IEC 62387

Edition 2.0 2020-01

REDLINE VERSION

colour inside

Radiation protection instrumentation – ~~Passive integrating~~ Dosimetry systems with integrating passive detectors for ~~personal~~ individual, workplace and environmental monitoring of photon and beta radiation

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-7845-1

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission

CONTENTS

FOREWORD 8
INTRODUCTION 10
1 Scope 11
2 Normative references 12
3 Terms and definitions 13
4 Units and symbols 24
5 General test procedures 24
5.1 Basic test procedures 24
5.1.1 Instructions for use 24
5.1.2 Nature of tests 24
5.1.3 Reference conditions and standard test conditions 25
5.1.4 Production of reference radiation 25
5.1.5 Choice of phantom for the purpose of testing 25
5.1.6 Position of dosemeter for the purpose of testing 25
5.2 Test procedures to be considered for every test 25
5.2.1 Number of dosemeters used for each test 25
5.2.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value 25
5.2.3 Consideration of non-linearity 25
5.2.4 Consideration of natural background radiation 26
5.2.5 Consideration of several detectors or signals in a dosemeter 26
5.2.6 Performing the tests efficiently 26
6 Performance requirements: summary 26
7 Capability of a dosimetry system 28
7.1 General 28
7.2 Measuring range and type of radiation 28
7.3 Rated ranges of the influence quantities 28
7.4 Maximum rated measurement time t_{max} 28
7.5 Reusability 28
7.6 Model function 28
7.7 Example for the capabilities of a dosimetry system 29
8 Requirements for the design of the dosimetry system 29
8.1 General 29
8.2 Indication of the dose value (dosimetry system) 29
8.3 Assignment of the dose value to the dosemeter (dosimetry system) 30
8.4 Information given on the devices (reader and dosemeter) 30
8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosemeter) 30
8.6 Algorithm to evaluate the indicated value (dosimetry system) 30
8.7 Use of dosemeters in mixed radiation fields (dosimetry system) 31
9 Instruction manual 31
9.1 General 31
9.2 Specification of the technical data 31
10 Software, data and interfaces of the dosimetry system 32
10.1 General 32
10.2 Design and structure of the software 33
10.2.1 Requirements 33

10.2.2 Method of test 33
10.3 Identification of the software 33
10.3.1 Requirements 33
10.3.2 Method of test 33
10.4 Authenticity of the software and the presentation of results 33
10.4.1 Requirements 33
10.4.2 Method of test 34
10.5 Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions 34
10.5.1 Requirements 34
10.5.2 Method of test 34
10.6 Control of input data by the dosimetry system 35
10.6.1 Requirements 35
10.6.2 Method of test 35
10.7 Storage of data 35
10.7.1 Requirements 35
10.7.2 Method of test 36
10.8 Transmission of data 36
10.8.1 Requirements 36
10.8.2 Method of test 36
10.9 Hardware interfaces and software interfaces 37
10.9.1 Requirements 37
10.9.2 Method of test 37
10.10 Documentation for the software test 37
10.10.1 Requirements 37
10.10.2 Method of test 38
11 Radiation performance requirements and tests (dosimetry system) 38
11.1 General 38
11.2 Coefficient of variation 39
11.3 Non-linearity 39
11.3.1 Requirements 39
11.3.2 Method of test 39
11.3.3 Interpretation of results 39
11.4 Overload characteristics, after-effects, and reusability 41
11.4.1 Requirements 41
11.4.2 Method of test 41
11.4.3 Interpretation of the results 41
11.5 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(10)$ or $H^*(10)$ dosemeters 42
11.5.1 Photon radiation 42
11.5.2 Beta radiation 44
11.6 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(3)$ or $H'(3)$ dosemeters 44
11.6.1 Photon radiation 44
11.6.2 Beta radiation 46
11.7 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(0,07)$ or $H'(0,07)$ dosemeters 47
11.7.1 Photon radiation 47
11.7.2 Beta radiation 49
11.8 Over ~~response~~ indication due to radiation ~~incidence~~ incident from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosemeter 50
11.8.1 Requirements 50
11.8.2 Method of test 50

11.8.3 Interpretation of the results 51
11.9 Indication of the presence of beta dose for $H_p(0,07)$ whole body dosemeters 51
12 Response to mixed irradiations (dosimetry system) 51
12.1 Requirements 51
12.2 Method of test 52
12.2.1 General 52
12.2.2 Preparation of the test 52
12.2.3 Practical test 52
12.3 Interpretation of the results 53
13 Environmental performance requirements and tests 53
13.1 General 53
13.1.1 General requirement 53
13.1.2 General method of test 53
13.2 Ambient temperature and relative humidity (dosemeter) 54
13.2.1 General 54
13.2.2 Requirements 54
13.2.3 Method of test 54
13.2.4 Interpretation of the results 55
13.3 Light exposure (dosemeter) 55
13.3.1 General 55
13.3.2 Requirements 55
13.3.3 Method of test 55
13.3.4 Interpretation of the results 56
13.4 Dose build-up, fading and self-irradiation~~, and response to natural radiation~~ (dosemeter) 56
13.4.1 General 56
13.4.2 Requirements 56
13.4.3 Method of test 56
13.4.4 Interpretation of the results 57
13.5 Sealing (dosemeter) 58
13.6 Reader stability (reader) 58
13.6.1 General 58
13.6.2 Requirements 58
13.6.3 Method of test 58
13.6.4 Interpretation of the results 58
13.7 Ambient temperature (reader) 59
13.7.1 General 59
13.7.2 Requirements 59
13.7.3 Method of test 59
13.7.4 Interpretation of the results 59
13.8 Light exposure (reader) 60
13.8.1 General 60
13.8.2 Requirements 60
13.8.3 Method of test 60
13.8.4 Interpretation of the results 60
13.9 Primary power supply (reader) 61
13.9.1 General 61
13.9.2 Requirements 61
13.9.3 Method of test 61

13.9.4 Interpretation of the results 61
14 Electromagnetic performance requirements and tests (dosimetry system) 62
14.1 General 62
14.2 Requirements 62
14.3 Method of test 62
14.4 Interpretation of the results 63
15 Mechanical performance requirements and tests 63
15.1 General requirement 63
15.2 Drop (dosemeter) 64
15.2.1 Requirements 64
15.2.2 Method of test 64
15.2.3 Interpretation of the results 64
16 Documentation 64
16.1 Type test report 64
16.2 Certificate issued by the laboratory performing the type test 65
Annex A (normative) Confidence limits 79
A.1 General 79
A.2 Confidence interval for the mean, $\bar{x}$ 80
A.3 Confidence interval for a combined quantity 80
Annex B (informative) Causal connection between readout signals, indicated value and measured value 82
Annex C (informative) Overview of the necessary actions that have to be performed for a type test according to this document 83
~~Annex D (informative) Usage categories of passive dosemeters ..... .~~
Annex ~~E~~ D (informative) Uncertainty of dosimetry systems 85
~~Annex F (informative) Conversion coefficients $h_{pK}(3;\alpha)$, $h_{pK}(0,07;\alpha)$, and $h'_K(0,07;\alpha)$ from air kerma, K_a, to the dose equivalent $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, and $H'(0,07)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 4037-1 ..... .~~
~~Annex G (informative) Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ and $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ and $H_p(3)$, respectively, for radiation qualities defined in ISO 6980-1 ..... .~~
Annex E (informative) Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$, $h'_D(0,07;source;\alpha)$, $h_{pD}(3;source;\alpha)$, and $h'_D(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the corresponding dose equivalent quantities for radiation qualities defined in ISO 6980-1 89
Annex ~~H~~ F (informative) Computational method of test for mixed irradiations 93
Bibliography 95

Figure 1 – Stepwise irradiation of an $H^*(10)$ dosemeter at 90° angle of incidence 43
Figure A.1 – Test for confidence interval 79
Figure B.1 – Data evaluation in dosimetry systems 82
Figure F.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 12.2 94

Table 1 – Mandatory and maximum energy ranges covered by this document 11
Table 2 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value 40
Table 3 – ~~Angular irradiations~~ Angles of incidence of irradiation for $H_p(10)$ and $H^*(10)$ dosemeters 42

Table 4 – ~~Angular irradiations~~ Angles of incidence of irradiation for $H_p(3)$ and $H'(3)$ dosemeters 45
Table 5 – Angles of incidence of irradiation for $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$ dosemeters 48
Table 6 – Symbols 66
Table 7 – Reference conditions and standard test conditions 69
Table 8 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosemeters 70
Table 9 – Performance requirements for $H_p(3)$ dosemeters 71
Table 10 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosemeters 72
Table 11 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosemeters 73
Table 12 – Performance requirements for $H'(3)$ dosemeters 74
Table 13 – Performance requirements for $H'(0,07)$ dosemeters 75
Table 14 – Environmental performance requirements for dosemeters and readers 76
Table 15 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14 77
Table 16 – Mechanical disturbances performance requirements for dosemeters 78
Table 17 – List of abbreviations 78
Table A.1 – Student's t-value for a double sided 95 % confidence interval 80
Table C.1 – Schedule for a type test of a dosemeter for $H_p(10)$ fulfilling the requirements within the mandatory ranges 83
~~Table D.1 – Usage categories of passive dosemeters .....~~
~~Table F.1 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;N,\alpha)$ from air kerma, K_a, to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom, reference distance 2 m .....~~
~~Table F.2 – Conversion coefficients $h_{pK}(3;S,\alpha)$ and $h_{pK}(3;R,\alpha)$ from air kerma, K_a, to the dose equivalent $H_p(3)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the slab phantom .....~~
~~Table F.3 – Conversion coefficients $h_{pK}(0,07;S,\alpha)$ and $h_{pK}(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 and for the rod, pillar, and slab phantom .....~~
~~Table F.4 – Conversion coefficients $h'_K(0,07;N,\alpha)$, $h'_K(0,07;S,\alpha)$, and $h'_K(0,07;R,\alpha)$ from air kerma, K_a, to $H'(0,07)$ for radiation qualities defined in ISO 4037-1 .....~~
~~Table G.1 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 .....~~
~~Table G.2 – Measured conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 .....~~
Table E.1 – Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{slab}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 89
Table E.2 – Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{rod}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the rod phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 90
Table E.3 – Conversion coefficients $h'_D(0,07;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H'(0,07)$ for the ICRU sphere for radiation qualities defined in ISO 6980-1 91
Table E.4 – Conversion coefficients $h_{pD}(3;source;\alpha)_{cylinder}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ for the cylinder phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 92

Table E.5 – Conversion coefficients $h'_D(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H'(3)$ for the ICRU sphere for radiation qualities defined in ISO 6980-1 92

Table F.1 – Example of dosemeter response table and range limits 93

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ~~PASSIVE INTEGRATING~~ DOSIMETRY SYSTEMS WITH INTEGRATING PASSIVE DETECTORS FOR ~~PERSONAL~~ INDIVIDUAL, WORKPLACE AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

FOREWORD

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

DISCLAIMER
This Redline version is not an official Standard and is intended to provide the user with an indication of what changes have been made to the previous version. Only the IEC International Standard provided in this package is to be considered the official Standard.

This Redline version provides you with a quick and easy way to compare all the changes between this standard and its previous edition. A vertical bar appears in the margin wherever a change has been made. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text.

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

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 62387 published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- Modification of title.
- Addition of performance requirements for dosemeters to measure $H'(3)$ for both photon and beta radiation.
- Adoption of the cylinder instead of the slab phantom for the quantity $H_p(3)$.
- Correction and clarification of several subclauses to obtain a better applicability.

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

FDIS	Report on voting
45B/945/FDIS	45B/954/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

A dosimetry system may consist of the following elements:

a) a passive device, referred to herein as a *detector*, which, after the exposure to radiation, stores a signal for use in measuring one or more quantities of the incident radiation field;

b) a “dosemeter”, that incorporates some means of identification and contains one or more detectors and may contain electronic components, e.g. for the readout (e.g., in a direct ion storage (DIS) dosemeter);

c) a “reader” which is used to readout the stored information (signal) from the detector, in order to determine the radiation dose;

d) a “computer” with appropriate “software” to control the reader, store the signals transmitted from the reader, calculate, display and store the evaluated dose in the form of an electronic file or paper copy;

e) “additional equipment” and documented procedures (instruction manual) for performing associated processes such as deleting stored dose information, cleaning dosemeters, or those needed to ensure the effectiveness of the whole system.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – ~~PASSIVE INTEGRATING~~ DOSIMETRY SYSTEMS WITH INTEGRATING PASSIVE DETECTORS FOR ~~PERSONAL~~ INDIVIDUAL, WORKPLACE AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

1 Scope

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

– the personal dose equivalent $H_p(10)$ (for individual whole body ~~dosimetry~~ monitoring),

– the personal dose equivalent $H_p(3)$ (for individual eye lens ~~dosimetry~~ monitoring),

– the personal dose equivalent $H_p(0,07)$ (for both individual whole body skin and local skin for extremity ~~dosimetry~~ monitoring),

– the ambient dose equivalent $H^*(10)$ (for workplace and environmental ~~dosimetry~~ monitoring),

– the directional dose equivalent $H'(3)$ (for workplace and environmental monitoring), or

– the directional dose equivalent $H'(0,07)$ (for workplace and environmental ~~dosimetry~~ monitoring).

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

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

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

Measuring quantity	Mandatory mean energy range for photon radiation	Maximum mean energy range for testing photon radiation	Mandatory mean energy range for beta-particle radiation[a]	Maximum mean energy range for testing beta-particle radiation[a]
$H_p(10)$, $H^*(10)$	80 keV to 1,25 MeV[b]	12 keV to ~~10~~ 7 MeV	–	–
$H_p(3)$, $H'(3)$	30 keV to 250 keV	8 keV to ~~10~~ 7 MeV	0,8 MeV[c] ~~almost equivalent to an E_{max} of 2,27 MeV~~	0,7 MeV~~[b]~~[c] to 1,2 MeV ~~almost equivalent to E_{max} from 2,27 MeV to 3,54 MeV~~
$H_p(0,07)$, $H'(0,07)$	30 keV to 250 keV	8 keV to ~~10 MeV~~ 1,25 MeV[b]	0,24 MeV to 0,8 MeV ~~almost equivalent to an E_{max} of 2,27 MeV~~	~~0,06 MeV[c] to 1,2 MeV almost equivalent to E_{max} from 0,225 MeV to 3,54 MeV~~ 0,07 MeV[d] to 1,2 MeV[e]

[a] The following beta radiation sources are suggested for the different mean energies: For 0,06 MeV: ^{147}Pm; for 0,8 MeV: ^{90}Sr/^{90}Y; for 1,2 MeV: ^{106}Ru/^{106}Rh.

[b] 1,25 MeV is the mean energy of photon radiation from ^{60}Co.

~~[b]~~[c] For beta-particle radiation, an energy of 0,7 MeV is required to reach the radiation sensitive layers of the eye lens in a depth of about 3 mm (approximately 3 mm of ICRU tissue).

~~[c]~~[d] For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (approximately 0,07 mm of ICRU tissue).

[e] 0,07 MeV, 0,8 MeV and 1,2 MeV beta mean energy are almost equivalent to an E_{max} of 0,225 MeV, 2,27 MeV and 3,54 MeV, respectively.

NOTE ~~2~~1 In this document, “dose” means dose equivalent, unless otherwise stated.

NOTE ~~3~~2 For $H_p(10)$ and $H^*(10)$ no beta radiation is considered. Reasons:

a) $H_p(10)$ and $H^*(10)$ are a conservative estimate for the effective dose which is not a suitable quantity for beta radiation.

b) No conversion coefficients are available in ICRU 56, ICRU 57 or ISO 6980-3.

NOTE ~~4~~3 The maximum energy ranges are the energy limits within which type tests according to this document are possible.

NOTE 4 Direct ion storage (DIS) dosemeters are covered in this document as they are often operated without an online display but a separate reader.

The test methods concerning the design (Clause 8), the instruction manual (Clause 9), the software (Clause 10), environmental influences (Clause 13), electromagnetic influences (Clause 14), mechanical influences (Clause 15), and the documentation (Clause 16) are independent of the type of radiation. Therefore, they can also be applied to other dosimetry systems, e.g. for neutrons, utilizing the corresponding type of radiation for testing.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISO 4037 (all parts), *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy*

ISO 4037-3:~~1999~~2019, *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosemeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*

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

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

ISO 8529 (all parts), *Reference neutron radiations*

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

IEC 62387

Edition 2.0 2020-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

colour inside

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

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 62387:2020-01(en-fr)

CONTENTS

FOREWORD 7
INTRODUCTION 9
1 Scope 10
2 Normative references 11
3 Terms and definitions 12
4 Units and symbols 22
5 General test procedures 22
5.1 Basic test procedures 22
5.1.1 Instructions for use 22
5.1.2 Nature of tests 22
5.1.3 Reference conditions and standard test conditions 22
5.1.4 Production of reference radiation 22
5.1.5 Choice of phantom for the purpose of testing 23
5.1.6 Position of dosemeter for the purpose of testing 23
5.2 Test procedures to be considered for every test 23
5.2.1 Number of dosemeters used for each test 23
5.2.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value 23
5.2.3 Consideration of non-linearity 23
5.2.4 Consideration of natural background radiation 23
5.2.5 Consideration of several detectors or signals in a dosemeter 23
5.2.6 Performing the tests efficiently 24
6 Performance requirements: summary 24
7 Capability of a dosimetry system 25
7.1 General 25
7.2 Measuring range and type of radiation 25
7.3 Rated ranges of the influence quantities 25
7.4 Maximum rated measurement time t_{max} 25
7.5 Reusability 26
7.6 Model function 26
7.7 Example for the capabilities of a dosimetry system 26
8 Requirements for the design of the dosimetry system 27
8.1 General 27
8.2 Indication of the dose value (dosimetry system) 27
8.3 Assignment of the dose value to the dosemeter (dosimetry system) 27
8.4 Information given on the devices (reader and dosemeter) 27
8.5 Retention and removal of radioactive contamination (dosemeter) 28
8.6 Algorithm to evaluate the indicated value (dosimetry system) 28
8.7 Use of dosemeters in mixed radiation fields (dosimetry system) 28
9 Instruction manual 28
9.1 General 28
9.2 Specification of the technical data 28
10 Software, data and interfaces of the dosimetry system 29
10.1 General 29
10.2 Design and structure of the software 30
10.2.1 Requirements 30

10.2.2 Method of test 30
10.3 Identification of the software 30
10.3.1 Requirements 30
10.3.2 Method of test 31
10.4 Authenticity of the software and the presentation of results 31
10.4.1 Requirements 31
10.4.2 Method of test 31
10.5 Alarm and stop of system operation under abnormal operating conditions 31
10.5.1 Requirements 31
10.5.2 Method of test 32
10.6 Control of input data by the dosimetry system 32
10.6.1 Requirements 32
10.6.2 Method of test 32
10.7 Storage of data 32
10.7.1 Requirements 32
10.7.2 Method of test 33
10.8 Transmission of data 33
10.8.1 Requirements 33
10.8.2 Method of test 34
10.9 Hardware interfaces and software interfaces 34
10.9.1 Requirements 34
10.9.2 Method of test 34
10.10 Documentation for the software test 34
10.10.1 Requirements 34
10.10.2 Method of test 35
11 Radiation performance requirements and tests (dosimetry system) 35
11.1 General 35
11.2 Coefficient of variation 36
11.3 Non-linearity 36
11.3.1 Requirements 36
11.3.2 Method of test 36
11.3.3 Interpretation of results 36
11.4 Overload characteristics, after-effects, and reusability 37
11.4.1 Requirements 37
11.4.2 Method of test 38
11.4.3 Interpretation of the results 38
11.5 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(10)$ or $H^*(10)$ dosemeters 39
11.5.1 Photon radiation 39
11.5.2 Beta radiation 41
11.6 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(3)$ or $H'(3)$ dosemeters 41
11.6.1 Photon radiation 41
11.6.2 Beta radiation 43
11.7 Radiation energy and angle of incidence for $H_p(0,07)$ or $H'(0,07)$ dosemeters 44
11.7.1 Photon radiation 44
11.7.2 Beta radiation 46
11.8 Over indication due to radiation incident from the side of an $H_p(10)$, $H_p(3)$ or $H_p(0,07)$ dosemeter 47
11.8.1 Requirements 47
11.8.2 Method of test 47

11.8.3 Interpretation of the results 48
11.9 Indication of the presence of beta dose for $H_p(0,07)$ whole body dosemeters 48
12 Response to mixed irradiations (dosimetry system) 48
12.1 Requirements 48
12.2 Method of test 49
12.2.1 General 49
12.2.2 Preparation of the test 49
12.2.3 Practical test 49
12.3 Interpretation of the results 50
13 Environmental performance requirements and tests 50
13.1 General 50
13.1.1 General requirement 50
13.1.2 General method of test 50
13.2 Ambient temperature and relative humidity (dosemeter) 51
13.2.1 General 51
13.2.2 Requirements 51
13.2.3 Method of test 51
13.2.4 Interpretation of the results 51
13.3 Light exposure (dosemeter) 52
13.3.1 General 52
13.3.2 Requirements 52
13.3.3 Method of test 52
13.3.4 Interpretation of the results 52
13.4 Dose build-up, fading and self-irradiation (dosemeter) 52
13.4.1 General 52
13.4.2 Requirements 53
13.4.3 Method of test 53
13.4.4 Interpretation of the results 53
13.5 Sealing (dosemeter) 53
13.6 Reader stability (reader) 53
13.6.1 General 53
13.6.2 Requirements 54
13.6.3 Method of test 54
13.6.4 Interpretation of the results 54
13.7 Ambient temperature (reader) 54
13.7.1 General 54
13.7.2 Requirements 54
13.7.3 Method of test 54
13.7.4 Interpretation of the results 55
13.8 Light exposure (reader) 55
13.8.1 General 55
13.8.2 Requirements 55
13.8.3 Method of test 55
13.8.4 Interpretation of the results 56
13.9 Primary power supply (reader) 56
13.9.1 General 56
13.9.2 Requirements 56
13.9.3 Method of test 56
13.9.4 Interpretation of the results 57

14 Electromagnetic performance requirements and tests (dosimetry system) 57
14.1 General 57
14.2 Requirements 57
14.3 Method of test 58
14.4 Interpretation of the results 58
15 Mechanical performance requirements and tests 58
15.1 General requirement 58
15.2 Drop (dosemeter) 59
15.2.1 Requirements 59
15.2.2 Method of test 59
15.2.3 Interpretation of the results 59
16 Documentation 60
16.1 Type test report 60
16.2 Certificate issued by the laboratory performing the type test 60
Annex A (normative) Confidence limits 73
A.1 General 73
A.2 Confidence interval for the mean, $\bar{x}$ 73
A.3 Confidence interval for a combined quantity 74
Annex B (informative) Causal connection between readout signals, indicated value and measured value 76
Annex C (informative) Overview of the necessary actions that have to be performed for a type test according to this document 77
Annex D (informative) Uncertainty of dosimetry systems 78
Annex E (informative) Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$, $h'_D(0,07;source;\alpha)$, $h_{pD}(3;source;\alpha)$, and $h'_D(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the corresponding dose equivalent quantities for radiation qualities defined in ISO 6980-1 79
Annex F (informative) Computational method of test for mixed irradiations 83
Bibliography 85

Figure 1 – Stepwise irradiation of an $H^*(10)$ dosemeter at 90° angle of incidence 40
Figure A.1 – Test for confidence interval 73
Figure B.1 – Data evaluation in dosimetry systems 76
Figure F.1 – Flow chart of a computer program to perform tests according to 12.2 84

Table 1 – Mandatory and maximum energy ranges covered by this document 10
Table 2 – Values of c_1 and c_2 for w different dose values and n indications for each dose value 37
Table 3 – Angles of incidence of irradiation for $H_p(10)$ and $H^*(10)$ dosemeters 39
Table 4 – Angles of incidence of irradiation for $H_p(3)$ and $H'(3)$ dosemeters 42
Table 5 – Angles of incidence of irradiation for $H_p(0,07)$ and $H'(0,07)$ dosemeters 45
Table 6 – Symbols 61
Table 7 – Reference conditions and standard test conditions 63
Table 8 – Performance requirements for $H_p(10)$ dosemeters 64
Table 9 – Performance requirements for $H_p(3)$ dosemeters 65
Table 10 – Performance requirements for $H_p(0,07)$ dosemeters 66

Table 11 – Performance requirements for $H^*(10)$ dosemeters 67
Table 12 – Performance requirements for $H'(3)$ dosemeters 68
Table 13 – Performance requirements for $H'(0,07)$ dosemeters 69
Table 14 – Environmental performance requirements for dosemeters and readers 70
Table 15 – Electromagnetic disturbance performance requirements for dosimetry systems according to Clause 14 71
Table 16 – Mechanical disturbances performance requirements for dosemeters 72
Table 17 – List of abbreviations 72
Table A.1 – Student's t-value for a double sided 95 % confidence interval 74
Table C.1 – Schedule for a type test of a dosemeter for $H_p(10)$ fulfilling the requirements within the mandatory ranges 77
Table E.1 – Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{slab}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the slab phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 79
Table E.2 – Conversion coefficients $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{rod}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(0,07)$ for the rod phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 80
Table E.3 – Conversion coefficients $h'_D(0,07;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H'(0,07)$ for the ICRU sphere for radiation qualities defined in ISO 6980-1 81
Table E.4 – Conversion coefficients $h_{pD}(3;source;\alpha)_{cylinder}$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H_p(3)$ for the cylinder phantom for radiation qualities defined in ISO 6980-1 82
Table E.5 – Conversion coefficients $h'_D(3;source;\alpha)$ from personal absorbed dose in 0,07 mm depth, $D_p(0,07)$, to the dose equivalent $H'(3)$ for the ICRU sphere for radiation qualities defined in ISO 6980-1 82
Table F.1 – Example of dosemeter response table and range limits 83

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – DOSIMETRY SYSTEMS WITH INTEGRATING PASSIVE DETECTORS FOR INDIVIDUAL, WORKPLACE AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

FOREWORD

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

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

This second edition cancels and replaces the first edition of IEC 62387 published in 2012. This edition constitutes a technical revision.

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

- Modification of title.
- Addition of performance requirements for dosemeters to measure $H'(3)$ for both photon and beta radiation.
- Adoption of the cylinder instead of the slab phantom for the quantity $H_p(3)$.
- Correction and clarification of several subclauses to obtain a better applicability.

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

FDIS	Report on voting
45B/945/FDIS	45B/954/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

A dosimetry system may consist of the following elements:

a) a passive device, referred to herein as a *detector*, which, after the exposure to radiation, stores a signal for use in measuring one or more quantities of the incident radiation field;

b) a “dosemeter”, that incorporates some means of identification and contains one or more detectors and may contain electronic components, e.g. for the readout (e.g., in a direct ion storage (DIS) dosemeter);

c) a “reader” which is used to readout the stored information (signal) from the detector, in order to determine the radiation dose;

d) a “computer” with appropriate “software” to control the reader, store the signals transmitted from the reader, calculate, display and store the evaluated dose in the form of an electronic file or paper copy;

e) “additional equipment” and documented procedures (instruction manual) for performing associated processes such as deleting stored dose information, cleaning dosemeters, or those needed to ensure the effectiveness of the whole system.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – DOSIMETRY SYSTEMS WITH INTEGRATING PASSIVE DETECTORS FOR INDIVIDUAL, WORKPLACE AND ENVIRONMENTAL MONITORING OF PHOTON AND BETA RADIATION

1 Scope

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

– the personal dose equivalent $H_p(10)$ (for individual whole body monitoring),

– the personal dose equivalent $H_p(3)$ (for individual eye lens monitoring),

– the personal dose equivalent $H_p(0,07)$ (for both individual whole body skin and local skin for extremity monitoring),

– the ambient dose equivalent $H^*(10)$ (for workplace and environmental monitoring),

– the directional dose equivalent $H'(3)$ (for workplace and environmental monitoring), or

– the directional dose equivalent $H'(0,07)$ (for workplace and environmental monitoring).

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

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

Measuring quantity	Mandatory mean energy range for photon radiation	Maximum mean energy range for testing photon radiation	Mandatory mean energy range for beta-particle radiation[a]	Maximum mean energy range for testing beta-particle radiation[a]
$H_p(10)$, $H^*(10)$	80 keV to 1,25 MeV[b]	12 keV to 7 MeV	–	–
$H_p(3)$, $H'(3)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 7 MeV	0,8 MeV[c]	0,7 MeV[c] to 1,2 MeV
$H_p(0,07)$, $H'(0,07)$	30 keV to 250 keV	8 keV to 1,25 MeV[b]	0,24 MeV to 0,8 MeV	0,07 MeV[d] to 1,2 MeV[e]

[a] The following beta radiation sources are suggested for the different mean energies: For 0,06 MeV: ^{147}Pm; for 0,8 MeV: ^{90}Sr/^{90}Y; for 1,2 MeV: ^{106}Ru/^{106}Rh.

[b] 1,25 MeV is the mean energy of photon radiation from ^{60}Co.

[c] For beta-particle radiation, an energy of 0,7 MeV is required to reach the radiation sensitive layers of the eye lens in a depth of about 3 mm (approximately 3 mm of ICRU tissue).

[d] For beta-particle radiation, an energy of 0,07 MeV is required to penetrate the dead layer of skin of 0,07 mm (approximately 0,07 mm of ICRU tissue).

[e] 0,07 MeV, 0,8 MeV and 1,2 MeV beta mean energy are almost equivalent to an E_{max} of 0,225 MeV, 2,27 MeV and 3,54 MeV, respectively.

NOTE 1 In this document, “dose” means dose equivalent, unless otherwise stated.

NOTE 2 For $H_p(10)$ and $H^*(10)$ no beta radiation is considered. Reasons:

a) $H_p(10)$ and $H^*(10)$ are a conservative estimate for the effective dose which is not a suitable quantity for beta radiation.

b) No conversion coefficients are available in ICRU 56, ICRU 57 or ISO 6980-3.

NOTE 3 The maximum energy ranges are the energy limits within which type tests according to this document are possible.

NOTE 4 Direct ion storage (DIS) dosemeters are covered in this document as they are often operated without an online display but a separate reader.

The test methods concerning the design (Clause 8), the instruction manual (Clause 9), the software (Clause 10), environmental influences (Clause 13), electromagnetic influences (Clause 14), mechanical influences (Clause 15), and the documentation (Clause 16) are independent of the type of radiation. Therefore, they can also be applied to other dosimetry systems, e.g. for neutrons, utilizing the corresponding type of radiation for testing.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISO 4037 (all parts), *Radiological protection – X and gamma reference radiation for calibrating dosemeters and doserate meters and for determining their response as a function of photon energy*

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

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

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

ISO 8529 (all parts), *Reference neutron radiations*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 93
INTRODUCTION 95
1 Domaine d'application 96
2 Références normatives 97
3 Termes et définitions 98
4 Unités et symboles 109
5 Procédures générales d'essai 109
5.1 Procédures d'essai de base 109
5.1.1 Consignes d'utilisation 109
5.1.2 Nature des essais 109
5.1.3 Conditions de référence et conditions normales d'essai 109
5.1.4 Production du rayonnement de référence 109
5.1.5 Choix du fantôme à des fins d'essai 109
5.1.6 Position du dosimètre à des fins d'essai 110
5.2 Procédures d'essai applicables à tout essai 110
5.2.1 Nombre de dosimètres utilisés pour chaque essai 110
5.2.2 Considérations relatives à l'incertitude de la valeur conventionnelle d'une grandeur 110
5.2.3 Considérations relatives à la non-linéarité 110
5.2.4 Considérations relatives à la radiation de bruit de fond naturel 110
5.2.5 Considérations relatives à un dosimètre avec plusieurs détecteurs ou signaux 110
5.2.6 Réalisation optimale des essais 111
6 Exigences de performances: synthèse 111
7 Capacité d'un système dosimétrique 112
7.1 Généralités 112
7.2 Étendue de mesure et type de rayonnement 112
7.3 Plages assignées des grandeurs d'influence 113
7.4 Temps de mesure maximal assigné t_{max} 113
7.5 Réutilisation 113
7.6 Fonction modèle 113
7.7 Exemple des capacités d'un système dosimétrique 113
8 Exigences pour la conception du système dosimétrique 114
8.1 Généralités 114
8.2 Indication de la valeur de la dose (système dosimétrique) 114
8.3 Attribution de la valeur de dose au dosimètre (système dosimétrique) 115
8.4 Informations données sur l'instrumentation (lecteur et dosimètre) 115
8.5 Rétention et élimination de la contamination radioactive (dosimètre) 115
8.6 Algorithme d'évaluation de la valeur indiquée (système dosimétrique) 115
8.7 Utilisation des dosimètres en champs mixtes de rayonnement (système dosimétrique) 116
9 Manuel d'instructions 116
9.1 Généralités 116
9.2 Spécification des données techniques 116
10 Logiciels, données et interfaces du système dosimétrique 117
10.1 Généralités 117

10.2 Conception et structure des logiciels 118
10.2.1 Exigences 118
10.2.2 Méthode d'essai 118
10.3 Identification du logiciel 118
10.3.1 Exigences 118
10.3.2 Méthode d'essai 118
10.4 Authenticité du logiciel et présentation des résultats 118
10.4.1 Exigences 118
10.4.2 Méthode d'essai 119
10.5 Alarme et arrêt du système dans des conditions anormales de fonctionnement 119
10.5.1 Exigences 119
10.5.2 Méthode d'essai 119
10.6 Contrôle des données d'entrée par le système dosimétrique 120
10.6.1 Exigences 120
10.6.2 Méthode d'essai 120
10.7 Mémorisation des données 120
10.7.1 Exigences 120
10.7.2 Méthode d'essai 121
10.8 Transmission des données 121
10.8.1 Exigences 121
10.8.2 Méthode d'essai 122
10.9 Interfaces matérielles et interfaces logicielles 122
10.9.1 Exigences 122
10.9.2 Méthode d'essai 122
10.10 Documentation pour l'essai concernant le logiciel 123
10.10.1 Exigences 123
10.10.2 Méthode d'essai 123
11 Exigences de performances et essais sous rayonnement (système dosimétrique) 124
11.1 Généralités 124
11.2 Coefficient de variation 124
11.3 Non-linéarité 124
11.3.1 Exigences 124
11.3.2 Méthode d'essai 124
11.3.3 Interprétation des résultats 125
11.4 Caractéristiques de surexposition, rémanence, et réutilisation 126
11.4.1 Exigences 126
11.4.2 Méthode d'essai 126
11.4.3 Interprétation des résultats 127
11.5 Énergie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ ou $H^*(10)$ 127
11.5.1 Rayonnement photonique 127
11.5.2 Rayonnement bêta 130
11.6 Énergie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$ ou $H'(3)$ 130
11.6.1 Rayonnement photonique 130
11.6.2 Rayonnement bêta 132
11.7 Énergie du rayonnement et angle d'incidence pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ ou $H'(0,07)$ 133
11.7.1 Rayonnement photonique 133

11.7.2 Rayonnement bêta 135
11.8 Indication excessive due à l'incidence du rayonnement par le côté d'un dosimètre mesurant $H_p(10)$, $H_p(3)$ ou $H_p(0,07)$ 136
11.8.1 Exigences 136
11.8.2 Méthode d'essai 137
11.8.3 Interprétation des résultats 137
11.9 Indication de la présence d'une dose de rayonnement bêta pour des dosimètres du corps entier mesurant $H_p(0,07)$ 137
12 Réponse à des irradiations mixtes (système dosimétrique) 137
12.1 Exigences 137
12.2 Méthode d'essai 138
12.2.1 Généralités 138
12.2.2 Préparation de l'essai 138
12.2.3 Réalisation des essais 139
12.3 Interprétation des résultats 139
13 Exigences et essais de performances environnementales 139
13.1 Généralités 139
13.1.1 Exigences générales 139
13.1.2 Méthode générale d'essai 140
13.2 Température ambiante et humidité relative (dosimètre) 140
13.2.1 Généralités 140
13.2.2 Exigences 140
13.2.3 Méthode d'essai 140
13.2.4 Interprétation des résultats 141
13.3 Exposition à la lumière (dosimètre) 141
13.3.1 Généralités 141
13.3.2 Exigences 141
13.3.3 Méthode d'essai 141
13.3.4 Interprétation des résultats 142
13.4 Accumulation de dose, effacement et auto-irradiation (dosimètre) 142
13.4.1 Généralités 142
13.4.2 Exigences 142
13.4.3 Méthode d'essai 142
13.4.4 Interprétation des résultats 143
13.5 Étanchéité (dosimètre) 143
13.6 Stabilité du lecteur (lecteur) 143
13.6.1 Généralités 143
13.6.2 Exigences 143
13.6.3 Méthode d'essai 143
13.6.4 Interprétation des résultats 144
13.7 Température ambiante (lecteur) 144
13.7.1 Généralités 144
13.7.2 Exigences 144
13.7.3 Méthode d'essai 144
13.7.4 Interprétation des résultats 144
13.8 Exposition à la lumière (lecteur) 145
13.8.1 Généralités 145
13.8.2 Exigences 145
13.8.3 Méthode d'essai 145

13.8.4 Interprétation des résultats 145
13.9 Alimentation primaire (lecteur) 146
13.9.1 Généralités 146
13.9.2 Exigences 146
13.9.3 Méthode d'essai 146
13.9.4 Interprétation des résultats 146
14 Exigences et essais de performance électromagnétique (système dosimétrique) 147
14.1 Généralités 147
14.2 Exigences 147
14.3 Méthode d'essai 147
14.4 Interprétation des résultats 148
15 Exigences et essais de performances mécaniques 148
15.1 Exigences générales 148
15.2 Chute (dosimètre) 149
15.2.1 Exigences 149
15.2.2 Méthode d'essai 149
15.2.3 Interprétation des résultats 149
16 Documentation 150
16.1 Rapport d'essai de type 150
16.2 Certificat publié par le laboratoire réalisant l'essai de type 150
Annexe A (normative) Limites de confiance 164
A.1 Généralités 164
A.2 Intervalle de confiance pour la moyenne, $\bar{x}$ 165
A.3 Intervalle de confiance pour une grandeur composée 165
Annexe B (informative) Lien de cause à effet entre la lecture des signaux, la valeur indiquée et la valeur mesurée 167
Annexe C (informative) Vue d'ensemble des actions nécessaires qui doivent être menées pour un essai de type selon le présent document 169
Annexe D (informative) Incertitude des systèmes dosimétriques 170
Annexe E (informative) Coefficients de conversion $h_{pD}(0,07;source;\alpha)$, $h'_D(0,07;source;\alpha)$, $h_{pD}(3;source;\alpha)$ et $h'_D(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en grandeurs d'équivalents de dose correspondantes pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 171
Annexe F (informative) Méthode informatique d'essai de calcul d'irradiations mixtes 177
Bibliographie 179

Figure 1 – Irradiation par pas d'un dosimètre mesurant $H^*(10)$ à un angle d'incidence de 90° 129
Figure A.1 – Essai pour l'intervalle de confiance 164
Figure B.1 – Évaluation des données d'un système dosimétrique 167
Figure F.1 – Organigramme d'un programme informatique exécutant les essais selon 12.2 178

Tableau 1 – Plages d'énergie obligatoires et maximales couvertes par le présent document 97
Tableau 2 – Valeurs de c_1 et c_2 pour w valeurs de dose différentes et n indications pour chaque valeur de dose 126
Tableau 3 – Angles d'incidence de l'irradiation pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ et $H^*(10)$ 128

Tableau 4 – Angles d'incidence de l'irradiation pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$ et $H^*(3)$ 131
Tableau 5 – Angles d'incidence de l'irradiation pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ et $H^*(0,07)$ 134
Tableau 6 – Symboles 151
Tableau 7 – Conditions de référence et conditions normales d'essai 154
Tableau 8 – Exigences de performance pour les dosimètres mesurant $H_p(10)$ 155
Tableau 9 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(3)$ 156
Tableau 10 – Exigences de performances pour les dosimètres mesurant $H_p(0,07)$ 157
Tableau 11 – Exigences de performances des dosimètres mesurant $H^*(10)$ 158
Tableau 12 – Exigences de performances des dosimètres mesurant $H'(3)$ 159
Tableau 13 – Exigences de performances des dosimètres mesurant $H^*(0,07)$ 160
Tableau 14 – Exigences de performances environnementales pour les dosimètres et les lecteurs 161
Tableau 15 – Exigences de performance des systèmes dosimétriques soumis aux perturbations électromagnétiques selon l'Article 14 162
Tableau 16 – Exigences de performance des dosimètres soumis aux perturbations mécaniques 163
Tableau 17 – Liste des abréviations 163
Tableau A.1 – Valeur t de Student pour un intervalle de confiance bilatéral de 95 % 165
Tableau C.1 – Canevas pour un essai de type d'un dosimètre pour $H_p(10)$ répondant aux exigences des plages obligatoires 169
Tableau E.1 – Coefficients de conversion $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{plaque}$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour le fantôme plaque pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 172
Tableau E.2 – Coefficients de conversion $h_{pD}(0,07;source;\alpha)_{tige}$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(0,07)$ pour le fantôme tige pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 173
Tableau E.3 – Coefficients de conversion $h'_D(0,07;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H'(0,07)$ pour la sphère de l'ICRU pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 174
Tableau E.4 – Coefficients de conversion $h_{pD}(3;source;\alpha)_{cylindre}$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H_p(3)$ pour le fantôme cylindre pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 175
Tableau E.5 – Coefficients de conversion $h'_D(3;source;\alpha)$ de dose individuelle absorbée sur une profondeur de 0,07 mm, $D_p(0,07)$, en équivalent de dose $H'(3)$ pour la sphère de l'ICRU pour les qualités de rayonnement définies dans l'ISO 6980-1 176
Tableau F.1 – Exemple de tableau de réponse de dosimètre et limites de plages 177

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

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

La présente deuxième édition annule et remplace la première édition de l'IEC 62387 parue en 2012. Cette édition constitue une révision technique.

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

- Modification du titre.

- Ajout d'exigences de performance pour que les dosimètres mesurent $H'(3)$ pour les rayonnements photoniques et bêta.
- Adoption du fantôme cylindre en lieu et place du fantôme plaque pour la grandeur $H_p(3)$.
- Correction et clarification de plusieurs paragraphes pour obtenir une meilleure applicabilité.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/945/FDIS	45B/954/RVD

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

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

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

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

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

INTRODUCTION

Un système dosimétrique peut comporter les éléments suivants:

a) un dispositif passif, appelé ici *détecteur* qui, après exposition au rayonnement, mémorise un signal à exploiter pour la mesure d'une ou plusieurs grandeurs du champ de rayonnement incident;

b) un "dosimètre", qui comprend plusieurs moyens d'identification, qui contient un ou plusieurs détecteurs et qui peut contenir des composants électroniques, par exemple, pour la lecture (par exemple, dans un dosimètre à DIS (*direct ion storage*);

c) un "lecteur" utilisé pour lire les informations mémorisées (signal) provenant du détecteur, afin de déterminer la dose de rayonnement;

d) un "ordinateur" comportant le "logiciel" adéquat pour contrôler le lecteur, mémoriser les signaux fournis par le lecteur, calculer, afficher et mémoriser la dose évaluée sous la forme d'un fichier électronique ou d'une copie papier;

e) un "équipement supplémentaire" et un document décrivant les procédures (manuel d'instructions) pour réaliser des opérations associées telles que la suppression des informations de dose mémorisées, le nettoyage des dosimètres, ou les opérations nécessaires pour garantir l'efficacité de l'ensemble du système.

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

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique à toutes sortes de systèmes dosimétriques passifs utilisés pour la mesure de:

– l'équivalent de dose individuel $H_p(10)$ (pour le contrôle radiologique individuel du corps entier),

– l'équivalent de dose individuel $H_p(3)$ (pour le contrôle radiologique individuel des cristallins),

– l'équivalent de dose individuel $H_p(0,07)$ (pour le contrôle radiologique individuel de la peau du corps entier et de la peau locale et des extrémités),

– l'équivalent de dose ambiant $H^*(10)$ (pour le contrôle radiologique du lieu de travail et de l'environnement),

– l'équivalent de dose directionnel $H'(3)$ (pour le contrôle radiologique du lieu de travail et de l'environnement), ou

– l'équivalent de dose directionnel $H'(0,07)$ (pour le contrôle radiologique du lieu de travail et de l'environnement).

Le présent document s'applique aux systèmes dosimétriques qui mesurent les rayonnements photoniques et/ou bêta externes dans la plage de dose comprise entre 0,01 mSv et 10 Sv et dans les plages d'énergie données dans le Tableau 1. Toutes les valeurs d'énergie données sont des valeurs moyennes par rapport à la fluence. Les systèmes dosimétriques utilisent habituellement des dispositifs électroniques pour l'évaluation des données et sont donc souvent commandés par ordinateur.

Tableau 1 – Plages d'énergie obligatoires et maximales couvertes par le présent document

Grandeur mesurée	Plage d'énergie moyenne obligatoire pour le rayonnement photonique	Plage d'énergie moyenne maximale pour l'essai du rayonnement photonique	Plage d'énergie moyenne obligatoire pour le rayonnement bêta [a]	Plage d'énergie moyenne maximale pour l'essai du rayonnement bêta [a]
$H_p(10)$, $H^*(10)$	80 keV à 1,25 MeV [b]	12 keV à 7 MeV	–	–
$H_p(3)$, $H'(3)$	30 keV à 250 keV	8 keV à 7 MeV	0,8 MeV[c]	0,7 MeV[c] à 1,2 MeV
$H_p(0,07)$, $H'(0,07)$	30 keV à 250 keV	8 keV à 1,25 MeV[b]	0,24 MeV à 0,8 MeV	0,07 MeV[d] à 1,2 MeV[e]

a Les sources de rayonnement bêta suivantes sont proposées pour les différentes valeurs d'énergie moyennes: Pour 0,06 MeV: ^{147}Pm; pour 0,8 MeV: ^{90}Sr/^{90}Y; pour 1,2 MeV: ^{106}Ru/^{106}Rh.

b 1,25 MeV est l'énergie moyenne du rayonnement photonique à partir de ^{60}Co.

c Pour le rayonnement bêta, une énergie de 0,7 MeV est exigée pour atteindre les couches du cristallin sensibles au rayonnement sur une profondeur d'environ 3 mm (approximativement 3 mm de tissu de l'ICRU).

d Pour le rayonnement bêta, une énergie de 0,07 MeV est exigée pour traverser la couche cornée de la peau de 0,07 mm (approximativement 0,07 mm de tissu de l'ICRU).

e Les valeurs d'énergie moyenne bêta 0,08 MeV, 0,7 MeV et 1,2 MeV sont presque équivalentes à une valeur E_{max} de 0,225 MeV, 2,27 MeV et 3,54 MeV, respectivement.

NOTE 1 Dans le présent document, "dose" signifie équivalent de dose, sauf indication contraire.

NOTE 2 Pour $H_p(10)$ et $H^*(10)$, aucun rayonnement bêta n'est considéré. Raisons:

a) $H_p(10)$ et $H^*(10)$ sont des estimations prudentes de la dose effective qui n'est pas une grandeur pertinente pour les rayonnements bêta.

b) Les normes ICRU 56, ICRU 57 ou ISO 6980-3 ne spécifient aucun coefficient de conversion.

NOTE 3 Les plages d'énergie maximales sont les limites d'énergie à l'intérieur desquelles il est possible d'effectuer des essais de type selon le présent document.

NOTE 4 Les dosimètres à DIS sont traités dans le présent document étant donné qu'ils sont souvent utilisés sans affichage en ligne, mais avec un lecteur séparé.

Les méthodes d'essai relatives à la conception (Article 8), au manuel d'instructions (Article 9), au logiciel (Article 10), aux influences de l'environnement (Article 13), aux influences électromagnétiques (Article 14), aux influences mécaniques (Article 15) et à la documentation (Article 16) ne dépendent pas du type de rayonnement. Par conséquent, elles peuvent aussi être appliquées à d'autres systèmes dosimétriques, par exemple pour les neutrons, en utilisant le type de rayonnement correspondant lors des essais.

Le présent document est destiné aux systèmes dosimétriques capables d'évaluer des doses dans la grandeur et l'unité (Sv) exigées à partir des signaux de lecture dans chaque grandeur et unité. La seule correction qui peut être appliquée à la dose évaluée (valeur indiquée) est celle qui résulte de la radiation de bruit de fond naturel en utilisant des dosimètres supplémentaires.

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

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 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 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*

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

ISO 4037 (toutes les parties), *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*

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

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

ISO 8529 (toutes les parties), *Rayonnements neutroniques de référence*

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