test according to this document.

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 9.11). 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 D (informative)

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

The easiest way to determine the rated range of radiation energy is to measure the (absolute) response values for all energies and angles of incidence for all radiation qualities within the anticipated rated range. Special care shall be taken at large polar angles of incidence, because the response might also depend on the azimuth angle. Then the relative response values are determined by dividing all these (absolute) response values by the value of the (absolute) response for the reference energy and 0° radiation incidence. If all relative response values are within the allowed limits then the anticipated rated range can be stated as rated range of the dosimeter.

This rated range may not be the maximum possible rated range, because even lower or higher energies may fulfil the requirements and thus larger rated ranges may be possible. In addition, especially for neutron dosimeters, a change of the reference energy may lead to a larger rated range. A better and more direct way to determine the maximum rated range, especially for photon radiation, is given in the following.

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

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

For both radiation qualities used in the test, all measured relative response values are plotted as a function of (mean) energy. Each two relative response values belonging together shall be connected by a straight line. The minimum rated energy is that energy above which all straight lines are between the allowed limits.

- c) The energy on the high energy side of the plot measured in a) is determined where the relative response leaves (the first time) the allowed interval. For the radiation quality with the next lower (mean) energy, the relative response values are measured for angles of incidence of $\alpha = \pm 45^\circ$ and $\alpha = \pm 60^\circ$ and if the rated range of use exceeds 0° to $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\max}$. These measurements shall be performed in two perpendicular planes containing the reference direction through the reference point of the dosimeter. If, for this radiation quality, all relative response values are in the allowed interval, the procedure has to be repeated with the radiation exhibiting the next higher (mean) energy. Otherwise, the radiation quality with the next lower mean energy shall be used. With a procedure similar to that given in b), the maximum rated energy is determined.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61526:2024

Annex E (informative)

Computational method of test for mixed irradiations

In Figure E.1 a flow chart of a program performing the method of test according to 8.2 is shown. The following notations are valid:

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

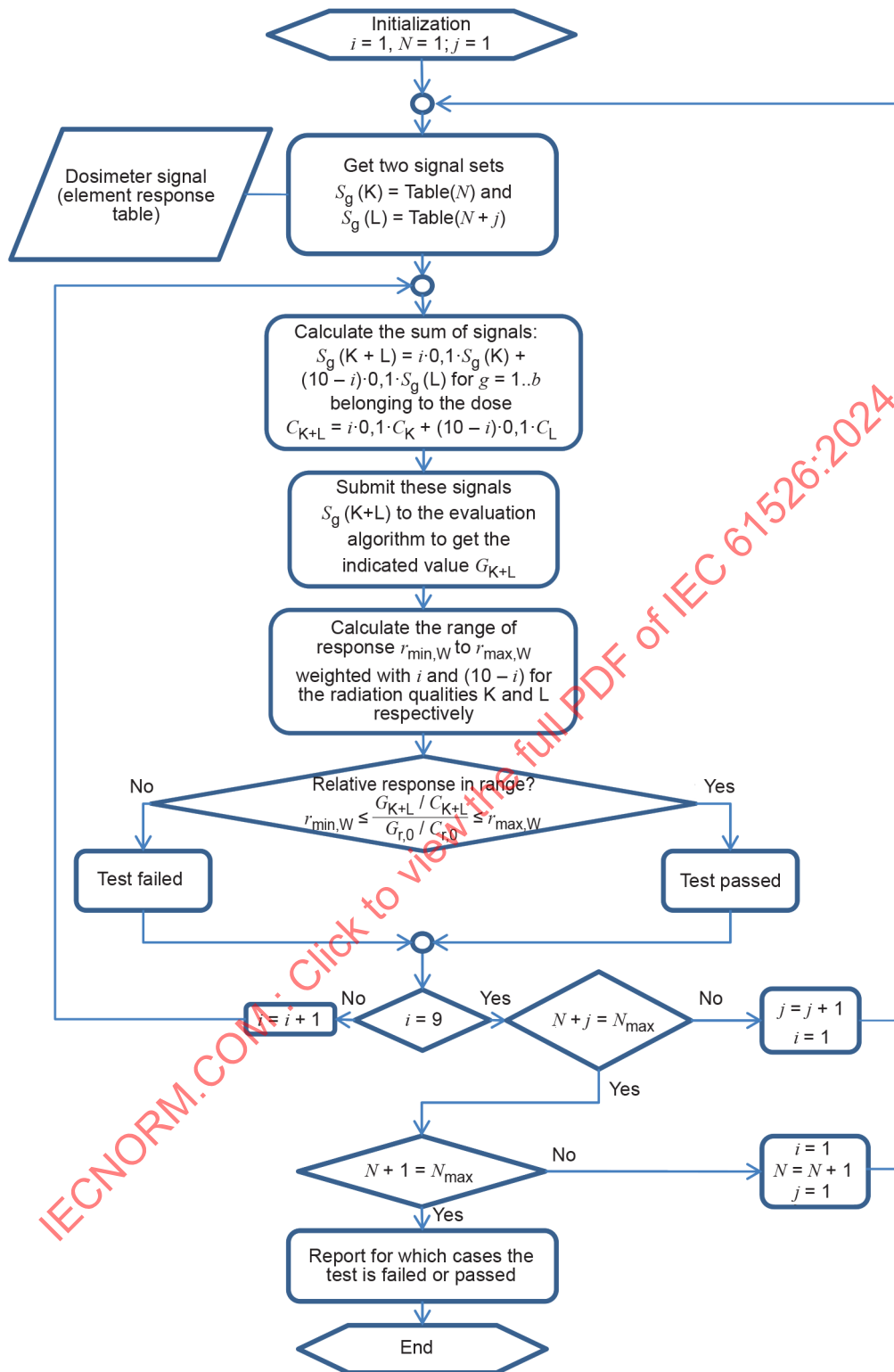
An example of a dosimeter signal table is given in Table E.1.

Table E.1 – Example of dosimeter response table and range limits

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

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

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



IEC

Figure E.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 8.2

Bibliography

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

IEC 60050-151:2001/AMD1:2013

IEC 60050-151:2001/AMD2:2014

IEC 60050-151:2001/AMD3:2019

IEC 60050-151:2001/AMD4:2020

IEC 60050-151:2001/AMD5:2021

IEC 60050-300:2001, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 300: 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 60050-300:2001/AMD1:2015

IEC 60050-300:2001/AMD2:2016

IEC 60050-300:2001/AMD3:2017

IEC 60050-300:2001/AMD4:2020

IEC 60532, *Radiation protection instrumentation – Installed dose rate meters, warning assemblies and monitors – X and gamma radiation of energy between 50 keV and 7 MeV*

IEC 60846-1, *Radiation protection instrumentation – Ambient and/or directional dose equivalent (rate) meters and/or monitors for beta, X and gamma radiation – Part 1: Portable workplace and environmental meters and monitors*

IEC 61017, *Radiation protection instrumentation – Transportable, mobile or installed equipment to measure photon radiation for environmental monitoring*

IEC 62706, *Radiation protection instrumentation – Recommended climatic, electromagnetic and mechanical performance requirements and methods of tests*

IEC TS 62743:2012, *Radiation protection instrumentation – Electronic counting dosimeters for pulsed fields of ionizing radiation*

IEC TS 63050, *Radiation protection instrumentation – Dosimeters for pulsed fields of ionizing radiation*

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

ISO 29661:2012, *Reference radiation fields for radiation protection – Definitions and fundamental concepts*

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

WELMEC European cooperation in legal metrology, WELMEC 7.2: Software Guide (Measuring Instruments Directive 2014/32/EU), available for download at www.welmec.org

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61526:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	87
INTRODUCTION.....	89
1 Domaine d'application	90
2 Références normatives	91
3 Termes et définitions	93
4 Unités et symboles	101
4.1 Unités	101
4.2 Symboles	101
5 Caractéristiques mécaniques	103
5.1 Boîtier	103
5.2 Boutons de commutation	104
6 Caractéristiques générales	104
6.1 Stockage des informations de dose	104
6.2 Indication	104
6.3 Marquages sur le dosimètre	104
6.4 Rétention de contamination radioactive	104
6.5 Plages de doses et de débits de dose	105
6.6 Plage assignée d'une grandeur d'influence	105
6.7 Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer et utilisation de plusieurs dosimètres	105
6.8 Bruit de fond intrinsèque et naturel de l'instrument	105
6.9 Alarmes de dose ou de débit de dose	106
6.9.1 Généralités	106
6.9.2 Alarmes de dose	106
6.9.3 Alarmes de débit de dose	106
6.9.4 Signal d'alarme	106
6.10 Indication de dysfonctionnement	106
6.11 Affectation de la valeur de dose au dosimètre	107
6.12 Algorithme pour évaluer la valeur indiquée	107
7 Procédures d'essai générales	107
7.1 Nature des essais	107
7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai	107
7.3 Essais pour les grandeurs d'influence de type F	108
7.4 Essais pour les grandeurs d'influence de type S	109
7.5 Fantôme utilisé pour les essais	109
7.6 Position du dispositif de détection lors des essais	109
7.7 Position du dosimètre pendant son utilisation	109
7.8 Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	110
7.9 Débits de dose faibles	110
7.10 Fluctuations statistiques	110
7.11 Production de rayonnement de référence	110
8 Additivité des valeurs indiquées	110
8.1 Exigences	110
8.2 Méthode d'essai	111
8.2.1 Généralités	111
8.2.2 Préparation de l'essai	111

8.2.3	Essai pratique.....	112
8.3	Interprétation des résultats	112
9	Exigences de performances sous rayonnement et essais	113
9.1	Généralités	113
9.2	Considération relative à l'incertitude de la valeur conventionnelle d'une grandeur	113
9.3	Constance de la réponse de dose, dépendance vis-à-vis du débit de dose et fluctuations statistiques.....	113
9.3.1	Généralités	113
9.3.2	Exigences.....	114
9.3.3	Méthode d'essai avec des sources de rayonnement	120
9.3.4	Interprétation des résultats de l'essai avec des sources de rayonnement.....	121
9.3.5	Méthode d'essai pour des dosimètres photon qui utilisent le rayonnement naturel.....	122
9.3.6	Interprétation des résultats de l'essai avec le rayonnement naturel.....	122
9.4	Variation de la réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement photon	123
9.4.1	Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$	123
9.4.2	Grandeur de mesure $H_p(3)$ ou $\dot{H}_p(3)$	123
9.4.3	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	124
9.5	Variation de la réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement neutron	125
9.5.1	Généralités	125
9.5.2	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	125
9.6	Variation de la réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta	126
9.6.1	Généralités	126
9.6.2	Grandeur de mesure $H_p(0,07)$ ou $\dot{H}_p(0,07)$	126
9.6.3	Grandeur de mesure $H_p(3)$ ou $\dot{H}_p(3)$	127
9.6.4	Grandeur de mesure $H_p(10)$ ou $\dot{H}_p(10)$	128
9.7	Surindication due à un incident de rayonnement de côté d'un dosimètre $H_p(10)$, $H_p(3)$ ou $H_p(0,07)$	128
9.7.1	Exigences.....	128
9.7.2	Méthode d'essai	129
9.7.3	Interprétation des résultats	129
9.8	Conservation de la lecture de dose	129
9.8.1	Généralités	129
9.8.2	Exigences.....	129
9.8.3	Méthode d'essai et interprétation des résultats	130
9.9	Caractéristiques de surcharge	130
9.9.1	Généralités	130
9.9.2	Exigences.....	130
9.9.3	Méthode d'essai et interprétation des résultats	130
9.10	Alarme	131
9.10.1	Généralités	131
9.10.2	Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et pour l'alarme correspondante.....	131
9.10.3	Exactitude de l'alarme de dose	132
9.10.4	Exactitude de l'alarme de débit de dose.....	133

9.11	Fonction modèle	133
10	Exigences de performances électriques et environnementales et essais.....	133
10.1	Généralités	133
10.2	Sources d'alimentation.....	134
10.2.1	Exigences générales	134
10.2.2	Exigences pour les piles	134
10.2.3	Exigences pour les batteries.....	135
10.2.4	Méthodes d'essai et interprétation des résultats (piles et batteries)	135
10.3	Température ambiante.....	136
10.3.1	Exigences.....	136
10.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	136
10.4	Humidité relative.....	137
10.4.1	Exigences.....	137
10.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	137
10.5	Pression atmosphérique.....	138
10.6	Étanchéité	138
10.7	Stockage.....	138
10.8	Exposition à la lumière.....	138
10.8.1	Généralités	138
10.8.2	Exigences.....	138
10.8.3	Interprétation des résultats	139
10.9	Accumulation de dose, effacement et auto-irradiation (dosimètres hybrides).....	139
11	Exigences de performances électromagnétiques et essais	140
11.1	Généralités	140
11.2	Décharge électrostatique	141
11.2.1	Exigences.....	141
11.2.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	141
11.3	Champs électromagnétiques émis.....	142
11.3.1	Exigences.....	142
11.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	142
11.4	Perturbations conduites induites par les transitoires rapides ou les salves.....	142
11.4.1	Exigences.....	142
11.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	142
11.5	Perturbations conduites induites par les ondes de choc	143
11.5.1	Exigences.....	143
11.5.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	143
11.6	Perturbations conduites induites par les fréquences radioélectriques.....	143
11.6.1	Exigences.....	143
11.6.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	143
11.7	Champ magnétique à 50 Hz/60 Hz.....	143
11.7.1	Exigences.....	143
11.7.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	143
11.8	Creux de tension et coupures brèves	144
11.8.1	Exigences.....	144
11.8.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	144
12	Performances mécaniques, exigences et essais	144
12.1	Généralités	144
12.2	Essai de chute	144
12.2.1	Exigences.....	144

12.2.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	144
12.3	Essai de vibrations.....	145
12.3.1	Exigences.....	145
12.3.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	145
12.4	Essai microphonique.....	145
12.4.1	Exigences.....	145
12.4.2	Méthode d'essai et interprétation des résultats	145
13	Logiciel.....	146
13.1	Généralités	146
13.2	Conception et structure du logiciel	147
13.2.1	Exigences.....	147
13.2.2	Méthode d'essai	147
13.3	Identification du logiciel	147
13.3.1	Exigences.....	147
13.3.2	Méthode d'essai	148
13.4	Authenticité du logiciel et présentation des résultats	148
13.4.1	Exigences.....	148
13.4.2	Méthode d'essai	148
13.5	Alarme et arrêt du fonctionnement du système en conditions de fonctionnement anormales	149
13.5.1	Exigences.....	149
13.5.2	Méthode d'essai	149
13.6	Contrôle des paramètres de l'instrument.....	149
13.6.1	Exigences.....	149
13.6.2	Méthode d'essai	149
13.7	Stockage des données de mesure	149
13.7.1	Exigences.....	149
13.7.2	Méthode d'essai	150
13.8	Transmission des données.....	150
13.8.1	Exigences.....	150
13.8.2	Méthode d'essai	151
13.9	Interfaces matérielles et interfaces logicielles	151
13.9.1	Exigences.....	151
13.9.2	Méthode d'essai	151
13.10	Documentation pour l'essai logiciel	152
13.10.1	Exigences.....	152
13.10.2	Méthode d'essai	152
14	Incertitude	153
15	Documentation	153
15.1	Rapport d'essai de type	153
15.2	Certificat	153
16	Manuel d'utilisation et de maintenance	154
Annexe A (normative)	Fluctuations statistiques.....	155
Annexe B (normative)	Intervalles d'élargissement.....	157
B.1	Généralités	157
B.2	Intervalle d'élargissement pour la moyenne $\bar{x}$	158
B.3	Intervalle d'élargissement pour une grandeur combinée	158

Annexe C (informative) Lien de causalité entre les signaux de lecture, la valeur indiquée et la valeur mesurée	160
Annexe D (informative) Procédure pour déterminer la variation de la réponse relative due à l'énergie et à l'angle d'incidence du rayonnement	162
Annexe E (informative) Méthode d'essai de calcul pour les irradiations mixtes	164
Bibliographie	166
Figure B.1 – Essai pour l'intervalle d'élargissement	157
Figure C.1 – Évaluation des données dans les systèmes dosimétriques	160
Figure E.1 – Organigramme d'un programme numérique qui réalise des essais conformément au 8.2	165
Tableau 1 – Symboles et abréviations	101
Tableau 2 – Conditions de référence et conditions normales d'essai	108
Tableau 3 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	114
Tableau 4 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(3)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	115
Tableau 5 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma	117
Tableau 6 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(10)$ pour les rayonnements neutron	119
Tableau 7 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w différentes valeurs de dose et n indications pour chaque valeur de dose	122
Tableau 8 – Caractéristiques électriques et environnementales des dosimètres	139
Tableau 9 – Caractéristiques des dosimètres relatives aux perturbations électromagnétiques	141
Tableau 10 – Caractéristiques des dosimètres relatives aux perturbations mécaniques	144
Tableau A.1 – Nombre de lectures exigé pour démontrer une réelle différence (niveau de confiance de 95 %) entre deux séries de lectures effectuées sur le même instrument	156
Tableau B.1 – Valeur t de Student pour un intervalle d'élargissement double face de 95 %	158
Tableau E.1 – Exemple de tableau de réponse du dosimètre et limites de plages	164

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
MESURE DES ÉQUIVALENTS DE DOSE INDIVIDUELS POUR
LES RAYONNEMENTS X, GAMMA, NEUTRON ET BÊTA –
DOSIMÈTRES INDIVIDUELS ACTIFS**

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 61526 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition parue en 2010. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) modification du titre;
- b) introduction de la grandeur de mesure pour la dose dans le cristallin de l'œil, $H_p(3)$;
- c) introduction de la grandeur de mesure pour la dose dans la peau et les extrémités, $H_p(0,07)$;
- d) introduction des dosimètres qui relèvent des catégories de dosimètres actifs et passifs: les "dosimètres hybrides";
- e) introduction des exigences relatives au logiciel;
- f) harmonisation des exigences de linéarité par rapport à l'IEC 62387;
- g) révision des exigences de réponse à l'énergie des neutrons.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
45B/1047/FDIS	45B/1049/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

Le présent document s'applique aux moniteurs et aux dosimètres individuels (à lecture directe ou $H_p(10)$, $H_p(3)$ et $H_p(0,07)$) pour les rayonnements X, gamma, neutron et bêta.

Pour l'équivalent de dose individuel $H_p(10)$ et pour les rayonnements X et gamma, deux plages assignées minimales pour l'énergie des photons sont données. La première plage de 20 keV à 150 keV concerne les postes de travail où des rayons X de faible énergie sont utilisés, par exemple en diagnostic médical. La seconde plage de 80 keV à 1,25 MeV concerne les postes de travail où des rayons X de haute énergie et/ou des sources gamma sont utilisés, par exemple dans l'industrie. Pour les rayonnements neutron, la plage assignée minimale pour l'énergie des neutrons est comprise entre 0,025 eV (neutrons thermiques) et 10 MeV. Les plages assignées peuvent être élargies à l'ensemble des énergies couvertes par les normes relatives aux champs de rayonnement de référence.

Pour l'équivalent de dose individuel $H_p(3)$ et pour les rayonnements X et gamma, une plage assignée minimale pour les photons d'énergie entre 30 keV et 250 keV est donnée. Pour l'équivalent de dose individuel $H_p(0,07)$, une plage d'énergie comprise entre 30 keV et 1250 keV est donnée ou, pour les postes de travail où des rayons X de faible énergie sont utilisés, une plage d'énergie entre 20 keV et 150 keV est donnée. Concernant les rayonnements bêta pour les deux grandeurs, la plage assignée minimale s'étend de 0,24 MeV à 0,8 MeV (énergie moyenne des particules bêta). Les plages assignées peuvent être élargies à l'ensemble des énergies couvertes par les normes relatives aux champs de rayonnement de référence.

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

Pour les dosimètres individuels, des exigences sont données pour mesurer les grandeurs de dose $H_p(10)$, $H_p(3)$ et $H_p(0,07)$ et pour surveiller les grandeurs de débit de dose respectives. La mesure des grandeurs du débit de dose est facultative pour les dosimètres individuels.

Dans certains pays, les établissements peuvent utiliser ce type de dosimètre individuel pour l'enregistrement des doses par un service de dosimétrie agréé.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – MESURE DES ÉQUIVALENTS DE DOSE INDIVIDUELS POUR LES RAYONNEMENTS X, GAMMA, NEUTRON ET BÊTA – DOSIMÈTRES INDIVIDUELS ACTIFS

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux dosimètres individuels qui présentent les caractéristiques suivantes:

- ils sont portés sur la poitrine, près des yeux, ou aux extrémités;
- ils mesurent les équivalents de dose individuels $H_p(10)$, $H_p(3)$ et $H_p(0,07)$ pour les rayonnements externes X et gamma, neutron (excepté $H_p(3)$) et bêta, et peuvent mesurer les débits d'équivalents de dose individuels respectifs pour les mêmes rayonnements (à des fins d'alarme);
- ils comportent un affichage numérique. Cet affichage peut ou non être inclus;
- ils ont des fonctions d'alarme pour les équivalents de dose individuels ou pour les débits d'équivalents de dose individuels, à l'exception des dosimètres hybrides. Pour les dosimètres hybrides, une fonction d'alarme pour les équivalents de dose individuels doit être mise en œuvre dans le système de lecture associé.

NOTE 1 Lorsque le terme "dose" est utilisé dans le présent document, il signifie "équivalent de dose individuel", sauf indication contraire.

NOTE 2 Lorsque le terme "dosimètre" est utilisé dans le présent document, il représente tous les dosimètres individuels, sauf indication contraire.

NOTE 3 Actuellement, le présent document ne traite pas des dosimètres neutron pour les mesures de $H_p(3)$.

Le présent document spécifie les exigences pour les dosimètres et, s'ils sont fournis, pour leurs systèmes de lecture associés.

En règle générale, un dosimètre n'est pas capable de mesurer toutes les grandeurs données ci-dessus. Ainsi, le dosimètre est soumis à l'essai uniquement pour les grandeurs et les types de rayonnements pour lesquels son utilisation est prévue. Les autres types de rayonnements sont considérés comme des grandeurs d'influence qui peuvent également être soumises à des exigences.

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

Le présent document ne spécifie pas d'exigences spéciales pour les conditions accidentelles ou d'urgence, même si les dosimètres peuvent être utilisés à cette fin.

Le présent document ne s'applique pas aux dosimètres utilisés pour le mesurage des rayonnements pulsés, tels que les rayonnements émis par de nombreux dispositifs à rayons X utilisés en diagnostic médical, dans les accélérateurs linéaires ou équipements analogues.

NOTE 4 Les exigences et la procédure d'essai des dosimètres utilisés dans le champ pulsé du rayonnement ionisant peuvent être consultées dans l'IEC TS 63050 ou l'IEC TS 62743.

Le présent document ne s'applique pas aux dosimètres utilisés pour mesurer l'équivalent de dose ambiant ou directionnel.

NOTE 5 Les exigences relatives aux dosimètres d'équivalent de dose ambiant ou directionnel peuvent être consultées, par exemple, dans l'IEC 60846-1, l'IEC 62387, l'IEC 61017 ou l'IEC 60532.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-395:2014, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 395: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques, notions fondamentales, instruments, systèmes, équipements et détecteurs*
IEC 60050-395:2014/AMD1:2016
IEC 60050-395:2014/AMD2:2020

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

IEC 60086-1:2021, *Piles électriques – Part 1: Généralités*

IEC 60086-2:2021, *Piles électriques – Part 2: Spécifications physiques et électriques*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (code IP)*
IEC 60529:1989/AMD1:1999
IEC 60529:1989/AMD2:2013

IEC 60904-3, *Dispositifs photovoltaïques – Partie 3: Principes de mesure des dispositifs solaires photovoltaïques (PV) à usage terrestre incluant les données de l'éclairement énergétique spectral de référence*

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

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

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

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

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

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

IEC 61000-4-11, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-11: Techniques d'essai et de mesure – Essais d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations de tension pour les appareils à courant d'entrée inférieur ou égal à 16 A par phase*

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

IEC 61187:1993, *Équipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*

IEC 62387:2020, *Instrumentation pour la radioprotection – Systèmes dosimétriques avec détecteurs intégrés passifs pour le contrôle radiologique individuel, du lieu de travail et de l'environnement des rayonnements photoniques et bêta*

IEC TR 62461:2015, *Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement* (disponible en anglais seulement)

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

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

ISO 4037-1:2019, *Radioprotection – 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 4037-2:2019, *Radioprotection – 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 4037-3:2019, *Radioprotection – 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 et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

ISO 4037-4:2019, *Radioprotection – 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 et individuels dans des champs de référence X de faible énergie*

ISO 6980-1:2023, *Énergie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 1: Méthodes de production*

ISO 6980-2:2023, *Énergie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ du rayonnement*

ISO 6980-3:2023, *Énergie nucléaire – Rayonnement bêta de référence – Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des particules bêta et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta*

ISO 8529-1:2021, *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 8529-3:2023, *Champs de rayonnement neutronique de référence – Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*

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

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

ISO 21909-1:2021, *Systèmes dosimétriques passifs pour les neutrons – Partie 1: Exigences de fonctionnement et d'essai pour la dosimétrie individuelle*

ISO 80000-10:2019, *Grandeurs et unités – Partie 10: Physique atomique et nucléaire*

Rapport 51:1993 de l'ICRU, *Quantities and units in radiation protection dosimetry* (disponible en anglais seulement)

ANSI N42.17A, *American National Standard For Performance Specifications For Health Physics Instrumentation – Portable Instrumentation For Use In Normal Environmental Conditions* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050-395, de l'IEC 60529 et du Rapport 51 de l'ICRU ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1

essai de réception

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

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

3.2

dosimètre individuel actif

dosimètre qui mesure l'équivalent de dose individuel au moyen de composants électroniques (dosimètre à lecture directe ou dosimètre individuel hybride avec système de lecture associé, par exemple)

3.3

étalonnage

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

Note 1 à l'article: Les méthodes d'étalonnage sont données dans l'ISO 4037 pour le rayonnement photon, dans l'ISO 6980 pour le rayonnement bêta et dans l'ISO 8529 pour le rayonnement neutron. Il convient de prendre en compte les déterminations concernant l'accumulation et le fantôme données dans ces normes lors de l'étalonnage du dosimètre; pour l'utilisation de fantômes, voir 7.5.

3.4

coefficient d'étalonnage

N

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

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

Note 1 à l'article: Le coefficient d'étalonnage N est sans dimension lorsque l'instrument indique la grandeur à mesurer; N est alors égal au facteur d'étalonnage. Un dosimètre qui indique la valeur conventionnelle d'une grandeur a un coefficient d'étalonnage égal à 1.

[SOURCE: ISO 29661:2012, 3.1.5, modifié – Les notes ont été remplacées par une nouvelle note.]

3.5

coefficient de variation

rapport entre l'écart-type s et la moyenne arithmétique $\bar{x}$ pour une série de n mesures x_i , donné par la formule suivante:

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

3.6

incertitude de mesure type composée

incertitude type composée

u_c

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

Note 1 à l'article: Dans le cas de corrélations des grandeurs d'entrée dans un modèle de mesure, les covariances doivent également être prises en compte lors du calcul de l'incertitude de mesure type composée; voir aussi le Guide ISO/IEC 98-3:2008, 2.3.4.

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

3.7

valeur conventionnelle

valeur conventionnelle d'une grandeur

valeur attribuée à une grandeur par un accord pour un usage donné

Note 1 à l'article: Le terme "valeur conventionnellement vraie" est quelquefois utilisé pour ce concept, mais son utilisation est déconseillée.

Note 2 à l'article: Une valeur conventionnelle est quelquefois une estimation d'une valeur vraie.

Note 3 à l'article: Une valeur conventionnelle est généralement considérée comme associée à une incertitude de mesure convenablement petite, qui peut être nulle.

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 2.12, modifié – Les exemples ont été supprimés.]

3.8

correction de la réponse non constante

r_n

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

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

Note 1 à l'article: Pour un instrument dont la réponse est constante, r_n est égal à 1.

3.9

dispositif de détection

ensemble constitué d'un détecteur de rayonnement et des composants associés nécessaires pour convertir le signal de la dose cumulée ou du débit de dose dominant intégré dans le temps en mesurande de dose

Note 1 à l'article: Le dispositif de détection contient à la fois les parties mécaniques, par exemple le filtrage d'énergie, et les parties électriques, qui convertissent par exemple le signal du détecteur actif en affichage de l'impulsion détectable (du détecteur actif) ou le signal du détecteur passif en signal de tension ou de courant à variation monotone.

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

3.10

écart

D

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

$$D = G - G_r$$

où G est la valeur indiquée sous l'effet d'une grandeur d'influence; et G_r est la valeur indiquée dans les conditions de référence

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-07-03, modifié – Le terme original est "variation (due à une grandeur d'influence)". Afin de ne pas confondre la "variation" (de la valeur indiquée) et la "variation" de la réponse, le présent document utilise le terme "écart".]

3.11

dosimètre individuel à lecture directe

dosimètre individuel équipé d'un affichage direct (numérique, par exemple) de la dose reçue

3.12

étendue de mesure effective

étendue des valeurs de la grandeur à mesurer, dans laquelle les performances d'un dosimètre respectent les exigences du présent document

3.13

incertitude de mesure élargie **incertitude élargie**

U

grandeur définissant un intervalle, autour du résultat d'un mesurage, dont on puisse s'attendre à ce qu'il comprenne une fraction élevée de la distribution des valeurs qui pourraient être attribuées raisonnablement au mesurande

Note 1 à l'article: L'incertitude élargie est obtenue en multipliant l'incertitude type composée par un facteur d'élargissement.

Note 2 à l'article: Un niveau de confiance de 95 % est recommandé pour l'utilisation du présent document.

[SOURCE: Guide ISO/IEC 98-3:2008, 2.3.5, modifié – Le terme "incertitude de mesure élargie" a été ajouté, les notes ont été supprimées, et de nouvelles notes ont été ajoutées.]

3.14

dosimètre hybride

dosimètre sans affichage direct en temps réel de la dose, c'est-à-dire sans écran de dose, équipé d'un détecteur actif, c'est-à-dire à semiconducteurs, non intégré, et de composants électroniques associés, ou d'un détecteur passif, c'est-à-dire intégré, et de circuits de composants électroniques, qui assure la conversion du signal de dose en valeur numérique, et système de lecture associé pour le calcul et l'affichage de la dose et autres fonctions opérationnelles

3.15

valeur indiquée

G

valeur indiquée par l'affichage du dosimètre, par exemple sur son écran ou son système de lecture associé (dosimètres hybrides)

3.16

grandeur d'influence

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

Note 1 à l'article: Si l'effet d'une grandeur d'influence sur le résultat d'un mesurage dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une grandeur d'influence unique. Dans le présent document, cela s'applique aux grandeurs d'influence "énergie du rayonnement" et "angle d'incidence du rayonnement".

[Guide ISO/IEC 98-3:2008, B.2.10, modifié: les exemples ont été supprimés.]

3.17

grandeur d'influence de type F

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

Note 1 à l'article: Par exemple, l'énergie et l'angle d'incidence du rayonnement (voir 9.4 à 9.6) et le débit de dose lorsque la dose est mesurée.

Note 2 à l'article: "F" signifie facteur. L'indication due au rayonnement est multipliée par un facteur lié à la grandeur d'influence.

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

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

Note 1 à l'article: Par exemple, les perturbations électromagnétiques (voir Article 11) et microphoniques (voir 12.4).

Note 2 à l'article: "S" signifie somme. L'indication est la somme de l'indication due au rayonnement et de celle due à la grandeur d'influence, par exemple perturbations électromagnétiques.

3.19**limite inférieure de l'étendue de mesure effective**

H_0

valeur de dose la plus faible comprise dans les limites de l'étendue de mesure effective

3.20**temps de mesure maximal possible**

$t_{\max}$

temps de mesure le plus long pour lequel l'ensemble des exigences du présent document sont respectées

Note 1 à l'article: Le temps peut être donné par la durée de vie de la pile ou batterie ou par d'autres exigences, voir note du 9.3.6.

Note 2 à l'article: Le temps peut dépendre fortement de l'utilisation souhaitée du dosimètre, par exemple lecture quotidienne ou lecture à la fin du mois pour un dosimètre passif.

3.21**valeur mesurée**

M

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

3.22**plage assignée minimale**

plus petite plage spécifiée d'une grandeur d'influence, ou d'un paramètre de l'instrument, à l'intérieur de laquelle le dosimètre fonctionne dans les limites de variation respectives de la réponse relative pour satisfaire aux exigences du présent document

3.23**fonction modèle**

fonction utilisée pour le calcul des résultats de mesure par rapport à la valeur indiquée G et aux corrections connues

Note 1 à l'article: La fonction modèle est nécessaire pour évaluer l'incertitude conformément au Guide ISO/IEC 98-3:2008, 3.1.6, 3.4.1 et 4.1.

Note 2 à l'article: Un exemple de fonction modèle est donné ici. Elle associe la valeur indiquée G au coefficient d'étalonnage de référence N_0 , la correction de la réponse non constante r_n , les l écarts D_p ($p = 1..l$) pour les grandeurs d'influence de type S, et les m valeurs de la réponse relative r_q ($q = 1..m$) pour les grandeurs d'influence de type F:

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

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

3.24

réponse non constante

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

3.25

équivalent de dose individuel

$H_p(d)$

équivalent de dose dans les tissus mous à une profondeur appropriée, d , au-dessous d'un point spécifié du corps

Note 1 à l'article: Les profondeurs types sont 0,07 mm, 3 mm et 10 mm.

[SOURCE: Rapport 51:1993 de l'ICRU]

3.26

dosimètre individuel

dosimètre d'équivalent de dose individuel

dosimètre porté par une personne en vue de déterminer l'équivalent de dose qu'elle aura reçue

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-05-08, modifié, les notes ont été supprimées.]

3.27

débit d'équivalent de dose individuel

$\dot{H}_p(d)$

quotient différentiel de $H_p(d)$, par rapport au temps:

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

Note 1 à l'article: L'unité de débit d'équivalent de dose individuel est le quotient du sievert ou de l'un de ses multiples ou sous-multiples par l'unité de temps appropriée (par exemple, mSv h⁻¹).

3.28

point de mesure

point auquel la valeur conventionnelle d'une grandeur est déterminée et auquel le point de référence du dispositif de détection est placé pour l'étalonnage et les essais

[SOURCE: ISO 29661:2012, modifiée, "connue" a été remplacé par "déterminée et auquel le point de référence du dispositif de détection est placé pour l'étalonnage et les essais".]

3.29

essais de qualification

essais réalisés pour vérifier que les exigences d'une spécification sont respectées. Les essais de qualification se divisent en deux groupes: les essais de type et les essais individuels de série

3.30

plage assignée

plage d'une grandeur à mesurer, observer, fournir ou régler, attribuée à un instrument

3.31

plage assignée d'utilisation

plage de valeurs d'une grandeur d'influence, qui donne les limites de fonctionnement dans les limites établies de la réponse relative ou de l'écart

3.32**coefficient d'étalonnage de référence**

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

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

Note 1 à l'article: Pour la valeur de $H_{r,0}$, voir Tableau 2.

Note 2 à l'article: $N_0 = \frac{1}{R_0}$.

3.33**condition de fonctionnement de référence****conditions de référence**

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

3.34**orientation de référence**

orientation du dispositif de détection par rapport à la direction du rayonnement incident définie par le fabricant

3.35**point de référence (d'un dispositif de détection)**

marque(s) physique(s) sur la surface extérieure du dosimètre (éventuellement décrites dans le manuel) utilisée(s) pour positionner celui-ci par rapport au point de mesure. En l'absence de marque(s) sur la surface extérieure du dosimètre, il convient de prendre le centre géométrique du dosimètre comme point de référence

Note 1 à l'article: Le point à partir duquel la distance jusqu'à la source est mesurée.

Note 2 à l'article: Il convient que le point de référence ne soit pas la surface avant du fantôme afin de ne pas introduire de biais à de faibles distances entre la source et le dosimètre utilisées, par exemple, pour les irradiations bêta.

Note 3 à l'article: Les grandeurs sont définies individuellement.

3.36**réponse de référence** **R_0**

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

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

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

Note 1 à l'article: $R_0 = \frac{1}{N_0}$.

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

incertitude élargie divisée par le résultat du mesurage

3.38 réponse relative

r

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

$$r = \left(\frac{R}{R_0} \right) \times 100\%$$

3.39 réponse (d'un ensemble de mesure de rayonnement)

R

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

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

où

G est la valeur de la grandeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble soumis à essai, et

H est la valeur conventionnelle de cette grandeur

Note 1 à l'article: Pour un instrument dont la réponse n'est pas constante, la valeur de la réponse varie lorsque la valeur conventionnelle de la grandeur varie.

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-03-72, modifié r et r_c ont été remplacés par G et H , et les notes ont été supprimées.]

3.40 essai individuel de série

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

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

3.41 conditions normales d'essai

une ou plusieurs valeurs, ou plage de valeurs, d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre de l'instrument, qui sont admises lors des étalonnages ou des essais d'une autre grandeur d'influence ou d'un autre paramètre de l'instrument (voir colonne 3 du Tableau 2)

3.42 incertitude de mesure type incertitude type d'un mesurage incertitude type

u_i

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

[Guide ISO/IEC 98-3:2008, 2.3.1]

3.43 essais complémentaires

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

3.44**essai de type**

essai de conformité effectué sur au moins deux entités représentatives de la production

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-16-16, modifié: "une ou plusieurs" a été remplacé par "au moins deux".]

3.45**incertitude de mesure****incertitude d'un mesurage****incertitude**

paramètre, associé à un résultat de mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui pourraient être raisonnablement attribuées au mesurande [VIM 3.9]

Note 1 à l'article: Le VIM 3.9 est issu de la 2^e version du VIM. Dans la 3^e version, cet article est numéroté 2.26.

[SOURCE: IEC 60050-311:2001, 311-01-02, modifié – Les notes ont été supprimées.]

4 Unités et symboles**4.1 Unités**

Dans le présent document, les unités utilisées sont celles du Système International (SI). La définition des grandeurs de mesure des rayonnements et des termes dosimétriques est donnée dans l'IEC 60050-395, l'ISO 80000-10:2019 et le Rapport 51 de l'ICRU. De plus, les unités suivantes sont acceptées:

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

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

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

4.2 Symboles

Le Tableau 1 répertorie les symboles et abréviations utilisés.

Tableau 1 – Symboles et abréviations

Symbole	Signification	Unité
α	Angle d'incidence du rayonnement	deg
α_{max}	Valeur maximale de α dans la plage assignée d'utilisation	deg
C_K	Valeur conventionnelle d'une grandeur pour la qualité de rayonnement K	Sv
C_{K+L}	Valeur conventionnelle d'une grandeur pour l'irradiation combinée à la qualité de rayonnement K et L	Sv
C_L	Valeur conventionnelle d'une grandeur pour la qualité de rayonnement L	Sv
$D_p, (\dot{D}_p)$	Écart dû à une grandeur d'influence n° p de type S	Sv (Sv h ⁻¹)
$\bar{E}$	Énergie de rayonnement moyenne pondérée par la fluence	eV
$f(S_g)$	Fonction d'évaluation de la valeur indiquée par rapport aux signaux du détecteur S_g	—
$G, (\dot{G})$	Valeur indiquée de la dose (ou du débit de dose)	Sv (Sv h ⁻¹)
G_a	Valeur indiquée de la dose à laquelle l'alarme se déclenche	Sv

Symbole	Signification	Unité
$\dot{G}_{\text{high}}$	Lecture stable du débit de dose après une augmentation du débit de dose	Sv h ⁻¹
G_K	Valeur indiquée de la dose due à une seule irradiation à la valeur conventionnelle d'une grandeur C_K	Sv
G_{K+L}	Valeur indiquée de la dose due à une irradiation combinée (simultanément) à la valeur conventionnelle d'une grandeur $C_K + C_L$	Sv
G_L	Valeur indiquée de la dose due à une seule irradiation à la valeur conventionnelle d'une grandeur C_L	Sv
$G_{\text{low},1}$	Indication du dosimètre dans les mêmes conditions que pour G_{nom} , mais pour une tension basse des piles ou batteries, par exemple le dosimètre indique "pile ou batterie faible" pour la première fois	Sv
Δg_{mix}	Variation relative de l'indication due à une variation de l'exposition mixte (simultanée); voir l'Article 8	—
G_{nom}	Indication du dosimètre dans des conditions où la tension des piles ou batteries est à sa valeur nominale	Sv
G_{nat}	Dose cumulée dans l'environnement	Sv
$G_r, \dot{G}_r$	Valeur indiquée de la dose (ou du débit de dose) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$G_{r,0}, \dot{G}_{r,0}$	Valeur de la dose (ou du débit de dose) indiquée due à l'exposition à la dose de référence $H_{r,0}$	Sv (Sv h ⁻¹)
$H, (\dot{H})$	Valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose)	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_0, \dot{H}_0$	Limite inférieure de la dose (ou de débit de dose) de l'étendue de mesure effective	Sv (Sv h ⁻¹)
H_a	Valeur de la dose pour laquelle l'alarme est réglée	Sv
$H_{a,c}$	Valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche	Sv
$\dot{H}_a$	Valeur du débit de dose pour laquelle l'alarme est réglée	Sv h ⁻¹
$H_p(0,07)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_p(3)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv
$H_p(10)$	Équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$\dot{H}_p(0,07)$	Débit d'équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(3)$	Débit d'équivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv h ⁻¹
$\dot{H}_p(10)$	Débit d'équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv h ⁻¹
$H_p(d)$	Équivalent de dose dans les tissus mous en un point spécifié du corps humain à une profondeur d	Sv
$H_r, (\dot{H}_r)$	Valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose) dans des conditions de référence spécifiées	Sv (Sv h ⁻¹)
$H_{r,0}, (\dot{H}_{r,0})$	Valeur de référence de dose (ou du débit de dose) de la grandeur à mesurer	Sv (Sv h ⁻¹)
H_{nat}	Équivalent de dose individuel dû au rayonnement naturel ambiant	Sv
$\dot{H}_{\text{nat}}$	Débit d'équivalent de dose individuel dû au rayonnement naturel ambiant	Sv h ⁻¹
$I_{\text{low},1}$	Courant d'alimentation du dosimètre lorsque l'indication est $G_{\text{low},1}$	A
$I_{\text{low},2}$	Courant d'alimentation du dosimètre lorsque les alarmes sonores et l'alarme visuelle se déclenchent, l'alarme étant réglée à son seuil le plus bas	A
K	Symbole de la condition d'irradiation K, par exemple 3 mSv et N-80	—
k	Facteur d'élargissement (voir le Guide ISO/IEC 98-3)	—
L	Symbole de la condition d'irradiation L, par exemple 4 mSv et S-Co	—
l	Nombre de grandeurs d'influence de type S	—
$M, (\dot{M})$	Valeur de la dose (du débit de dose) mesurée	Sv (Sv h ⁻¹)

Symbole	Signification	Unité
m	Nombre de grandeurs d'influence de type F	—
N	Coefficient d'étalonnage	—
n	Nombre de valeurs indiquées pour une valeur de dose, utilisé pour l'essai de constance de la réponse de dose et le coefficient de variation	—
N_0	Coefficient d'étalonnage de référence	—
Q_{nom}	Capacité nominale des piles ou batteries	A h
R	Réponse	—
r	Réponse relative	—
R_0	Réponse de référence	—
r_n	Correction de la réponse non constante	—
r_q	Réponse relative due à une grandeur d'influence n° q de type F	—
S_g	Signal de l'élément g du dosimètre	—
S_K	Symbole pour la qualité de la condition d'irradiation K, par exemple N-80	—
S_L	Symbole pour la qualité de la condition d'irradiation L, par exemple S-Co	—
t_{env}	Temps de mesure dans l'environnement	h
t_{max}	Temps de mesure maximal possible (3.20)	h
U	Incertitude élargie	Selon la grandeur
u_c	Incertitude type composée	Selon la grandeur
u_i	Incertitude type due au composant i	Selon la grandeur
$U_{\text{low},1}$	Tension des piles ou batteries dans les conditions dominantes lors de la détermination de $G_{\text{low},1}$	V
$U_{\text{low},2}$	Tension des piles ou batteries dans les mêmes conditions que pour G_{nom} , mais lorsque la tension des piles ou batteries est abaissée jusqu'à ce que le dosimètre indique $0,9 G_{\text{nom}}$	V
U_{nom}	Valeur nominale de la tension des piles ou batteries	V
U_{rel}	Incertitude relative élargie	—
v	Coefficient de variation	—
v_{max}	Coefficient de variation maximal admis pour le débit de dose auquel l'alarme est réglée	—
w	Nombre de valeurs de dose utilisé pour l'essai de constance de la réponse de dose et le coefficient de variation	—

5 Caractéristiques mécaniques

5.1 Boîtier

Il convient que la classe de protection du boîtier soit au moins IP 54 (voir 10.6). Le dosimètre doit comporter un moyen de fixation sur les vêtements, par exemple un clip solide, un anneau ou une cordelette. Il convient que la conception du dosimètre permette de le porter dans une position qui assure l'orientation nécessaire du détecteur et des indicateurs d'alarme existants.

Si le dosimètre est utilisé pour la surveillance des extrémités, alors il convient d'identifier le détecteur d'extrémité avec l'orientation correcte de port. Le boîtier électronique peut être distant de la position de mesure. Il convient de fournir un moyen pour fixer solidement les composants électroniques distants aux vêtements de l'utilisateur de sorte que toute alarme soit facilement identifiée, ainsi qu'une méthode recommandée de fixation du détecteur d'extrémité.

NOTE L'IEC 62706 suggère d'utiliser la classe de protection IP 54.

5.2 Boutons de commutation

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

6 Caractéristiques générales

6.1 Stockage des informations de dose

Le dosimètre individuel doit conserver les informations de dose stockées dans toutes les circonstances normales.

6.2 Indication

L'indication de dose des dosimètres individuels doit être numérique et doit s'afficher en unités d'équivalent de dose, à savoir en sieverts et sous-multiples correspondants, par exemple en microsieverts (μSv). L'indication doit préciser clairement l'unité de la grandeur mesurée. L'affichage, s'il existe, doit être clairement visible et facile à lire par le porteur de l'appareil.

NOTE 1 Pour les dosimètres hybrides, un affichage sur le dispositif peut ne pas exister. L'indication de dose peut être donnée par un affichage externe ou un système de lecture.

NOTE 2 Afin d'éviter d'importantes surestimations de la dose cumulée lors de l'addition de plusieurs courtes expositions, il est recommandé que les doses inférieures à H_0 soient indiquées par le dosimètre, même avec une large inexactitude statistique, plutôt que données comme nulles. Cela signifie que les doses cumulées de plusieurs expositions à faible dose peuvent être estimées de manière fiable en additionnant les doses indiquées de plusieurs expositions en portant différents dosimètres pour chaque activité.

6.3 Marquages sur le dosimètre

Le point de référence pour les étalonnages et les essais doit être marqué sur l'extérieur du dosimètre ou il convient qu'il soit clairement indiqué dans le manuel d'instructions. En l'absence de marque(s) sur la surface extérieure du dosimètre, il convient de prendre le centre géométrique du dosimètre comme point de référence. Il peut y avoir des marques différentes pour différentes grandeurs de mesure.

L'orientation de référence par rapport au porteur doit également être marquée sur le dosimètre ou clairement indiquée dans le manuel d'instructions.

6.4 Rétention de contamination radioactive

Le dosimètre doit être conçu de manière à réduire le plus possible le risque de rétention de contamination et faciliter sa décontamination. Le dosimètre peut être fourni avec une enveloppe protectrice supplémentaire; lorsque le dosimètre est revêtu de cette enveloppe, il doit toujours rester conforme aux exigences du présent document.

6.5 Plages de doses et de débits de dose

La dose et les débits de dose à mesurer sont indiqués à la ligne 1 des Tableau 3 à Tableau 6.

Lorsque plus d'un détecteur est utilisé pour le mesurage sur l'ensemble de la plage, le résultat doit être déterminé et s'afficher automatiquement. Lorsque le dosimètre permet de modifier la plage de mesure, cela doit s'effectuer automatiquement.

6.6 Plage assignée d'une grandeur d'influence

La plage assignée des grandeurs d'influence doit être indiquée par le fabricant dans la documentation; elle doit couvrir au moins la plage assignée minimale indiquée dans la troisième colonne des Tableau 3 à Tableau 6 et des Tableau 8 à Tableau 10. Toutes les exigences du présent document doivent être respectées sur l'ensemble de la plage assignée.

Les dosimètres individuels sont conçus pour des applications spécifiques, aussi il convient que les fabricants spécifient les types de rayonnements, les étendues de mesure, les domaines d'énergie et les plages de toutes les autres grandeurs d'influence pour lesquels leurs dosimètres sont conçus (voir 15.2).

6.7 Effet de rayonnements autres que ceux à mesurer et utilisation de plusieurs dosimètres

Si des dosimètres sont destinés à être utilisés dans des champs de rayonnement pour lesquels ils n'ont pas été conçus, par exemple un dosimètre neutron et un dosimètre photon utilisés ensemble dans un champ mixte neutron/photon, l'effet du rayonnement qu'ils ne sont pas destinés à mesurer doit être considéré comme une grandeur d'influence. Dans le cas de l'exemple donné, le rayonnement photon est une grandeur d'influence pour le dosimètre seulement conçu et spécifié pour les neutrons, et inversement. Pour chaque dosimètre conçu pour le mesurage d'un rayonnement spécifique, le fabricant doit spécifier l'écart du dosimètre s'il est exposé à d'autres types de rayonnements (il convient de le vérifier lors des essais sous l'angle d'incidence de 0° au moins). À partir de cette information, l'utilisateur disposant de plusieurs dosimètres peut estimer la valeur totale de la dose et les incertitudes associées.

NOTE 1 Les exigences concernant l'effet du rayonnement bêta sont indiquées en 9.6.3 et en 9.6.4.

NOTE 2 L'effet des rayonnements non destinés à être mesurés peut dépendre du débit de dose. Par exemple, les photons ne peuvent avoir un effet qu'à des débits de dose plus élevés sur l'indication d'un dosimètre neutron.

6.8 Bruit de fond intrinsèque et naturel de l'instrument

Pour les dosimètres individuels qui mesurent la dose pour des rayonnements X et gamma, l'indication due aux artefacts instrumentaux doit être fournie par le fabricant pour une période d'intégration équivalente au temps de mesure maximal possible $t_{\max}$; pour l'essai, voir 9.3.5.

Pour les dosimètres qui mesurent la dose pour des rayonnements bêta et neutron, il convient que l'indication due aux artefacts instrumentaux soit fournie par le fabricant pour une période d'intégration équivalente au temps de mesure maximal possible $t_{\max}$. Un essai peut être réalisé conformément au 9.3.5 b).

Il est nécessaire de soumettre à l'essai chaque détecteur différent du dosimètre.

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

6.9 Alarmes de dose ou de débit de dose

6.9.1 Généralités

Les dosimètres à lecture directe et les dosimètres hybrides doivent fournir au moins une alarme, de sorte que l'utilisateur n'ait pas besoin de consulter l'affichage (alarme optique, vibrante ou sonore, par exemple).

Il ne doit pas être possible de régler les niveaux d'alarme ou de désactiver complètement l'alarme des dosimètres individuels en utilisant des boutons de commutation externes sur le dosimètre. Les niveaux d'alarme et la désactivation de l'alarme doivent être réglés par le système de lecture (fourni par le fabricant) ou par un système électronique ou mécanique à accès restreint (protection par mot de passe, par exemple). Il doit être possible d'interdire toute modification non autorisée des niveaux d'alarme ou toute désactivation non autorisée de l'alarme.

6.9.2 Alarmes de dose

Si l'alarme ne peut pas être réglée librement sur une valeur quelconque de l'étendue de mesure effective, il doit être possible de la régler à au moins une valeur dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure effective totale du dosimètre (par exemple, 30 μSv , 0,3 mSv, 3 mSv et 30 mSv).

6.9.3 Alarmes de débit de dose

Si l'alarme ne peut pas être réglée librement sur une valeur quelconque de l'étendue de mesure effective, il doit être possible de la régler à au moins une valeur dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure effective totale du dosimètre (par exemple, 30 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 0,3 mSv h^{-1} , 3 mSv h^{-1} et 30 mSv h^{-1}).

6.9.4 Signal d'alarme

a) Localisation

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

b) Alarme sonore

Il convient que la fréquence soit comprise entre 1 kHz et 5 kHz. Lorsqu'une alarme intermittente est fournie, l'intervalle entre deux signaux ne doit pas dépasser 2 s. Il convient que le niveau sonore pondéré A (niveau d'impulsion d'une alarme intermittente) soit supérieur à 80 dBA, mais qu'il ne dépasse pas 100 dBA à 30 cm de la source sonore pour un dosimètre "corps entier".

NOTE Un signal visuel ou vibrant ou un écouteur à oreillette peut être utile pour les environnements à haut niveau sonore ou pour les personnes malentendantes.

6.10 Indication de dysfonctionnement

Lorsque les conditions de fonctionnement ne permettent pas une accumulation correcte (conformément aux spécifications du présent document) de l'équivalent de dose, cela doit être signalé, par exemple alimentation (pile ou batterie) faible, défaillance du détecteur, défaillance électronique, modification non intentionnelle du logiciel du dosimètre, ou en cas d'utilisation dans des champs de débit de dose élevés.

NOTE Cette exigence s'applique également aux dosimètres hybrides. Une indication par LED ou lors du processus de lecture peut être une option.

6.11 Affectation de la valeur de dose au dosimètre

Chaque valeur indiquée et enregistrée doit être clairement affectée au dosimètre dont elle est issue. Cela doit être assuré pour les dosimètres hybrides et les capteurs séparés qui ne comportent pas d'affichage intégré, mais dont la lecture s'effectue uniquement avec un lecteur séparé.

NOTE Une solution possible consiste à afficher la lecture avec le numéro de série des capteurs séparés ou des dosimètres qui ne comportent pas d'affichage direct et dont la lecture s'effectue avec un lecteur.

6.12 Algorithme pour évaluer la valeur indiquée

Pour réaliser l'essai de type conformément au présent document, le fabricant doit fournir l'algorithme d'évaluation de la valeur indiquée à partir du signal ou des signaux du ou des détecteurs. Le contenu de la documentation doit permettre de comprendre parfaitement les calculs et/ou l'arbre de décision. Cela n'est pas exigé pour les dosimètres qui utilisent des algorithmes linéaires.

Si plusieurs signaux sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée, le fabricant doit prévoir la possibilité de lire les signaux distincts du ou des détecteurs pour l'essai de type.

NOTE Pour obtenir des informations sur le signal, la valeur évaluée et l'algorithme d'évaluation, voir Annexe C.

Cet algorithme peut être propriétaire et confidentiel et ne peut être utilisé que par le laboratoire d'essai pour les essais de type.

7 Procédures d'essai générales

7.1 Nature des essais

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

7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la deuxième colonne du Tableau 2. Sauf spécification contraire, les essais décrits dans le présent document doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai indiquées dans la troisième colonne du Tableau 2. Pour ces essais réalisés dans les conditions normales d'essai, les valeurs de température, de pression et d'humidité relative utilisées lors de l'essai doivent être précisées, et les corrections nécessaires effectuées pour donner la réponse dans les conditions de référence. Les valeurs de toutes les corrections doivent être précisées.

Pour les essais destinés à déterminer l'effet des variations des grandeurs d'influence données dans le Tableau 2, toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues dans les limites des conditions normales d'essai indiquées dans le Tableau 2, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai concernée.

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

Grandeur d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Énergie du rayonnement photon pour: $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$	S-Cs (ISO 4037-3)	S-Cs (ISO 4037-3)
Énergie du rayonnement bêta, $H_p(0,07)$	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)	$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (ISO 6980)
Énergie du rayonnement neutron, $H_p(10)$	^{241}Am -Be ou ^{252}Cf a)	^{241}Am -Be ou ^{252}Cf a)
Angle d'incidence du rayonnement	Direction de référence donnée par le fabricant	Direction donnée $\pm 2^\circ$
Dose pour: $H_p(10)$, $H_p(3)$ $H_p(0,07)$	$H_{r,0}$: 0,3 mSv 3 mSv	0,1 mSv à 10 mSv b) 0,5 mSv à 50 mSv b)
Débit de dose pour: $\dot{H}_p(10)$, $\dot{H}_p(3)$ $\dot{H}_p(0,07)$	0,3 mSv h ⁻¹ 3 mSv h ⁻¹	0,1 mSv h ⁻¹ à 10 mSv h ⁻¹ b) 0,5 mSv h ⁻¹ à 50 mSv h ⁻¹ b)
Temps de stabilisation	15 min	≥ 15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C c)
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % c)
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,6 kPa c)
Tension des piles ou des batteries	Tension nominale	Pile ou batterie utilisée jusqu'à la moitié de son temps d'utilisation
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible qui provoque des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation du dosimètre (géotropisme)	À définir par le fabricant	Orientation énoncée $\pm 5^\circ$
Contrôles du dosimètre	Configuration pour une exploitation normale	Configuration pour une exploitation normale
Bruit de fond du rayonnement naturel	Débit de dose ambiant de 0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$	Inférieur à un débit de dose ambiant de 0,25 $\mu\text{Sv h}^{-1}$
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
a) D'autres sources peuvent être utilisées si nécessaire. b) La valeur réelle de la dose (ou du débit de dose) au moment de l'essai doit être définie. c) Les valeurs réelles de ces grandeurs au moment de l'essai doivent être définies. Ces valeurs s'appliquent aux climats tempérés. Pour les climats plus froids ou plus chauds, les valeurs réelles de ces grandeurs au moment de l'essai doivent être définies. De même, une limite de pression basse de 70 kPa peut être admise pour les altitudes élevées.		

7.3 Essais pour les grandeurs d'influence de type F

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

Il est accepté qu'une petite partie des effets des grandeurs d'influence classées comme étant du type F puisse être prise en compte comme étant les effets produits par des grandeurs d'influence de type S. Si ces effets sont faibles, ils doivent être ignorés pour l'utilisation du présent document. Si, pendant les essais, des effets importants de type S sont observés, alors les essais respectifs doivent être effectués à une valeur de dose de $10 H_0$, et ces observations doivent être mentionnées dans le rapport d'essai de type.

7.4 Essais pour les grandeurs d'influence de type S

Ces essais doivent être réalisés pour une valeur conventionnelle de la dose H inférieure ou égale à 10 fois la limite inférieure H_0 de l'étendue de mesure effective, par exemple à $7 \times H_0$. Le résultat de chaque essai est un écart D_p .

Il est accepté qu'une petite partie des effets des grandeurs d'influence classées comme étant du type S puisse être prise en compte comme étant les effets produits par des grandeurs d'influence de type F. Si ces effets sont faibles, il convient de les ignorer pour l'utilisation du présent document. Si, pendant les essais, des effets importants de type F ou des effets négatifs significatifs sont observés, alors les essais respectifs doivent être effectués à une valeur de dose de $10 H_0$, et ces observations doivent être mentionnées dans le rapport d'essai de type.

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

7.5 Fantôme utilisé pour les essais

Pour tous les essais qui impliquent l'utilisation d'un fantôme, les fantômes spécifiés dans l'ISO 4037-3, à savoir le fantôme plaque, le fantôme colonne, le fantôme cylindre et le fantôme rondin, doivent être utilisés. Pour les rayonnements bêta, le fantôme plaque rempli d'eau ISO et le fantôme cylindre peuvent être remplacés par une plaque en méthacrylate de polyméthyle (PMMA, *PolyMethylMethAcrylate*) de 200 mm × 200 mm × 20 mm (voir l'ISO 6980-3:2023, 7.3.1).

Pour $H_p(0,07)$, le fantôme rondin doit être utilisé pour les dosimètres d'extrémités et le fantôme plaque doit être utilisé pour les dosimètres "corps entier".

Pour $H_p(3)$, le fantôme cylindre doit être utilisé.

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

7.6 Position du dispositif de détection lors des essais

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

7.7 Position du dosimètre pendant son utilisation

Si la conception du dosimètre permet à l'utilisateur de le porter dans deux orientations, l'une avec l'orientation de référence pointant vers le corps du porteur et l'autre vers l'avant (c'est le cas, par exemple, avec les dosimètres plats de type carte de crédit), le dosimètre doit alors respecter les exigences du présent document pour les deux orientations. Sinon, le manuel doit clairement préciser au minimum que le port dans la mauvaise orientation peut conduire à des résultats erronés et l'orientation correcte doit être clairement indiquée sur le dosimètre (par "côté corps", par exemple).

7.8 Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence

La plage assignée minimale des grandeurs d'influence spécifiées est indiquée dans la troisième colonne des Tableau 3 à Tableau 6 et des Tableau 8 à Tableau 10.

7.9 Débits de dose faibles

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

7.10 Fluctuations statistiques

Pour tous les essais qui impliquent l'utilisation de rayonnements, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication qui proviennent uniquement du rayonnement naturel est une fraction significative de l'écart de l'indication tolérée dans l'essai, alors un nombre de lectures suffisant doit être effectué pour assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une exactitude suffisante pour vérifier que la caractéristique soumise à l'essai respecte les exigences applicables.

NOTE 1 L'augmentation du nombre de lectures améliore l'exactitude de l'estimation de la moyenne, car elle réduit l'incertitude type.

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

NOTE 2 Cet intervalle de temps peut dépendre du débit de dose.

Le nombre de lectures exigé pour démontrer une réelle différence entre deux séries de lectures d'un dosimètre qui présentent des fluctuations, effectuées sur les mêmes instruments et dans des conditions fixes, est donné dans le Tableau A.1.

NOTE 3 Pour plus d'informations sur les fluctuations statistiques, voir l'Annexe A.

7.11 Production de rayonnement de référence

Sauf spécification contraire dans les méthodes d'essai particulières, tous les essais qui impliquent l'utilisation de rayonnements X, gamma, neutron ou bêta, doivent être réalisés avec le type de rayonnement spécifié correspondant (voir Tableau 2). La nature, la réalisation et les conditions d'utilisation des sources de rayonnement doivent être conformes aux recommandations suivantes:

- a) ISO 4037-1/ISO 4037-2/ISO 4037-3/ISO 4037-4;
- b) ISO 6980-1/ISO 6980-2/ISO 6980-3;
- c) ISO 8529-1/ISO 8529-2/ISO 8529-3 et ISO 12789.

8 Additivité des valeurs indiquées

8.1 Exigences

L'exigence suivante est respectée pour les systèmes dosimétriques qui utilisent uniquement des combinaisons linéaires ou des optimisations linéaires afin d'obtenir le signal et la valeur indiquée. En outre, aucun essai n'est exigé (l'algorithme est un algorithme additif).

Dans le cas contraire, c'est-à-dire si un algorithme à comportement non linéaire est utilisé, par exemple en cas d'utilisation de rapports de différents signaux émis par les éléments de détection du dosimètre, ou en cas de branchement ou de points de décision à partir desquels différentes méthodes (ou équations ou corrections) sont utilisées dans l'algorithme, l'essai doit être réalisé afin de vérifier l'algorithme d'évaluation du système dosimétrique pour les irradiations mixtes. L'irradiation mixte signifie qu'un dosimètre est irradié avec deux portions d'équivalent de dose à des qualités de rayonnement différentes ou dans d'autres conditions. La différence entre les qualités de rayonnement ou d'autres conditions peut être:

- a) une différence dans les valeurs de dose; et/ou
- b) une différence dans la valeur d'une grandeur d'influence spécifique (par exemple, énergie et angle d'incidence du rayonnement différents); ou
- c) un type de rayonnement différent si la dosimétrie est soumise à l'essai par rapport à plusieurs types de rayonnements.

Exigence: La réponse relative à l'irradiation mixte doit être comprise dans la plage de réponse pondérée avec les valeurs de dose correspondantes.

NOTE 1 Cette exigence permet de s'assurer que les résultats de l'essai conformément au présent document sont également valides si le dosimètre est irradié avec des spectres larges et/ou des mélanges de plusieurs qualités de rayonnement.

NOTE 2 Dans ce contexte, une qualité de rayonnement est donnée par la notation conformément à l'ISO 4037 ou à l'ISO 6980 et par l'angle d'incidence, par exemple N-30 et un angle d'incidence de 45°.

EXEMPLE: Un système dosimétrique avec un algorithme d'évaluation non linéaire peut présenter les caractéristiques suivantes: Par hypothèse, deux dosimètres (A et B) sont irradiés avec le même équivalent de dose de 20 mSv ^{137}Cs , 0°. Ensuite, le dosimètre B est également irradié avec 2 mSv, N-40, 0°. La valeur indiquée sur le dosimètre A peut être 22 mSv ($R = 22 \text{ mSv} / 20 \text{ mSv} = 1,1$) et l'indication du dosimètre B peut être 21 mSv ($R = 21 \text{ mSv} / 22 \text{ mSv} = 0,95$). Pour les deux dosimètres, la réponse relative (en prenant pour hypothèse $R_0 = 1$) est comprise entre 0,71 et 1,67 (l'exigence du 9.4.3.1 est respectée), mais la valeur indiquée n'est pas additive.

8.2 Méthode d'essai

8.2.1 Généralités

Cet essai doit être réalisé en procédant à des calculs qui utilisent les signaux des éléments du dosimètre et l'algorithme d'évaluation du système dosimétrique. Il est donc nécessaire que le laboratoire d'essai ait accès à l'algorithme d'évaluation et aux signaux S_g des éléments des dosimètres.

8.2.2 Préparation de l'essai

Les réponses relatives des signaux des éléments du dosimètre obtenus lors des essais conformément aux 9.4, 9.5 et 9.6 doivent être utilisées. Toutes les qualités de rayonnement répertoriées en 9.4.1.2, 9.4.2.2, 9.4.3.2, 9.5.2.2, 9.6.2.2, 9.6.3.2 et 9.6.4.2 (selon le type de dosimètre) et tous les angles d'incidence de 0° à l'angle de variation maximal, au moins pour $\pm 45^\circ$ et $\pm 60^\circ$, doivent être pris en compte. Si le boîtier du dosimètre n'est pas symétrique, quatre directions différentes (haut, bas, gauche et droite) doivent être prises en compte pour chaque angle d'incidence.

Si les réponses relatives des signaux des éléments du dosimètre ne sont pas disponibles pour l'ensemble des qualités de rayonnement et angles d'incidence, ces valeurs peuvent être déterminées par des mesures ou des méthodes de Monte-Carlo. Ces dernières doivent être validées par des mesures.

Afin de s'assurer que l'algorithme d'évaluation fourni par le fabricant est correct, l'essai suivant doit être réalisé pour quelques qualités de rayonnement pour lesquelles des irradiations ont été réalisées lors des essais conformément au 9.4, au 9.5 et au 9.6: La valeur indiquée G_K évaluée par le système dosimétrique doit être comparée à la valeur indiquée correspondante $f(S_{g,K})$ qui a été calculée à l'aide des signaux $S_{g,K}$ des éléments de détection $g = 1..b$ et de l'algorithme d'évaluation. Les valeurs doivent être égales; dans le cas contraire, le fabricant doit fournir la fonction appropriée $f(S_g)$ pour l'évaluation de la valeur indiquée.

8.2.3 Essai pratique

Les irradiations mixtes utilisant les deux qualités de rayonnement K et L peuvent être simulées en calculant la somme des signaux $S_{g,K} + S_{g,L}$ pour chaque élément de détection g . À partir de cette somme, la valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ doit être calculée pour la condition d'irradiation mixte K+L avec la valeur conventionnelle de dose $C_{K+L} = C_K + C_L$. La valeur indiquée $G_{K+L} = f(S_{g,K} + S_{g,L})$ doit être déterminée pour toute combinaison possible des deux qualités de rayonnement K et L avec une énergie et un angle d'incidence différents dans la plage de débits. Pour chaque combinaison de K et de L, le rapport de C_K à C_L doit prendre les valeurs suivantes: 1:9, 2:8, ... jusqu'à 9:1 (neuf rapports différents). La dose totale doit respecter les conditions normales d'essai (voir ligne 5 du Tableau 2).

La réponse relative doit être calculée conformément à $r = \frac{G_{K+L}}{C_{K+L}} \cdot \frac{C_{r,0}}{G_{r,0}}$ pour chaque combinaison décrite ci-dessus. L'Annexe E décrit une méthode pour effectuer tous ces calculs.

EXEMPLE: La plage assignée est comprise entre 33 keV et 1,25 MeV et entre 0° et ±60° pour les rayonnements photon. Elle est comprise entre 0,24 MeV et 0,8 MeV et entre 0° et ±60° pour les rayonnements bêta. Conformément aux 9.4.1.2 et 9.6.2.2, neuf qualités de rayonnement photon et deux qualités de rayonnement bêta sont prises en compte. En outre, 17 angles d'incidence différents doivent être pris en compte: 0°, 45° et 60°, les quatre derniers provenant de quatre directions différentes (haut, bas, gauche, droite), car le boîtier du dosimètre n'est par hypothèse symétrique dans aucune direction. Autrement dit, (9+2) énergies multipliées par 17 angles d'incidence donnent 99 contributions de différentes qualités de rayonnement. La combinaison de chaque contribution l'une avec l'autre conduit à $99 \times 98/2 = 4851$ combinaisons. 4851 combinaisons multipliées par 9 rapports de dose donnent 43659 types de signaux pour obtenir la valeur indiquée.

8.3 Interprétation des résultats

Toutes les réponses relatives calculées doivent être comprises dans la variation admissible de la réponse. Si différentes plages de réponse sont exigées pour les différentes qualités de rayonnement K et L, la plage de réponse pondérée avec les valeurs de dose correspondantes, C_K et C_L , doit être appliquée. La réponse pondérée doit être calculée comme suit: Les plages de réponse pour les qualités de rayonnement K et L, $r_{\min,K} \dots r_{\max,K}$ et $r_{\min,L} \dots r_{\max,L}$, doivent être combinées aux limites pondérées pour les valeurs de réponse

$$r_{\min,w} = \frac{r_{\min,K} \times C_K + r_{\min,L} \times C_L}{C_K + C_L} \quad \text{et} \quad r_{\max,w} = \frac{r_{\max,K} \times C_K + r_{\max,L} \times C_L}{C_K + C_L}.$$

NOTE Cela s'applique particulièrement en cas de mesurage pour les rayonnements neutron.

Dans ce cas, l'exigence du 8.1 peut être considérée comme respectée.

9 Exigences de performances sous rayonnement et essais

9.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence concernées par le présent article sont considérées comme étant de type F. L'Annexe D décrit l'une des méthodes possibles pour déterminer la variation de la réponse relative avec l'énergie du rayonnement et l'angle d'incidence du rayonnement.

Les essais sont effectués pour tous les types de rayonnements que le dosimètre est destiné à mesurer. De plus, l'effet des autres types de rayonnements sur les résultats de mesure doit être indiqué par le fabricant (voir 6.7). Si l'utilisation dans les champs de rayonnement neutron ou bêta n'est pas exclue dans le manuel d'instructions, les exigences du 9.5.2.1, du 9.6.2.1, du 9.6.3.1 ou du 9.6.4.1 s'appliquent.

NOTE 1 Les exigences pour la grandeur d'influence "énergie du rayonnement et angle d'incidence du rayonnement" sont données par rapport à la réponse de référence R_0 dans les conditions de référence (rayonnement de référence et incidence 0° du rayonnement, dose de référence et/ou débit de dose et toutes les autres conditions de référence données dans le Tableau 2). Les rayonnements de référence possibles peuvent être trouvés dans le Tableau 1 de l'ISO 4037-1:2019 pour les rayonnements photon, dans le Tableau 1 de l'ISO 6980-1:2023 pour les rayonnements bêta et dans le Tableau 1 de l'ISO 8529-1:2021 pour les rayonnements neutron. Les rayonnements de référence les plus utilisés sont donnés dans le Tableau 2, mais, en particulier pour les dosimètres neutron, il peut être nécessaire de choisir d'autres rayonnements comme rayonnement de référence pour satisfaire aux exigences relatives à cette grandeur d'influence, même si une valeur d'énergie peut être choisie comme condition de référence pour laquelle aucun rayonnement physique n'est disponible. Dans ce cas, ce rayonnement (virtuel) de référence est réalisé avec un rayonnement de référence disponible et la variation de la réponse à ce rayonnement (virtuel) de référence.

NOTE 2 Pour les débits de dose élevés des rayonnements photon, il peut être pertinent pour le laboratoire d'essai d'utiliser des qualités de rayonnement X ou S-Co au lieu de S-Cs et d'appliquer une correction correspondante.

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

L'incertitude relative élargie, U_{rel} , de la valeur conventionnelle de la dose ou du débit de dose du champ de référence, doit être inférieure à $8\% = 0,08$ à un intervalle d'élargissement de 95 %, et doit être prise en compte. Le laboratoire d'essai doit déterminer U_{rel} conformément au Guide ISO/IEC 98-3:2008.

Toute exigence qui nécessite l'emploi d'une source de rayonnement est prise en compte pour $U_{rel} = 0$. Pour $U_{rel} > 0$, la variation admise de la réponse relative doit être élargie de la valeur U_{rel} . Si plusieurs essais doivent être réalisés avec la même qualité de rayonnement, par exemple l'essai de constance de la réponse, seule l'incertitude sur le rapport de la valeur réelle et la valeur de référence de la dose (ou du débit de dose) doit être prise en compte. En cas d'exigences différentes, celles-ci sont mentionnées dans la méthode d'essai correspondante.

9.3 Constance de la réponse de dose, dépendance vis-à-vis du débit de dose et fluctuations statistiques

9.3.1 Généralités

Les essais relatifs à la constance de la réponse de dose, à la dépendance vis-à-vis du débit de dose et aux fluctuations statistiques sont réalisés avec les mêmes données de mesure.

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

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

9.3.2 Exigences

- a) Dans les conditions normales d'essai, avec les contrôles d'étalonnage mis au point conformément aux instructions du fabricant, la variation de la réponse relative en fonction de la non-constance de la réponse de dose ne doit pas dépasser les valeurs indiquées à la ligne 1 des Tableau 3 à Tableau 6 sur l'étendue de mesure effective totale pour les rayonnements de référence choisis (X, gamma, neutron ou bêta). Le débit de dose doit s'étendre sur l'ensemble de la plage de débits de dose spécifiée par le fabricant pour les mesures de dose. Le débit de dose agit comme une grandeur d'influence ici.
- b) Les fluctuations statistiques de l'indication mesurées comme coefficient de variation doivent satisfaire aux exigences indiquées aux lignes 2 et 3 des Tableau 3 à Tableau 6.
- c) Pour les dosimètres photon de mesure de $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, la différence entre la dose de fond indiquée, G_{nat} , et la valeur conventionnelle de la dose de fond, H_{nat} , ne doit pas dépasser H_0 pour le temps de mesure spécifié t_{max} .

NOTE Pour les dosimètres photon de mesure de $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, cela implique que la différence entre les doses de fond indiquées, G_{nat} , pour différents échantillons de dosimètres ne dépasse pas 2 fois H_0 pour le temps de mesure spécifié t_{max} .

Tableau 3 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
1	Variation de la réponse relative due à la dose et au débit de dose	1 mSv à 3 Sv et $5 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} ^{a)} pour l'équivalent de dose individuel	–13 % à +18 % ^{b)} dosimètre	9.3
2	Fluctuation statistique, v : dose $H_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	$H_0 \leq H < 1 \text{ mSv}$ $1 \text{ mSv} \leq H < 11 \text{ mSv}$ $11 \text{ mSv} \leq H$	15 % $(16 - H / (1 \text{ mSv})) \%$ 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit de dose $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 100 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $100 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 600 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (100 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	Énergie des rayonnements X et gamma et angle d'incidence	30 keV à 1,25 MeV ou 20 keV à 150 keV et 0° à 60° de la direction de référence	–29 % à +67 % ^{c)}	9.4.1
5	Énergie moyenne et angle d'incidence du rayonnement bêta	Pour les dosimètres d'extrémités: $0,8 \text{ MeV}$ et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence et un essai obligatoire à $0,24 \text{ MeV}$ et 0° à $\pm 60^\circ$ de la direction de référence Pour les dosimètres "corps entier": $0,8 \text{ MeV}$ et 0° à $\pm 45^\circ$ de la direction de référence	–29 % à +67 % ^{c)} La conformité à $0,24 \text{ MeV}$ n'est pas exigée, mais les résultats doivent être indiqués	9.6.2
6	Surexposition	10 fois la plage maximale sans dépasser 20 Sv ou 10 Sv h^{-1}	Surcharge de dose: indiquer la surexposition Surcharge de débit de dose: indiquer la surexposition jusqu'à réinitialisation de la dose	9.9

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
7	Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(0,07) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$ et temps d'attente maximal de 10 s	–13 % à +18 % pour l'indication après 20 s et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 100 μSv	9.10.2
8	Exactitude de l'alarme réglée à H_a ou $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})^d$ $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.10.3 9.10.4
9	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.7
a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.				

Tableau 4 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(3)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
1	Variation de la réponse relative due à la dose et au débit de dose	300 μSv to 1 Sv et 0,1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a)	–13 % à +18 % b) dosimètre	9.3
2	Fluctuation statistique, v : dose $H_p(3)$	$H_0 \leq H < 0,3 \text{ mSv}$ $0,3 \text{ mSv} \leq H < 3,3 \text{ mSv}$ $3,3 \text{ mSv} \leq H$	15 % $(16 - H / (0,3 \text{ mSv})) \%$ 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit de dose $\dot{H}_p(3)$	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})) \%$ 15 %	9.3
4	Énergie des rayonnements X et gamma et angle d'incidence	30 keV à 250 keV et 0° à 60° de la direction de référence à l'étude	–29 % à +67 % c)	9.4.2

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
5	Énergie moyenne et angle d'incidence du rayonnement bêta	0,8 MeV et 0° à 60° de la direction de référence	–29 % à +67 % ^{c)} uniquement si le dosimètre est spécifié pour les rayonnements bêta; sinon, la conformité n'est pas exigée, mais les résultats doivent être indiqués (voir 9.6.1)	9.6.3
6	Énergie moyenne et angle d'incidence du rayonnement bêta	0,24 MeV et 0°	Valeur indiquée inférieure ou égale à 10 % de la dose $H_p(0,07)$ irradiée uniquement si le dosimètre est spécifié pour les rayonnements bêta; sinon, la conformité n'est pas exigée, mais les résultats doivent être indiqués (voir 9.6.1)	9.6.3
7	Comme aux lignes 4 à 6, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir lignes 4 à 6 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	Voir lignes 4 à 6 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	7.7
8	Surexposition	10 fois la plage maximale sans dépasser 20 Sv ou 10 Sv h ⁻¹	Surcharge de dose: indiquer la surexposition Surcharge de débit de dose: indiquer la surexposition jusqu'à réinitialisation de la dose	9.9
9	Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et fonctions d'alarme	$H_p(3) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ et temps d'attente maximal de 10 s	–13 % à +18 % pour l'indication après 20 s et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 10 µSv	9.10.2
10	Exactitude de l'alarme réglée à H_a ou $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ ^{d)}	9.10.3
			$\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.10.4
11	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.7

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
12	Réponse due au bruit de fond du rayonnement naturel	—	Écart de l'indication pendant $t_{\max}$ à partir du bruit de fond naturel inférieur à H_0	9.3.5
a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.				

Tableau 5 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
1	Variation de la réponse relative due à la dose et au débit de dose	100 μSv to 1 Sv et 0,5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a)	–13 % à +18 % b) dosimètre	9.3
2	Fluctuation statistique, v : dose $H_p(10)$	$H_0 \leq H < 0,1 \text{ mSv}$ $0,1 \text{ mSv} \leq H < 1,1 \text{ mSv}$ $1,1 \text{ mSv} \leq H$	15 % ($16 - H / (0,1 \text{ mSv})$) % 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit de dose $\dot{H}_p(10)$	$H_0 \leq \dot{H} < 10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $10 \mu\text{Sv h}^{-1} \leq \dot{H} < 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 60 \mu\text{Sv h}^{-1}$	20 % ($21 - \dot{H} / (10 \mu\text{Sv h}^{-1})$) % 15 %	9.3
4	Énergie des rayonnements et angle d'incidence	80 keV à 1,25 MeV ou 20 keV à 150 keV et 0° à 60° de la direction de référence étudiée	–29 % à +67 % c)	9.4.3
5	Énergie moyenne et angle d'incidence du rayonnement bêta	0,8 MeV et 0°	Valeur indiquée qui ne dépasse pas 10 % de la dose $H_p(0,07)$ irradiée	9.6.4
6	Comme à la ligne 4, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir ligne 4 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	Voir ligne 4 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	7.7
7	Surexposition	10 fois la plage maximale sans dépasser 20 Sv ou 10 Sv h^{-1}	Surcharge de dose: indiquer la surexposition Surcharge de débit de dose: indiquer la surexposition jusqu'à réinitialisation de la dose	9.9

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
8	Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(10) \geq 1 \text{ mSv h}^{-1}$ et temps d'attente maximal de 10 s	–13 % à +18 % pour l'indication après 10 s et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 10 μSv	9.10.2
9	Exactitude de l'alarme réglée à H_a ou $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{\text{rel}}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{\text{rel}})$ ^{d)} $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{\text{max}}) \dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.10.3 9.10.4
10	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.7
11	Réponse due au bruit de fond du rayonnement naturel	—	Écart de l'indication pendant t_{max} à partir du bruit de fond naturel inférieur à H_0	9.3.5
a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible. b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose). d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.				

Tableau 6 – Caractéristiques sous rayonnement des dosimètres qui mesurent $H_p(10)$ pour les rayonnements neutron

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
1	Variation de la réponse relative due à la dose et au débit de dose	100 μSv to 1 Sv et 5 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} a) pour l'équivalent de dose individuel	–20 % à +33 % $\leq$ 5 mSv –20 % à +33 % $>$ 5 mSv b) dosimètre	9.3
2	Fluctuation statistique, v : dose	$H_0 \leq H < 51 H_0$ $H \geq 51 H_0$	$(25,4 - H / (2,5 H_0))$ % 5 %	9.3
3	Fluctuation statistique, v : débit de dose pour les fonctions d'alarme	$\dot{H}_0 \leq \dot{H} < 1 \text{ mSv h}^{-1}$ $1 \text{ mSv h}^{-1} \leq \dot{H} < 6 \text{ mSv h}^{-1}$ $\dot{H} \geq 6 \text{ mSv h}^{-1}$	20 % $(21 - \dot{H} / (1 \text{ mSv h}^{-1}))$ % 15 %	9.3
4	Énergie des rayonnements et angle d'incidence	0,025 eV à 100 keV plus 100 keV à 10 MeV Élargissement de la plage: supérieur à 10 MeV et 0° à 60° de la direction de référence étudiée	–60 % à +700 % c) –60 % à +100 % c) –60 % à +100 % c)	9.5.2
5	Comme à la ligne 4, mais direction de référence opposée à la précédente	Voir ligne 4 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	Voir ligne 4 si le fabricant n'a fourni aucun énoncé concernant une orientation incorrecte	7.7
6	Surexposition	10 fois la plage maximale sans dépasser 20 Sv ou 10 Sv h^{-1}	Surcharge de dose: indiquer la surexposition Surcharge de débit de dose: indiquer la surexposition jusqu'à réinitialisation de la dose	9.9
7	Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et fonctions d'alarme	$\dot{H}_p(10) \geq 10 \text{ mSv h}^{-1}$	–17 % à +25 % pour l'indication après 10 s et aucun retard du déclenchement de l'alarme supérieur à 2 s ne doit autoriser une dose reçue supérieure à 500 μSv	9.10.2

Ligne	Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Plage assignée minimale d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour toute la plage assignée	Paragraphe
8	Exactitude de l'alarme réglée à H_a ou $\dot{H}_a$	$H_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif $\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif	$0,87 (1 - U_{rel}) \leq H_a / H_{a,c} \leq 1,18 (1 + U_{rel})$ d) $\dot{H} \leq (1 - 2 v_{max})$ $\dot{H}_a$: Alarme active pas plus de 5 % du temps $\dot{H} \geq (1 + 2 v_{max})$ $\dot{H}_a$: Alarme active pendant au moins 95 % du temps	9.10.3 9.10.4
9	Effets de rayonnements autres que ceux à mesurer	—	Réponse à définir par le fabricant	6.7

a) Valeur de débit de dose minimal aussi faible que raisonnablement possible.
b) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination du rapport de la valeur réelle et de la valeur de référence de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose).
c) Cette variation de la réponse relative est additive à l'incertitude pour la détermination de la valeur conventionnelle de la dose (ou du débit de dose).
d) $H_{a,c}$ est la valeur conventionnelle de la dose à laquelle l'alarme se déclenche.

9.3.3 Méthode d'essai avec des sources de rayonnement

a) Source de rayonnement à utiliser

Pour les besoins de cet essai, la valeur conventionnelle de la dose individuelle ou du débit de dose individuel au point de mesure doit être connue. Les essais doivent être réalisés avec les sources de référence d'activité appropriée indiquées dans le Tableau 2, par exemple ^{137}Cs pour les rayonnements photon, $^{241}\text{Am-Be}$ pour les rayonnements neutron et $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ pour les rayonnements bêta, en irradiant le dosimètre placé sur le fantôme exigé (voir 7.5) selon la direction de référence. Le débit de dose doit s'étendre sur l'ensemble de la plage de débits de dose spécifiée par le fabricant pour les mesures de dose.

Si cet essai ne peut pas être réalisé sur le fantôme exigé (voir 7.5), par exemple lorsque le débit de dose élevé exigé ne peut être obtenu à une distance où tout le fantôme est irradié, l'essai peut également être réalisé dans l'air à des distances plus courtes, si le facteur de correction pour l'irradiation dans l'air au lieu de celui sur fantôme est utilisé. Ce facteur de correction dépend du dosimètre soumis à l'essai et de la qualité de rayonnement utilisée; il doit donc être déterminé de manière spécifique.

Si les débits de dose nécessaires ne peuvent pas être obtenus par ^{137}Cs , une autre méthode consiste à utiliser une autre qualité de rayonnement (rayons X, par exemple) pour l'essai et à appliquer un facteur de correction pour la différence de réponse par rapport à l'énergie de référence.

NOTE Pour les dosimètres qui utilisent plusieurs détecteurs et des algorithmes spéciaux, la correction du fantôme manquant peut dépendre du débit de dose.

b) Essais à réaliser

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

La réponse doit être mesurée pour au moins trois valeurs de dose dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure effective de la dose. Ces valeurs doivent se situer approximativement à chaque limite de l'ordre de grandeur inclus dans l'étendue de mesure, à 30 % de chaque ordre de grandeur complet, aux limites de l'étendue de mesure et à proximité des variations d'étendue (si celles-ci sont connues).

EXEMPLE L'étendue de mesure est comprise entre 0,1 mSv et 2 Sv, les valeurs de dose correspondantes sont 0,1 mSv et 0,3 mSv; 1 mSv et 3 mSv; 10 mSv et 30 mSv; 100 mSv et 300 mSv; 1 Sv et 2 Sv.

Pour les différentes valeurs de dose, les différentes valeurs de débit de dose couvertes par la plage assignée de débits de dose doivent également être appliquées. Au total, n mesurages répétés à chacune des w valeurs de dose doivent être réalisés, en fonction de l'étendue de mesure effective de la dose. À partir de ces mesurages, les w valeurs de réponse peuvent être calculées, à partir desquelles la variation de la réponse relative en fonction de la non-constance de la réponse peut être déterminée.

9.3.4 Interprétation des résultats de l'essai avec des sources de rayonnement

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

À partir des w valeurs moyennes, la variation de la réponse relative due à la non-constance de la réponse ne doit pas dépasser la plage indiquée à la ligne 1 des Tableau 3 à Tableau 6. De même, à partir des w valeurs des coefficients de variation et des valeurs de c_1 et c_2 indiquées dans le Tableau 7, démontrer que:

- pour $w - 2$ valeurs de dose, les coefficients de variation sont inférieurs à c_1 fois les limites indiquées dans les Tableau 3 à Tableau 6; et
- pour les deux valeurs (de débit) de dose restantes (qui ne doivent pas être contiguës), les coefficients de variation sont inférieurs à c_2 fois les limites indiquées dans les Tableau 3 à Tableau 6.

Dans ce cas, les exigences spécifiées en a) et b) du 9.3.2 peuvent être considérées comme respectées.

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

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

NOTE 3 Les raisons qui justifient l'utilisation de la procédure d'essai sont données dans Brunzendorf et Behrens, voir la Bibliographie.

Tableau 7 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w différentes valeurs de dose et n indications pour chaque valeur de dose

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

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

Étant donné que la réponse des dosimètres par rapport au rayonnement naturel ou au bruit de fond intrinsèque peut varier d'un échantillon à l'autre, l'essai suivant doit être réalisé avec au moins 5 échantillons différents. La réponse des dosimètres peut dépendre de la direction du rayonnement naturel. Par conséquent, l'essai doit être réalisé dans trois orientations orthogonales du dosimètre.

- Essai simple: Placer le dosimètre sur le fantôme exigé (voir 7.5) pendant au moins une semaine (t_{env}) dans un environnement normal de laboratoire, et prendre pour hypothèse comme première estimation un débit de dose de fond $\dot{H}_{\text{nat}}$ de $2 \mu\text{Sv d}^{-1}$, en l'absence de toute autre information. Déterminer la dose cumulée de l'instrument $G_{\text{i,nat}}$ pour le temps t_{env} (voir également 6.8). Calculer la valeur de la dose attendue à partir du débit de dose admis par hypothèse dû au rayonnement naturel ambiant $H_{\text{nat}} = 2 \mu\text{Sv d}^{-1} \times t_{\text{env}}$.
- Essai approfondi: Cet essai approfondi n'est nécessaire que si l'essai simple ne démontre pas la conformité aux exigences (voir 9.3.6). Placer le dosimètre sur le fantôme exigé (voir 7.5) pendant au moins $0,95 \times t_{\text{max}} (t_{\text{env}})$ dans un environnement où le débit de dose de fond moyen $\dot{H}_{\text{nat}}$ est connu. Il doit s'agir d'un poste de champ normal dans lequel les débits de dose ont été mesurés avec des instruments de référence traçables par rapport à des étalons nationaux. Déterminer la dose cumulée G_{nat} pour le temps t_{env} (voir également 6.8). Calculer la valeur de la dose attendue à partir du débit de dose connu dû au rayonnement naturel ambiant: $H_{\text{nat}} = \dot{H}_{\text{nat}} \times t_{\text{env}}$.

9.3.6 Interprétation des résultats de l'essai avec le rayonnement naturel

Si l'inégalité

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

s'applique pour tous les dosimètres soumis à l'essai, l'exigence du 9.3.2 c) peut être considérée comme respectée.

NOTE 1 Cette inéquation peut également être utilisée pour corriger les (nouvelles) valeurs de H_0 et t_{max} .

NOTE 2 Cela limite la différence d'indication de deux échantillons à moins de 2 fois H_0 après un temps $t_{\max}$.

NOTE 3 La variation du produit est traitée en utilisant au moins 5 échantillons.

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

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

9.4.1.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement photon dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 4 du Tableau 3. La plage assignée minimale couvre les valeurs indiquées dans la colonne 3 à la ligne 4 du Tableau 3. Si les méthodes de détection sont différentes pour des plages spécifiques de dose (ou de débit de dose), cette exigence doit mener à des essais séparés pour l'ensemble de ces plages.

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

9.4.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme exigé (voir 7.5). Les qualités de rayonnement photon spécifiées dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4 doivent être utilisées. La série à spectre étroit est privilégiée. Il convient de choisir les qualités de rayonnement conformément à l'Annexe D.

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

NOTE 1 L'angle maximal d'incidence de l'irradiation $\pm \alpha_{\max}$ est limité à $\pm 75^\circ$ pour $H_p(0,07)$ sur le fantôme plaque en raison de la définition de la grandeur de mesure.

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

9.4.1.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement photon doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 4 du Tableau 3. Dans ce cas, les exigences du 9.4.1.1 peuvent être considérées comme respectées.

9.4.2 Grandeur de mesure $H_p(3)$ ou $\dot{H}_p(3)$

9.4.2.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement photon dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 4 du Tableau 4. La plage assignée minimale couvre les valeurs indiquées dans la colonne 3 à la ligne 4 du Tableau 4.

L'angle maximal d'incidence de l'irradiation $\pm \alpha_{\max}$ est limité à $\pm 90^\circ$ en raison de la définition de la grandeur de mesure.

Si les méthodes de détection sont différentes pour des plages spécifiques de dose (ou de débit de dose), cette exigence doit mener à des essais séparés pour l'ensemble de ces plages.

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

9.4.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme exigé (voir 7.5). Les qualités de rayonnement photon spécifiées dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4 doivent être utilisées. La série à spectre étroit est privilégiée. Il convient de choisir les qualités de rayonnement conformément à l'Annexe D.

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

9.4.2.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement photon doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 4 du Tableau 4 pour toutes les énergies. Dans ce cas, les exigences du 9.4.2.1 peuvent être considérées comme respectées.

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

9.4.3.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement photon dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 4 du Tableau 5. La plage assignée minimale couvre au moins l'un des deux domaines d'énergie indiqués dans la colonne 3 à la ligne 4 du Tableau 5.

L'angle maximal d'incidence de l'irradiation $\pm \alpha_{\max}$ est limité à $\pm 75^\circ$ en raison de la définition de la grandeur de mesure.

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

NOTE Les deux plages assignées minimales reflètent les deux principales conditions de poste de travail. La plage assignée minimale de 80 keV à 1,25 MeV concerne les postes de travail où des sources gamma sont utilisées, par exemple dans l'industrie. La plage assignée minimale de 20 keV à 150 keV concerne les postes de travail où des rayons X sont utilisés, par exemple en radiologie diagnostique médicale. Les deux plages peuvent être élargies jusqu'au cas extrême de la plage assignée d'utilisation qui couvre l'ensemble des énergies entre 10 keV et 7 MeV.

9.4.3.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme plaque rempli d'eau ISO. Les qualités de rayonnement photon spécifiées dans l'ISO 4037-1, l'ISO 4037-2, l'ISO 4037-3 et l'ISO 4037-4 doivent être utilisées. La série à spectre étroit est privilégiée. Il convient de choisir leur énergie moyenne conformément à l'Annexe D.

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

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

9.4.3.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement photon doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 4 du Tableau 5. Dans ce cas, les exigences du 9.4.3.1 peuvent être considérées comme respectées.

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

9.5.1 Généralités

Les essais donnés ici doivent être réalisés si le dosimètre est destiné à mesurer le rayonnement neutron; sinon, il convient que l'influence du rayonnement neutron sur l'indication soit donnée par le fabricant et vérifiée à un angle d'incidence de 0° (voir 6.7).

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

9.5.2.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie du rayonnement et de l'angle d'incidence du rayonnement neutron dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 4 du Tableau 6. La plage assignée minimale couvre les valeurs indiquées dans la colonne 3 à la ligne 4 du Tableau 6.

L'angle maximal d'incidence de l'irradiation $\pm\alpha_{\max}$ est limité à $\pm 75^\circ$ en raison de la définition de la grandeur de mesure.

Si les méthodes de détection sont différentes pour des plages spécifiques de dose (ou de débit de dose), cette exigence doit mener à des essais séparés pour l'ensemble de ces plages.

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

9.5.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme plaque rempli d'eau ISO. Les qualités de rayonnement neutron spécifiées dans l'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2, l'ISO 8529-3, l'ISO 12789-1 et l'ISO 12789-2 doivent être utilisées.

Les énergies suivantes doivent être utilisées, si elles sont incluses dans la plage assignée d'énergies, et les résultats doivent être documentés dans le manuel:

- a) un champ de rayonnement principalement thermique, avec une contribution des neutrons thermiques à la dose individuelle supérieure à 50 %;
- b) 144 keV ou 250 keV;
- c) 565 keV;
- d) 1,2 MeV;
- e) 5 MeV;
- f) ^{252}Cf brut;
- g) AmBe;
- h) 14,8 MeV;
- i) 19 MeV (si la plage d'énergies spécifiée inclut 20 MeV).

NOTE 1 À l'aide de ses données, l'utilisateur peut décider si un dosimètre est adapté à son poste de travail et si un étalonnage normalisé pour le ^{252}Cf brut, le ^{252}Cf (mod., D_2O) ou l'AmBe s'applique.

De plus, il est recommandé de définir la réponse à des sources normalisées qui simulent des champs de rayonnement neutron au poste de travail et au ^{252}Cf (mod., D_2O). Par accord entre le fabricant et le client, les champs simulés de rayonnement neutron au poste de travail doivent être choisis suivant les champs rencontrés au poste de travail où sera utilisé l'instrument.

Les valeurs de la réponse doivent être mesurées pour les angles d'incidence $\alpha = 0^\circ$, $\alpha = \pm 30^\circ$ et $\alpha = \pm 60^\circ$ et, si la plage assignée d'utilisation dépasse 0° à $\pm 60^\circ$, $\alpha = \pm \alpha_{\text{max}}$. Ces mesures doivent être relevées dans deux plans perpendiculaires qui contiennent la direction de référence et passent par le point de référence du dosimètre.

NOTE 2 L'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2 et l'ISO 8529-3 donnent des informations concernant les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage. Pour les sources qui simulent les champs réalistes de rayonnement neutron au poste de travail, voir l'ISO 12789-1 et l'ISO 12789-2.

9.5.2.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement ν doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 4 du Tableau 6. Dans ce cas, les exigences du 9.5.2.1 peuvent être considérées comme respectées.

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

9.6.1 Généralités

Les essais donnés ici doivent être réalisés si le dosimètre est destiné à mesurer des rayonnements bêta. À défaut, l'influence des rayonnements bêta sur l'indication doit être spécifiée par le fabricant. Si l'utilisation dans les champs de rayonnement bêta n'est pas exclue dans le manuel d'instructions, les exigences du 9.6.2.1, du 9.6.3.1 ou du 9.6.4.1 s'appliquent. Sinon, il convient de vérifier l'indication sous l'angle d'incidence de 0° (voir 6.7).

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

9.6.2.1 Exigences

La réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 5 du Tableau 3. La plage assignée minimale couvre les valeurs indiquées dans la colonne 3 à la ligne 5 du Tableau 3.

Si les méthodes de détection sont différentes pour des plages spécifiques de dose (ou de débit de dose), cette exigence doit mener à des essais séparés pour l'ensemble de ces plages.

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

9.6.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme exigé (voir 7.5). Les qualités de rayonnement de référence suivantes doivent être choisies dans la liste de rayonnements bêta de référence spécifiée dans l'ISO 6980-1:

^{147}Pm	($\bar{E} \approx 0,06 \text{ MeV}$);
^{204}Tl ou ^{85}Kr	($\bar{E} \approx 0,24 \text{ MeV}$);
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ avec un absorbeur de 3 mm ou 4 mm	($\bar{E} \approx 0,61 \text{ MeV}$ ou $\bar{E} \approx 0,54 \text{ MeV}$)
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	($\bar{E} \approx 0,8 \text{ MeV}$).

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

NOTE Si un laboratoire d'essai n'a pas accès aux rayonnements de référence spécifiés, il peut choisir d'utiliser d'autres rayonnements de référence appropriés qui sont similaires en énergie, en appliquant un facteur de correction si nécessaire.

9.6.2.3 Interprétation des résultats

Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 5 du Tableau 3. Dans ce cas, les exigences du 9.6.2.1 peuvent être considérées comme respectées.

9.6.3 Grandeur de mesure $H_p(3)$ ou $\dot{H}_p(3)$

9.6.3.1 Exigences

Exigence A: La réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta dans la plage assignée d'utilisation doit être comprise dans l'intervalle indiqué à la ligne 5 du Tableau 4. La plage assignée minimale couvre les valeurs indiquées dans la colonne 3 à la ligne 5 du Tableau 4.

L'angle maximal d'incidence de l'irradiation $\pm \alpha_{\text{max}}$ est limité à $\pm 90^\circ$ en raison de la définition de la grandeur de mesure.

Exigence B: Comme le dosimètre est destiné à mesurer $H_p(3)$ ou $\dot{H}_p(3)$, la valeur indiquée due au rayonnement bêta avec des énergies supérieures à l'équivalent énergie de ^{85}Kr doit être inférieure à $0,1 \cdot H_p(0,07)$ ou $0,1 \cdot \dot{H}_p(0,07)$ (voir colonne 3, ligne 6 du Tableau 4).

Si les méthodes de détection sont différentes pour des plages spécifiques de dose (ou de débit de dose), cette exigence doit mener à des essais séparés pour l'ensemble de ces plages.

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

9.6.3.2 Méthode d'essai

Exigence A: Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme exigé (voir 7.5). Les qualités de rayonnement de référence suivantes doivent être choisies dans la liste de rayonnements bêta de référence spécifiée dans l'ISO 6980-1:

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

$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ($\bar{E} \approx 1,2 \text{ MeV}$).

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

Exigence B: Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme plaque en PMMA (voir 7.5). Exposer le dosimètre pour l'angle d'incidence 0° à un rayonnement bêta de référence spécifié dans la série ISO 6980 de qualité suivante: ^{85}Kr ($\bar{E} \approx 0,24 \text{ MeV}$).

9.6.3.3 Interprétation des résultats

Exigence A: Toutes les valeurs de la réponse relative en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta doivent être comprises dans les limites indiquées à la ligne 5 du Tableau 4. Dans ce cas, les exigences du 9.6.3.1 peuvent être considérées comme respectées.

Exigence B: La valeur de dose $H_p(3)$ indiquée pour ^{85}Kr doit être inférieure à 10 % de la dose $H_p(0,07)$ reçue.

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

9.6.4.1 Exigences

Le dosimètre doit être aussi insensible que possible aux rayonnements bêta, car la dose efficace pour laquelle $H_p(10)$ est une estimation acceptable, n'est généralement pas une grandeur appropriée pour les rayonnements bêta.

9.6.4.2 Méthode d'essai

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

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

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

9.7 Surindication due à un incident de rayonnement de côté d'un dosimètre $H_p(10)$, $H_p(3)$ ou $H_p(0,07)$

9.7.1 Exigences

Si le dosimètre est irradié dans l'air de côté (α_{max} à $180^\circ - \alpha_{\text{max}}$), la valeur indiquée ne doit pas dépasser 2 fois la valeur indiquée qui résulte d'une irradiation dans l'air avec la même qualité de rayonnement qu'une irradiation à l'avant (0°). Cela doit s'appliquer à toutes les énergies de rayonnement dans la plage assignée d'énergie.

NOTE 1 Cette exigence empêche d'accepter un détecteur avec un numéro atomique élevé en l'absence d'un blindage suffisant qui peut provoquer une réponse excessive importante de côté.

NOTE 2 $\alpha_{\max} = 60^\circ$ correspond à une irradiation de 60° à 120° .

Aucune limite inférieure n'est exigée, car la valeur conventionnelle d'une grandeur est égale à zéro pour les rayonnements bêta et les rayonnements photon de faible énergie.

9.7.2 Méthode d'essai

Pour plusieurs énergies de rayonnement, l'essai peut être réalisé en examinant les matériaux situés à l'avant du ou des détecteurs et les matériaux environnants. S'il peut être prévu par les coefficients d'absorption physiques que le matériau présent sur le côté augmente l'absorption par rapport à l'avant, ces énergies de rayonnement peuvent ne pas être soumises aux essais.

Pour les énergies de rayonnement restantes, des irradiations doivent être effectuées pour les angles polaires β (régions du côté du boîtier) auxquels le matériau environnant ne semble pas suffisamment épais. Au niveau de ces "points faibles", au moins deux groupes de dosimètres doivent être irradiés dans l'air à un équivalent de dose ambiant de $H^*(10) \approx 3 \text{ mSv}$:

Groupe 1: Les dosimètres doivent être irradiés à un angle d'incidence de 0° .
Groupes suivants: Les irradiations doivent être effectuées à l'angle d'incidence β qui correspond aux "points faibles". L'angle d'incidence azimutal doit varier au cours de l'irradiation entre $\alpha_{\max}$ et $180^\circ - \alpha_{\max}$ par échelons de 15° , 90° inclus, afin d'obtenir la valeur indiquée $\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}$.

Les différents groupes doivent être irradiés séparément pour chaque angle polaire β (c'est-à-dire pour chaque "point faible").

NOTE Si $\alpha_{\max} = 60^\circ$, l'irradiation de chaque boîtier est effectuée en trois fractions équivalentes à 75° , 90° et 105° .

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

9.7.3 Interprétation des résultats

Si, pour chaque angle polaire examiné conformément au 9.7.2, l'inégalité $\frac{\bar{G}_{\alpha_{\max} \text{ to } 180^\circ - \alpha_{\max}}}{\bar{G}_{0^\circ}} + U_{\text{com}} \leq 2$ est valide, l'exigence du 9.7.1 est alors considérée comme respectée. U_{com} est calculé selon l'exemple 2 de la formule (B.5). Ce calcul admet par hypothèse que toutes les valeurs de dose utilisées dans cet essai sont corrélées à 100 %. Si ce n'est pas le cas, cela doit être pris en compte lors du calcul de U_{com} (voir Annexe B).

9.8 Conservation de la lecture de dose

9.8.1 Généralités

Ces exigences doivent être soumises à l'essai séparément pour toutes les grandeurs de dose.

9.8.2 Exigences

a) À la fin de toute période d'exposition, la lecture du dosimètre et celle indiquée par tout dispositif de lecture associé, le cas échéant, ne doit pas varier de plus de $\pm 2 \%$ ou d'une unité du chiffre le moins significatif, si cette valeur est plus élevée, pendant les 8 h qui suivent.

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

b) Après 24 h de perte ou d'interruption de l'alimentation principale, la dose intégrée mesurée par le dosimètre ou par tout système de lecture associé avant cette perte ou interruption ne doit pas varier de plus de $\pm 5 \%$ ou d'une unité du chiffre le moins significatif, si cette valeur est plus élevée, après rétablissement de l'alimentation principale.

9.8.3 Méthode d'essai et interprétation des résultats

- a) Exposer le dosimètre à une source de rayonnement qui donne une dose suffisamment élevée pour que toute accumulation ultérieure due au bruit de fond du rayonnement puisse être négligée. Cesser l'irradiation immédiatement à l'issue de la période d'intégration, puis relever la valeur affichée. Lire l'affichage chaque heure, jusqu'à 8 h après la fin de la période d'intégration. Aucune de ces huit lectures ne doit différer de plus d'une unité du chiffre le moins significatif ou de plus de ± 2 % de la valeur initiale de lecture, si cette valeur est plus élevée.
- b) Exposer le dosimètre à une source de rayonnement qui donne une dose suffisamment élevée pour que toute accumulation ultérieure due au bruit de fond du rayonnement puisse être négligée. Relever la valeur affichée. Les piles ou batteries principales doivent alors être retirées du dosimètre. Si le dosimètre a besoin d'un temps d'attente avant le retrait de la pile ou batterie (pour stocker des données, par exemple), cela doit être indiqué dans le manuel d'instructions et appliqué ici (lorsque la pile ou batterie principale tombe en panne ou est enlevée, l'affichage de la lecture peut disparaître ou être remplacé par une information). Après 24 h, les piles ou batteries principales du dosimètre doivent être remises en place ou rechargées. La lecture de la dose obtenue ne doit pas différer de plus de ± 5 % de la dernière valeur obtenue avant que les piles ou batteries ne soient retirées, ou il ne doit y avoir qu'une variation d'une unité du chiffre le moins significatif.

9.9 Caractéristiques de surcharge

9.9.1 Généralités

Si la méthode de détection est différente pour les rayonnements photon, bêta et neutron, ou pour des domaines d'énergie spécifiques de ces rayonnements, ces exigences doivent mener à des essais séparés pour tous ces types de rayonnements.

9.9.2 Exigences

Pour des valeurs de dose (ou de débit de dose) supérieures à celles qui correspondent à la valeur maximale de l'ordre de grandeur le plus élevé de l'étendue de mesure effective et jusqu'à dix fois cette indication maximale, le dosimètre doit être "hors-échelle" au-dessus de la valeur maximale de l'échelle, et doit rester ainsi tant que persiste le champ de rayonnement. Le fabricant doit indiquer le temps nécessaire au dosimètre à affichage du débit de dose pour revenir à la lecture appropriée du débit de dose dans l'échelle à la suite de la surexposition.

Pour une irradiation en dose, l'indication doit rester "hors échelle" jusqu'au retrait du champ de rayonnement. Pour les dosimètres en dose dont le débit de dose pendant l'intégration dépasse le débit mesurable, une condition de surexposition doit alors être indiquée et doit subsister jusqu'à la réinitialisation de la dose. Les débits de dose mesurables sont ceux pour lesquels les exigences du 9.3 sont respectées; le fabricant doit spécifier les limites supérieures de ces débits. Après réinitialisation de la dose et de l'indication de surexposition, le dosimètre doit continuer à satisfaire à toutes les exigences du présent document.

9.9.3 Méthode d'essai et interprétation des résultats

9.9.3.1 Généralités

Cet essai doit être réalisé avec une source appropriée.

Si la dose (ou le débit de dose) ne peut pas être obtenue, par exemple sur un fantôme, la procédure et la correction données en 9.3.3 a) doivent être appliquées.

Si, pour certains types de rayonnements, par exemple pour les rayonnements neutron ou bêta, les champs de débit de dose élevés exigés ne sont pas disponibles, cela doit être spécifié. Des méthodes d'essai électrique et une analyse théorique des performances doivent être exécutées.

L'essai électrique peut ne pas être approprié pour certains détecteurs. Il est nécessaire que le laboratoire d'essai examine attentivement les inconvénients.

9.9.3.2 Dosimètres

Le dosimètre doit être irradié à une dose égale à 10 fois la valeur maximale de la plage, mais sans dépasser 20 Sv. L'indication du dosimètre doit rester à la valeur maximale de la plage, et une indication de surexposition doit s'afficher.

Le dosimètre doit être irradié, pendant environ 10 min, à un débit de dose de 10 fois la valeur maximale de la plage, sans dépasser 10 Sv h⁻¹. Une indication de surexposition doit s'afficher et subsister jusqu'à réinitialisation de la dose.

La mesure de dose peut être incorrecte en conditions de surexposition. Par conséquent, un avertissement persistant est nécessaire.

9.9.3.3 Débitmètres de dose

Le dosimètre doit être irradié, pendant environ 10 min, à un débit de dose de 10 fois la valeur maximale de la plage, sans dépasser 10 Sv h⁻¹. L'indication du dosimètre doit rester à la valeur maximale de la plage, et une indication de surexposition doit s'afficher.

Après arrêt de ce débit de dose "hors échelle", le temps de retour de l'indication du dosimètre à un débit de dose dans l'échelle doit être mesuré et mentionné dans le rapport d'essai de type. Cette durée doit être inférieure à 10 s (20 s pour les dosimètres d'extrémités).

9.10 Alarme

9.10.1 Généralités

Ces essais doivent être réalisés séparément pour $H_p(10)$, $\dot{H}_p(10)$, $H_p(3)$, $\dot{H}_p(3)$, $H_p(0,07)$ et $\dot{H}_p(0,07)$ et pour les rayonnements photon, neutron et bêta, en fonction du dosimètre. Toutes les valeurs de dose (ou de débit de dose) doivent être corrigées pour la réponse non constante. Si, pour certains types de rayonnements, par exemple pour les rayonnements neutron ou bêta, les champs de débit de dose élevés exigés ne sont pas disponibles, cela doit être spécifié et une méthode d'essai électrique doit être exécutée.

Si la dose (ou le débit de dose) ne peut pas être obtenue, par exemple sur un fantôme, la procédure et la correction données en 9.3.3 a) doivent être appliquées.

9.10.2 Temps de réponse pour l'indication du débit de dose et pour l'alarme correspondante

9.10.2.1 Exigences

Lorsque le dosimètre est soumis à une augmentation ou une diminution échelonnée ou lente d'un ordre de grandeur du débit de dose dans l'étendue de mesure effective du dosimètre, la lecture doit indiquer le nouveau débit de dose avec une erreur inférieure à la plage indiquée dans la colonne 9 à la ligne 3 des Tableau 3 à Tableau 6 de la valeur maximale du débit de dose, dans les 10 s qui suivent le moment où le dosimètre est soumis au débit de dose final (20 s pour les dosimètres d'extrémités). En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée sur une valeur égale à la moitié de la valeur maximale du débit de dose, doit répondre dans les 2 s. Ces exigences doivent s'appliquer pour les variations du bruit de fond des débits de dose jusqu'aux valeurs maximales des débits de dose qui sont supérieures à 1 mSv h⁻¹ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, à 10 mSv h⁻¹ pour $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta, et à 10 mSv h⁻¹ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements neutron. À défaut, tout retard de plus de 2 s dans la réponse de l'alarme ou de 10 s dans l'indication ne doit pas engendrer un excès de 10 µSv de la réception d'une dose pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, de 100 µSv pour $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta, et de 500 µSv pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements neutron.

NOTE Le temps de réponse est valide pour la première alarme (sonore OU visuelle OU vibrante).

9.10.2.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé dans un irradiateur jusqu'à ce qu'il se stabilise dans des conditions d'irradiation nulle.

L'irradiateur doit alors être placé rapidement ou lentement en position d'irradiation, puis les lectures doivent être enregistrées en continu jusqu'à ce que le dosimètre se stabilise à la nouvelle valeur maximale de débit de dose qui donne la lecture $\dot{G}_{\text{high}}$. La variation de l'indication de 87 % (dosimètres photon ou bêta) ou de 83 % (dosimètres neutron) de la lecture maximale $\dot{G}_{\text{high}}$ doit intervenir dans les 10 s qui suivent le moment où le dosimètre a été soumis au débit de dose final (20 s pour les dosimètres d'extrémités). En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée sur une valeur égale à la moitié de la valeur du débit de dose, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, doit répondre dans les 2 s.

L'irradiateur doit ensuite être placé rapidement ou lentement en position d'irradiation nulle. La lecture du dosimètre doit atteindre moins de 25 % de la valeur $\dot{G}_{\text{high}}$ dans les 10 s qui suivent le moment où le dosimètre a été soumis au débit de dose final (20 s pour les dosimètres d'extrémités). En cas d'augmentation ou de diminution par échelons, l'alarme, si elle est réglée à la moitié de la valeur du débit de dose, $0,5 \dot{G}_{\text{high}}$, doit être désactivée en 2 s. L'accroissement de dose pendant le retard de réponse de l'alarme doit être mesuré.

Dans tous les cas où le retard est supérieur à 2 s, lorsque la dose est inférieure à $10 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements X et gamma, à $100 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(0,07)$ pour les rayonnements X, gamma et bêta et à $500 \mu\text{Sv}$ pour $\dot{H}_p(10)$ pour les rayonnements neutron, les exigences du 9.10.2.1 peuvent être considérées comme respectées. Cet essai doit être réalisé pour une valeur $\dot{G}_{\text{high}}$ pour chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure effective du dosimètre.

9.10.3 Exactitude de l'alarme de dose

9.10.3.1 Exigences

Lorsque le dosimètre est soumis à une dose inférieure de 13 % au point de consigne de l'alarme de dose, l'alarme ne doit pas se déclencher. Lorsque le dosimètre est soumis à une dose supérieure de 18 % au point de consigne de l'alarme de dose, l'alarme doit se déclencher.

Au moins deux essais doivent être réalisés: un essai pour un point de consigne d'alarme proche de l'étendue maximale du dosimètre et un essai pour un point de consigne proche de la valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif de l'étendue de mesure effective.

9.10.3.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

Pour cet essai, le dosimètre doit être placé sur le fantôme exigé (voir 7.5) et l'alarme de dose doit être réglée à H_a . Le dosimètre doit alors être réinitialisé et soumis à une valeur de débit de dose du type de rayonnement de référence approprié telle que l'alarme ne se déclenche pas avant au moins 100 s. Le temps d'exposition du dosimètre jusqu'au déclenchement de l'alarme doit être mesuré, et la valeur conventionnelle correspondante de la dose, $H_{a,c}$, doit être calculée.

La relation $0,87 \times (1 - U_{\text{rel}}) \leq \frac{H_a}{H_{a,c}} \leq 1,18 \times (1 + U_{\text{rel}})$ doit être respectée, voir 9.2 pour U_{rel} .

NOTE 1 Si cet essai ne peut être réalisé sur le fantôme exigé (voir 7.5), par exemple lorsque le débit de dose élevé exigé ne peut être obtenu, l'essai peut alors être réalisé dans l'air si les facteurs de correction appropriés sont appliqués.

NOTE 2 U_{rel} augmente les limites dans ce cas.

9.10.4 Exactitude de l'alarme de débit de dose

9.10.4.1 Exigences

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

Au moins deux essais doivent être réalisés: un essai pour une alarme réglée à une valeur proche de l'étendue de mesure effective maximale et un essai pour une alarme réglée à une valeur proche de la valeur maximale du second ordre de grandeur le moins significatif de l'étendue de mesure effective.

9.10.4.2 Méthode d'essai et interprétation des résultats

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

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

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

Si, pour cet essai, l'irradiation sur le fantôme exigé (voir 7.5) se révèle difficile, par exemple lorsque le débit de dose élevé exigé ne peut être obtenu à une distance où tout le fantôme est irradié, l'essai peut également être réalisé dans l'air à des distances plus courtes, si les facteurs de correction appropriés sont appliqués.

9.11 Fonction modèle

Le fabricant doit préciser la forme générale de la fonction modèle pour les mesures avec le dosimètre. L'exemple donné en 3.23 ou d'autres fonctions peuvent être utilisés. Toute interdépendance entre les variables de la fonction modèle doit être précisée. Les valeurs réelles des variables sont déterminées lors des essais de type effectués selon le présent document.

10 Exigences de performances électriques et environnementales et essais

10.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence prises en compte dans le présent article sont considérées comme étant de type F, même si certaines d'entre elles peuvent être aussi partiellement de type S, voir 7.3.

10.2 Sources d'alimentation

10.2.1 Exigences générales

L'instrument doit surveiller régulièrement l'état de la pile ou de la batterie, et une indication doit être fournie lorsque la durée de vie opérationnelle restante approche de la fin. Lorsque cette indication apparaît pour la première fois, la durée de vie opérationnelle restante dans des conditions normales sous un débit de dose d'environ $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ et avec 1 min de fonctionnement de l'alarme doit être d'au moins 8 h. L'essai concerne uniquement la durée de vie opérationnelle avec un ensemble de piles ou batteries jusqu'à 120 h (c'est-à-dire, 5 jours entiers), mais le fabricant doit démontrer que l'avertissement de pile ou batterie faible est fourni par l'ensemble des piles ou batteries recommandées en conditions de fonctionnement normal.

Il convient que la durée de vie de la pile ou batterie soit suffisamment longue pour tenir une journée de travail après le déclenchement d'une alarme "pile ou batterie faible".

L'appareil doit également indiquer lorsque les performances des piles ou des batteries ne permettent plus au dosimètre de respecter les exigences du présent document.

Les piles ou batteries peuvent être connectées de quelque manière que ce soit et il est recommandé de rendre un contact incorrect de la pile ou de la batterie, au minimum, très difficile. Si nécessaire, le fabricant doit clairement indiquer leur polarité sur le dosimètre. Il est recommandé d'utiliser des piles ou batteries dont les dimensions physiques sont celles spécifiées dans l'IEC 60086-1 ou l'IEC 60086-2. Il convient que le fabricant s'assure que toutes les piles ou batteries se connectent de manière fiable dans les limites de tolérance de dimension appropriées.

Après la première apparition de l'indication de l'approche de la fin de la durée de vie opérationnelle, par exemple "pile ou batterie faible", cette indication doit rester active jusqu'à ce que la pile ou batterie soit remplacée ou rechargée.

NOTE Cela implique que l'indication ne s'efface pas si les piles ou batteries se rechargent en raison de variations de température, par exemple.

En option, il ne doit pas être possible d'enlever les piles ou batteries sans utiliser un outil spécifique.

L'équipement exigé pour la recharge des batteries doit être décrit par le fabricant, qu'il s'agisse d'un support de charge et de stockage spécifique, ou d'un ou de plusieurs modèles recommandés de dispositifs de charge auxiliaires pour les batteries.

Pour les températures inférieures à -10°C , la capacité de la plupart des piles ou batteries décroît fortement avec la température. Si la plage assignée de températures descend au-dessous -10°C , cela doit être pris en considération.

10.2.2 Exigences pour les piles

Le fabricant doit préciser les marques (fabricants) et les types des piles avec lesquelles les exigences du présent document sont respectées.

- Lorsque l'alimentation est assurée par des piles, la capacité de celles-ci doit être telle qu'après 120 h (ou la durée de vie opérationnelle spécifiée par le fabricant, si celle-ci est inférieure, mais d'au moins 24 h) de fonctionnement continu dans les conditions normales d'essai, la variation de la réponse relative due à l'alimentation ne doit pas dépasser $-0,09$ à $+0,11$, toutes les autres fonctions restant dans leurs spécifications. Le dosimètre doit satisfaire à ces exigences dans un champ de $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$.
- Immédiatement après la mise en place de nouvelles piles ou batteries, le dosimètre doit pouvoir fonctionner au moins 15 min avec l'alarme sonore en fonctionnement et l'alarme visuelle affichée.