

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent  
(rate) meters**

**Instrumentation pour la radioprotection – Appareils de mesure de l'équivalent  
de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)**





**THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED**  
**Copyright © 2014 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 Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

#### **About the IEC**

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

#### **About IEC publications**

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

#### **IEC Catalogue - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)**

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

#### **IEC publications search - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)**

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](http://webstore.iec.ch/justpublished)**

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

#### **Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)**

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

#### **IEC Glossary - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)**

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

#### **IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)**

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

---

#### **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.

#### **Catalogue IEC - [webstore.iec.ch/catalogue](http://webstore.iec.ch/catalogue)**

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

#### **Recherche de publications IEC - [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)**

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](http://webstore.iec.ch/justpublished)**

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

#### **Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)**

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

#### **Glossaire IEC - [std.iec.ch/glossary](http://std.iec.ch/glossary)**

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

#### **Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)**

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

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Radiation protection instrumentation – Neutron ambient dose equivalent  
(rate) meters**

**Instrumentation pour la radioprotection – Appareils de mesure de l'équivalent  
de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

**XA**

---

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-1676-7

**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.....	6
1 Scope.....	8
2 Normative references .....	8
3 Terms and definitions, abbreviations and symbols, quantities and units .....	9
3.1 Terms and definitions.....	9
3.2 Test nomenclature .....	15
3.3 Abbreviations and symbols .....	15
3.4 Quantities and units .....	16
4 General test procedure .....	16
4.1 Test requirements.....	16
4.2 Tests performed with variation of influence quantities .....	16
4.2.1 General .....	16
4.2.2 Tests for influence quantities of type F .....	16
4.2.3 Tests for influence quantities of type S .....	17
4.3 Consideration of non-linearity .....	17
4.4 Consideration of several detectors or signals in a dose (rate) meter .....	17
4.5 Statistical fluctuations .....	17
4.6 Radiation sources .....	17
4.7 Work place neutron fields .....	18
5 General requirements .....	18
5.1 Summary of requirements .....	18
5.2 General characteristics .....	18
5.2.1 Effective range of measurement .....	18
5.2.2 Minimum range of measurement.....	19
5.2.3 Rated range of an influence quantity .....	19
5.2.4 Minimum rated range of influence quantity.....	19
5.2.5 Indication of the assembly .....	19
5.3 Mechanical characteristics .....	19
5.3.1 IP classification .....	19
5.3.2 Assembly labels and markings.....	19
5.3.3 Ease of decontamination .....	20
5.4 Interface requirements .....	20
5.5 Algorithm to evaluate the indicated value .....	20
6 Radiation detection requirements .....	20
6.1 General.....	20
6.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value.....	20
6.3 Constancy of the dose rate response, dose dependence and statistical fluctuations .....	20
6.3.1 General .....	20
6.3.2 Requirements .....	21
6.3.3 Test method using sources .....	21
6.3.4 Interpretation of the results of the test using sources.....	21
6.3.5 Test procedure with variation of the calibration distance.....	21
6.3.6 Equivalent electrical test method .....	22
6.3.7 Interpretation of the equivalent electrical test results .....	22
6.4 Variation of the response due to neutron energy .....	22

6.4.1	General .....	22
6.4.2	Requirements .....	23
6.4.3	Test method .....	23
6.4.4	Interpretation of the results.....	24
6.5	Monte Carlo calculation of the instrument response .....	24
6.5.1	General .....	24
6.5.2	Requirements .....	24
6.5.3	Test method .....	24
6.5.4	Interpretation of the results.....	24
6.6	Variation of the response due to angle of incidence .....	25
6.6.1	General .....	25
6.6.2	Requirements .....	25
6.6.3	Test method .....	25
6.6.4	Interpretation of the results.....	25
6.7	Overload characteristics .....	25
6.7.1	Dose equivalent meters .....	25
6.7.2	Dose rate equivalent meters .....	26
6.8	Response time.....	26
6.8.1	Requirements .....	26
6.8.2	Test method .....	27
6.8.3	Interpretation of the results.....	27
6.9	Relationship between response time and statistical fluctuations.....	27
6.10	Dose equivalent rate alarm .....	28
6.10.1	Requirements .....	28
6.10.2	Test method .....	28
6.10.3	Interpretation of the results.....	28
6.11	Dose equivalent alarm .....	28
6.11.1	Requirements .....	28
6.11.2	Test method .....	28
6.11.3	Interpretation of the results.....	28
6.12	Response to photon radiation .....	29
6.12.1	Requirements .....	29
6.12.2	Test method .....	29
6.12.3	Interpretation of the results.....	29
6.13	Response to other external ionizing radiations .....	29
7	Additivity of indicated value .....	30
7.1	Requirements .....	30
7.2	Test method.....	30
7.3	Interpretation of the results .....	30
8	Software.....	31
8.1	General.....	31
8.2	Requirements .....	31
8.2.1	General requirements .....	31
8.2.2	Design and structure of the software.....	31
8.2.3	Protection of the software and data .....	31
8.2.4	Documentation .....	32
8.3	Test method.....	32
8.3.1	General .....	32
8.3.2	Testing the documentation.....	32

9	Electrical characteristics .....	33
9.1	Stability of zero indication with time .....	33
9.1.1	Requirements .....	33
9.1.2	Test method .....	33
9.1.3	Interpretation of the results.....	33
9.2	Warm-up time .....	33
9.2.1	Requirements .....	33
9.2.2	Test method .....	33
9.2.3	Interpretation of the results.....	33
9.3	Power supplies – battery operation .....	33
9.3.1	General .....	33
9.3.2	Requirements .....	34
9.3.3	Test method .....	34
9.4	Power supplies – Mains operations.....	35
9.4.1	Requirements .....	35
9.4.2	Test method .....	35
9.4.3	Interpretation of the results.....	36
10	Environmental requirements .....	36
10.1	General.....	36
10.2	Ambient temperature .....	36
10.3	Temperature shock.....	36
10.4	Relative humidity .....	37
10.5	Atmospheric pressure .....	37
10.6	Protection against moisture and dust (IP classification).....	37
10.7	Storage and transport .....	37
11	Mechanical requirements.....	37
11.1	General.....	37
11.2	Drop test.....	38
11.3	Vibration test .....	38
11.4	Microphonics impact .....	38
11.5	Mechanical shock .....	38
12	Electromagnetic requirements .....	39
12.1	General.....	39
12.2	Emission of electromagnetic radiation .....	39
12.3	Electrostatic discharge.....	39
12.4	Radio frequency disturbance.....	39
12.5	Magnetic fields.....	39
12.6	Alternating current powered equipment requirements.....	40
13	Documentation .....	40
13.1	Operation and maintenance manual.....	40
13.2	Identification certificate .....	40
13.3	Type test report .....	41
	Annex A (informative) Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients .....	47
	Bibliography.....	50
	Figure A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons [5] .....	48

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions .....	41
Table 2 – Radiation characteristics of ambient neutron dose (rate) equivalent meters .....	42
Table 3 – Values of $c_1$ and $c_2$ for $w$ different dose rate values and $n$ indications for each dose rate value [8] .....	43
Table 4 – Electrical and environmental characteristics of ambient dose equivalent (rate) meters .....	44
Table 5 – Maximum values of deviation due to mechanical requirements .....	44
Table 6 – Maximum values of deviation due to electromagnetic disturbances .....	45
Table 7 – Emission frequency range .....	45
Table 8 – Symbols and abbreviations used in this standard .....	46
Table A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons ([5],[6]) .....	47
Table A.2 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for the neutron reference radiation sources ([5] and ISO 8529-3) .....	49

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

## **RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – NEUTRON AMBIENT DOSE EQUIVALENT (RATE) METERS**

### FOREWORD

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

International Standard 61005 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This third edition cancels and replaces the second edition of IEC 61005 issued in 2003 and constitutes a technical revision.

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

- a) upper neutron energy of the instruments covered by the standard is increased to 20 MeV;
- b) requirement for the variation of the relative response due to neutron energy is modified;
- c) a clause for additivity of the indicated value (neutron dose/dose rate) is introduced;
- d) a clause and requirement for Monte Carlo calculation of the instrument response are introduced;
- e) a clause and requirement for the software for generation of the measured values are introduced;
- f) environmental testing methods and requirements are referred to IEC 62706;

g) influence quantities of type S and F are introduced.

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

FDIS	Report on voting
45B/792/FDIS	45B/797/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.

# RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – NEUTRON AMBIENT DOSE EQUIVALENT (RATE) METERS

## 1 Scope

This International Standard is applicable to assemblies designed to measure the ambient dose equivalent (rate) due to neutron radiation in fields that contain neutrons with energies below 20 MeV, and which comprise at least:

- a) a detection assembly, which may, for example, consist of a detector probe for thermal neutrons and an arrangement of neutron moderating and absorbing media surrounding the detector;
- b) a measuring assembly with a display for the measured quantity, which may be incorporated into a single assembly with the detector or connected to it by means of a flexible cable.

Instruments with energy range up to 20 MeV are covered by this standard. If the instrument also provides indication of the neutron dose, it should meet the neutron dose requirements stated in this standard.

No tests are specified in this standard for performance requirements of assemblies in pulsed radiation fields. It is understood that an assembly designed to meet this standard may not be suitable for use in such fields.

The object of this standard is to specify requirements for the performance characteristics of neutron ambient dose equivalent (rate) meters, and to prescribe the methods of testing in order to determine compliance with this standard. This standard specifies general characteristics, general test procedures, radiation characteristics, electrical, mechanical, safety and environmental characteristics, and also the identification certificate (see 13.2). Requirements and test procedures are also specified for the alarm performance of the neutron ambient dose equivalent (rate) meters, equipped with alarm provisions.

NOTE The response of ambient dose equivalent (rate) meters for neutrons is energy dependent and may deviate considerably from unity. The response in realistic neutron fields, however, is such that the response deviations in different energy ranges tend to offset each other. Consequently, the response in realistic fields is generally much closer to unity.

ISO 12789 specifies a list of appropriate broad-spectrum neutron sources that are suitable for the testing of such (rate) meters. For example, simulated workplace neutron fields from ISO 12789 may be specified by agreement between manufacturer and purchaser to be appropriate for testing when the spectral environment is well defined.

## 2 Normative references

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

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

IEC 60086-1:2011, *Primary batteries – Part 1: General*

IEC 60086-2:2011, *Primary batteries – Part 2: Physical and electrical specifications*

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

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

IEC 62706, *Radiation protection instrumentation – Environmental, electromagnetic and mechanical requirements*

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

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

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

ISO 11929:2010, *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation – Fundamentals and application*

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

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

### **3 Terms and definitions, abbreviations and symbols, quantities and units**

#### **3.1 Terms and definitions**

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

NOTE For sentence clarity and text conciseness in this standard the term “neutron ambient dose equivalent (rate) meter” is abbreviated as “neutron dose (rate) meter”. Whenever the term “neutron dose (rate) meter” appears in this standard it is understood that “neutron ambient dose equivalent (rate) meter” is meant.

##### **3.1.1 alarm**

audible, visual, or other signal activated when the instrument reading exceeds a preset value, falls outside of a preset range, when the instrument is unable to function properly (component failure), or when the instrument detects the presence of the source of radiation according to a preset condition

##### **3.1.2 ambient dose equivalent**

$H^*(10)$

dose equivalent at a point in a radiation field that would be produced by the corresponding aligned and expanded field, in the ICRU sphere at a depth of 10 mm on the radius opposing the direction of the aligned field ([2], [5]<sup>1</sup>)

Note 1 to entry: An instrument that has an isotropic response and is calibrated in terms of  $H^*(10)$  will measure  $H^*(10)$  in a radiation field that is uniform over the dimensions of the instrument.

---

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

**3.1.3  
ambient dose equivalent rate**

$H^*(10)$   
ratio of  $dH^*(10)$  by  $dt$ , where  $dH^*(10)$  is the increment of ambient dose equivalent in the time interval  $dt$

$$\dot{H}^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

**3.1.4  
background level**

radiation field in which the instrument is intended to operate, including that produced by naturally occurring radioactive material and cosmic radiation

**3.1.5  
calibration distance**

distance between the reference point of the assembly and the centre of the calibration source

**3.1.6  
coefficient of variation**

$v$   
ratio of the experimental standard deviation  $s$  to the arithmetic mean  $\bar{H}$  of a set of  $n$  indications  $H_j$ . It is given by the following formula:

$$v = \frac{s}{\bar{H}} = \frac{1}{\bar{H}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (H_j - \bar{H})^2}$$

**3.1.7  
conventional quantity value**

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

Note 1 to entry: In this standard the quantity is the dose equivalent (rate).

Note 2 to entry: The term “conventional true quantity value” is sometimes used for this concept.

Note 3 to entry: Sometimes a conventional quantity value is an estimate of a true quantity value.

Note 4 to entry: A conventional quantity value is generally accepted as being associated with a suitably small measurement uncertainty, which might be zero.

[SOURCE: VIM:2008, 2.12]

**3.1.8  
deviation**

$D$   
difference between the indicated values for the same value of the measurand of a dose equivalent (rate) meter, when made under reference conditions and when subject to an influence quantity

$$D = H_i - H_r$$

Where

$H_i$  is the indicated value under the effect of an influence quantity, and

$H_r$  is the indicated value under reference conditions.

Note 1 to entry: The deviation can be positive or negative resulting in an increase or a decrease of the indicated value, respectively.

Note 2 to entry: The deviation is of special importance for influence quantities of Type S.

### 3.1.9 effective range of measurement

range of values of ambient dose equivalent (rate) over which the performance of the ambient dose equivalent (rate) meter meets the requirements of this standard

### 3.1.10 indicated value

$H_i$

value given by the (digital) indication of the dose (rate) meter in units of dose equivalent or dose equivalent rate

### 3.1.11 influence quantity

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

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

Note 2 to entry: If the effect on the result of a measurement of an influence quantity depends on another influence quantity, these influence quantities are treated as a single one.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007,394-40-27]

### 3.1.12 influence quantity of type F

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

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

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

### 3.1.13 influence quantity of type S

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

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

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

Note 3 to entry: “S” stands for sum. The indication is the sum of the indication due to radiation and due to the influence quantity, e.g., electromagnetic disturbance.

### 3.1.14 lower limit of effective range of measurement

$H_0$  or  $(\dot{H}_0)$

the lowest dose (rate) value included in the effective range of measurement

### 3.1.15 maximum dose equivalent rate for dose (rate) meters

$\dot{H}_{\max}$

dose rate, specified by the manufacturer, below which the effect of the dose rate on the dose rate reading is within specified limits

### 3.1.16 measured value

$M$

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

Note 1 to entry: The model function is necessary to evaluate the uncertainty of the measured value according to the GUM (see [3]:2008,3.1.6, 3.4.1 and 4.1).

Note 2 to entry: An example of a model function is given herein. It combines the indicated value  $H_i$

with the reference calibration factor  $N_0$ , the correction for non-linear 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:

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

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.

Note 4 to entry: If necessary another model function closer to the design of a certain dose (rate) meter may be used.

Note 5 to entry: With the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the reference calibration factor, the correction for non-linear response and all relative response values are set to one and the deviations are set to zero, these settings cause an uncertainty of measurement which can be determined from the measured variation of the response values and the measured deviations. For a dose (rate) meter tested according to this standard, all these data are available.

**3.1.17  
minimal rated range of use**

the smallest range being specified for an influence quantity or instrument parameter over which the dose equivalent (rate) meter shall operate within the specified limits of variation in order to comply with this standard

Note 1 to entry: The minimal rated ranges of the influence quantities dealt with in this standard are given in the second column of Tables 2, 4, 5 and 6.

**3.1.18  
neutron ambient dose equivalent (rate) meter**

assembly intended to measure the ambient dose equivalent dose and/or rate from neutron radiation

**3.1.19  
neutron dose equivalent response**

$R_H$   
ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R_H = \frac{R_\Phi}{h_\Phi}$$

Where

$R_\Phi$  is the neutron fluence response (see definition 3.1.22) and

$h_\Phi$  is the neutron fluence-to-dose conversion coefficient (see definition 3.1.23).

**3.1.20  
neutron fluence**

$\Phi$   
quotient of  $dN$  by  $da$ , where  $dN$  is the number of neutrons incident on a sphere of cross-sectional area  $da$ :

$$\Phi = \frac{dN}{da}$$

Note 1 to entry: The unit of neutron fluence is  $\text{m}^{-2}$ .

### 3.1.21 neutron fluence rate (flux density)

$\dot{\Phi}$

quotient of  $d\Phi$  by  $dt$ , where  $d\Phi$  is the increment of neutron fluence in the time interval  $dt$ :

$$\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt}$$

Note 1 to entry: The unit of neutron fluence rate is  $\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### 3.1.22 neutron fluence response

$R_{\Phi}$

ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R_{\Phi} = \frac{M}{\Phi}$$

Where

$M$  is the reading by the instrument under test (dosemeter) for the neutron fluence and

$\Phi$  is the conventional quantity value of the neutron fluence to which the instrument has been exposed.

Note 1 to entry: The unit of neutron fluence response is  $\text{m}^2$ .

### 3.1.23 neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient

$h_{\Phi}$

quotient of the neutron ambient dose equivalent,  $H^*(10)$ , and the neutron fluence,  $\Phi$ , at a point in the radiation field, undisturbed by the irradiated object

$$h_{\Phi} = \frac{H^*(10)}{\Phi}$$

Note 1 to entry: The conversion coefficients are given in Annex A.

### 3.1.24 non-linearity

variation of the value of the (relative) response with the dose (rate) being measured

### 3.1.25 point of test of a dose (rate) equivalent meter

point at which the conventional quantity value is determined and at which the reference point of the dose equivalent (rate) meter is placed for calibration and test purposes

Note 1 to entry: For all tests involving the use of radiation, the reference point of the assembly is placed at the point of test in the orientation indicated by the manufacturer. An exception is the test of variation in response with angle of incidence.

### 3.1.26 quantity value of ambient dose equivalent (rate)

best estimate of the true ambient dose equivalent (rate),  $H_t^*(10)$ , used for calibration of the assembly. This value and its uncertainty are determined from a primary or a secondary standard, or by a reference instrument which has been calibrated against a secondary or a primary standard.

Note 1 to entry: Primary or secondary standards for neutron radiation are usually standardized in terms of fluence (rate). For converting the fluence (rate) to the conventional true value of the ambient dose equivalent (rate), the appropriate fluence to ambient dose equivalent conversion coefficients given in Annex A shall be used.

**3.1.27**

**rated range of use of a dose equivalent (rate) meter**

range of values of an influence quantity or instrument parameter over which the dose equivalent (rate) meter will operate within the specified limits of variation. Its limits are the maximum and minimum rated values

**3.1.28**

**reference direction**

direction in the coordinate system of the dose (rate) meter with respect to which the angle of the direction of radiation incidence is measured in unidirectional fields

[SOURCE: ISO 8529-3:1998, 3.2.7]

**3.1.29**

**reference point of an assembly**

physical or virtual mark or marks on the assembly to be used in order to position it at the test point. This mark is usually either the geometric centre of the detector or its effective centre.

**3.1.30**

**reference response**

$R_r$

response for a reference value of the quantity to be measured under reference conditions

$$R_r = \frac{H_r}{H_t}$$

Where

$H_r$  is the corresponding indicated value of the quantity to be measured under reference conditions and

$H_t$  is the conventional quantity value (3.1.7) under reference conditions

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

Note 2 to entry: The reference values for the dose (rate) are given in Table 1.

**3.1.31**

**reference standard**

standard generally having the highest metrological quality available at a given location or in a given organization from which measurements made are derived

[SOURCE: IEC 60050-395:2014,395-03-118; IEC 61577-1:2006,3.1.5; IEC 61577-4:2009, 3.1.5]

**3.1.32**

**relative response**

$r$

quotient of the response  $R$  (3.1.22) and the reference response  $R_r$  (3.1.30)

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

**3.1.33**

**response of a radiation measuring assembly**

$R$

ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R = \frac{H_i}{H_t}$$

where

$H_i$  is the indicated value of the quantity (3.1.10) measured by the instrument under test and

$H_t$  is the conventional quantity value of this quantity (3.1.7).

### 3.1.34

#### **standard test conditions**

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

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.3, modified]

### 3.1.35

#### **standard test values**

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.

Note 1 to entry: Under standard test conditions, influence quantities and instrument parameters have their standard test values.

## 3.2 Test nomenclature

### 3.2.1

#### **qualification tests**

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

### 3.2.2

#### **type tests**

conformity testing on the basis of one or more devices representative of the production

### 3.2.3

#### **routine tests**

tests to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

### 3.2.4

#### **acceptance tests**

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

### 3.2.5

#### **supplementary tests**

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

## 3.3 Abbreviations and symbols

Abbreviations and symbols are provided in Table 8.

### 3.4 Quantities and units

In this standard, units of the International System (SI) are used<sup>2</sup>. The definitions of radiation quantities are given in IEC 60050-395. The corresponding old units (non-SI) are indicated in brackets.

Nevertheless, the following units may also be used:

- for energy: electron-volt (symbol: eV),  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;
- for time: days (symbol: d), hours (symbol: h), minutes (symbol: min).

Multiples and submultiples of SI units will be used, when practicable, according to the SI system.

## 4 General test procedure

### 4.1 Test requirements

All the tests enumerated in the following clauses are to be considered type tests (see 3.2.2). During type tests, all values of influence quantities which are not the subject of the test are fixed within the interval of the standard test conditions.

Nevertheless, some of these tests may, by agreement between manufacturer and purchaser, be considered as acceptance tests.

Reference conditions and standard test conditions are defined in Table 1.

The tests described in this standard may be classified according to whether they are performed under standard test conditions or under other conditions. 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.

### 4.2 Tests performed with variation of influence quantities

#### 4.2.1 General

These tests are intended to determine the effects of variation in influence quantities. The range of variation of each influence quantity and acceptable limits of consequent variation in the indication of an assembly are given in Table 2. The range of variation of influence quantities indicated in Table 2 defines a nominal operating range within which the limits of the variation in indication stated by the manufacturer shall remain. These limits shall in no case exceed those laid down in Table 2.

In order to test the effect of variation in any one of the influence quantities listed in Table 2, all other influence quantities are normally maintained within the limits for standard test conditions given in Table 1, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

#### 4.2.2 Tests for influence quantities of type F

These tests may be performed at any value of the quantity to be measured above or equal to  $10 \dot{H}_0$  or  $10 H_0$ . From the result of each test, the respective variation of the relative response  $r$  can be determined.

---

<sup>2</sup> International Bureau of Weights and Measures: The International System of Units, 8<sup>th</sup> edition, 2006.

It is acceptable that some effects of the influence quantities classified as type F could be regarded as effects produced by type S influence quantities. If these effects are small they shall be ignored in relation to the use of this standard. If during testing larger effects of type S are observed then the respective test shall be performed at a dose value of  $10 \dot{H}_0$  or  $10 H_0$  and these findings shall be reported in the type test report.

#### 4.2.3 Tests for influence quantities of type S

These tests shall be performed at a value of the quantity to be measured of less than or equal to 10 times the lower limit  $\dot{H}_0$  or  $H_0$  of the effective range of measurement, even zero dose (rate) is possible if no other specification is given in the respective subclause and a negative deviation can be excluded. The result of each test is a deviation  $D$ .

It is acceptable that some small part of the effects of the type S influence could be regarded as the effects produced by type F influence quantities. If these effects are small they should be ignored in relation to the use of this standard. If larger effects of Type F or significant negative effects are observed during testing, then the respective test shall be performed at a dose value of  $10 \dot{H}_0$  or  $10 H_0$ , and these findings shall be reported in the type test report. Due to the generally lower indicated value when compared to tests for influence quantities of type F the necessary number of measurements may be increased.

#### 4.3 Consideration of non-linearity

The effect of a non-linear response shall be regarded.

Testing should be undertaken in a dose (rate) region where non-linearity is not significant. A practical method is to first undertake a linearity test in order to identify the region of non-linearity, and then perform the other tests in a dose (rate) region where non-linearity is negligible (1 % to 2 %).

#### 4.4 Consideration of several detectors or signals in a dose (rate) meter

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

#### 4.5 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 indicated value may be estimated with sufficient precision to demonstrate compliance with the test in question. The recommendations of ISO 11929 should be employed.

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

#### 4.6 Radiation sources

The reference neutron radiation source shall be as described in ISO 8529-1 and can be one of the following:  $^{241}\text{Am}$ -Be radionuclide source,  $^{252}\text{Cf}$  spontaneous fission source,  $^{252}\text{Cf}$  source moderated by  $\text{D}_2\text{O}$  sphere of 30 cm in diameter or by well defined moderator/filter or accelerator target sources (ISO 8529). For thermal and epithermal neutron reference fields, accelerator target, reactor beams,  $^{241}\text{Am}$ -Be or  $^{252}\text{Cf}$  sources with well defined moderator/filter arrangements may be used.

The nature, construction and conditions of use of the source shall be in accordance with recommendations of ISO 8529-1, ISO 8529-2, and ISO 8529-3.

The quantity value of the ambient dose equivalent rate from these sources may be obtained from the spectral fluence rate distribution delivered by the source and the fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients (see Annex A, Table A.1). Average fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for five reference sources are given in Annex A, Table A.2. The neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients employed shall be specified by the manufacturer (see 13.2 e.).

The ambient dose equivalent rate of the photon emission from the source should be significantly less than that due to neutrons, or suitable shielding be used to ensure that this is true at the detector. The response of the device to gamma rays shall be determined with  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  source and/or with other photon sources if necessary.

#### 4.7 Work place neutron fields

Work place neutron fields may be:

- a) simulated fields specified in ISO 12789 or
- b) other work place environments whose fields are well defined by spectral calculations and/or measurements traceable to or recognized by a primary standards laboratory.

The nature, production and conditions of use of the fields shall be in accordance with the recommendations of ISO 12789.

The conventional true ambient dose equivalent rate at the point of measurement in these fields may be obtained from the spectral fluence rate distribution and the fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients (see Annex A, Table A.1).

NOTE Survey fields may differ considerably from the reference radiation fields. In order to increase the accuracy of the measurement in such fields, correction factors may be applied to the reading of the instrument; these are calculated from the fluence response of the device, the fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients, and the spectral fluence of the calibration and the survey field, respectively.

## 5 General requirements

### 5.1 Summary of requirements

In Tables 2, 4, 5, and 6 instrument requirements are summarized.

### 5.2 General characteristics

#### 5.2.1 Effective range of measurement

The effective range of measurement, starting at  $\dot{H}_0$  or  $H_0$  shall not be less than the following:

- a) for dose equivalent (rate) meters with an analogue type of display (e.g. linear or logarithmic), one range per order of magnitude from 10 % to 100 % of the scale maximum angular deflection on each scale range, and for dose equivalent (rate) meters with two ranges per order of magnitude from 30 % to 100 % of the scale maximum angular deflection on each scale range;
- b) for dose equivalent (rate) meters with a digital display, from an indication in the second least significant digit up to the maximum indication on each range. As an example, for a display with a maximum indication of 9 999,9, the effective range can extend from 1,0 to 9 999,9 – i.e. four orders of magnitude – or from 3,0 to 9 999,9 – i.e. three and a half orders of magnitude;
- c) for dose equivalent (rate) meters with a digital and scientific display (e.g. x,yz E ± ab) the mantissa shall have three digits at least (for instance 1,00 to 9,99). The manufacturer

shall define the effective range of measurement (for instance  $1,00 \cdot 10^{-7}$  to  $9,99 \cdot 10^{-2}$  with the unit  $\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

For dose equivalent (rate) meters with more than one scale, the effective range of measurement shall be from 10 % of the lowest scale range to 100 % of the highest scale and all scales shall be arranged to make the total range covered by the effective range of measurement.

When the test methods do not extend over the entire effective range of measurement and any of the observed variations are near the permitted limit, further tests to demonstrate compliance with the requirement in question over the whole effective range of measurement may be necessary. Agreement on supplementary tests shall be reached between the purchaser and the manufacturer.

### **5.2.2 Minimum range of measurement**

The minimum effective range of measurement of dose equivalent rate shall cover at least four orders of magnitude and shall include  $10 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$  for the measuring quantity  $\dot{H}^*(10)$ .

The minimum effective range of dose equivalent shall cover at least four orders of magnitude and shall include 0,1 mSv.

### **5.2.3 Rated range of an influence quantity**

The rated range of any influence quantity has to be stated in the documentation. In addition, some rated ranges have to be stated on the instrument, see 5.3.2.

### **5.2.4 Minimum rated range of influence quantity**

The minimum rated range of the specified influence quantity is given in the second column of Tables 2, 4, 5 and 6.

### **5.2.5 Indication of the assembly**

The indication of the assembly shall be in units of ambient dose equivalent (rate), for example in millisieverts (per hour). The indication may be on an analogue type of display or on a digital display. It is recommended that the indication may be read remotely.

## **5.3 Mechanical characteristics**

### **5.3.1 IP classification**

The IP classification shall be stated by the manufacturer according to IEC 60529. The minimum IP requirement for hand-held instruments is given in IEC 62706.

### **5.3.2 Assembly labels and markings**

An assembly for the measurement of neutron ambient dose equivalent (rate) shall be labelled with a specific indication of its intended use.

The following information shall be clearly visible on the dose (rate) meter:

- a) the quantity that is measured;
- b) the effective range of measurement;
- c) the type of radiation (for example neutron) the dose (rate) meter is suitable for;
- d) the rated range of particle energy;
- e) reference point and reference direction (or in the manual);
- f) serial number of the instrument.

### 5.3.3 Ease of decontamination

The assembly shall be constructed in such a manner as to facilitate decontamination. In order to achieve this, it should, for example, have a smooth non-porous external surface, which is free from crevices, or be usable when placed inside a thin and flexible envelope, provided with transparent parts to allow the instrument scale to be read.

### 5.4 Interface requirements

The provision of an output connection for a remote readout, which shall be appropriately marked, is recommended (for example for an external counter or integrator, a recorder or a secondary digital display).

If the assembly is equipped with a data processor and memory, an output to an external data device is recommended, for example by a serial data interface.

### 5.5 Algorithm to evaluate the indicated value

For the type test of multiple detector assemblies according to this standard, the manufacturer shall deliver the evaluation algorithm of the indicated value starting from the signal(s) of the detector(s) and ending at the indicated value. This shall include all the calculations and/or the decision tree.

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

## 6 Radiation detection requirements

### 6.1 General

All influence quantities dealt with in this clause are regarded as of type F.

NOTE 1 The requirements for the influence quantity *radiation energy and angle of radiation incidence* are given with respect to the reference response  $R_r$  under reference conditions (reference radiation and  $0^\circ$  radiation incidence, reference dose and/or dose rate and all the other reference conditions as given in Table 1). The possible reference radiations can be found for neutron radiation in Table 1 of ISO 8529-1:2001. The most used reference radiations are given in Table 1, but it may be necessary to choose other radiations as reference radiation to comply with the requirements for this influence quantity, even an energy value can be chosen as reference condition for which no physical radiation is available. In that case this (virtual) reference radiation is realized by an available reference radiation and the deviation of the response to the (virtual) reference radiation.

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

### 6.2 Consideration of the uncertainty of the conventional quantity value

The expanded ( $k = 2$ ) relative uncertainty,  $U_{rel}$ , of the conventional quantity value of the dose equivalent or dose equivalent rate shall be taken into account and should be less than  $\pm 20\%$ . This is accounted for by adding  $U_{rel}$  to the allowed variation of the relative response. If several tests are to be performed with the same radiation quality, for example, the test for the constancy of the response, only the uncertainty of the ratio of the actual value and the reference value of the dose equivalent (rate) shall be considered. In case of other requirements, the consideration is mentioned in the respective method of test.

### 6.3 Constancy of the dose rate response, dose dependence and statistical fluctuations

#### 6.3.1 General

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

If the manufacturer can show that the technical design of the dose (rate) meter ensures the fulfilment of the requirements on constancy of the dose rate response for a large range of dose rate values, then the number of tests can be reduced.

### 6.3.2 Requirements

- a) Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the variation of the relative response due to the non-constancy of the dose rate response shall not exceed  $-17\%$  to  $+25\%$  over the whole of the effective range of measurement for neutron reference radiations chosen. The dose shall be varied over the whole range of dose specified by the manufacturer for dose rate measurements.
- b) The statistical fluctuations of the indication measured as coefficient of variation shall fulfil the requirements given in Table 3.

### 6.3.3 Test method using sources

- a) Source to be used

For the purpose of this test, the conventional quantity value of the ambient dose equivalent (rate) at the point of test shall be known. The tests shall be performed with reference sources of appropriate activity irradiating the dose (rate) meter free in air as given in Table 1, e.g.  $^{241}\text{Am-Be}$  for neutron radiation.

- b) Tests to be performed

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

### 6.3.4 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 rate values.

Using the  $w$  mean values, the variation of the relative response due to the non-constancy of the response shall not exceed the range from  $-17\%$  to  $+25\%$ . Also, using the  $w$  values of the coefficients of variation and the values of  $c_1$  and  $c_2$  given in Table 3, show that

- for  $(w - 2)$  dose rate values the coefficients of variation are less than  $c_1$  times the limits given in Table 3 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.

In that case, the requirements a) and b) of 6.3.2 can be considered 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 More information on the test procedure is given in [8].

### 6.3.5 Test procedure with variation of the calibration distance

Several practical procedures are established in ISO 8529-2 to determine the instrument response by employing the reference neutron radiation sources, taking into account the characteristic contribution of scattered radiation and the position of the reference point of the device. The procedures include the determination of indicated values at a series of calibration

distances, where the indicated values may range over one or more orders of magnitude. Response, scatter contribution and geometry parameters are determined by data analytical fitting methods. In this case, any indicated value may count as a point in the respective scale ranges given in 6.4.2. For the determination of the relative error in the respective scale range, the fitted indicated values may be employed, if the fitted values for the scatter and geometry parameters are in agreement with calculated and/or experimentally determined experience values.

### 6.3.6 Equivalent electrical test method

In the event that the full range of ambient dose equivalent rates required for the above tests cannot be provided by the sources of neutron radiation available, it is permissible to employ an equivalent electrical test in order to determine the relative error at the ambient dose equivalent rates that cannot be provided by the sources of radiation.

In this case, the radiation sources shall be capable of providing at least one ambient dose equivalent rate in the upper part of the effective range of measurement of the assembly for the type test, and at least one ambient dose equivalent rate in the lower part of the effective range of measurement of the assembly. The electrical signal shall have a form which simulates as closely as necessary the form of signal delivered by the detector and shall be injected at a point that will test the entire assembly apart from the detector itself or the photomultiplier in the case of a scintillator detector.

If  $\dot{H}_{i1}^*(10)$  is the indicated ambient dose equivalent rate when the assembly is subjected to a conventionally true ambient dose equivalent rate,  $\dot{H}_i^*(10)$ , from the neutron reference source available, then an electrical signal,  $S_1$ , shall be injected such as to produce the same indicated value,  $\dot{H}_{i1}^*(10)$ . Then if another indicated value  $\dot{H}_{i2}^*(10)$  is produced by an input signal,  $S_2$ , the relative error is given by:

$$U = \left( \frac{\dot{H}_{i2}^*(10) \times S_1}{\dot{H}_{i1}^*(10) \times S_2} - 1 \right)$$

and the observation shall be within the limits given in 6.3.7. If the electrical test method is used, this should be stated in the accompanying documents.

### 6.3.7 Interpretation of the equivalent electrical test results

It is necessary to make allowance for the relative uncertainty  $U(k = 2)$  in the values of the conventional true ambient dose equivalent rates employed in the test. If no single observed mean value of the relative error,  $U$ , exceeds  $\pm(20\% + U)$ , then the requirement for constancy of the dose rate response can be considered met.

## 6.4 Variation of the response due to neutron energy

### 6.4.1 General

The response of all neutron dose (rate) meters is very dependent on the neutron energy [1]. For radiological protection purposes, it would be desirable for the variation of the response with the neutron energy over the entire energy range from thermal to the maximum energy specified by the manufacturer not to exceed a factor of 1,5. However, at the time of publication, such requirement is not practically achievable.

As all existing devices and those being developed are essentially based on appropriate detector response calculations, the results of these calculations shall be made available for the entire neutron energy range with calculated data at least at two energy points per decade of neutron energy.

### 6.4.2 Requirements

The relative ambient dose (rate) equivalent response,  $r_{H^*(10)}$  and  $r_{H^*(10)}$  due to variation of the neutron energy shall be for

thermal – 50 keV energy range	the manufacturer shall specify the variation of the ambient dose (rate) equivalent relative response with the neutron energy. The relative response shall be at least within the range from 0,2 to 8,0.
50 keV – 10 MeV energy range	within the range from 0,5 to 2,0.
10 MeV – 20 MeV	the manufacturer shall specify the variation of the ambient dose (rate) equivalent relative response with the neutron energy. The variation of the relative response shall be at least within the range from 0,2 to 2,0.

The relative response herein is relative to the reference neutron energy and  $0^\circ$  between the incident neutron radiation and the reference direction. The instrument axis, the reference plane and reference direction of incidence shall be defined by the manufacturer.

The requirement for the neutron energy range from 50 keV to 10 MeV is mandatory for every instrument. For the remaining energy range the manufacturer shall state the energy range where the stated requirements are met by their instrument.

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.

### 6.4.3 Test method

For this test, the dose (rate) meter shall be placed free in air. 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.

Since it is impracticable to investigate the performance of an assembly and to validate the calculated data over nine decades of neutron energy from thermal neutrons up to 20 MeV, the following energies may be used:

- at least two neutron energies below 50 keV, one of them being thermal neutron energy;
- at least three neutron energies in the energy range between 50 keV and 10 MeV;
- at least one broad source (e.g.  $^{252}\text{Cf}$  or  $^{241}\text{Am-Be}$ );
- at least one neutron energy exceeding 10 MeV.

Only tests at energies that are within the manufacturer's specified energy range are required. In addition, it is recommended to state the response to standardized simulated work place neutron field sources.

The test distance should be at least 3 times the sum of the largest linear dimension of the source and the detector. The scatter contribution to the indicated value of the device shall not exceed 20 % of the indicated value contributed by the unscattered neutrons. The determination of the scatter contribution shall be in compliance with ISO 8529-2.

In principle, this test is best performed at the same ambient dose equivalent rate for each neutron energy. In practice, this may not be possible, in which case the indicated ambient dose equivalent rate of each neutron energy shall be corrected for the relative response (interpolated if necessary) at the same indication as for the reference neutron radiation.

Using the provided computational response function calculate the ambient neutron dose equivalent (rate) at the selected neutron energies in 6.4.3 a) through d) and compare them with the experimentally determined values.

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

#### 6.4.4 Interpretation of the results

When all experimentally measured relative response values due to variation of the neutron energy are within the ranges specified in 6.4.2 and the calculated values of the ambient dose equivalent (rate) are within  $\pm 20\%$  of the experimentally measured values, then the requirements of 6.4 are considered met.

### 6.5 Monte Carlo calculation of the instrument response

#### 6.5.1 General

The response of the existing and those being developed neutron dose (rate) meters in the neutron energy regions where measurements are not available or feasible is essentially based on Monte Carlo calculations. The calculated relative response curve is usually relative to  $^{252}\text{Cf}$  response.

#### 6.5.2 Requirements

A Monte Carlo response curve shall be provided by the manufacturer to cover the energy range stated by the manufacturer. Calculated numerical values of the response shall be provided to accompany each measured energy in 6.4.3 a) through d). Additionally calculated numerical values of the response shall be provided at additional energies to fill in the gaps between the available monoenergetic fields and to extend the data to cover the full energy range. Calculated numerical values of the response shall be provided at least in each order of magnitude of the neutron energy (e.g.  $10^{-2}$  eV,  $10^{-1}$  eV,  $10^0$  eV,  $10^1$  eV, ...,  $10^6$  eV,  $10^7$  eV,  $>10^7$  eV). The accuracy of the Monte Carlo results for the detector response shall be such that the calculated ambient neutron dose equivalent (rate) at the selected neutron energies in 6.4.3 a) through d) is within  $\pm 20\%$  of the measured ambient neutron dose equivalent (rate). Monte Carlo calculations shall be fully documented so that they can be repeated (or verified) by independent entity or laboratory.

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

#### 6.5.3 Test method

Verify that the Monte Carlo calculated response curve cover the entire energy region stated by the manufacturer. Verify that Monte Carlo calculations are fully documented and can be independently repeated. This can be accomplished either by repeating portion of the calculations or by reviewing the documentation. Verify that calculated numerical response values at the selected energies in 6.4.3 a) through d) are provided. Verify that calculated numerical response values at energies between those selected in 6.4.3 a) through d) are provided at least in each order of magnitude of the neutron energy.

#### 6.5.4 Interpretation of the results

The instrument meets the requirements in 6.5.2 if

- a) Monte Carlo calculated response curve is provided that covers the entire energy region stated by the manufacturer, and
- b) Monte Carlo calculations are fully documented and can be independently repeated, and
- c) calculated and experimental data at the selected energy points in 6.4.3 a) through d) are within  $\pm 20\%$ , and
- d) calculated numerical response values in each order of magnitude of the neutron energy between those energies selected in 6.4.3 a) through d) are provided.

## 6.6 Variation of the response due to angle of incidence

### 6.6.1 General

This standard relates to detector assemblies with a wide angle of acceptance and having essentially circular symmetry in one plane. The standard recognizes the practical limitations of achieving a uniform response over  $4\pi$  solid angle.

### 6.6.2 Requirements

The variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle from  $0^\circ$  to  $90^\circ$  to the reference (calibration) direction in the reference plane shall not exceed  $\pm 25\%$  in the rated energy range.

The variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle from  $+90^\circ$  to  $+180^\circ$  and  $-90^\circ$  to  $-180^\circ$  to the reference direction in the reference plane shall be stated by the manufacturer. The variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle to the reference direction in a plane orthogonal to the reference direction should be stated by the manufacturer. The reference plane and the reference direction of incidence shall be defined by the manufacturer.

### 6.6.3 Test method

The detection assembly shall be exposed to one of the reference neutron radiation sources specified in 4.6. The assembly shall be placed in its reference plane with the radiation source in the reference direction (i.e. the calibration direction defined by the manufacturer in relation to the radiation source being used). The calibration distance should be at least 3 times the sum of the largest linear dimension of the source and the detector. The scatter contribution to the indicated value of the device shall not exceed 20 % of the indicated value due to the unscattered neutrons. The determination of the scatter contribution shall be in compliance with ISO 8529-2. The detection assembly shall then be turned in the reference plane through angles from  $0^\circ$  to  $\pm 180^\circ$  from this position in steps of  $30^\circ$  and the indicated values noted. Similar observations shall then be taken as the assembly is rotated in a plane orthogonal (perpendicular) to the reference direction.

### 6.6.4 Interpretation of the results

The instrument meets the requirements of 6.6.2 if

- a) the variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle from  $0^\circ$  to  $90^\circ$  to the reference direction in the reference plane does not exceed  $\pm 25\%$  and
- b) the variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle from  $+90^\circ$  to  $+180^\circ$  and  $-90^\circ$  to  $-180^\circ$  to the reference direction in the reference plane does not exceed the values stated by the manufacturer and if provided
- c) the variation of the indication of the assembly to radiation incident at any angle to the reference direction in a plane orthogonal to the reference direction does not exceed the values stated by the manufacturer.

## 6.7 Overload characteristics

### 6.7.1 Dose equivalent meters

#### 6.7.1.1 Requirements

- a) The dose equivalent meter shall read off-scale on the high side or shall indicate overload when exposed to doses greater than the maximum of its measuring range. This requirement shall apply to all ranges.
- b) When subjected to dose rates high enough to cause wrong dose indication, there shall be indication that the equipment is not able to provide correct dose indication.

### 6.7.1.2 Test method

The test may be carried out either with a suitable neutron source or by injection of a suitable signal into the input of the measuring assembly (see 6.3.6) if high neutron dose rates are not available.

- a) Subject the dose equivalent meter to a dose between 1 Sv and 50 Sv and in excess of 10 times the maximum dose that can be indicated. The dose rate during the exposure shall be less than the maximum dose rate capability as specified by the manufacturer. The equipment shall not be reset or switched off for at least 30 min after the equipment has been subjected to the test dose.
- b) Subject the dose equivalent meter to a dose rate 10 % in excess of that specified as the dose rate limit by the manufacturer for a period of 100 s. In case no error of the dose value (due to dose rate overload) is indicated, subject the dose equivalent meter to further increased dose rates in steps of 10 % for 100 s until the error indication of the dose value (due to dose rate overload) is displayed.

### 6.7.1.3 Interpretation of the results

- a) The indication shall be off-scale on the high side or overload shall be indicated and shall remain so until the dose indication is reset or the equipment is switched off.
- b) Ensure that either the dose indication has increased appropriately (within the manufacturer's stated tolerance) or indication is given that the reading of dose (due to dose rate overload) is in error. Prior to the error indication the dose indication shall increase as appropriate within its tolerance.

## 6.7.2 Dose rate equivalent meters

### 6.7.2.1 Requirements

The dose rate equivalent meter shall read off-scale on the high side or shall indicate overload when exposed to dose rates greater than the maximum of its measuring range. This requirement shall apply to all ranges.

### 6.7.2.2 Test method

The test may be carried out either with a suitable neutron source or by injection of a suitable signal into the input of the measuring assembly (see 6.3.6) if high neutron dose rates are not available.

The dose rate equivalent meter shall be submitted for a period of 5 min to a dose equivalent rate 10 times the range (scale) maximum.

### 6.7.2.3 Interpretation of the results

The indication of the dose equivalent rate shall read off-scale on the high side or indicate overload throughout this period. The dose rate equivalent meter shall function within the specification 5 min after completion of this test. If the device is not functioning within the specification, a warning shall be displayed. The warning may extinguish only when the device meets again the specifications without restrictions. This test is applicable to each range.

## 6.8 Response time

### 6.8.1 Requirements

The response time shall be such that, if there is a sudden change in the ambient dose equivalent rate, the indication shall reach the following value:

$$\dot{H}_i^*(10) + \frac{90}{100} \left( \dot{H}_i^*(10) - \dot{H}_i^*(10) \right)$$

Where  $\dot{H}_i^*(10)$  is the initial indicated value and  $\dot{H}_f^*(10)$  the final indicated value, in a time smaller than those specified below:

- a) 30 s for the increases or decreases of the ambient dose equivalent rate less than  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ;
- b) 10 s for the increases or decreases of the ambient dose equivalent rate between  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ;
- c) 4 s for the increases or decreases of the ambient dose equivalent rate greater than  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

The manufacturer shall state the response time.

### 6.8.2 Test method

The test may be carried out either with a suitable neutron source or by the injection of a suitable electrical signal into the input of the measuring assembly.

The initial and final ambient dose equivalent rates shall differ by a factor of at least 10 and measurements shall be carried out for both an increase and a decrease in the ambient dose equivalent rate by this factor.

If the electrical test method is employed, the injected signals shall correspond to the above requirements.

For the increasing ambient dose equivalent rate test, the detection assembly shall be subjected first to the higher ambient dose equivalent rate and the indicated value  $\dot{H}_f^*(10)$  shall be noted.

The assembly shall then be subjected to the lower ambient dose equivalent rate for a time sufficient for the indication  $\dot{H}_i^*(10)$  to reach a steady value and this indicated value shall be noted.

The ambient dose equivalent rate shall then be changed as quickly as possible to that corresponding to the indicated value  $\dot{H}_f^*(10)$ , and the time taken to reach the value given by the formula in 6.8.1 shall be measured.

The test for decreasing ambient dose equivalent rate shall be performed in the same way with the values of ambient dose equivalent rates corresponding to  $\dot{H}_f^*(10)$  and  $\dot{H}_i^*(10)$  interchanged.

### 6.8.3 Interpretation of the results

The instrument meets the requirements if the indication following a sudden change of the ambient equivalent dose rate reaches the value defined by the formula in 6.8.1 in time less than those specified in 6.8.1.

### 6.9 Relationship between response time and statistical fluctuations

The response time and the coefficient of variation of the statistical fluctuations are interdependent characteristics, for which acceptable limits are given above in 6.8.1 and 6.3.2.

For high ambient dose equivalent rates, it is recommended that, whenever possible, while conforming to the limits laid down for the statistical fluctuations, the response time should be reduced.

There is little advantage in reducing response time much below 1 s; in such cases, it would be more advisable to reduce the statistical fluctuations.

## **6.10 Dose equivalent rate alarm**

### **6.10.1 Requirements**

Under standard test conditions, when the dose equivalent (rate) meter is subjected to a dose equivalent rate of 0,8 of the dose equivalent rate corresponding to the dose equivalent rate alarm set point for 10 min, the alarm shall not be activated for more than 10 % of the period of test. Similarly, at a dose equivalent rate of 1,2 times the alarm level set, the alarm shall be activated for at least 90 % of the test period. When the dose equivalent (rate) meter is subjected to dose equivalent rates of 1,2 times the dose equivalent rate alarm set point, the alarm shall actuate within 5 s or within a time such that the product of this time and the dose equivalent rate of the alarm point is less than 10  $\mu$ Sv.

When a dose equivalent (rate) meter utilises more than one radiation detector to cover the full range of dose equivalent (rates) indicated by the dose equivalent (rate) meter, these requirements apply to the relevant ranges for each detector separately.

### **6.10.2 Test method**

At least two tests shall be carried out, one with the alarm set near the maximum effective indicated value and one near the maximum of the second least significant decade.

### **6.10.3 Interpretation of the results**

The instrument meets the dose equivalent rate alarm requirement if it satisfies 6.11.1 requirement for 2 alarm set points, one near the maximum effective indicated values and one near the maximum of the second least significant decade. Allowance shall be made for the relative uncertainty ( $k = 2$ ) in the conventional true dose equivalent rate to which the neutron dose (rate) meter is subjected. Where this is  $U$ , the dose rates used shall be:  $0,8(1 - U)$  and  $1,2(1 + U)$  of the dose equivalent alarm rate set point.

## **6.11 Dose equivalent alarm**

### **6.11.1 Requirements**

Under standard test conditions, when the dose equivalent meter is subjected to a dose equivalent of 0,8 times the dose equivalent corresponding to the dose equivalent alarm set, no alarm shall be given, and when the dose equivalent meter is subject to a dose equivalent rate of 1,2 times the dose equivalent alarm set point, the alarm shall be actuated.

### **6.11.2 Test method**

At least two tests shall be carried out, one with the alarm set near the maximum effective indicated value and one with the alarm set near the maximum of the second least significant decade. The alarm shall be reset and then the dose equivalent meter shall be subjected to a conventionally true dose equivalent rate such that the alarm will not occur for at least 100 s. The time of exposure of the dose equivalent meter shall be measured.

### **6.11.3 Interpretation of the results**

The instrument meets the dose equivalent alarm requirement if it satisfies 6.12.1 requirement for 2 alarm set points, one near the maximum effective indicated value and one near the maximum of the second least significant decade and if the quotient of the alarm set point by the product of the dose equivalent rate used and the measured time lie within the range  $0,8(1 - U)$  to  $1,2(1 + U)$ , where  $U$  is the relative uncertainty ( $k = 2$ ) in the conventionally true dose equivalent rate.

## 6.12 Response to photon radiation

### 6.12.1 Requirements

Practically all neutron radiation fields are contaminated by photon radiation, which leads to the necessity to determine the response to photon radiation.

The response to photon radiation shall be quoted in terms of the indication of the assembly per unit of photon ambient dose equivalent rate at the point of test.

Photon radiation incident on a neutron assembly may not only cause the assembly to give an indication, but it may also modify the response of the assembly to neutron radiation. Therefore, there are two separate requirements.

- a) The indication produced by a  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  photon ambient dose equivalent rate of  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  shall not be greater than the indicated value due to a neutron ambient dose equivalent rate of  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- b) In a neutron reference field producing an indication of  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ , exposure to  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  from  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  photon radiation shall not change this neutron indication by more than 10 %. The  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  sources used for the above tests should conform to the requirements of the ISO 4037 series.
- c) Furthermore, since in some situations where neutron ambient dose equivalent rate is to be measured, high-energy photon radiation (for example 6 MeV from  $^{16}\text{N}$ ) may be present, the response to photon radiation shall, by agreement between the manufacturer and the purchaser, be checked at higher energies as well as with  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  energy. In this case, the manufacturer shall state the response to high-energy photon radiation.

### 6.12.2 Test method

For requirement a) of 6.13.1, the assembly shall be exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  source in a field having an ambient dose equivalent rate of  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  at the reference point of the assembly.

For requirement b) of 6.13.1 the assembly shall be exposed to the neutron reference source so that an indicated value of  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  is obtained. The assembly is now additionally exposed to a  $^{137}\text{Cs}$  or  $^{60}\text{Co}$  source such that the photon dose equivalent rate at the point of test is  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

For requirement c) of 6.13.1, the radiation sources used for this test shall conform to the ISO 4037 series.

### 6.12.3 Interpretation of the results

The requirements stated in 6.13.1 a) and c) are satisfied if the indication produced by a  $^{137}\text{Cs}$  and higher energy ( $> 1,5 \text{ MeV}$ ) photon ambient dose equivalent rate of  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  is less than the indicated value due to a neutron ambient dose equivalent rate of  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . The response to photon radiation shall be quoted in terms of the indication of the assembly per unit of photon ambient dose equivalent rate at the point of test.

The requirement in 6.13.1 b) is met if the indication of the neutron ambient dose equivalent rate does not change by more than 10 % when exposed to photon dose equivalent rate of  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  from a  $^{137}\text{Cs}$  source.

## 6.13 Response to other external ionizing radiations

Due to the design of this type of assembly, it will not respond to alpha or beta radiations. Accordingly, no tests are specified.

## 7 Additivity of indicated value

### 7.1 Requirements

The indicated value shall be additive with respect to simultaneous irradiation with different types of radiation (for example, photon and neutron) and with different neutron energies and angles of radiation incidence.

If the dose (rate) meter uses only one signal (measured with one detector) to evaluate the indicated value, then this requirement is fulfilled.

If a dose (rate) meter uses more than one signal (measured either with several detectors or with one detector using for example pulse height analysis) to evaluate the indicated value, then this requirement is not automatically fulfilled. In that case, it shall be ensured that the relative change in indication,  $\Delta g_{\text{mix}}$  caused by the mix of radiation shall not exceed  $\pm 0,1$ .

If the algorithm used to evaluate the indicated value, (see 5.5) is either a linear combination of the signals or a linear optimization of them, then this requirement is fulfilled or no tests are required.

### 7.2 Test method

Perform subsequently two irradiations under the two different irradiation conditions K and L (different energies, different angles of incidence or even different types of radiations) with the conventional quantity values  $H_{tK}$  and  $H_{tL}$ . Determine the indicated values  $H_{iK}$  and  $H_{iL}$  for the two irradiations. Then perform a third simultaneous irradiation under the two irradiation conditions K and L with the conventional quantity value  $H_{t(K+L)} = H_{tK} + H_{tL}$  and determine the indicated value  $H_{i(K+L)}$  or this simultaneously mixed irradiation.

The relative change in indication is then given by:

$$\Delta H_{\text{imix}} = \frac{H_{iK} + H_{iL} + H_{i(K+L)}}{H_{i(K+L)}}$$

$\Delta H_{\text{imix}}$  shall be determined for any value of  $H_{tK}$  and  $H_{tL}$  and any simultaneous combination of radiation fields  $S_K$  and  $S_L$ . As simultaneous irradiations are very difficult to perform, the use of calculations as a replacement for the simultaneous irradiations is permitted and recommended for this test. A prerequisite of the use of calculations is the knowledge of measured response values of each signal to all the irradiation conditions K and L and of the evaluation procedure to determine the indicated value from these signals. The calculation of the response of the entire dose (rate) meter with the aid of radiation transport simulations to determine the response values of each signal to all the irradiation conditions is not permitted.

The non-linearity of the signals is treated in 4.3 and 6.3. Therefore, when no calculation is performed, the signals shall be corrected for non-linearity for this test. When different dose (rate) meters are used to determine  $H_{iK}$ ,  $H_{iL}$  and  $H_{i(K+L)}$ , any difference in the reference calibration factor shall be corrected.

### 7.3 Interpretation of the results

The relative change in indication,  $\Delta H_{\text{imix}}$  shall not exceed  $\pm 0,1$ . In this case, the requirements of 7.1 can be considered met.

## 8 Software

### 8.1 General

The final version of the software shall be available at the beginning of the type test, as a great part of the software test is indirectly covered by the metrological test. The manufacturer shall be aware of the fact that any change of the “data relevant part” of the software may question the validity of the type test.

NOTE In modern instruments, the software has an increasing importance for the generation of the measured value. Therefore, the type test automatically includes the performance of the software running in the device under test. This is considered by the given requirements.

The requirements given are guided by the WELMEC software guide 7.2, see [7]. The requirements are based on the requirements for instruments with embedded software in a built-for-purpose measuring instruments (Type P) and a risk class B (low level).

### 8.2 Requirements

#### 8.2.1 General requirements

The requirements set shall safeguard against any unintended modification of the data software. In addition, any attempted modification of the software shall be prohibited unless it is done under the supervision of authorized personnel and in the intended way.

#### 8.2.2 Design and structure of the software

The software shall be designed in such a way that the part relevant to the indicated value is not affected by other software unless the effect is required for the correct use of the dose equivalent (rate) meter.

NOTE One possible technical solution is to separate the software into two parts. One part may contain all the functions necessary to evaluate, store and display the indicated values. This part is the “data relevant part”. The other parts of the software, the “non data relevant part”, may contain, for example, the value, the date and the time of a maximum of an indication. 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”. The concept of software separation is state of the art in software engineering.

#### 8.2.3 Protection of the software and data

##### 8.2.3.1 Identification

The “data relevant part” of the software (see note to 8.2.2) shall have an identification. It shall be possible to display this identification while the software is running. This identification can be compared with the identification given in the test record or in the user instructions.

NOTE If the identification automatically changes when the software is changed – in that case a simple version number is not sufficient – an additional benefit is given. Any change of a bit in the stored software of the dose equivalent (rate) meter, e.g. due to radiation, is recognized. One possible technical solution is a check sum algorithm (at least CRC-16) built over the software (see [7]). The reference value of the checksum of all bytes of the software is calculated and is stored. During startup of the instrument, the checksum is calculated again and compared with the stored reference value. In case a change occurred, the software stops and supplies an appropriate error message.

##### 8.2.3.2 Alarm under abnormal operating conditions

When abnormal operating conditions occur in components of the dose equivalent (rate) meter, this shall be indicated. These abnormal operating conditions include those that could lead to a faulty indication or loss of dose information, for example high voltage failure in a photomultiplier tube.

### 8.2.3.3 Control of input data

All data used for the determination of the indicated value, for example, calibration factors and high voltage, shall be secured against unauthorized modification.

NOTE One possible technical solution is to require a password before any change of such data.

### 8.2.3.4 User interfaces, hardware interfaces and software interfaces

All entered commands or values received via interfaces (for example, user interfaces as keyboard, software 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 In principle, it is possible to circumvent a software interface. This can usually be excluded by software separation, see note to 8.2.2, when the data relevant part of the software is realized in a separate binary file.

## 8.2.4 Documentation

### 8.2.4.1 Documentation in the instruction manual

All functions, menus and submenus of the software shall be described in the instruction manual, see 13.1.

### 8.2.4.2 Documentation for the type test

In addition to the documentation listed in Clause 13, the following information shall be given by the manufacturer for the purpose of type testing:

- a description of the structure of the software according to 8.2.2;
- the method to evaluate and display the identification, and to prevent measurements conducted with changed software, see 8.2.3.1;
- the measures to recognize abnormal operation conditions, see 8.2.3.2;
- a complete list of all relevant parameters, their ranges and nominal values, and the method to make sure that they are in allowed ranges, where they are stored, how they may be viewed, and how they can be changed, see 8.2.3.3;
- a complete list of all commands (e.g. menu items) and values that can be received via the interfaces, including their effect, see 8.2.3.4.

## 8.3 Test method

### 8.3.1 General

Testing of software can be very complex; however, it shall not dominate the testing-time. Therefore, no specific test is given and a large amount of responsibility is handed over to the manufacturer. The only test is done indirectly by performing the type test with the final version of the software and using the manufacturer's documentation, see 8.2.4, to perform the tests. The only test is on the documentation.

### 8.3.2 Testing the documentation

By using the software during the type test a lot of menus will be used. All of them shall be documented in the instruction manual. The rest of the menus shall be checked by "playing" with the running software and comparing the corresponding parts of the instruction manual. If the menus found in the software and those found in the instruction manual all fit together, the requirement is met. This should also be done for additional software and for the interfaces. In addition, the identification (see 8.2.3.1) shall be displayed and given in the certificate.

## 9 Electrical characteristics

### 9.1 Stability of zero indication with time

#### 9.1.1 Requirements

The indication of a dose equivalent (rate) meter shall not vary by more than  $\pm 0,2 H_0$  or  $\pm 0,2 \dot{H}_0$  during the 300 min after it was switched on taking allowance for any change in  $H_0$  due to the ambient background during this period.

#### 9.1.2 Test method

Switch on the dose equivalent (rate) meter and leave it for a period of 30 min. If a zero-set control is available to the operator, this shall then be adjusted to bring the indication to a point stated by the manufacturer. For some dose equivalent (rate) meters with a non-linear scale, such a control is used to bring the indication to some reference point rather than to zero. If this is the case, the control shall be set to bring the indication to the appropriate reference point.

The dose equivalent (rate) meter shall be left in this condition and the reading noted every 30 min for a further 270 min period.

#### 9.1.3 Interpretation of the results

If the noted readings are proved to be within the limits of 9.1.1, then the requirements are met.

### 9.2 Warm-up time

#### 9.2.1 Requirements

The manufacturer shall state the warm-up time.

#### 9.2.2 Test method

With the assembly switched off, expose it to appropriate reference source of radiation that will provide an indication of at least half of scale maximum on the most sensitive scale range or decade.

Switch on the assembly and wait for the manufacturer stated warm-up time. Then take 10 to 20 measurements of the dose equivalent (rate) and take the average value.

Thirty minutes after switching on the assembly, take another 10 to 20 measurements of the dose equivalent (rate) and use the average value of these measurements as the "final value" of the indication.

#### 9.2.3 Interpretation of the results

If the final value and the average value taken immediately after the manufacturer stated warm-up time are within  $\pm 10\%$ , then the requirements of this test are met.

### 9.3 Power supplies – battery operation

#### 9.3.1 General

Ways to check the battery condition under maximum load shall be provided. The indication of the remaining battery capacity, for which the performance of the assembly will remain within the requirements of this standard, shall be clearly indicated on the display.

Batteries may be connected in any desired manner but shall be individually replaceable; the polarity shall be clearly indicated on the assembly by the manufacturer.

### 9.3.2 Requirements

The manufacturer shall state the makers (manufacturers) and types of batteries with which the requirements of this standard are fulfilled. Only primary or secondary batteries of physical dimensions as specified in IEC 60086-1 or IEC 60086-2 should be used.

The capacity of the batteries should be such that, after 40 h of intermittent use<sup>3</sup> under standard test conditions, the indication of the dose equivalent (rate) meter shall not differ more than  $\pm 10\%$  of its initial value, other functions remaining within specification.

For secondary batteries the manufacturer shall indicate the charging time.

Below  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the capacity of most types of batteries strongly decreases with decreasing temperature. This shall be considered.

### 9.3.3 Test method

#### 9.3.3.1 General

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

Two test methods are provided. The first method uses batteries and shall be chosen if the remaining battery capacity is determined by performing charge measurements during use and recharging, the second method uses a power supply and may be chosen if the remaining battery capacity is determined by measuring the actual voltage of the internal batteries.

#### 9.3.3.2 Test using batteries

##### 9.3.3.2.1 General

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for this test.

##### 9.3.3.2.2 Test method

Expose the neutron dose (rate) meter to a dose equivalent rate of between  $10\text{ }\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $1\text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Leave the neutron dose (rate) meter working in this field for a period of 8 h followed by 16 h with the dose neutron dose (rate) meter switched off. Perform this test for 5 consecutive days and note the reading at the end of the period.

##### 9.3.3.2.3 Interpretation of the results

If the indication of the dose equivalent (rate) meter does not differ more than  $\pm 10\%$  of its initial value and no indication that the battery voltage is low, for example "low battery", then the requirements are met.

---

<sup>3</sup> 40 h intermittent use means 8 h continuous use followed by 16 h with the dose equivalent (rate) meter switched off, for 5 consecutive days.

### 9.3.3.3 Test using power supply

#### 9.3.3.3.1 General

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. The power supply shall be set to the nominal battery voltage  $U_{\text{nom}}$ .

#### 9.3.3.3.2 Test method

Expose the neutron dose (rate) meter to a dose equivalent rate of between  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  and  $1 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . The instrument shall be switched on and allowed to stabilise.

The neutron dose (rate) meter indication  $\dot{G}_{\text{nom}}$  shall then be recorded. The supply voltage shall then be reduced until the instrument indicates that the battery voltage is low, for example "low battery". The corresponding supply current  $I_{\text{low}}$  shall be noted together with the instrument indication  $\dot{G}_{\text{low}}$ .

#### 9.3.3.3.3 Interpretation of the results

The test is passed if the following requirements are met:

- $0,91 \leq \frac{\dot{G}_{\text{low}}}{\dot{G}_{\text{nom}}} \leq 1,1$ ,
- all auxiliary functions operating as selected and
- $\frac{Q_{\text{nom}}}{I_{\text{low}}} \geq 40 \text{ h}$ ,

Where  $Q_{\text{nom}}$  is the nominal capacity of the batteries (given e.g. in mA h) for the appropriate discharge conditions and considering the rated range of temperature (see 10.2).

## 9.4 Power supplies – Mains operations

### 9.4.1 Requirements

Mains operated dose equivalent (rate) meters shall be designed to operate from single-phase 50 Hz (60 Hz in some countries) AC supply voltage in one of the following categories:

- Series I: 220 V to 230 V
- Series II: 100 V to 120 V and/or 240 V

(Nominal single-phase voltage in some countries is 117 V and/or 234 V, 60 Hz.)

Mains operated dose equivalent (rate) meters shall be capable of operating from mains supplies with a supply voltage tolerance of +10 % and –12 % of the nominal value, and a supply frequency of  $50 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz}$  or  $60 \text{ Hz} \pm 3 \text{ Hz}$ .

The indication of dose equivalent (rate) shall remain within  $\pm 10 \%$  over this range of supply voltage, other functions remaining within specification.

### 9.4.2 Test method

Place the detection assembly in a field of neutron radiation at a point where the ambient dose equivalent rate corresponds to approximately three times the lower limit of the effective range of measurement. With the supply voltage at its nominal value  $U_N$  take the mean of sufficient readings of ambient dose equivalent rate. Take the mean of sufficient readings with the

supply voltage 10 % above the nominal value and the mean of sufficient readings with the supply voltage 12 % below the nominal value.

Repeat the above tests at an ambient dose equivalent rate corresponding to at least two thirds of the upper limit of the effective range of measurement.

Expose the assembly to both ambient dose equivalent rates as above. At each rate, take the means of a sufficient number of indicated values with the supply frequency at its nominal value 50 Hz (or 60 Hz), at 53 Hz (or 63 Hz) and at 47 Hz (or 57 Hz).

If there is no timing function based on the mains frequency, then the test of frequency variation needs not be performed.

#### **9.4.3 Interpretation of the results**

If the indication of the dose equivalent (rate) meter does not differ more than  $\pm 10$  % of its initial value, then the requirements are met.

## **10 Environmental requirements**

### **10.1 General**

The influence quantities ambient temperature and temperature shock are considered to be of both types F and S, the influence quantities relative humidity and atmospheric pressure are considered to be of type F and the influence quantity storage and transport is considered to be of type S.

### **10.2 Ambient temperature**

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning ambient temperature for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain from  $-15$  % to  $+22$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

### **10.3 Temperature shock**

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning temperature shock for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain from  $-15$  % to  $+22$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

## 10.4 Relative humidity

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning relative humidity for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain from –15 % to +22 % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

## 10.5 Atmospheric pressure

In general, atmospheric pressure will have an insignificant influence on the response of the assembly.

Representative tests at other atmospheric pressures need be performed only if required, for example if the assembly is being used in airborne measurements under low-pressure conditions.

## 10.6 Protection against moisture and dust (IP classification)

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning IP classification for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain within  $\pm 5$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

## 10.7 Storage and transport

All apparatus shall be designed to operate within the specifications of this standard after sufficient time has been allowed to reach ambient temperature following storage (or transport) at any temperature between –25 °C and +50 °C, without batteries, for a period of at least three months in the manufacturer's packaging.

In certain circumstances, more severe specifications may be required, such as capability for withstanding air transport at low ambient pressure.

# 11 Mechanical requirements

## 11.1 General

The influence quantities drop on a surface, vibration, microphonics and mechanical shock are considered to be of type S.

## 11.2 Drop test

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning drop test for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain within  $\pm 5$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source. After the test the instrument shall be inspected and it shall be working properly.

## 11.3 Vibration test

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning vibrations for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, between and after the tests.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain within  $\pm 5$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source. After the test the instrument shall be inspected and it shall be working properly.

## 11.4 Microphonics impact

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning microphonics impact for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before and after each test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain within  $\pm 5$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source. After the test the instrument shall be inspected and it shall be working properly.

## 11.5 Mechanical shock

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning mechanical shock for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with a reference neutron source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The instrument indicated values of the dose equivalent and ambient dose equivalent rate shall remain within  $\pm 5$  % of the values before the test under standard test conditions. No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source. After the test the instrument shall be inspected and it shall be working properly.

## 12 Electromagnetic requirements

### 12.1 General

Special precautions shall be taken in the design of a neutron dose (rate) meter to ensure proper operation in the presence of electromagnetic disturbances, particularly radio-frequency fields. The requirements are given with respect to the lower limit  $H_0$  or  $\dot{H}_0$  of the effective range of measurement. For each of the electromagnetic tests given in 12.3 to 12.6, the dose equivalent (rate) meter shall be set to the most sensitive range and the dose value set to zero and any deviations due to the tests shall not exceed  $\pm 0,7 H_0$  or  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

All tests shall be performed for the modes for which the devices are intended to be used, i.e. usually for both the dose equivalent and dose equivalent rate modes.

A suitable radioactive stability check device (for example an encapsulated 2 GBq Am/Be-source) should be fitted to the dose equivalent (rate) meter to produce during the measurements an indication in the most sensitive range, or an indication of seven times the lower limit of the effective range of measurement. The check source shall not interfere with the dose equivalent (rate) meter under test.

### 12.2 Emission of electromagnetic radiation

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning radiated emissions for hand-held instruments.

### 12.3 Electrostatic discharge

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning electrostatic discharge for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test. The maximum spurious deviations (both transient and permanent) at the display or data output due to electrostatic discharge shall not exceed  $\pm 0,7 H_0$  or  $\pm 0,7 \dot{H}_0$  after 10 discharges.

### 12.4 Radio frequency disturbance

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning radio frequency for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with and without a radioactive source under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The maximum spurious deviations (both transient and permanent) of the display or data output due to the electromagnetic fields stated in IEC 62706 shall not exceed  $\pm 0,7 H_0$  or  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

### 12.5 Magnetic fields

The instrument shall comply with IEC 62706 concerning magnetic fields for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) with and without a radioactive source

under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The additional spurious deviations (both transient and permanent) of the display or data output due to the magnetic fields stated in IEC 62706 shall not exceed  $\pm 0,7 H_0$  or  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

### 12.6 Alternating current powered equipment requirements

If the instrument is powered or can be powered by alternating current (AC), the instrument shall comply with IEC 62706 concerning AC line powered equipment requirements for hand-held instruments.

The functionality test shall consist of measurements of the dose equivalent and (or) ambient dose equivalent rate (whichever is applicable or both) under standard test conditions. The measurements shall be conducted before, during and after the test.

The maximum spurious indications (both transient and permanent) of the display or data output due to voltage and frequency fluctuations, surges or oscillatory waves, conducted radiofrequencies shall be less than 10 % of the indication without the disturbances.

No alarms or other outputs shall be activated when the meter or monitor is exposed to the pulses. Battery only operated dose equivalent (rate) meters are excluded from this test.

## 13 Documentation

### 13.1 Operation and maintenance manual

Each instrument shall be supplied with detailed operating instructions, maintenance and technical documentation containing full information on

- a) assembly construction;
- b) assembly function;
- c) assembly performance and limitations;
- d) modes of operation and instrument handling;
- e) use of software (if any) controlling the detection assembly and the stored data;
- f) details of the detector and moderator;
- g) data on dead times;
- h) behaviour in pulsed radiation fields, e.g. the neutron dose (rate) meter is not intended for pulse fields;
- i) appropriate information for servicing, alignment and testing;
- j) relevant maintenance guidance (see IEC 61187).

### 13.2 Identification certificate

A certificate shall accompany each assembly, giving at least the following information (see IEC 61187):

- a) manufacturer's name or registered trade mark;
- b) type of assembly and serial number;
- c) scale limits for each measuring range;
- d) reference source(s) used for calibration;
- e) the neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient for the reference source(s);

- f) relative response as a function of neutron energy in the entire energy range;
- g) relative response to photon radiation;
- h) reference point of the assembly (if necessary dependent on neutron energy) and calibration orientation;
- i) detector type and specifications;
- j) dimensions and weight of the detection assembly and the complete assembly;
- k) neutron energies at which compliance with the angle of incidence requirement has been checked;
- l) response as a function of angle of incidence;
- m) any hazardous or flammable material of the device;
- n) statement that this equipment is tested in accordance with this standard and that the requirements are fulfilled.

### 13.3 Type test report

At request of the purchaser the manufacturer shall provide a report covering the type tests performed in accordance with the requirements of this standard.

**Table 1 – Reference conditions and standard test conditions**

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference neutron radiation	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$ , $^{252}\text{Cf}$ , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$ , or $\text{D}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$ , $\text{T}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$ , $\text{T}(\text{p},\text{n})$ and $^7\text{L}(\text{p},\text{n})$ accelerator neutron sources	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$ , $^{252}\text{Cf}$ , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$ , or $\text{D}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$ , $\text{T}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$ , $\text{T}(\text{p},\text{n})$ and $^7\text{L}(\text{p},\text{n})$ accelerator neutron sources
Dose for: $H^*(10)$	100 $\mu\text{Sv}$	10 $\mu\text{Sv}$ to 1 mSv
Dose rate for: $\dot{H}^*(10)$	10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	3 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to 100 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Warm-up time	Stated by manufacturer	Stated by manufacturer
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,0 kPa
Power supply voltage <sup>a)</sup>	Nominal power supply voltage $U_N$	Nominal power supply voltage $U_N \pm 1\%$
Power supply frequency <sup>a)</sup>	Nominal frequency $f_N$	Nominal frequency $F_n \pm 1\%$
Power supply waveform <sup>a)</sup>	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion less than 5 %
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by manufacturer	Direction given $\pm 10^\circ$
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 assembly	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 5^\circ$
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
<sup>a)</sup> Only for assemblies which are (or can also be) operated from the mains.		

**Table 2 – Radiation characteristics of ambient neutron dose (rate) equivalent meters**

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
Variation of the response due to dose rate	5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to 1 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>	–17 % to +25 % <sup>a)</sup>	6.3
Variation of the response due to the neutron energy	Thermal to 50 keV  50 keV to 10 MeV  Above 10 MeV	Stated by the manufacturer. Recommended relative response is within (0,2 – 8,0)  Relative response shall be within (0,5 – 2,0)  Stated by the manufacturer. Recommended relative response is within (0,2 – 2,0)	6.4
Variation of the response due to the angle of incidence	from 0° to 90° from 90° to 180° from –90° to –180°	±25 % Stated by manufacturer Stated by manufacturer	6.6
Overload	Ambient dose equivalent rate of 10 % in excess of that specified as the dose rate limit by the manufacturer  Ambient equivalent dose 10 times the maximum dose that can be indicated	The indication shall be off-scale on the high side or overload shall be indicated and shall remain so until unit is reset of switched off	6.7
Response time	Time to reach 90 % of the final value after a sudden change in the ambient dose equivalent rate	<30 s for ambient dose equivalent rates less than 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>  <10 s for ambient dose equivalent rates between 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ and 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>  <4 s for ambient dose equivalent rates greater than 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>	6.8
Accuracy of dose rate alarm set to $\dot{H}_a$ <sup>c)</sup>	$\dot{H}_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	If device is subjected to 0,8 $\dot{H}_a$ , alarm shall not be activated for more than 10 % of the test period. If device is subjected to 1,2 $\dot{H}_a$ , alarm shall be activated for at least 90 % of the test period.	6.10
Accuracy of dose alarm set to $H_a$ <sup>c)</sup>	$H_a \geq$ maximum value of the second least significant order of magnitude	The same limit of variation as for dose rate alarm with values of $H_a$ substituted for $\dot{H}_a$	6.11
Response to photon radiation	Ambient dose equivalent rate equal to 10 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ from a <sup>137</sup> Cs source	Indication < 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$	6.12
Additivity of indicated value	For two different irradiation conditions K and L, the relative change in indication is  $\Delta H_{\text{imix}} = \frac{H_{iK} + H_{iL} + H_{i(K+L)}}{H_{i(K+L)}}$	The relative change in indication, $\Delta H_{\text{imix}}$ shall not exceed $\pm 0,1$	7.1 to 7.3
<p><sup>a)</sup> This variation of the relative response is additional to the uncertainty in the determination of the conventional quantity value of the dose equivalent (rate).</p> <p><sup>b)</sup> Minimum dose rate value as low as reasonably achievable. If the maximum dose rate specified by the manufacturer for dose measurements is less than 1 <math>\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}</math>, this should be indicated on the neutron dose (rate)meter.</p> <p><sup>c)</sup> <math>H_a</math> and <math>\dot{H}_a</math> are the dose and dose rate alarm setting points.</p>			

**Table 3 – Values of  $c_1$  and  $c_2$  for  $w$  different dose rate values and  $n$  indications for each dose rate value [8]**

$w$	Value of $c_1$ for $n$ equal							Value of $c_2$ for $n$ equal						
	4	7	10	15	20	25	$\infty$	4	7	10	15	20	25	$\infty$
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

Example: For 12 different dose rates and 10 indications taken at every dose rate value, the  $c_1$  value becomes  $c_1 = 1,173$  and the  $c_2$  value becomes  $c_2 = 1,548$ .

**Table 4 – Electrical and environmental characteristics of ambient dose equivalent (rate) meters**

Characteristic under test or influence quantity	(Minimum) rated range of influence quantity	Limits of variation of the relative response or of the deviation	Sub-clause
Zero drift	Over a period of 300 min continuous operation (after warm up of 30 min):	no more than $\pm 0,2 H_0$ or $\pm 0,2 \dot{H}_0$	9.1
Warm-up time	Not applicable	Time to read within $\pm 10$ % of the final value under reference conditions to be within limits stated by manufacturer	9.2
Power supplies	After 40 h intermittent use	$\pm 10$ % of initial value	9.3
a) Primary batteries	From 88 % $U_N$ to 110 % $U_N$	$\pm 10$ % of initial value	9.4
b) Mains operation (if applicable) <sup>a)</sup>	From 47 (57) Hz to 53 (63) Hz	$\pm 10$ % of initial value	9.4
Ambient temperature	According to IEC 62706 for hand-held instruments: –20 °C to +50 °C	–15 % to +22 %	10.2
Temperature shock	According to IEC 62706 for hand-held instruments: +20 °C to +50 °C +20 °C to –20 °C	–15 % to +22 % –15 % to +22 % The time required to become functional shall be stated by manufacturer	10.3
Relative humidity	According to IEC 62706 up to 93 % relative humidity at 35 °C	–15 % to +22 % <sup>b)</sup>	10.4
Sealing	According to IEC 62706 for hand-held instruments: IP 53	Precautions to be stated to prevent ingress of moisture	10.6
Storage and transport	–25 °C to +50 °C for three months	To operate within specification after unpacking and reaching ambient temperature	10.7
<p>a) <math>U_N</math> is the nominal voltage of the main AC.</p> <p>b) Limit of variation from the indication at 35 °C and reference humidity.</p>			

**Table 5 – Maximum values of deviation due to mechanical requirements**

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to	Maximum permitted value for deviation, $D_p$ , for whole rated range	Sub-clause
Drop	Drop from 30 cm onto hardwood	IEC 62706	$\pm 5$ % of values before the test	11.2
Vibration	0,01 g <sup>2</sup> ·Hz <sup>–1</sup> with end points of 5 Hz and 500 Hz	IEC 62706	$\pm 5$ % of values before the test	11.3
Microphonics	sharp impacts at 0,2 J	IEC 62706	$\pm 5$ % of values before the test	11.4
Mechanical shock	10 shocks pulses of 50 g peak acceleration	IEC 62706	$\pm 5$ % of values before the test	11.5

**Table 6 – Maximum values of deviation due to electromagnetic disturbances**

Influence quantity or instrument parameter	Minimum rated range of influence quantity	Test according to	Maximum value of deviation <sup>a)</sup>	Sub-clause
Emission of electromagnetic radiation	Not applicable	IEC 62706	Not to exceed values in Table 7	12.2
Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 6 kV contact discharge	IEC 62706	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	12.3
Radiofrequency disturbance	80 MHz to 6 GHz at 10 V m <sup>-1</sup>	IEC 62706	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	12.4
Magnetic fields	80 A/m at 50 Hz or 60 Hz magnetic field	IEC 62706	$\pm 0,7 H_0$ or $\pm 0,7 \dot{H}_0$	12.5
AC powered instruments <sup>b)</sup>				
– voltage and frequency fluctuations	–12 % to +10 % of nominal voltage 47 to 53 Hz / 57 to 63 Hz	IEC 62706	< 10 % of the indication without the disturbance	12.6
– immunity from conducted RF	150 kHz to 80 MHz at 140 dB (μV) 80 % amplitude modulated with 1 kHz			
– surges and ring waves	2 kV ring wave 1,2/50 μs and 8/20 μs at 2 kV combination wave			
<sup>a)</sup> $H_0$ is the lower limit of the effective range of measurement. <sup>b)</sup> If applicable.				

**Table 7 – Emission frequency range**

MHz	Field strength (peak) μV/m
30 to 88	100
88 to 216	150
216 to 960	200
> 960	500

**Table 8 – Symbols and abbreviations used in this standard**

Symbol	Explanation
AC	alternating current
CRC-16	algorithm to detect data changes based on the check sum over all bytes in the data package [7]
$D$	deviation
$\Phi$	neutron fluence
$\dot{\Phi}$	neutron fluence rate
g	free-fall acceleration
$H^*(10)$	ambient dose equivalent
$\dot{H}^*(10)$	ambient dose equivalent rate
$H_0$	lower limit of effective range of measurement for dose equivalent
$\dot{H}_0$	lower limit of effective range of measurement for ambient dose equivalent rate
$\dot{H}_i^*(10)$	initial indicated value of ambient dose equivalent rate
$\dot{H}_f^*(10)$	final indicated value of ambient dose equivalent rate
$H_a$	dose alarm setting
$\dot{H}_a$	dose rate alarm setting
$h\phi$	neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient
$H_i$	indicated value of the quantity
$H_t$	conventional value of the quantity
$H_{tK}$	conventional quantity value for irradiation condition K (type of radiation, neutron energy or angle of incidence)
$H_{iK}$	indicated value for $H_{tK}$
$H_t(K+L)$	conventional quantity value for simultaneous irradiation under two irradiation conditions K and L
$H_i(K+L)$	indicated value for $H_t(K+L)$
$\Delta H_{imix}$	relative change in indication with respect to simultaneous irradiation with 2 different types of radiation K and L (or neutron energies, or angles of incidence)
$S_0$	input electrical signal to be injected as to produce indicated value $\dot{H}_0(10)$
$S_1$	input electrical signal to be injected as to produce indicated value $\dot{H}_1(10)$
$U_{nom}$	nominal battery voltage
$\hat{G}_{nom}$	dose meter indication under $U_{nom}$ battery voltage
$\hat{G}_{low}$	dose meter indication when "low battery" indication is displayed
$I_{low}$	supply battery current when dose meter indication is $\hat{G}_{low}$
$Q_{nom}$	nominal capacity of battery
IPclassification	ingress protection rating according to IEC 60529
$R_0$	reference response
RF	radio frequency
U	uncertainty
$U_{rel}$	relative uncertainty of measurement
$U_N$	nominal voltage of AC power line or of supply voltage
v	coefficient of variation
WELMEC	is a cooperation between the legal metrology authorities of the Member States of the European Union and EFTA. WELMEC Guides provide guidance to manufacturers of measuring instruments which is purely advisory.

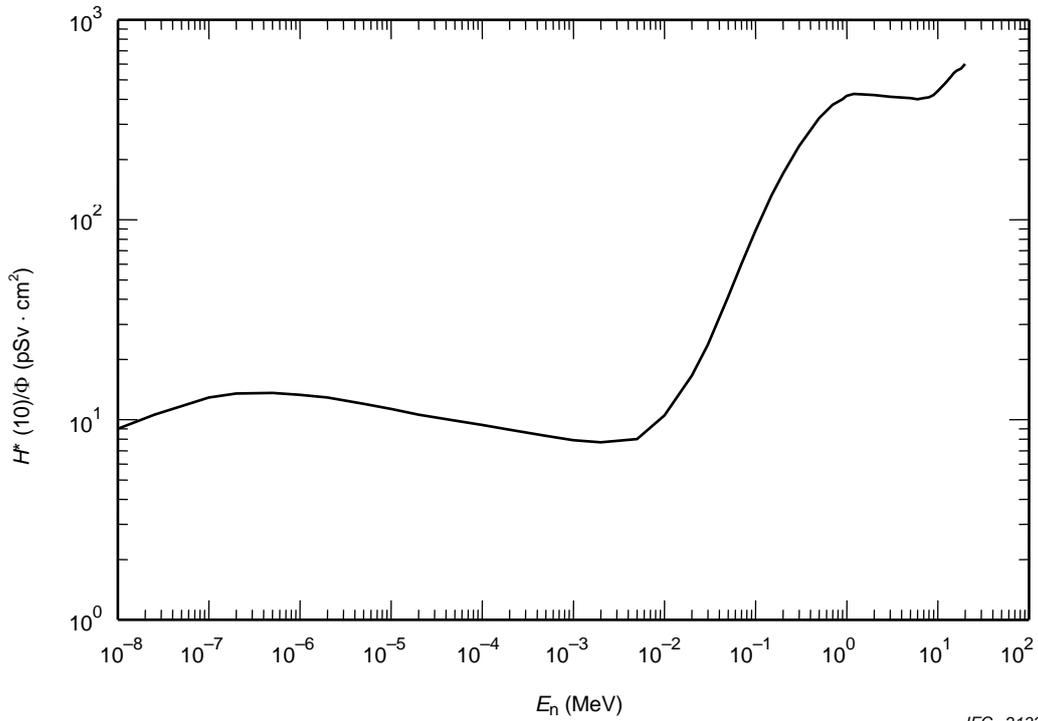
## Annex A (informative)

### Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients

**Table A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons ([5],[6])**

Neutron energy  MeV	Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients $H^*(10) / \Phi$ pSv·cm <sup>-2</sup>
$1,00 \times 10^{-9}$	6,60
$1,00 \times 10^{-8}$	9,00
$2,53 \times 10^{-8}$	10,6
$1,00 \times 10^{-7}$	12,9
$2,00 \times 10^{-7}$	13,5
$5,00 \times 10^{-7}$	13,6
$1,00 \times 10^{-6}$	13,3
$2,00 \times 10^{-6}$	12,9
$5,00 \times 10^{-6}$	12,0
$1,00 \times 10^{-5}$	11,3
$2,00 \times 10^{-5}$	10,6
$5,00 \times 10^{-5}$	9,90
$1,00 \times 10^{-4}$	9,40
$2,00 \times 10^{-4}$	8,90
$5,00 \times 10^{-4}$	8,30
$1,00 \times 10^{-3}$	7,90
$2,00 \times 10^{-3}$	7,70
$5,00 \times 10^{-3}$	8,00
$1,00 \times 10^{-2}$	10,5
$2,00 \times 10^{-2}$	16,6
$3,00 \times 10^{-2}$	23,7
$5,00 \times 10^{-2}$	41,1
$7,00 \times 10^{-2}$	60,0
$1,00 \times 10^{-1}$	88,0
$1,50 \times 10^{-1}$	132
$2,00 \times 10^{-1}$	170
$3,00 \times 10^{-1}$	233
$5,00 \times 10^{-1}$	322
$7,00 \times 10^{-1}$	375
$9,00 \times 10^{-1}$	400
1,00	416
1,20	425

Neutron energy MeV	Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients $H^*(10)/\Phi$ $\text{pSv}\cdot\text{cm}^{-2}$
2,00	420
3,00	412
4,00	408
5,00	405
6,00	400
7,00	405
8,00	409
9,00	420
10,0	440
12,0	480
14,0	520
15,0	540
16,0	555
18,0	570
20,0	600



IEC 2133/14

**Figure A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons [5]**

**Table A.2 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for the neutron reference radiation sources ([5] and ISO 8529-3)**

Source	Fluence averaged neutron energy  MeV	Averaged neutron fluence-to- dose equivalent conversion coefficients $H^*(10)/\Phi$ $\text{pSv}\cdot\text{cm}^{-2}$
$^{252}\text{Cf}$	2,13	385
$^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})\text{moderated}$	0,55	105
$^{241}\text{Am-Be} (\alpha, n)$	4,16	391
$\text{D}(\text{d}, n)^3\text{He}$	2,8	413
$\text{T}(\text{d}, n)^4\text{He}$	14,8	536

NOTE Averaged neutron energy and averaged neutron fluence-to-ambient dose conversion coefficients in this table are provided for  $\text{D}(\text{d}, n)^3\text{He}$  and  $\text{T}(\text{d}, n)^4\text{He}$  neutrons emitted at  $0^\circ$  degree with respect to the direction of the incident deuterons.

## Bibliography

- [1] IAEA Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes, *Supplemental to Technical Report Series No. 318, Technical Reports Series N. 403*, International Atomic Energy Agency, Vienna 2001
  - [2] ICRP Publication 74:1996, "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation", *Annals of the ICRP*, Vol. 26, 2/4
  - [3] JCGM 100:2008, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*
  - [4] ICRU Report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*
  - [5] ICRU Report 57:1998, *Conversion Coefficients for Use in Radiation Protection Against External Radiation*
  - [6] ICRU Report 66:2001, *Determination of Operational Dose Equivalent Quantities For Neutrons*
  - [7] WELMEC:2012, *WELMEC 7.2, Software Guide: Measuring Instruments Directive 2004/22/EC, Issue 5*, downloadable from <http://www.welmec.org/latetest/guides/72.html>
  - [8] 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
  - [9] IEC 60050-395: *International Electrotechnical Vocabulary – Part 395: Nuclear instrumentation – Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*
  - [10] IEC TR 62461, *Radiation protection instrumentation – Determination of uncertainty in measurement*
  - [11] ISO 4037-1:1996, *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Radiation characteristics and production methods*
  - [12] ISO 4037-2:1997, *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 2: Dosimetry for radiation protection over the energy ranges from 8 keV to 1,3 MeV and 4 MeV to 9 MeV*
  - [13] ISO 4037-3:1999, *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*
  - [14] JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd Edition*
-



## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	56
1 Domaine d'application .....	58
2 Références normatives .....	58
3 Termes et définitions, abréviations et symboles, grandeurs et unités .....	59
3.1 Termes et définitions .....	59
3.2 Nomenclature des essais .....	65
3.3 Abréviations et symboles .....	66
3.4 Grandeurs et unités .....	66
4 Procédures générales d'essai .....	66
4.1 Exigences d'essai .....	66
4.2 Essais effectués avec une variation des grandeurs d'influence .....	67
4.2.1 Généralités .....	67
4.2.2 Essais pour les grandeurs d'influence de type F .....	67
4.2.3 Essais pour les grandeurs d'influence de type S .....	67
4.3 Prise en compte de la non-linéarité .....	67
4.4 Prise en compte de plusieurs détecteurs ou signaux dans un dosimètre (ou un débitmètre) .....	68
4.5 Fluctuations statistiques .....	68
4.6 Sources de rayonnement .....	68
4.7 Champs de neutrons au poste de travail .....	68
5 Exigences générales .....	69
5.1 Résumé des exigences .....	69
5.2 Caractéristiques générales .....	69
5.2.1 Domaine de mesure.....	69
5.2.2 Domaine de mesure minimal.....	69
5.2.3 Domaine assigné de variation d'une grandeur d'influence.....	70
5.2.4 Étendue minimale assignée de variation d'une grandeur d'influence .....	70
5.2.5 Indication de l'appareil.....	70
5.3 Caractéristiques mécaniques .....	70
5.3.1 Classification IP.....	70
5.3.2 Étiquetage et marquage des appareils .....	70
5.3.3 Facilité de décontamination .....	70
5.4 Exigences relative à l'interface.....	70
5.5 Algorithme d'évaluation de la valeur indiquée .....	71
6 Exigences relatives à la détection des rayonnements .....	71
6.1 Généralités .....	71
6.2 Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnelle de la grandeur .....	71
6.3 Constance de la réponse en débit de dose, dépendance de dose et fluctuations statistiques.....	71
6.3.1 Généralités .....	71
6.3.2 Exigences.....	71
6.3.3 Méthode d'essai utilisant des sources.....	72
6.3.4 Interprétation des résultats de l'essai utilisant des sources.....	72
6.3.5 Procédure d'essai avec variation de la distance d'étalonnage .....	72
6.3.6 Méthode d'essai par équivalent électrique .....	73
6.3.7 Interprétation des résultats de l'essai par équivalent électrique .....	73

6.4	Variation de la réponse due à l'énergie des neutrons .....	73
6.4.1	Généralités .....	73
6.4.2	Exigences.....	73
6.4.3	Méthode d'essai .....	74
6.4.4	Interprétation des résultats .....	75
6.5	Calcul de Monte Carlo de la réponse de l'instrument.....	75
6.5.1	Généralités.....	75
6.5.2	Exigences.....	75
6.5.3	Méthode d'essai .....	75
6.5.4	Interprétation des résultats .....	76
6.6	Variation de la réponse en fonction de l'angle d'incidence.....	76
6.6.1	Généralités.....	76
6.6.2	Exigences.....	76
6.6.3	Méthode d'essai .....	76
6.6.4	Interprétation des résultats .....	76
6.7	Caractéristiques de surcharge .....	77
6.7.1	Appareils de mesure de l'équivalent de dose .....	77
6.7.2	Appareils de mesure d'équivalent de débit de dose .....	77
6.8	Temps de réponse .....	78
6.8.1	Exigences.....	78
6.8.2	Méthode d'essai .....	78
6.8.3	Interprétation des résultats .....	79
6.9	Relation entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques .....	79
6.10	Alarme en débit d'équivalent de dose.....	79
6.10.1	Exigences.....	79
6.10.2	Méthode d'essai .....	79
6.10.3	Interprétation des résultats .....	80
6.11	Alarme en équivalent de dose .....	80
6.11.1	Exigence .....	80
6.11.2	Méthode d'essai .....	80
6.11.3	Interprétation des résultats .....	80
6.12	Réponse au rayonnement photonique .....	80
6.12.1	Exigences.....	80
6.12.2	Méthode d'essai .....	81
6.12.3	Interprétation des résultats .....	81
6.13	Réponse à d'autres rayonnements ionisants externes .....	81
7	Additivité de la valeur indiquée .....	81
7.1	Exigences .....	81
7.2	Méthode d'essai.....	82
7.3	Interprétation des résultats .....	82
8	Logiciel.....	82
8.1	Généralités .....	82
8.2	Exigences .....	83
8.2.1	Exigences générales .....	83
8.2.2	Conception et structure du logiciel.....	83
8.2.3	Protection du logiciel et des données.....	83
8.2.4	Documentation .....	84
8.3	Méthode d'essai.....	84
8.3.1	Généralités .....	84

8.3.2	Essais de la documentation .....	84
9	Caractéristiques électriques .....	85
9.1	Stabilité de l'indication du zéro au fil du temps.....	85
9.1.1	Exigences.....	85
9.1.2	Méthode d'essai .....	85
9.1.3	Interprétation des résultats .....	85
9.2	Durée de préchauffage .....	85
9.2.1	Exigences.....	85
9.2.2	Méthode d'essai .....	85
9.2.3	Interprétation des résultats .....	85
9.3	Alimentation – piles ou batteries .....	86
9.3.1	Généralités.....	86
9.3.2	Exigences.....	86
9.3.3	Méthode d'essai .....	86
9.4	Alimentation par le secteur .....	87
9.4.1	Exigences.....	87
9.4.2	Méthode d'essai .....	88
9.4.3	Interprétation des résultats .....	88
10	Exigences d'environnement.....	88
10.1	Généralités .....	88
10.2	Température ambiante.....	88
10.3	Choc thermique .....	89
10.4	Humidité relative.....	89
10.5	Pression atmosphérique.....	89
10.6	Protection contre l'humidité et la poussière (Classification IP).....	89
10.7	Stockage et transport.....	90
11	Exigences mécaniques .....	90
11.1	Généralités .....	90
11.2	Essai de chute .....	90
11.3	Essai de vibrations.....	90
11.4	Impact des effets microphoniques .....	90
11.5	Choc mécanique .....	91
12	Exigences électromagnétiques .....	91
12.1	Généralités .....	91
12.2	Émission de rayonnement électromagnétique .....	91
12.3	Décharge électrostatique .....	91
12.4	Perturbation due aux radiofréquences.....	92
12.5	Champs magnétiques .....	92
12.6	Exigences relatives à l'équipement alimenté en courant alternatif .....	92
13	Documentation .....	93
13.1	Manuel d'exploitation et de maintenance.....	93
13.2	Certificat d'identification.....	93
13.3	Rapport d'essais de type.....	93
	Annexe A (informative) Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant .....	101
	Bibliographie.....	104

Figure A.1 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques [5] .....	102
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai .....	94
Tableau 2 – Caractéristiques de rayonnement des appareils de mesure du débit d'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose) .....	95
Tableau 3 – Valeurs de $c_1$ et de $c_2$ pour $w$ valeurs de dose différentes et $n$ indications pour chaque valeur de dose [8] .....	96
Tableau 4 – Caractéristiques électriques et d'environnement des appareils de mesure d'équivalent de dose ambiant (ou de débit) .....	97
Tableau 5 – Valeurs maximales de l'écart dû aux exigences mécaniques .....	98
Tableau 6 – Valeurs maximales de l'écart en raison aux perturbations électromagnétiques .....	98
Tableau 7 – Gamme de fréquences émises .....	99
Tableau 8 – Symboles et abréviations utilisés dans la présente norme .....	99
Tableau A.1 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques ([5], [6]) .....	101
Tableau A.2 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour les sources de rayonnement neutronique de référence ([5] et ISO 8529-3) .....	103

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### **INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – APPAREILS DE MESURE DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE AMBIANT NEUTRON (OU DE SON DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE)**

#### 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. A 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 61005 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 61005 parue en 2003, dont elle constitue une révision technique.

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

- a) l'énergie des neutrons supérieure des instruments couverts par la norme est portée à 20 MeV;
- b) les exigences de variation de la réponse relative due à l'énergie des neutrons ont été modifiées;

- c) un article relatif à l'additivité de la valeur indiquée (dose neutron/débit de dose) a été introduit;
- d) un article et des exigences traitant du calcul de Monte Carlo de la réponse de l'instrument ont été introduits;
- e) un article et des exigences traitant du logiciel de génération des valeurs mesurées ont été introduits;
- f) les méthodes et exigences d'essai d'environnement se réfèrent à l'IEC 62706;
- g) des grandeurs d'influence de type S et F sont introduites.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/792/FDIS	45B/797/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. A cette date, la publication sera

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

# INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – APPAREILS DE MESURE DE L'ÉQUIVALENT DE DOSE AMBIANT NEUTRON (OU DE SON DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE)

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale est applicable à tous les appareils destinés à la mesure du débit d'équivalent de dose ambiant dû au rayonnement neutronique dans les champs contenant des neutrons avec des énergies inférieures à 20 MeV, et qui comprennent au moins:

- a) un sous-ensemble de détection qui peut comprendre, par exemple, un détecteur des neutrons thermiques et un dispositif comportant des matériaux modérateurs et absorbants de neutrons entourant le détecteur;
- b) un sous-ensemble de mesure avec un affichage pour la grandeur mesurée, qui peut être inclus dans un seul appareil avec le détecteur ou connecté à celui-ci par le moyen d'un câble flexible.

Les instruments dont le domaine d'énergie atteint 20 MeV sont couverts par la présente norme. Si l'instrument fournit également une indication de la dose de neutrons, il convient qu'il satisfasse aux exigences relatives à la dose de neutrons qui sont énoncées dans la présente norme.

La présente norme ne spécifie aucun essai concernant les exigences de performance des appareils dans des champs de rayonnement pulsés. Il est compris qu'un appareil conçu pour satisfaire à la présente norme peut ne pas convenir à une utilisation dans de tels champs de rayonnement.

L'objet de cette norme est de spécifier les exigences pour les caractéristiques de performance des appareils de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose) et de prescrire les méthodes d'essai mises en œuvre pour démontrer la conformité à cette norme. La présente norme spécifie les caractéristiques générales, les procédures générales d'essai, les caractéristiques de rayonnement, les caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et d'environnement ainsi que le certificat d'identification (voir 13.2). Elle spécifie également les exigences et les procédures d'essai pour les performances des alarmes des appareils de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose) qui en sont équipés.

NOTE La réponse des appareils de mesure de l'équivalent de dose ambiant (ou de son débit d'équivalent de dose) pour les neutrons présente une dépendance vis-à-vis de l'énergie et peut s'écarter considérablement de l'unité. La réponse dans des spectres de neutrons réalistes est toutefois telle que les écarts de réponse dans différents domaines d'énergie tendent à s'annuler les uns les autres. De ce fait, la réponse dans des champs réalistes est généralement plus proche de l'unité.

L'ISO 12789 donne une liste des sources neutron à spectres larges convenant aux essais de tels instruments de mesure (de débit). Par exemple, les champs de neutrons simulant ceux de postes de travail selon l'ISO 12789 peuvent être spécifiés par accord entre le constructeur et l'acheteur comme étant appropriés pour des essais lorsque l'environnement spectral est bien défini.

## 2 Références normatives

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

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible à <<http://www.electropedia.org>>)

IEC 60086-1:2011, *Piles électriques – Partie 1: Généralités*

IEC 60086-2:2011, *Piles électriques – Partie 2: Spécifications physiques et électriques*

IEC 60529, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

IEC 61187, *Équipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

IEC 62706, *Instrumentation pour la radioprotection – Exigences de performances environnementales, électromagnétiques et mécaniques*

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

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

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

ISO 11929:2010, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants – Principes fondamentaux et applications*

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

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

JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd Edition* (disponible en anglais seulement)

### **3 Termes et définitions, abréviations et symboles, grandeurs et unités**

#### **3.1 Termes et définitions**

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

NOTE Par souci de clarté et de concision, le terme "appareil de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)" est abrégé en "appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit)" dans la présente norme. Dans la présente norme, le terme "appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit)" est compris comme "appareil de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)".

##### **3.1.1 alarme**

signal sonore, visuel ou autre déclenché lorsque la lecture de l'instrument dépasse une valeur fixée à l'avance, se trouve à l'extérieur d'un domaine fixé à l'avance, lorsque l'instrument n'est pas en mesure de fonctionner correctement (défaillance de composant) ou que l'instrument

détecte la présence de la source de rayonnement conformément à une condition fixée à l'avance

### 3.1.2 équivalent de dose ambiant

$H^*(10)$

équivalent de dose en un point d'un champ de rayonnement, qui serait produit par le champ unidirectionnel et expansé correspondant dans la sphère de la CIUR à une profondeur de 10 mm sur le rayon faisant face à la direction du champ unidirectionnel ([2], [5]<sup>1</sup>)

Note 1 à l'article: Un instrument qui a une réponse isotrope et qui est étalonné en termes de  $H^*(10)$  mesurera  $H^*(10)$  dans un champ de rayonnement uniforme sur les dimensions de l'instrument.

### 3.1.3 débit d'équivalent de dose ambiant

$\dot{H}^*(10)$

rapport  $dH^*(10)$  sur  $dt$ , où  $dH^*(10)$  est l'incrément de l'équivalent de dose ambiant pendant l'intervalle de temps  $dt$

$$\dot{H}^*(10) = \frac{dH^*(10)}{dt}$$

### 3.1.4 niveau de bruit de fond

champ de rayonnement dans lequel l'instrument est destiné à fonctionner et qui inclut le bruit de fond produit par la présence naturelle de matière radioactive et de rayonnement cosmique

### 3.1.5 distance d'étalonnage

distance entre le point de référence de l'appareil de mesure et le centre de la source d'étalonnage

### 3.1.6 coefficient de variation

$v$

rapport de l'écart type expérimental  $s$  à la moyenne arithmétique  $\bar{H}$  pour une série de  $n$  valeurs indiquées  $H_j$ . Il est donné par la formule suivante:

$$v = \frac{s}{\bar{H}} = \frac{1}{\bar{H}} \cdot \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum_{j=1}^n (H_j - \bar{H})^2}$$

### 3.1.7 valeur conventionnelle de la grandeur

$H_t$

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

Note 1 à l'article: Dans la présente norme, la grandeur est l'équivalent de dose (ou du débit).

Note 2 à l'article: Le terme "valeur conventionnellement vraie d'une grandeur" est quelquefois utilisé pour ce concept.

Note 3 à l'article: Parfois, une valeur conventionnelle de la grandeur est une estimation d'une valeur vraie d'une grandeur.

Note 4 à l'article: Une valeur conventionnelle de la grandeur est, en général, acceptée comme étant associée à une faible incertitude de mesure appropriée, qui peut être nulle.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

[SOURCE: VIM:2008, 2.12]

### 3.1.8 écart

*D*

différence entre les valeurs indiquées pour la même valeur de mesurande d'un appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit), lorsque la mesure est réalisée dans les conditions de référence et qu'elle est soumise à une grandeur d'influence

$$D = H_i - H_r$$

Où

$H_i$  est la valeur indiquée sous l'effet de la grandeur d'influence, et

$H_r$  est la valeur indiquée dans les conditions de référence.

Note 1 à l'article: L'écart peut être positif ou négatif selon qu'il résulte respectivement d'une augmentation ou d'une diminution de la valeur indiquée.

Note 2 à l'article: L'écart présente une importance particulière pour les grandeurs d'influence de Type S.

### 3.1.9 domaine de mesure

domaine des valeurs de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit) à l'intérieur duquel les performances de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit) satisfont aux exigences de la présente norme

### 3.1.10 valeur indiquée

$H_i$

valeur donnée par l'indication (numérique) d'un dosimètre (ou d'un débitmètre) en unités d'équivalent de dose ou de débit d'équivalent de dose

### 3.1.11 grandeur d'influence

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

Note 1 à l'article: Par exemple, la température d'un micromètre lors de la mesure d'une longueur.

Note 2 à l'article: Si l'effet d'une grandeur d'influence sur le résultat d'une mesure dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une grandeur d'influence unique.

[SOURCE: IEC 60050-394:2007,394-40-27]

### 3.1.12 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.

Note 2 à l'article: F signifie Facteur: L'indication due au rayonnement est multipliée par un facteur lié à la grandeur d'influence.

### 3.1.13 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.

Note 2 à l'article: Toutes les exigences relatives à une grandeur d'influence de type S sont exprimées en fonction de la valeur de l'écart *D*.

Note 3 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, une perturbation électromagnétique.

### 3.1.14

#### limite inférieure du domaine de mesure

$H_0$  ou ( $\dot{H}_0$ )

la plus faible valeur de la dose (ou du débit) dans les limites du domaine de mesure

### 3.1.15

#### débit d'équivalent de dose maximum pour les dosimètres (ou les débitmètres)

$\dot{H}_{\max}$

débit de dose, spécifié par le constructeur, en dessous duquel les variations du débit de dose sur sa lecture sont dans les limites spécifiées

### 3.1.16

#### valeur mesurée

$M$

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

Note 1 à l'article: La fonction modèle est nécessaire pour évaluer l'incertitude de la valeur mesurée conformément au GUM (voir [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 combine la valeur indiquée  $H_i$  avec le facteur d'étalonnage de référence  $N_0$ , la correction pour la réponse non linéaire  $r_n$ , 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:

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

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.

Note 4 à l'article: Si nécessaire, une autre fonction modèle plus proche de la conception d'un dosimètre (débitmètre) peut être utilisée.

Note 5 à l'article: Les commandes d'étalonnage étant réglées en accord avec les instructions du constructeur, le facteur d'étalonnage de référence, la correction de la réponse non linéaire et toutes les valeurs de réponse relative sont mises à un et les écarts sont mis à zéro, ces réglages provoquant une incertitude de mesure qui peut être déterminée à partir de la variation mesurée des valeurs de réponse et des écarts mesurés. Pour un dosimètre (débitmètre) soumis aux essais conformément à la présente norme, toutes ces données sont disponibles.

### 3.1.17

#### étendue minimale assignée d'utilisation

plus petite étendue spécifiée d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental dans laquelle l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit fonctionner dans les limites d'écart spécifiées pour satisfaire à la présente norme

Note 1 à l'article: La deuxième colonne des Tableaux 2, 4, 5 et 6 donne l'étendue minimale assignée des grandeurs d'influences considérées dans la présente norme.

### 3.1.18

#### appareil de mesure de l'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)

appareil destiné à mesurer la dose et/ou le débit d'équivalent de dose ambiant du rayonnement neutronique

### 3.1.19 réponse d'équivalent de dose neutron

$R_H$

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation

$$R_H = \frac{R_\phi}{h_\phi}$$

où

$R_\phi$  est la réponse de fluence de neutrons (voir définition 3.1.22) et

$h_\phi$  est le coefficient de conversion de la fluence de neutrons en dose (voir définition 3.1.23).

### 3.1.20 fluence de neutrons

$\Phi$

quotient de  $dN$  par  $da$ , où  $dN$  est le nombre de neutrons incidents qui pénètrent dans une sphère d'aire de grand cercle  $da$ :

$$\Phi = \frac{dN}{da}$$

Note 1 à l'article: L'unité de fluence de neutrons est  $m^{-2}$ .

### 3.1.21 débit de fluence de neutrons (densité de flux)

$\dot{\Phi}$

quotient de  $d\Phi$  par  $dt$ , où  $d\Phi$  est l'incrément de la fluence de neutrons pendant l'intervalle de temps de durée  $dt$ :

$$\dot{\Phi} = \frac{d\Phi}{dt}$$

Note 1 à l'article: L'unité du débit de fluence de neutrons est  $m^{-2}\cdot s^{-1}$ .

### 3.1.22 réponse de fluence de neutrons

$R_\phi$

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation

$$R_\phi = \frac{M}{\Phi}$$

où

$M$  est la lecture par l'instrument en essai (dosimètre) de la fluence de neutrons et

$\Phi$  est la valeur conventionnelle de la grandeur de la fluence de neutrons à laquelle l'instrument a été exposé.

Note 1 à l'article: L'unité de réponse de fluence de neutrons est  $m^2$ .

### 3.1.23 coefficient de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant

$h_\phi$

quotient de l'équivalent de dose ambiant neutron,  $H^*(10)$ , et de la fluence de neutrons,  $\Phi$ , en un point dans un champ de rayonnement, non perturbé par l'objet irradié

$$h_\phi = \frac{H^*(10)}{\Phi}$$

Note 1 à l'article: Les coefficients de conversion sont donnés à l'Annexe A.

**3.1.24****non-linéarité**

variation de la valeur de la réponse (relative) avec la dose (ou le débit) en cours de mesure

**3.1.25****point d'essai d'un instrument de mesure d'équivalent de dose (ou du débit)**

point auquel la valeur conventionnelle de la grandeur est déterminée et auquel le point de référence de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) est placé pour l'étalonnage et les essais

Note 1 à l'article: Pour tous les essais impliquant l'utilisation de rayonnement, il est convenu de placer le point de référence de l'appareil de mesure au point d'essai dans l'orientation indiquée par le constructeur. Font exception les essais de variation de la réponse en fonction de l'angle d'incidence.

**3.1.26****valeur de grandeur pour l'équivalent de dose ambiant (ou le débit)**

meilleure estimation de l'équivalent de dose ambiant vrai (ou du débit),  $H_t^*(10)$ , utilisé pour l'étalonnage de l'appareil de mesure. Cette valeur et ses incertitudes sont déterminées à partir d'un étalon primaire ou secondaire, ou à l'aide d'un instrument de référence, lui-même étalonné à partir d'un étalon primaire ou secondaire.

Note 1 à l'article: Pour le rayonnement neutronique, les étalons primaires ou secondaires sont en général normalisés en termes de fluence (ou débit de fluence). Pour convertir la fluence (ou le débit de fluence) en la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit), on doit d'utiliser les valeurs appropriées des coefficients de conversion de la fluence en équivalent de dose ambiant qui sont données dans l'Annexe A.

**3.1.27****étendue assignée d'utilisation d'un appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit)**

étendue des valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental dans lequel l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) fonctionnera dans les limites de variation spécifiées. Ses limites sont le maximum et le minimum des valeurs assignées.

**3.1.28****direction de référence**

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

[SOURCE: ISO 8529-3:1998, 3.2.7]

**3.1.29****point de référence d'un appareil de mesure**

repère physique ou virtuel ou repère sur l'appareil de mesure destiné à positionner celui-ci au point d'essai. Habituellement, ce repère est le centre géométrique du détecteur ou son centre efficace.

**3.1.30****réponse de référence**

$R_r$

réponse pour une valeur de référence de la grandeur à mesurer dans les conditions de référence

$$R_r = \frac{H_r}{H_t}$$

Où

$H_r$  est la valeur indiquée correspondante de la grandeur à mesurer dans les conditions de référence

$H_t$  est la valeur conventionnelle de la grandeur (3.1.7) dans les conditions de référence

Note 1 à l'article: La réponse de référence est l'inverse du coefficient d'étalonnage de référence.

Note 2 à l'article: Les valeurs de référence pour la dose (ou le débit) sont données au Tableau 1.

### 3.1.31

#### étalon de référence

étalon, en général de la plus haute qualité métrologique disponible en un lieu donné ou dans une organisation donnée, dont dérivent les mesurages qui y sont faits

[SOURCE: IEC 60050-395:2014,395-03-118; IEC 61577-1:2006,3.1.5; IEC 61577-4:2009, 3.1.5]

### 3.1.32

#### réponse relative

$r$

quotient de la réponse  $R$  (3.1.22) par la réponse de référence  $R_r$  (3.1.30)

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

### 3.1.33

#### réponse d'un ensemble de mesure de rayonnement

$R$

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation

$$R = \frac{H_i}{H_t}$$

où

$H_i$  est la valeur indiquée de la grandeur (3.1.10) mesurée par l'instrument en essai et

$H_t$  est la valeur conventionnelle de la grandeur (3.1.7).

### 3.1.34

#### conditions normales d'essai

conditions représentant l'étendue des valeurs d'une série de grandeurs d'influence pour lesquelles un étalonnage ou une détermination de la réponse est réalisée

[SOURCE: ISO 4037-3:1999, 3.2.3, modifiée]

### 3.1.35

#### valeurs normales d'essai

valeur, plusieurs valeurs ou étendue de valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre instrumental, qui sont admises lors d'un étalonnage ou d'essais effectués sur une autre grandeur d'influence ou paramètre instrumental

Note 1 à l'article: Dans des conditions normales d'essai, les grandeurs d'influence et les paramètres instrumentaux ont leurs valeurs normales d'essai.

## 3.2 Nomenclature des essais

### 3.2.1

#### essais de qualification

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

### 3.2.2

#### **essais de type**

essais de conformité portant sur un ou plusieurs dispositifs représentatifs de la production

### 3.2.3

#### **essais individuels de série**

essais auxquels chaque dispositif est soumis au cours de sa fabrication ou après celle-ci pour vérifier qu'il satisfait à certains critères

### 3.2.4

#### **essais de réception**

essais contractuels pour apporter au client la preuve que le dispositif satisfait à certaines conditions de sa spécification

### 3.2.5

#### **essais complémentaires**

essais destinés à fournir des informations complémentaires concernant certaines caractéristiques du dispositif

## 3.3 Abréviations et symboles

Des abréviations et symboles sont fournis dans le Tableau 8.

## 3.4 Grandeurs et unités

Dans la présente norme, les unités du Système international (SI) sont utilisées<sup>2</sup>. Les définitions des grandeurs de rayonnement sont présentées dans l'IEC 60050-395. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre crochets.

Néanmoins, les unités suivantes peuvent également être utilisées:

- pour l'énergie: électronvolt (symbole: eV),  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$ ;
- pour la durée: jours (symbole: d), heures (symbole: h), minutes (symbole: min).

Les multiples et sous-multiples des unités SI seront utilisés, si possible, conformément au système SI.

## 4 Procédures générales d'essai

### 4.1 Exigences d'essai

Tous les essais énumérés dans les articles suivants doivent être considérés comme étant des essais de type (voir 3.2.2). Pendant les essais de type, toutes les valeurs des grandeurs d'influence qui ne sont pas l'objet de l'essai sont fixées dans l'étendue des conditions normales d'essai.

Cependant, certains de ces essais peuvent être, par accord entre le constructeur et l'acheteur, considérés comme étant des essais d'acceptation.

Les conditions de référence et les conditions normales d'essai sont définies dans le Tableau 1.

Les essais décrits dans cette norme peuvent être classés suivant qu'ils sont effectués dans les conditions normales d'essais ou dans d'autres conditions. Pour les essais effectués dans

---

<sup>2</sup> Bureau international des poids et mesures: Le Système International d'unités, 8<sup>e</sup> édition, 2006.

les conditions normales d'essai, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doivent être énoncées et les corrections appropriées effectuées pour donner la réponse dans les conditions de référence.

## 4.2 Essais effectués avec une variation des grandeurs d'influence

### 4.2.1 Généralités

Ces essais sont destinés à définir les effets des variations des grandeurs d'influence. Le domaine de variation de chaque grandeur d'influence et les limites acceptables des variations de l'indication d'un appareil qui en découlent sont donnés au Tableau 2. Le domaine de variation des grandeurs d'influence indiqué au Tableau 2 définit la plage de fonctionnement nominale dans laquelle doivent se situer les limites de variation de l'indication énoncées par le constructeur. Ces limites ne doivent en aucun cas dépasser celles qui sont données dans le Tableau 2.

Au cours d'un essai portant sur la variation de l'une quelconque des grandeurs d'influence du Tableau 2, toutes les autres grandeurs d'influence sont normalement maintenues à l'intérieur des limites correspondant aux conditions normales d'essai fournies par le Tableau 1, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai concernée.

### 4.2.2 Essais pour les grandeurs d'influence de type F

Ces essais peuvent être réalisés quelle que soit la valeur de la grandeur à mesurer supérieure ou égale à  $10 \dot{H}_0$  ou  $10 H_0$ . La variation respective de la réponse relative  $r$  peut être déterminée à partir du résultat de chaque essai.

Il est acceptable que certains effets des grandeurs d'influence classées comme étant du type F puissent être considérés comme étant des effets produits par des grandeurs d'influence de type S. Si ces effets sont faibles, ils doivent être ignorés pour l'utilisation de la présente norme. Si des effets de type S plus significatifs sont observés au cours des essais, l'essai respectif doit être réalisé à une valeur de dose de  $10 \dot{H}_0$  ou  $10 H_0$  et ces constatations doivent être consignées dans le rapport d'essais de type.

### 4.2.3 Essais pour les grandeurs d'influence de type S

Ces essais doivent être réalisés à une valeur de la grandeur à mesurer inférieure ou égale à 10 fois la limite inférieure  $\dot{H}_0$  ou  $H_0$  du domaine de mesure, une dose (un débit) zéro étant même possible si aucune autre spécification n'est donnée dans le paragraphe respectif, et un écart négatif peut être exclu. Le résultat de chaque essai est un écart  $D$ .

Il est acceptable qu'une petite partie des effets de l'influence de type S puisse être considérée 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 de la présente norme. Si des effets plus significatifs de Type F ou des effets négatifs significatifs sont observés au cours des essais, l'essai respectif doit être réalisé à une valeur de dose de  $10 \dot{H}_0$  ou  $10 H_0$ , et ces constatations doivent être consignées dans le rapport d'essais de type. En raison de la valeur indiquée généralement plus faible en comparaison aux essais pour les grandeurs d'influence de type F, le nombre nécessaire de mesures peut être augmenté.

## 4.3 Prise en compte de la non-linéarité

L'effet d'une réponse non linéaire doit être considéré.

Il convient de réaliser les essais dans une région de (débit) dose où la non-linéarité n'est pas significative. Une méthode pratique consiste à réaliser d'abord un essai de linéarité afin d'identifier la région de non-linéarité et à accomplir ensuite les autres essais dans une région de (débit) dose où la non-linéarité est négligeable (1 % à 2 %).

#### 4.4 Prise en compte de plusieurs détecteurs ou signaux dans un dosimètre (ou un débitmètre)

Si plus d'un signal ou détecteur est utilisé pour évaluer la valeur indiquée, chaque signal ou détecteur doit être séparément soumis à essai. Des essais séparés sont uniquement nécessaires lorsque des signaux différents sont utilisés pour évaluer la valeur indiquée dans des régions de dose (ou de débit) différentes du domaine de mesure ou dans des régions différentes d'une grandeur d'influence (l'énergie, par exemple).

#### 4.5 Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation de rayonnement, si l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication, due à la seule nature aléatoire du rayonnement, représente une part importante des variations de l'indication autorisées au cours de l'essai, on doit, dans ce cas, faire un nombre suffisant de lectures pour être sûr que la valeur moyenne indiquée peut être estimée avec une précision suffisante pour démontrer l'accord avec l'essai en question. Il convient d'utiliser les recommandations de l'ISO 11929.

L'intervalle de temps entre ces lectures doit être suffisant pour que les valeurs indiquées soient statistiquement indépendantes.

#### 4.6 Sources de rayonnement

La source de rayonnement neutronique de référence doit être telle que décrite dans l'ISO 8529-1 et peut être l'une des suivantes: source à radionucléides  $^{241}\text{Am-Be}$ , source à fission spontanée  $^{252}\text{Cf}$ , source  $^{252}\text{Cf}$  modérée par une sphère de  $\text{D}_2\text{O}$  de 30 cm de diamètre ou par un modérateur/filtre bien défini ou des cibles d'accélérateur (ISO 8529). Pour les champs de référence de neutrons thermiques ou épithermiques, des cibles d'accélérateur, des lignes de faisceau, des sources à  $^{241}\text{Am-Be}$  ou  $^{252}\text{Cf}$  associées à des dispositifs modérateurs/filtrants adaptés peuvent être utilisées.

La nature, la fabrication et les conditions d'utilisation de la source doivent être conformes aux recommandations des normes ISO 8529-1, ISO 8529-2 et ISO 8529-3.

La valeur de grandeur de débit d'équivalent de dose ambiant de ces sources peut être obtenue à partir de la distribution spectrale du débit de fluence délivré par la source et les coefficients de conversion fluence-équivalent de dose ambiant (voir Annexe A, Tableau A.1). Les coefficients moyens de conversion fluence-équivalent de dose ambiant pour cinq sources de référence sont donnés dans l'Annexe A, Tableau A.2. Les coefficients de conversion fluence neutronique-équivalent de dose ambiant utilisés doivent être spécifiés par le constructeur (voir 13.2 e)).

Il convient que le débit d'équivalent de dose ambiant de l'émission de photons à partir de ces sources soit considérablement inférieur à celui qui est dû aux neutrons, ou qu'un blindage approprié soit utilisé pour assurer que cela est vrai au niveau du détecteur. La réponse du dispositif aux rayons gamma doit être déterminée avec une source de  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  et/ou avec d'autres sources de photons s'il y a lieu.

#### 4.7 Champs de neutrons au poste de travail

Les champs de neutrons au poste de travail peuvent être:

- a) des champs simulés spécifiés dans ISO 12789 ou
- b) d'autres lieux de travail dont les champs sont bien définis par des calculs des spectres et/ou des mesures ayant une traçabilité à un laboratoire primaire d'étalonnage ou reconnues par celui-ci.

La nature, la production et les conditions d'utilisation de ces champs doivent être en accord avec les recommandations de l'ISO 12789.

La valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose ambiant au point de mesure dans ces champs peut être obtenue à partir de la distribution spectrale du débit de fluence et des coefficients de conversion fluence-équivalent de dose ambiant (voir Annexe A, Tableau A.1).

NOTE Les champs observés peuvent être notablement différents des champs de référence. Pour améliorer l'exactitude des mesures dans de tels champs, des facteurs de correction peuvent être appliqués à la lecture, ils sont calculés à partir de la réponse en fluence du dispositif, des coefficients de conversion fluence-équivalent de dose ambiant et respectivement des fluences spectrales d'étalonnage et du champ observé.

## 5 Exigences générales

### 5.1 Résumé des exigences

Les exigences relatives aux instruments sont résumées dans les Tableaux 2, 4, 5 et 6.

### 5.2 Caractéristiques générales

#### 5.2.1 Domaine de mesure

Le domaine de mesure, commençant à  $\dot{H}_0$  ou  $H_0$ , ne doit pas être inférieur aux indications ci-dessous:

- pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à lecture du type analogique (par exemple linéaire ou logarithmique), une étendue par ordre de grandeur de 10 % à 100 % de la déflexion maximale angulaire de chaque étendue d'échelle, cela pour chaque échelle, et pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) avec deux étendues par ordre de grandeur de 30 % à 100 % de la déflexion maximale angulaire de l'échelle, et ce, pour chaque étendue d'échelle;
- pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à lecture numérique, d'une première indication de l'avant-dernier chiffre significatif jusqu'à l'indication maximale de chaque étendue. Par exemple, pour un affichage dont l'indication maximale est 9 999,9, l'étendue effective peut être comprise entre 1,0 et 9 999,9 – c'est-à-dire, trois ordres de grandeur – ou entre 3,0 et 9 999,9 – c'est-à-dire trois ordres de grandeur et demi;
- pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à lecture numérique ou scientifique (par exemple,  $x, yz E \pm ab$ ), la mantisse doit être composée d'au moins trois chiffres au moins (1,00 à 9,99, par exemple). Le constructeur doit définir le domaine de mesure ( $1,00 \cdot 10^{-7}$  à  $9,99 \cdot 10^{-2}$  avec l'unité  $Sv \cdot h^{-1}$ , par exemple).

Pour les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à plus d'une échelle, le domaine de mesure doit être compris entre 10 % de l'étendue d'échelle la plus basse et 100 % de l'échelle la plus haute, toutes les échelles devant être disposées de manière à obtenir l'étendue totale couverte par la mesure.

Lorsque les méthodes d'essai ne s'étendent pas sur le domaine entier de mesure et l'une quelconque des variations observées est proche de la limite autorisée, des essais supplémentaires pour démontrer la conformité à l'exigence en question sur tout le domaine de mesure peuvent s'avérer nécessaires. Un accord relatif à des essais supplémentaires doit être conclu entre l'acheteur et le constructeur.

#### 5.2.2 Domaine de mesure minimal

Le domaine de mesure minimal du débit d'équivalent de dose doit couvrir au moins quatre ordres de grandeur et inclure  $10 \mu Sv \cdot h^{-1}$  pour la grandeur de mesure  $\dot{H}^*(10)$ .

Le domaine de mesure minimal de l'équivalent de dose doit couvrir au moins quatre ordres de grandeur et doit inclure 0,1 mSv.

### 5.2.3 Domaine assigné de variation d'une grandeur d'influence

Le domaine assigné de variation d'une grandeur d'influence doit être énoncé dans la documentation. En outre, un certain nombre de domaines assignés doivent être énoncés sur l'instrument (voir 5.3.2).

### 5.2.4 Étendue minimale assignée de variation d'une grandeur d'influence

La deuxième colonne des Tableaux 2, 4, 5 et 6 donne l'étendue minimale assignée de variation de la grandeur d'influence spécifiée.

### 5.2.5 Indication de l'appareil

L'indication de l'appareil doit être exprimée en unités d'équivalent de dose ambiant (ou de débit), par exemple en millisieverts (par heure). L'indication peut être de type analogique ou numérique. Il convient de pouvoir lire l'indication à distance.

## 5.3 Caractéristiques mécaniques

### 5.3.1 Classification IP

La classification IP doit être énoncée par le constructeur selon l'IEC 60529. Les exigences minimales IP des instruments tenus à la main sont données dans l'IEC 62706.

### 5.3.2 Étiquetage et marquage des appareils

Un appareil destiné à la mesure de l'équivalent de dose ambiant (ou du débit) pour les neutrons doit comporter un étiquetage précisant l'utilisation à laquelle il est destiné.

Les informations suivantes doivent être clairement visibles sur le dosimètre (ou le débitmètre):

- a) la grandeur qui est mesurée;
- b) le domaine de mesure;
- c) le type de rayonnement (neutronique, par exemple) pour lequel le dosimètre (ou le débitmètre) est adapté;
- d) le domaine assigné de l'énergie des particules;
- e) le point de référence et l'orientation de référence (ou dans le manuel);
- f) le numéro de série de l'instrument.

### 5.3.3 Facilité de décontamination

L'appareil doit être réalisé de manière à faciliter la décontamination. Pour cela, il convient, par exemple, que sa surface externe soit lisse, non poreuse et sans fissures ou qu'il puisse être utilisé à l'intérieur d'une enveloppe mince et flexible présentant des parties transparentes pour permettre la lecture de l'échelle de mesure.

## 5.4 Exigences relative à l'interface

Il est recommandé de prévoir une connexion de sortie de signal, qui doit être convenablement étiquetée, pour la lecture déportée (par exemple pour un compteur ou un intégrateur externe, un enregistreur ou un affichage numérique secondaire).

Si l'appareil est équipé d'une informatique de gestion de données et d'une mémoire, une sortie vers un dispositif externe d'acquisition de données est recommandée, par exemple par une interface série.

## 5.5 Algorithme d'évaluation de la valeur indiquée

Pour l'essai de type des appareils de détection selon la présente norme, le constructeur doit fournir l'algorithme d'évaluation de la valeur indiquée commençant par le(s) signal/signaux du/des détecteur(s) et finissant à la valeur indiquée. Cela doit inclure tous les calculs et/ou l'arbre de décision.

NOTE Cet algorithme peut être confidentiel (propriétaire) et être seulement utilisé par le laboratoire d'essais pour réaliser les essais de type.

## 6 Exigences relatives à la détection des rayonnements

### 6.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence traitées dans cet article sont considérées comme étant du type F.

NOTE 1 Les exigences relatives à la grandeur d'influence "*énergie de rayonnement et angle d'incidence de rayonnement*" sont données en fonction de la réponse de référence  $R_r$  dans les conditions de référence (rayonnement de référence et angle d'incidence de rayonnement de  $0^\circ$ , dose et/ou débit de dose de référence et toutes les conditions de référence données au Tableau 1). Les rayonnements de référence possibles pour le rayonnement neutronique peuvent être consultés dans le Tableau 1 de l'ISO 8529-1:2001. Les rayonnements de référence les plus utilisés sont donnés au Tableau 1, mais il peut s'avérer nécessaire de choisir d'autres rayonnements comme rayonnement de référence pour satisfaire aux exigences relatives à cette grandeur d'influence, une valeur d'énergie pouvant même être choisie comme condition de référence pour laquelle aucun rayonnement physique n'est disponible. Dans ce cas, ce rayonnement de référence (virtuel) est réalisé par un rayonnement de référence disponible et l'écart de la réponse au rayonnement de référence (virtuel).

NOTE 2 Voir l'IEC TR 62461 pour les détails relatifs aux raisons des limites non symétriques de la réponse relative due à l'énergie de rayonnement et à l'angle d'incidence de rayonnement.

### 6.2 Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnelle de la grandeur

L'incertitude relative élargie ( $k = 2$ ),  $U_{rel}$ , de la valeur conventionnelle de la grandeur pour l'équivalent de dose ou le débit d'équivalent de dose doit être prise en compte, et il convient qu'elle soit inférieure à  $\pm 20\%$ . Cela est pris en compte en ajoutant  $U_{rel}$  à la variation autorisée de la réponse relative. Si plusieurs essais doivent être effectués avec la même qualité de rayonnement, par exemple, l'essai pour la constance de la réponse, seule doit être considérée l'incertitude du rapport de la valeur réelle à la valeur de référence de l'équivalent de dose (ou du débit). En cas d'autres exigences, cet aspect est mentionné dans la méthode d'essai respective.

### 6.3 Constance de la réponse en débit de dose, dépendance de dose et fluctuations statistiques

#### 6.3.1 Généralités

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

Si le constructeur peut montrer que la conception technique du dosimètre (ou du débitmètre) permet de satisfaire aux exigences relatives à la constance de la réponse en débit de dose pour un large éventail de valeurs de débit de dose, le nombre d'essais peut être réduit.

#### 6.3.2 Exigences

a) Dans les conditions normales d'essai, les commandes d'étalonnage étant réglées conformément aux instructions du constructeur, la variation de la réponse relative due à l'inconstance de la réponse en débit de dose ne doit pas dépasser  $-17\%$  à  $+25\%$  sur tout le domaine de mesure pour les rayonnements neutroniques de référence choisis. La dose doit varier sur tout le domaine de dose spécifié par le constructeur pour la mesure du débit de dose.

- b) Les fluctuations statistiques de l'indication mesurée comme coefficient de variation doivent satisfaire aux exigences données au Tableau 3.

### 6.3.3 Méthode d'essai utilisant des sources

- a) Source à utiliser

Pour les besoins de cet essai, la valeur conventionnelle de la grandeur pour l'équivalent de dose ambiant (ou le débit) au point d'essai doit être connue. Les essais doivent être réalisés avec des sources de référence d'activité appropriée irradiant le dosimètre (ou le débitmètre) dans l'air libre conformément au Tableau 1, par exemple  $^{241}\text{Am-Be}$  pour le rayonnement neutronique.

- b) Essais à réaliser

La réponse doit être mesurée pour au moins trois valeurs de débit de dose dans chaque ordre de grandeur du domaine de mesure des débits de dose. Elles doivent se situer approximativement à 20 %, à 40 % et à 80 % de chaque ordre de grandeur complet. À des valeurs différentes de débit de dose, des valeurs de dose différentes dans le domaine assigné doivent être également appliquées. Au total,  $n$  mesures répétées de chacune des  $w$  valeurs de débit de dose doivent être effectuées, en fonction du domaine de mesure du débit de dose. À partir des mesures des  $w$  valeurs de réponse, la variation de la réponse relative due à la non-constance de la réponse peut être calculée.

### 6.3.4 Interprétation des résultats de l'essai utilisant des sources

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

En utilisant les  $w$  valeurs moyennes, la variation de la réponse relative due à la non-constance de la réponse ne doit pas dépasser le domaine allant de  $-17\%$  à  $+25\%$ . De même, en utilisant les  $w$  valeurs des coefficients de variation et les valeurs de  $c_1$  et de  $c_2$  données dans le Tableau 3, montrer que:

- pour  $(w - 2)$  valeurs de débit de dose, les coefficients de variation sont inférieurs à  $c_1$  fois les limites données dans le Tableau 3 et
- pour les deux valeurs de débit de dose restantes – qui ne doivent pas être adjacentes – les coefficients de variation sont inférieurs à  $c_2$  fois les limites données dans le Tableau 3.

Dans ce cas, les exigences a) et b) en 6.3.2 peuvent être considérées comme étant satisfaites.

NOTE 1 La valeur de  $c_1$  est toujours inférieure à celle de  $c_2$ .

NOTE 2 Cette méthode assure que la probabilité de réussir à l'essai est indépendante du nombre  $w$  de valeurs de dose auxquelles l'essai est réalisé. Sans l'application des facteurs  $c_1$  et  $c_2$ , la probabilité de réussir à l'essai diminue avec l'augmentation du nombre  $w$  de valeurs de dose auxquelles les essais sont réalisés.

NOTE 3 La référence [8] donne plus d'informations relatives à la procédure d'essai.

### 6.3.5 Procédure d'essai avec variation de la distance d'étalonnage

Plusieurs procédures d'essai sont définies dans l'ISO 8529-2 pour déterminer la réponse de l'instrument en employant les sources de rayonnement neutronique de référence, en tenant compte de la contribution caractéristique du rayonnement diffusé et de la position du point de référence du dispositif. Les procédures comprennent la détermination des valeurs indiquées pour une série de distances d'étalonnage, les valeurs indiquées pouvant s'étaler sur un ou plusieurs ordres de grandeur. La réponse, la contribution du rayonnement diffusé et les paramètres géométriques sont définis par des méthodes analytiques d'ajustement. Dans ce cas, une valeur indiquée peut être considérée comme étant un point dans les étendues d'échelle respectives indiquées en 6.4.2. Pour déterminer l'erreur relative dans l'étendue d'échelle correspondante, les valeurs indiquées ajustées peuvent être utilisées si les valeurs ajustées des paramètres de dispersion et de géométrie sont en accord avec le calcul et/ou avec les valeurs expérimentales.

### 6.3.6 Méthode d'essai par équivalent électrique

Si la plage totale des valeurs du débit d'équivalent de dose ambiant exigées pour les essais ci-dessus ne peut être couverte par les sources de rayonnement neutronique disponibles, on peut procéder à un essai électrique équivalent pour déterminer l'erreur relative, aux valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant qui ne peuvent être fournies par les sources de rayonnement.

Dans ce cas, les sources de rayonnement doivent être en mesure de fournir au moins un débit d'équivalent de dose ambiant dans la partie supérieure du domaine de mesure de l'appareil pour les essais de type, et au moins un débit d'équivalent de dose ambiant dans la partie inférieure du domaine de mesure de l'appareil. Le signal électrique doit avoir une forme simulant d'aussi près que possible la forme du signal fourni par le détecteur et doit être injecté en un point qui permette de soumettre à essai l'ensemble de l'appareil, excepté le détecteur lui-même ou le photomultiplicateur, dans le cas d'un détecteur à scintillation.

Si  $\dot{H}_{i1}^*(10)$  est la valeur indiquée du débit d'équivalent de dose ambiant quand l'appareil est soumis à une valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose ambiant,  $\dot{H}_1^*(10)$ , provenant d'une source neutronique de référence, un signal électrique  $S_1$ , doit être injecté de manière à produire la même valeur indiquée,  $\dot{H}_{i1}^*(10)$ . Si une autre valeur indiquée,  $\dot{H}_{i2}^*(10)$  est générée par un signal d'entrée,  $S_2$ , l'erreur relative est donnée par:

$$U = \left( \frac{\dot{H}_{i2}^*(10) \times S_1}{\dot{H}_{i1}^*(10) \times S_2} - 1 \right)$$

et la valeur observée doit rester dans les limites données en 6.3.7. Si la méthode d'essai électrique est utilisée, il convient que cela soit énoncé dans la documentation accompagnant l'appareil.

### 6.3.7 Interprétation des résultats de l'essai par équivalent électrique

L'incertitude relative  $U$  ( $k=2$ ) des valeurs conventionnellement vraies des débits d'équivalent de dose ambiant utilisés dans l'essai doit être prise en compte. Si aucune valeur moyenne observée de l'erreur relative observée,  $U$ , n'excède  $\pm(20\%+U)$ , l'exigence relative à la constance de la réponse en débit de dose peut être considérée comme étant satisfaite.

## 6.4 Variation de la réponse due à l'énergie des neutrons

### 6.4.1 Généralités

La réponse de tous les appareils de mesure de dose neutron (ou de son débit) est fortement dépendante de l'énergie des neutrons [1]. Pour les besoins de la protection radiologique, il serait souhaitable que la variation de la réponse avec l'énergie des neutrons sur tout le domaine d'énergie allant de l'énergie thermique à l'énergie maximale spécifiée par le constructeur n'excède pas un facteur de 1,5. Cependant, au moment de la publication, une telle exigence n'est pas réalisable dans la pratique.

Dans la mesure où tous les dispositifs existants et ceux en cours de développement s'appuient sur un calcul approprié de la réponse du détecteur, les résultats de ces calculs doivent convenir à l'ensemble du domaine d'énergie des neutrons avec des valeurs calculées fournies pour au moins deux énergies neutroniques par décade.

### 6.4.2 Exigences

La réponse relative d'équivalent (débit) de dose ambiant,  $r_{H^*(10)}$  et  $r_{H^*(10)}$  en raison de la variation de l'énergie des neutrons doit être pour

Domaine allant de l'énergie thermique jusqu'à 50 keV le constructeur doit spécifier la variation de la réponse relative en équivalent (débit) de dose ambiant en fonction de l'énergie des neutrons. La réponse relative doit se situer au moins dans le domaine de 0,2 à 8,0.

Domaine d'énergie compris entre de 50 keV et 10 MeV dans l'étendue comprise entre 0,5 et 2,0.

Étendue comprise entre 10 MeV et 20 MeV le constructeur doit spécifier la variation de la réponse relative en équivalent de dose (débit) ambiant en fonction de l'énergie des neutrons. La variation de la réponse relative doit se situer au moins dans le domaine de 0,2 à 2,0.

La réponse relative ici se rapporte à l'énergie des neutrons de référence et à 0° entre le rayonnement neutronique incident et la direction de référence. L'axe de l'instrument, le plan de référence et la direction de référence d'incidence doivent être définis par le constructeur.

L'exigence relative au domaine d'énergie des neutrons allant de 50 keV à 10 MeV est obligatoire pour chaque instrument. Pour le domaine d'énergie restant, le constructeur doit énoncer le domaine d'énergie où son instrument satisfait aux exigences énoncées.

Toutes les valeurs de dose indiquées doivent être corrigées pour la réponse non constante et, le cas échéant, pour l'effet du débit de dose de la grandeur d'influence sur les mesures de dose.

### 6.4.3 Méthode d'essai

Pour cet essai, le dosimètre (débitmètre) doit être placé à l'air libre. Les qualités du rayonnement neutronique spécifiées dans les normes ISO 8529-1, ISO 8529-2, ISO 8529-3, ISO 12789-1 et ISO 12789-2 doivent être utilisées.

Dans la mesure où il est impossible d'évaluer les performances d'un appareil et de valider les valeurs calculées sur neuf décades d'énergie des neutrons, depuis les neutrons thermiques jusqu'à 20 MeV, les énergies suivantes peuvent être utilisées:

- a) au moins deux énergies des neutrons en dessous de 50 keV, l'une étant l'énergie des neutrons thermiques;
- b) au moins trois énergies des neutrons dans le domaine d'énergie comprises entre 50 keV et 10 MeV;
- c) au moins une source large ( $^{252}\text{Cf}$  ou  $^{241}\text{Am-Be}$ , par exemple);
- d) au moins une énergie des neutrons supérieure à 10 MeV.

Seuls des essais à des énergies qui se situent dans le domaine d'énergie spécifié par le constructeur sont exigés. En outre, il est recommandé d'énoncer la réponse à des sources simulées normalisées de champs de neutrons simulant ceux de postes de travail.

Il convient que la distance d'essai soit égale à au moins 3 fois la somme des plus grandes dimensions linéaires de la source et du détecteur. La contribution du rayonnement diffusé à la valeur indiquée par le dispositif ne doit pas dépasser de plus de 20 % la valeur indiquée due aux neutrons non diffusés. La détermination de la contribution du rayonnement diffusé doit être en accord avec l'ISO 8529-2.

Il est en principe préférable d'effectuer ces essais avec le même débit d'équivalent de dose ambiant pour chaque énergie des neutrons. Dans la pratique, cela peut ne pas être possible, auquel cas le débit d'équivalent de dose ambiant indiqué pour chaque énergie des neutrons doit être corrigé de la réponse relative (en faisant une interpolation, si nécessaire) au même débit d'équivalent de dose ambiant indiqué que pour le rayonnement neutronique de référence.

En utilisant la fonction de réponse de calcul fournie, calculer l'équivalent de dose neutron ambiant (ou du débit) aux énergies de neutrons choisies en 6.4.3 a) à d) et les comparer aux valeurs expérimentales.

NOTE Les détails relatifs aux rayonnements de référence et à la procédure d'étalonnage sont donnés dans l'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2 et l'ISO 8529-3. Pour les sources réalistes de champs de neutrons simulant ceux de postes de travail, voir l'ISO 12789-1 et l'ISO 12789-2.

#### 6.4.4 Interprétation des résultats

Lorsque toutes les valeurs de réponse relative mesurées expérimentalement dues à la variation de l'énergie des neutrons se situent dans les plages spécifiées en 6.4.2 et que les valeurs calculées de l'équivalent de dose ambiant (ou de débit) sont, à  $\pm 20\%$  près, égales aux valeurs mesurées expérimentalement, les exigences de 6.4 sont considérées comme étant satisfaites.

### 6.5 Calcul de Monte Carlo de la réponse de l'instrument

#### 6.5.1 Généralités

La réponse des appareils de mesure de dose neutron (ou de son débit) existants et celles des appareils de mesure de dose neutron (ou de son débit) en cours de développement dans les régions d'énergie des neutrons où les mesures ne sont pas disponibles ou faisables repose essentiellement sur les calculs de Monte Carlo. La courbe de réponse relative calculée est en général relative à la réponse  $^{252}\text{Cf}$ .

#### 6.5.2 Exigences

Une courbe de réponse de Monte Carlo doit être fournie par le constructeur afin de couvrir le domaine d'énergie qu'il a défini. Les valeurs numériques calculées de la réponse doivent être fournies afin d'accompagner chaque énergie mesurée de 6.4.3 a) à d). De plus, les valeurs numériques calculées de la réponse doivent être fournies aux énergies supplémentaires afin de remplir les écarts entre les champs monoénergétiques disponibles et étendre les données pour couvrir l'ensemble du domaine d'énergie. Les valeurs numériques calculées de la réponse doivent être fournies au moins dans chaque ordre de grandeur de l'énergie des neutrons ( $10^{-2}$  eV,  $10^{-1}$  eV,  $10^0$  eV,  $10^1$  eV, ...,  $10^6$  eV,  $10^7$  eV,  $> 10^7$  eV, par exemple). L'exactitude des résultats de Monte Carlo pour la fonction de réponse de détecteur doit être telle que la valeur calculée de l'équivalent de dose neutron ambiant (ou du débit) aux énergies des neutrons choisies en 6.4.3 a) à d) soit égale, à  $\pm 20\%$  près, à la valeur mesurée de l'équivalent de dose neutron ambiant (ou du débit). Les calculs de Monte Carlo doivent être totalement documentés de manière à pouvoir être répétés (ou vérifiés) par un organisme ou laboratoire indépendant.

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

#### 6.5.3 Méthode d'essai

Vérifier que la courbe de réponse de Monte Carlo calculée couvre l'ensemble de la région d'énergie établie par le constructeur. Vérifier que les calculs de Monte Carlo sont totalement documentés et qu'ils peuvent être répétés indépendamment. Cela peut être effectué en répétant une partie des calculs ou en consultant la documentation. Vérifier que les valeurs de réponse numériques calculées aux énergies sélectionnées de 6.4.3 a) à d) sont fournies. Vérifier que les valeurs de réponse numériques calculées aux énergies comprises entre celles

sélectionnées de 6.4.3 a) à d) sont fournies au moins dans chaque ordre de grandeur de l'énergie des neutrons.

#### 6.5.4 Interprétation des résultats

Les instruments satisfont aux exigences de 6.5.2 si:

- a) la courbe de réponse de Monte Carlo calculée est fournie et qu'elle couvre l'ensemble de la région d'énergie établie par le constructeur, et
- b) les calculs de Monte Carlo sont totalement documentés et qu'ils peuvent être répétés indépendamment, et
- c) les données calculées et expérimentées aux points d'énergie sélectionnés de 6.4.3 a) à d) se situent à  $\pm 20$  % près, et
- d) les valeurs de réponse numériques calculées dans chaque ordre de grandeur de l'énergie des neutrons comprises entre les énergies sélectionnées de 6.4.3 a) à d) sont fournies.

### 6.6 Variation de la réponse en fonction de l'angle d'incidence

#### 6.6.1 Généralités

La présente norme est relative aux appareils de détection présentant un grand angle d'admission et ayant essentiellement une symétrie de révolution dans un plan. La norme admet les limitations pratiques qu'il y a à obtenir une réponse uniforme dans un angle solide de  $4\pi$ .

#### 6.6.2 Exigences

La variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie de  $0^\circ$  à  $90^\circ$  par rapport à la direction (d'étalonnage) de référence dans le plan de référence ne doit pas excéder  $\pm 25$  % dans le domaine d'énergie assigné.

La variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie de  $+90^\circ$  à  $+180^\circ$  et de  $-90^\circ$  à  $-180^\circ$  par rapport à la direction de référence dans le plan de référence doit être établie par le constructeur. Il convient que la variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie par rapport à la direction de référence dans un plan orthogonal à la direction de référence soit établie par le constructeur. Le plan de référence et la direction de référence de l'incidence doivent être définis par le constructeur.

#### 6.6.3 Méthode d'essai

L'appareil de détection doit être exposé à l'une des sources de rayonnement neutronique de référence spécifiées en 4.6. L'appareil doit être placé dans son plan de référence avec la source de rayonnement dans la direction de référence (c'est-à-dire la direction d'étalonnage définie par le constructeur en fonction de la source de rayonnement utilisée). Il convient que la distance d'étalonnage soit au moins trois fois la somme des plus grandes dimensions linéaires transverses de la source et du détecteur. La contribution du rayonnement diffusé à la valeur indiquée par le dispositif ne doit pas dépasser de plus de 20 % la valeur indiquée due au rayonnement neutronique direct. La détermination de la contribution du rayonnement diffusé doit être en accord avec l'ISO 8529-2. Les angles de rotation de l'appareil de détection doivent alors être compris entre  $0^\circ$  et  $\pm 180^\circ$  à partir de cette position, par palier de  $30^\circ$ . Les valeurs indiquées doivent être notées. Les mêmes observations doivent être faites en faisant tourner l'appareil dans un plan orthogonal (perpendiculaire) à la direction de référence.

#### 6.6.4 Interprétation des résultats

L'instrument satisfait aux exigences de 6.6.2 si:

- a) la variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie de  $0^\circ$  à  $90^\circ$  par rapport à la direction de référence dans le plan de référence n'excède pas  $\pm 25\%$ , et
- b) la variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie de  $+90^\circ$  à  $+180^\circ$  et de  $-90^\circ$  à  $-180^\circ$  par rapport à la direction de référence dans le plan de référence n'excède pas les valeurs établies par le constructeur, et, le cas échéant
- c) la variation de l'indication de l'appareil quand l'angle d'incidence du rayonnement varie par rapport à la direction de référence dans un plan orthogonal à la direction de référence ne dépasse pas les valeurs établies par le constructeur.

## 6.7 Caractéristiques de surcharge

### 6.7.1 Appareils de mesure de l'équivalent de dose

#### 6.7.1.1 Exigences

- a) L'appareil de mesure de l'équivalent de dose doit avoir une lecture hors échelle dans les valeurs supérieures ou doit indiquer une surcharge lorsqu'il est exposé à des doses supérieures au maximum de son domaine de mesure. Cette exigence doit s'appliquer à toutes les étendues.
- b) Lorsqu'il est soumis à des débits de dose suffisamment élevés pour induire des indications erronées de la dose, il doit y avoir une indication que l'équipement ne peut pas fournir une indication correcte de la dose.

#### 6.7.1.2 Méthode d'essai

L'essai peut être réalisé soit en utilisant une source de neutrons adaptée, soit en appliquant un signal adéquat à l'entrée de l'appareil de mesure (voir 6.3.6) si des débits de dose de neutrons élevés ne sont pas disponibles.

- a) Soumettre l'appareil de mesure de l'équivalent de dose à une dose comprise entre 1 Sv et 50 Sv et au-dessus de 10 fois la dose maximale qui peut être indiquée. Le débit de dose pendant l'exposition doit être inférieur à la capacité maximale de débit de dose telle que spécifiée par le constructeur. L'équipement ne doit pas être réinitialisé ou mis hors tension pendant au moins 30 min après qu'il a été soumis à la dose d'essai.
- b) Soumettre l'appareil de mesure de l'équivalent de dose à un débit de dose supérieur de 10 % à celui qui est spécifié comme étant la limite de débit de dose par le constructeur pendant une période de 100 s. Au cas où aucune erreur de la valeur de dose (due à la surcharge de débit de dose) ne serait indiquée, soumettre l'appareil de mesure de l'équivalent de dose à des débits de dose accrus supplémentaires par pas de 10 % pendant 100 s jusqu'à ce que s'affiche l'indication d'une erreur de la valeur de dose (due à la surcharge de débit de dose).

#### 6.7.1.3 Interprétation des résultats

- a) L'indication doit être hors échelle dans les valeurs supérieures ou la surcharge doit être indiquée et doit rester ainsi jusqu'à ce que l'indication de dose soit réinitialisée ou l'équipement mis hors tension.
- b) S'assurer que soit l'indication de dose a augmenté convenablement (dans la limite de la tolérance énoncée par le constructeur), soit l'indication est donnée que la lecture de la dose (due à la surcharge de débit de dose) est erronée. Avant l'indication d'erreur, l'indication de dose doit augmenter comme il sied dans la limite de sa tolérance.

### 6.7.2 Appareils de mesure d'équivalent de débit de dose

#### 6.7.2.1 Exigences

L'appareil de mesure d'équivalent de débit de dose doit avoir une lecture hors échelle dans les valeurs supérieures ou doit indiquer une surcharge lorsqu'il est exposé à des débits de dose supérieurs au maximum de son domaine de mesure. Cette exigence doit s'appliquer à toutes les étendues.

### 6.7.2.2 Méthode d'essai

L'essai peut être réalisé soit en utilisant une source de neutrons adaptée, soit en appliquant un signal adéquat à l'entrée de l'appareil de mesure (voir 6.3.6) si des débits de dose de neutrons élevés ne sont pas disponibles.

L'appareil de mesure d'équivalent de débit de dose doit être soumis pendant 5 min à un débit d'équivalent de dose égal à 10 fois la valeur (d'échelle) d'étendue maximale.

### 6.7.2.3 Interprétation des résultats

L'indication du débit d'équivalent de dose doit être hors échelle dans les valeurs supérieures ou indiquer une surcharge tout au long de cette période. L'appareil de mesure d'équivalent de débit de dose doit fonctionner dans la limite de la spécification 5 min à la fin de cet essai. Si le dispositif ne fonctionne pas dans la limite de la spécification, un avertissement doit être affiché. L'avertissement peut s'éteindre seulement lorsque le dispositif satisfait de nouveau aux spécifications sans restrictions. Cet essai est applicable à chaque domaine.

## 6.8 Temps de réponse

### 6.8.1 Exigences

Le temps de réponse doit être tel que, en cas de variation brusque du débit d'équivalent de dose ambiant, l'indication doit atteindre la valeur suivante:

$$\dot{H}_i^*(10) + \frac{90}{100} (\dot{H}_f^*(10) - \dot{H}_i^*(10))$$

Où  $\dot{H}_i^*(10)$  est la valeur indiquée initiale et  $\dot{H}_f^*(10)$  la valeur indiquée finale, pour un temps inférieur aux temps spécifiés ci-dessous:

- 30 s pour une augmentation ou une diminution du débit d'équivalent de dose ambiant inférieure à  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ;
- 10 s pour une augmentation ou une diminution du débit d'équivalent de dose ambiant comprise entre  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  et  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ;
- 4 s pour une augmentation ou une diminution du débit d'équivalent de dose ambiant supérieure à  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Le temps de réponse doit être précisé par le constructeur.

### 6.8.2 Méthode d'essai

L'essai peut être réalisé soit en utilisant une source de neutrons adaptée, soit en appliquant un signal électrique adéquat sur l'entrée de l'appareil de mesure.

Les débits d'équivalent de dose ambiant initial et final doivent différer d'au moins un facteur de 10, et les mesures doivent être effectuées pour une augmentation et pour une diminution du débit d'équivalent de dose ambiant de ce facteur.

Si la méthode d'essai électrique est utilisée, les signaux injectés doivent répondre aux exigences ci-dessus.

Pour les essais qui concernent un débit d'équivalent de dose ambiant croissant, l'appareil de détection doit être d'abord soumis au débit d'équivalent de dose ambiant le plus élevé et la valeur indiquée  $\dot{H}_f^*(10)$  doit être notée.

L'appareil doit ensuite être soumis au débit d'équivalent de dose ambiant le plus faible pendant un temps suffisant lui permettant d'atteindre une valeur indiquée stable  $\dot{H}_i^*(10)$  et cette valeur doit être notée.

On doit alors faire varier le plus rapidement possible le débit d'équivalent de dose ambiant vers la valeur indiquée correspondant à  $\dot{H}_f^*(10)$  et le temps nécessaire pour atteindre la valeur fournie par la formule 6.8.1 doit être mesuré.

L'essai pour un débit d'équivalent de dose ambiant décroissant doit être effectué de la même manière, en intervertissant les valeurs des débits d'équivalent de dose ambiant correspondants à  $\dot{H}_f^*(10)$  et  $\dot{H}_i^*(10)$ .

### 6.8.3 Interprétation des résultats

L'instrument satisfait aux exigences si l'indication suivant une brusque variation du débit d'équivalent de dose ambiant atteint la valeur définie par la formule 6.8.1 en un temps inférieur à ceux qui sont spécifiés en 6.8.1.

### 6.9 Relation entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques

Le temps de réponse et le coefficient de variation des fluctuations statistiques sont des caractéristiques interdépendantes dont les limites acceptables sont données ci-dessus en 6.8.1 et 6.3.2.

Pour les valeurs élevées du débit d'équivalent de dose ambiant, il convient, dans la mesure du possible, de réduire le temps de réponse tout en se conformant aux limites fixées pour les fluctuations statistiques.

L'avantage à réduire le temps de réponse bien en dessous de 1 s est minime. Dans ce cas, il est plus judicieux de réduire les fluctuations statistiques.

### 6.10 Alarme en débit d'équivalent de dose

#### 6.10.1 Exigences

Dans les conditions normales d'essai, quand l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) est soumis pendant 10 min à un débit d'équivalent de dose de 0,8 fois le débit d'équivalent de dose correspondant à la valeur de consigne d'alarme en débit d'équivalent de dose, l'alarme ne doit pas être active pendant plus de 10 % de la durée de l'essai. De même, pour un débit d'équivalent de dose situé à 1,2 fois le niveau d'alarme, l'alarme doit être active pendant au moins 90 % de la durée de l'essai. Quand l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) est soumis à un débit d'équivalent de dose de 1,2 fois la valeur de consigne d'alarme en débit d'équivalent de dose, l'alarme doit se déclencher dans un délai maximal de 5 s ou en un temps tel que le produit de ce temps par le débit d'équivalent de dose du niveau d'alarme soit inférieur à 10  $\mu$ Sv.

Quand l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) comporte plusieurs détecteurs pour couvrir la totalité de son domaine d'utilisation, cette exigence s'applique pour chaque détecteur séparément dans le domaine qui lui correspond.

#### 6.10.2 Méthode d'essai

Deux essais au moins doivent être effectués, un pour un niveau d'alarme proche de la valeur utile indiquée la plus élevée et un pour un niveau d'alarme proche du maximum de la deuxième décade significative.

### 6.10.3 Interprétation des résultats

L'instrument satisfait aux exigences relatives à l'alarme en débit d'équivalent de dose s'il satisfait à l'exigence de 6.11.1 pour 2 valeurs de consigne d'alarme, l'une proche des valeurs indiquées maximales les plus élevées et l'autre proche du maximum de la deuxième décade la moins significative. L'incertitude relative ( $k = 2$ ) du débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai auquel l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) est soumis doit être prise en compte. Soit cette incertitude  $U$ , les débits de dose utilisés doivent être:  $0,8(1 - U)$  et  $1,2(1 + U)$  de la valeur de consigne d'alarme en équivalent de dose.

## 6.11 Alarme en équivalent de dose

### 6.11.1 Exigence

Dans les conditions normales d'essai, lorsque l'appareil de mesure de l'équivalent de dose est soumis à un équivalent de dose de 0,8 fois celui correspondant au niveau d'alarme en équivalent de dose, aucune alarme ne doit se déclencher, et lorsque l'appareil de mesure de l'équivalent de dose est soumis à un débit d'équivalent de dose de 1,2 fois la valeur de consigne d'alarme en équivalent de dose, l'alarme doit être active.

### 6.11.2 Méthode d'essai

Deux essais au moins doivent être effectués, un pour un niveau d'alarme proche de la valeur utile indiquée la plus élevée et un pour un niveau d'alarme proche du maximum de la deuxième décade significative. L'alarme doit être réinitialisée et l'appareil de mesure de l'équivalent de dose doit être soumis à un débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai de telle sorte que l'alarme ne s'active pas pendant au moins 100 s. Le temps d'exposition doit être mesuré.

### 6.11.3 Interprétation des résultats

L'instrument satisfait aux exigences d'alarme d'équivalent de dose s'il satisfait à 6.12.1 pour 2 valeurs de consigne d'alarme, l'un proche de la valeur indiquée maximale, et l'autre proche de la valeur maximale de la deuxième décade la moins significative, et si le quotient de la valeur de consigne d'alarme sur le produit du débit d'équivalent de dose utilisé et la durée mesurée se trouvent dans la plage comprise entre  $0,8(1 - U)$  et  $1,2(1 + U)$ , où  $U$  est l'incertitude relative ( $k=2$ ) dans le débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai.

## 6.12 Réponse au rayonnement photonique

### 6.12.1 Exigences

Dans la pratique, tous les champs de rayonnement neutronique sont pollués par un rayonnement photonique, ce qui impose nécessairement de déterminer la réponse au rayonnement photonique.

La réponse au rayonnement photonique doit être indiquée en termes d'indication de l'appareil par unité de débit d'équivalent de dose ambiant photon au point d'essai.

Non seulement le rayonnement photonique incident sur un appareil de détection des neutrons peut induire un signal, mais il peut également modifier la réponse de l'appareil au rayonnement neutronique. En conséquence, il y a deux exigences distinctes.

- L'indication générée par un débit d'équivalent de dose ambiant  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  photon de  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  ne doit pas être supérieur à la valeur indiquée due au débit d'équivalent de dose ambiant neutron de  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .
- Dans un champ de référence neutron produisant une indication de  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ , l'exposition à  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  du rayonnement photonique à partir d'un rayonnement photonique de  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  ne doit pas varier de plus de 10 % de cette valeur indiquée neutron. Il convient que les sources de  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  utilisées pour les essais ci-dessus soient conformes aux exigences de la série ISO 4037.

- c) De plus, le débit d'équivalent de dose ambiant neutron devant parfois être mesuré, il peut y avoir présence de rayonnement photonique à énergie élevée (6 MeV à partir de  $^{16}\text{N}$ , par exemple), la réponse au rayonnement photonique doit, dans le cadre d'un accord entre le constructeur et l'acheteur, être contrôlée à des énergies élevées, comme c'est le cas pour l'énergie  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$ . Dans ce cas, la réponse au rayonnement photonique à énergie élevée doit être indiquée par le constructeur.

### 6.12.2 Méthode d'essai

Pour l'exigence a) de 6.13.1, l'appareil doit être exposé à une source de  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  dans un champ présentant un débit d'équivalent de dose ambiant de  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  au point de référence de l'appareil.

Pour l'exigence b) de 6.13.1, l'appareil doit être exposé à la source neutronique de référence de manière à obtenir une valeur indiquée de  $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . L'appareil est par ailleurs exposé à une source de  $^{137}\text{Cs}$  ou  $^{60}\text{Co}$  produisant un débit d'équivalent de dose photon de  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  au point d'essai.

Pour l'exigence c) de 6.13.1, les sources de rayonnement utilisées pour cet essai doivent être conformes à la série ISO 4037.

### 6.12.3 Interprétation des résultats

Les exigences énoncées en 6.13.1 a) et c) sont satisfaites si l'indication produite par une source  $^{137}\text{Cs}$  et un débit d'équivalent de dose ambiant photon à énergie plus élevée ( $> 1,5 \text{ MeV}$ ) de  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  est inférieure à la valeur indiquée due à un débit d'équivalent de dose ambiant neutron de  $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . La réponse au rayonnement photonique doit être indiquée en termes d'indication de l'appareil par unité de débit d'équivalent de dose ambiant photon au point d'essai.

L'exigence en 6.13.1 b) est satisfaite si l'indication du débit d'équivalent de dose ambiant neutron ne varie pas de plus de 10 % lors d'une exposition à un débit d'équivalent de dose photon de  $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$  à partir d'une source de  $^{137}\text{Cs}$ .

## 6.13 Réponse à d'autres rayonnements ionisants externes

En raison de la conception de ce type d'appareil, il ne répond pas aux rayonnements alpha ou bêta. En conséquence, aucun essai n'est spécifié.

## 7 Additivité de la valeur indiquée

### 7.1 Exigences

La valeur indiquée doit être additive en rapport avec l'irradiation simultanée avec des types de rayonnement différents (photonique et neutronique, par exemple) et avec des énergies neutroniques différentes et des angles d'incidence de rayonnement différents.

Si le dosimètre (ou le débitmètre) utilise seulement un signal (mesuré avec un seul détecteur) pour évaluer la valeur indiquée, cette exigence est satisfaite.

Si un dosimètre (ou un débitmètre) utilise plusieurs signaux (mesurés avec plusieurs détecteurs ou avec un seul détecteur utilisant, par exemple, l'analyse de hauteur d'impulsion) pour évaluer la valeur indiquée, cette exigence n'est pas automatiquement satisfaite. Dans ce cas, il doit être assuré que le changement relatif de l'indication,  $\Delta g_{\text{mix}}$  provoqué par le mélange de rayonnement ne doit pas dépasser  $\pm 0,1$ .

Si l'algorithme utilisé pour évaluer la valeur indiquée (voir 5.5) est une combinaison linéaire des signaux ou une optimisation linéaire de ceux-là, cette exigence est satisfaite ou aucun essai n'est exigé.

## 7.2 Méthode d'essai

Effectuer ultérieurement deux irradiations dans les deux conditions d'irradiation différentes K et L (énergies différentes, angles d'incidence différents, voire types de rayonnement différents) avec les valeurs conventionnelles de la grandeur  $H_{tK}$  et  $H_{tL}$ . Déterminer les valeurs indiquées  $H_{iK}$  et  $H_{iL}$  des deux irradiations. Ensuite, procéder à une troisième irradiation simultanée dans les conditions d'irradiation K et L avec la valeur conventionnelle de la grandeur  $H_{t(K+L)} = H_{tK} + H_{tL}$  et déterminer la valeur indiquée  $H_{i(K+L)}$  de cette irradiation mélangée simultanément.

Le changement relatif de l'indication est alors donné par:

$$\Delta H_{\text{imix}} = \frac{H_{iK} + H_{iL} + H_{i(K+L)}}{H_{i(K+L)}}$$

$\Delta H_{\text{imix}}$  doit être déterminé pour une valeur de  $H_{tK}$  et  $H_{tL}$  et une combinaison simultanée de champs de rayonnement  $S_K$  et  $S_L$ . Sachant que les irradiations simultanées sont très difficiles à réaliser, elles peuvent être remplacées par des calculs et il convient de le faire pour cet essai. La connaissance des valeurs de réponse mesurées de chaque signal dans toutes les conditions d'irradiation K et L, et celle de la procédure d'évaluation permettant de déterminer la valeur indiquée à partir de ces signaux est une condition préalable à l'utilisation des calculs. On ne peut pas calculer la réponse du dosimètre (débitmètre) entier à l'aide de simulations de transport de rayonnement pour déterminer les valeurs de réponse de chaque signal dans toutes les conditions d'irradiation.

La non-linéarité des signaux est traitée en 4.3 et 6.3. Par conséquent, quand aucun calcul n'est exécuté, les signaux doivent être corrigés pour la non-linéarité pour cet essai. Si des dosimètres (ou débitmètres) différents sont utilisés pour déterminer  $H_{iK}$ ,  $H_{iL}$  et  $H_{i(K+L)}$ , toutes les différences de facteur d'étalonnage de référence doivent être corrigées.

## 7.3 Interprétation des résultats

La variation relative de l'indication,  $\Delta H_{\text{imix}}$  ne doit pas excéder  $\pm 0,1$ . Dans ce cas, les exigences de 7.1 peuvent être considérées comme étant satisfaites.

# 8 Logiciel

## 8.1 Généralités

La version finale du logiciel doit être disponible au début de l'essai de type, car une grande partie de l'essai de logiciel est indirectement couverte par l'essai métrologique. Le constructeur ne doit pas oublier qu'un changement de la "partie pertinente aux données" du logiciel peut remettre en cause la validité de l'essai de type.

NOTE Dans les instruments modernes, le logiciel a une importance croissante pour la génération de la valeur mesurée. Par conséquent, l'essai de type inclut automatiquement les performances du logiciel installé dans le dispositif en essai. Cela est pris en considération par les exigences données.

Les exigences données sont guidées par le Guide WELMEC 7.2 relatif aux logiciels (voir [7]). Elles reposent sur les exigences relatives aux instruments avec logiciel intégré dans un instrument de mesure construit pour une utilisation spécifique (Type P) et une classe de risque B (niveau bas).

## 8.2 Exigences

### 8.2.1 Exigences générales

Les exigences établies doivent assurer une protection contre toute modification involontaire du logiciel de données. En outre, toute tentative de modification du logiciel doit être interdite, à moins qu'elle ne soit faite sous le contrôle d'un personnel autorisé et de la manière prévue.

### 8.2.2 Conception et structure du logiciel

Le logiciel doit être conçu de telle manière que la partie pertinente pour la valeur indiquée ne soit pas affectée par un autre logiciel, à moins que l'effet ne soit exigé pour l'utilisation correcte de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit).

NOTE Une solution technique possible consiste à diviser le logiciel en deux parties. Une partie peut contenir toutes les fonctions nécessaires pour évaluer, stocker et afficher les valeurs indiquées. Cette partie est la "partie pertinente aux données". Les autres parties du logiciel, la "partie non pertinente aux données", peut contenir, par exemple, la valeur, la date et l'heure d'un maximum d'une indication. La partie pertinente aux données a des fonctions bien définies (interface de logiciel) qui sont utilisées pour communiquer avec les parties du logiciel non pertinentes aux données. Ce concept technique de division de logiciel a l'avantage que la "partie non pertinente aux données" peut être modifiée sans influencer la "partie pertinente aux données". Le concept de division de logiciel représente l'état de l'art en ingénierie logicielle.

### 8.2.3 Protection du logiciel et des données

#### 8.2.3.1 Identification

La "partie pertinente aux données" du logiciel (voir la NOTE à 8.2.2) doit avoir une identification. Il doit être possible d'afficher cette identification pendant que le logiciel fonctionne. Cette identification peut être comparée à l'identification donnée dans l'enregistrement d'essai ou dans le manuel d'utilisation.

NOTE Si l'identification change automatiquement en cas de modification du logiciel (dans ce cas, un simple numéro de version ne suffit pas), cela présente un avantage supplémentaire. Tout changement d'un bit du logiciel stocké dans l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit), par exemple en raison du rayonnement, est identifié. Une solution technique possible est un algorithme de somme de contrôle (au moins CRC-16) bâti sur le logiciel (voir [7]). La valeur de référence de la somme de contrôle de tous les octets du logiciel est calculée et stockée. Au cours du démarrage de l'instrument, la somme de contrôle est calculée de nouveau et comparée à la valeur de référence stockée. Si une modification a été apportée, le logiciel s'arrête et délivre un message d'erreur approprié.

#### 8.2.3.2 Alarme dans des conditions de fonctionnement anormales

Lorsque des conditions de fonctionnement anormales se produisent dans les composants de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit), cela doit être indiqué. Ces conditions de fonctionnement anormales incluent celles qui sont susceptibles de donner lieu à une indication erronée ou une perte d'informations relatives à la dose (la défaillance de la haute tension dans un tube photomultiplicateur, par exemple).

#### 8.2.3.3 Contrôle des données d'entrée

Toutes les données utilisées pour déterminer la valeur indiquée (les facteurs d'étalonnage et la haute tension, par exemple) doivent être protégées contre une modification non autorisée.

NOTE Une solution technique possible consiste à exiger un mot de passe avant toute modification de ces données.

#### 8.2.3.4 Interfaces utilisateur, interfaces de matériel et interfaces de logiciel

Toutes les commandes saisies ou valeurs reçues par l'intermédiaire d'interfaces (interfaces utilisateur comme le clavier, interfaces de logiciel, par exemple) doivent avoir une influence sur les données et les fonctions de l'instrument d'une manière admissible seulement. Toutes les commandes ou valeurs doivent être définies, c'est-à-dire qu'elles doivent avoir une signification, l'instrument devant pouvoir les traiter ou les identifier comme étant non valides.

Les commandes incorrectes ne doivent pas avoir d'effet sur les données et les fonctions de l'instrument.

NOTE En principe, une interface de logiciel peut être contournée. Cela peut habituellement être exclu par une division du logiciel (voir la NOTE à 8.2.2) lorsque la partie pertinente aux données du logiciel est réalisée en un fichier binaire distinct.

## **8.2.4 Documentation**

### **8.2.4.1 Documentation dans le manuel d'utilisation**

Toutes les fonctions, tous les menus et tous les sous-menus du logiciel doivent être décrits dans le manuel d'utilisation (voir 13.1).

### **8.2.4.2 Documentation pour l'essai de type**

En plus de la documentation énumérée à l'Article 13, les informations suivantes doivent être données par le constructeur pour les essais de type:

- une description de la structure du logiciel conformément à 8.2.2;
- la méthode pour évaluer et afficher l'identification et pour empêcher les mesures réalisées avec un logiciel modifié (voir 8.2.3.1);
- les mesures pour reconnaître des conditions de fonctionnement anormales (voir 8.2.3.2);
- une liste complète de tous les paramètres pertinents, de leurs domaines et valeurs nominales, ainsi que la méthode pour être sûr qu'ils se situent dans des domaines autorisés, l'endroit où ils sont stockés, comment ils peuvent être visualisés, et comment ils peuvent être modifiés (voir 8.2.3.3);
- une liste complète de toutes les commandes (éléments de menu, par exemple) et de toutes les valeurs qui peuvent être reçues par l'intermédiaire des interfaces, y compris leur effet (voir 8.2.3.4).

## **8.3 Méthode d'essai**

### **8.3.1 Généralités**

Les essais de logiciel peuvent être très complexes; ils ne doivent toutefois pas accaparer le temps d'essai. Par conséquent, aucun essai spécifique n'est donné et une grande responsabilité est laissée au constructeur. Le seul essai est effectué indirectement en réalisant l'essai de type avec la version finale du logiciel et en utilisant la documentation du constructeur (voir 8.2.4) pour réaliser les essais. Le seul essai est sur la documentation.

### **8.3.2 Essais de la documentation**

En utilisant le logiciel pendant l'essai de type, un grand nombre de menus est utilisé. Tous doivent être documentés dans le manuel d'utilisation. Les menus restants doivent être vérifiés en "jouant" avec le logiciel en cours de fonctionnement et en comparant les parties correspondantes du manuel d'utilisation. Si les menus trouvés dans le logiciel et ceux trouvés dans le manuel d'utilisation concordent, l'exigence est respectée. Il convient d'agir de même avec les logiciels complémentaires et les interfaces. De plus, l'identification (voir 8.2.3.1) doit être affichée et donnée dans le certificat.

## 9 Caractéristiques électriques

### 9.1 Stabilité de l'indication du zéro au fil du temps

#### 9.1.1 Exigences

L'indication d'un appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ne doit pas varier de plus de  $\pm 0,2 H_0$  ou  $\pm 0,2 \dot{H}_0$  pendant les 300 min qui suivent sa mise sous tension, en tenant compte d'une variation de  $H_0$  due au bruit de fond ambiant pendant cette période.

#### 9.1.2 Méthode d'essai

Mettre sous tension l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) et le laisser reposer pendant 30 min. Si une commande de réglage du zéro est accessible à l'utilisateur, elle doit être utilisée pour porter l'indication à un point énoncé par le constructeur. Pour certains appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) à échelle non linéaire, cette commande est utilisée pour porter l'indication à un point de référence autre que zéro. Dans ce cas, la commande doit permettre d'amener l'indication au point de référence approprié.

L'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être laissé dans ces conditions, et la valeur lue notée toutes les 30 min pendant une période supplémentaire de 270 min.

#### 9.1.3 Interprétation des résultats

Si la valeur lue notée s'avère se situer dans les limites de 9.1.1, les exigences sont satisfaites.

### 9.2 Durée de préchauffage

#### 9.2.1 Exigences

La durée de préchauffage doit être indiquée par le constructeur.

#### 9.2.2 Méthode d'essai

L'appareil étant hors tension, l'exposer à une source de rayonnement de référence permettant de fournir une indication au moins égale à la moitié de la valeur maximale de l'échelle ou de l'étendue d'échelle la plus sensible.

Mettre sous tension l'appareil et attendre pendant la durée de préchauffage indiquée par le constructeur. Puis, prendre 10 à 20 mesures de l'équivalent de dose (ou du débit) et prendre la valeur moyenne.

Trente minutes après la mise sous tension de l'appareil, prendre 10 à 20 autres mesures de l'équivalent de dose (ou du débit) et utiliser la valeur moyenne de ces mesures comme étant la "valeur finale" de l'indication.

#### 9.2.3 Interprétation des résultats

Si la valeur finale et la valeur moyenne prises immédiatement après la durée de préchauffage indiquée par le constructeur sont égales, à  $\pm 10\%$  près, les exigences de cet essai sont satisfaites.

## 9.3 Alimentation – piles ou batteries

### 9.3.1 Généralités

Il doit être fourni des moyens de contrôler les piles ou batteries à leur charge maximale. La capacité restante des piles ou batteries, pour laquelle les performances de l'appareil restent conformes aux exigences de la présente norme, doit être clairement indiquée sur le cadran d'affichage.

Les piles ou batteries peuvent être connectées par tout moyen souhaité, mais elles doivent pouvoir être remplacées individuellement. Les polarités doivent être clairement indiquées sur l'appareil par le constructeur.

### 9.3.2 Exigences

Le constructeur doit énoncer les fabricants (constructeurs) et types des piles ou batteries avec lesquelles les exigences de la présente norme sont satisfaites. Il convient de n'utiliser que des piles ou batteries d'accumulateurs présentant les dimensions physiques spécifiées dans l'IEC 60086-1 ou l'IEC 60086-2.

Il convient que la capacité des piles ou batteries assure 40 h d'utilisation<sup>3</sup> continue dans les conditions d'essai normalisées, l'indication de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ne devant pas différer de plus de  $\pm 10\%$  de sa valeur initiale, les autres fonctions restant conformes à la spécification.

Pour les batteries d'accumulateurs, le constructeur doit indiquer le temps de charge.

En dessous de  $-10\text{ °C}$ , la capacité de la plupart des types de piles ou batteries diminue fortement avec la baisse de la température. Cela doit être pris en considération.

### 9.3.3 Méthode d'essai

#### 9.3.3.1 Généralités

La capacité résiduelle des piles ou batteries de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) peut être évaluée en mesurant la tension réelle des batteries ou piles internes ou, notamment pour les batteries d'accumulateurs, en procédant à des mesures de charge pendant l'utilisation et la recharge.

Deux méthodes d'essai sont fournies. La première méthode utilise des piles ou batteries et doit être choisie si la capacité résiduelle des piles ou batteries est déterminée en réalisant des mesures de charge pendant l'utilisation et la recharge. La deuxième méthode utilise une alimentation en énergie et peut être choisie si la capacité résiduelle des piles ou batteries est déterminée en mesurant la tension réelle des batteries ou piles internes.

#### 9.3.3.2 Essai utilisant des piles ou batteries

##### 9.3.3.2.1 Généralités

Pour cet essai, des piles neuves ou des batteries d'accumulateurs à pleine charge du type indiqué par le constructeur doivent être utilisées.

---

<sup>3</sup> "40 h d'utilisation continue" signifie 8 h d'utilisation continue suivies de 16 h l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) éteint, ceci répété cinq jours consécutifs.

### 9.3.3.2.2 Méthode d'essai

Exposer l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) à un débit d'équivalent de dose compris entre  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  et  $1 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Laisser l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) fonctionner dans ce champ pendant une période de 8 h, suivie de 16 h l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) éteint. Réaliser cet essai pendant cinq jours consécutifs et noter la valeur lue à la fin de la période.

### 9.3.3.2.3 Interprétation des résultats

Si l'indication de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ne diffère pas de plus de  $\pm 10 \%$  de sa valeur initiale et aucune indication ne signale que la tension des piles ou des batteries est faible ("batterie faible", par exemple), les exigences sont satisfaites.

### 9.3.3.3 Essai utilisant l'alimentation

#### 9.3.3.3.1 Généralités

Les piles ou batteries internes doivent être déposées et l'instrument raccordé à une source d'alimentation externe avec une résistance série convenable pour simuler l'impédance des piles ou batteries. L'alimentation doit être réglée à la tension nominale des piles ou batteries  $U_{\text{nom}}$ .

#### 9.3.3.3.2 Méthode d'essai

Exposer l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) à un débit d'équivalent de dose compris entre  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  et  $1 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ . L'instrument doit être mis sous tension et stabilisé.

L'indication  $\dot{G}_{\text{nom}}$  de l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) doit être enregistrée. La tension d'alimentation doit ensuite être réduite jusqu'à ce que l'instrument indique que la tension des piles ou batteries est faible ("batterie faible", par exemple). Le courant d'alimentation correspondant  $I_{\text{low}}$  doit être noté avec l'indication  $\dot{G}_{\text{low}}$  de l'instrument.

#### 9.3.3.3.3 Interprétation des résultats

L'essai a réussi si les exigences suivantes sont satisfaites:

- $0,91 \leq \frac{\dot{G}_{\text{low}}}{\dot{G}_{\text{nom}}} \leq 1,1$ ,
- toutes les fonctions auxiliaires fonctionnent comme sélectionnées et
- $\frac{Q_{\text{nom}}}{I_{\text{low}}} \geq 40 \text{ h}$ ,

Où  $Q_{\text{nom}}$  est la capacité nominale des piles ou batteries (donnée par exemple en mA h) pour les conditions de décharge appropriées et en considérant le domaine assigné de température (voir 10.2).

## 9.4 Alimentation par le secteur

### 9.4.1 Exigences

Les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) alimentés par le secteur doivent être conçus pour fonctionner avec une alimentation de tension en courant alternatif (CA) monophasé 50 Hz (ou 60 Hz pour certains pays) de l'une des catégories suivantes:

- Série I: 220 V à 230 V
- Série II: 100 V à 120 V et/ou 240 V

(Dans certains pays, la tension nominale monophasée est 117 V et/ou 234 V, 60 Hz.)

Les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) alimentés par le secteur doivent être en mesure de fonctionner à partir du secteur avec des tolérances de tension de +10 % et –12 % de la valeur nominale et pour des fréquences du secteur de 50 Hz  $\pm$  3 Hz ou 60 Hz  $\pm$  3 Hz.

L'indication de l'équivalent de dose (ou du débit) doit rester à  $\pm$  10 % près sur ce domaine de tension d'alimentation, les autres fonctions restant dans leur spécification.

#### 9.4.2 Méthode d'essai

Placer l'appareil de détection dans un champ de rayonnement neutronique en un point où le débit d'équivalent de dose ambiant correspond approximativement à trois fois la limite inférieure du domaine de mesure. La tension d'alimentation étant à sa valeur nominale  $U_N$ , prendre la moyenne d'un nombre suffisant de lectures du débit d'équivalent de dose ambiant. Prendre la moyenne d'un nombre suffisant de lectures avec la tension d'alimentation 10 % supérieure à sa valeur nominale et la moyenne d'un nombre suffisant de lectures avec la tension d'alimentation 12 % inférieure à sa valeur nominale.

Reprendre les essais ci-dessus pour un débit d'équivalent de dose ambiant correspondant au moins aux deux tiers de la limite supérieure du domaine de mesure.

Exposer l'appareil aux deux débits d'équivalent de dose ambiant comme ci-dessus. Pour chaque débit, prendre la moyenne d'un nombre suffisant de lectures avec la fréquence d'alimentation à sa valeur nominale 50 Hz (ou 60 Hz), à 53 Hz (ou 63 Hz) et à 47 Hz (ou 57 Hz).

S'il n'existe pas de fonction temps utilisant la fréquence du secteur, l'essai de variation de fréquence peut ne pas être effectué.

#### 9.4.3 Interprétation des résultats

Si l'indication de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) ne diffère pas de plus de  $\pm$  10 % de sa valeur initiale, les exigences sont satisfaites.

## 10 Exigences d'environnement

### 10.1 Généralités

Les grandeurs d'influence température ambiante et choc thermique sont considérées comme étant du type F et du type S, les grandeurs d'influence humidité relative et pression atmosphérique sont considérées comme étant du type F et la grandeur d'influence stockage et transport est considérée comme étant du type S.

### 10.2 Température ambiante

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant la température ambiante pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester de  $-15\%$  à  $+22\%$  des valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement.

### 10.3 Choc thermique

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant le choc thermique pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester de  $-15\%$  à  $+22\%$  des valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement.

### 10.4 Humidité relative

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant l'humidité relative pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester de  $-15\%$  à  $+22\%$  des valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement.

### 10.5 Pression atmosphérique

Généralement, la pression atmosphérique n'aura qu'une influence minime sur la réponse de l'appareil.

Des essais représentatifs, à d'autres pressions atmosphériques, ne sont exigés que sur demande, par exemple si l'appareil est utilisé pour des mesures aéroportées à basse pression.

### 10.6 Protection contre l'humidité et la poussière (Classification IP)

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant la classification IP pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester, à  $\pm 5\%$  près, les valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement.

## 10.7 Stockage et transport

Tous les appareils doivent être conçus pour fonctionner selon les spécifications de la présente norme, après un temps suffisant pour qu'ils soient revenus à température ambiante après qu'ils ont été stockés (ou transportés) à des températures entre  $-25\text{ °C}$  et  $+50\text{ °C}$ , sans piles ou batteries, pendant au moins trois mois dans l'emballage du constructeur.

Dans certaines circonstances, des spécifications plus sévères peuvent être exigées, comme de pouvoir supporter les basses pressions ambiantes associées à un transport aérien.

## 11 Exigences mécaniques

### 11.1 Généralités

La chute de grandeurs d'influence sur une surface, des vibrations, des effets microphoniques et des chocs mécaniques est considérée comme étant de type S.

### 11.2 Essai de chute

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant l'essai de chute pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester, à  $\pm 5\%$  près, les valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement. Après l'essai, l'instrument doit être examiné et doit fonctionner correctement.

### 11.3 Essai de vibrations

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant les vibrations pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, entre et après les essais.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester, à  $\pm 5\%$  près, les valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement. Après l'essai, l'instrument doit être examiné et doit fonctionner correctement.

### 11.4 Impact des effets microphoniques

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant l'impact des effets microphoniques pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant et après chaque essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester, à  $\pm 5\%$  près, les valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement. Après l'essai, l'instrument doit être examiné et doit fonctionner correctement.

### 11.5 Choc mécanique

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant le choc mécanique pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec une source de neutrons de référence dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les valeurs indiquées par l'instrument pour l'équivalent de dose et le débit d'équivalent de dose ambiant doivent rester, à  $\pm 5\%$  près, les valeurs avant l'essai dans les conditions normales d'essai. Aucune alarme ou fausse indication ne doit être observée au cours de l'exposition à la grandeur d'influence sans la présence d'une source de rayonnement. Après l'essai, l'instrument doit être examiné et doit fonctionner correctement.

## 12 Exigences électromagnétiques

### 12.1 Généralités

Des précautions particulières doivent être prises pour concevoir un appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) afin d'assurer un fonctionnement correct en présence de perturbations électromagnétiques, en particulier les champs de radiofréquences. Les exigences sont données par rapport à la limite inférieure  $H_0$  ou  $\dot{H}_0$  du domaine de mesure. Pour chacun des essais électromagnétiques donnés de 12.3 à 12.6, l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) doit être réglé sur le domaine le plus sensible, la valeur de la dose doit être mise à zéro et tous les écarts dus aux essais ne doivent pas excéder  $\pm 0,7 H_0$  ou  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

Tous les essais doivent être effectués pour les modes de fonctionnement utilisés par le dispositif, c'est-à-dire en général pour les modes en équivalent de dose et en débit d'équivalent de dose.

Il convient d'adapter au dispositif de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) une source radioactive adéquate de contrôle de stabilité (une source encapsulée Am/Be de 2 GBq, par exemple) pour produire, au cours des mesures, une indication dans le domaine le plus sensible ou une indication sept fois supérieure à la limite inférieure du domaine. La source de contrôle ne doit pas influencer sur le comportement de l'appareil de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit) en essai.

### 12.2 Émission de rayonnement électromagnétique

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant les émissions rayonnées pour les instruments tenus à la main.

### 12.3 Décharge électrostatique

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant la décharge électrostatique pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) dans les

conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai. Les écarts parasites maximaux (transitoires et permanents) au niveau de l'affichage ou de la sortie de données dus à une décharge électrostatique ne doivent pas être supérieurs à  $\pm 0,7 H_0$  ou  $\pm 0,7 \dot{H}_0$  après 10 décharges.

#### 12.4 Perturbation due aux radiofréquences

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant les radiofréquences pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec et sans une source radioactive dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les écarts parasites maximaux (transitoires et permanents) au niveau de l'affichage ou de la sortie de données, dus aux champs électromagnétiques énoncés dans l'IEC 62706 ne doivent pas être supérieurs à  $\pm 0,7 H_0$  ou  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

#### 12.5 Champs magnétiques

L'instrument doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant les champs magnétiques pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) avec et sans une source radioactive dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les écarts parasites supplémentaires (transitoires et permanents) au niveau de l'affichage ou de la sortie de données, dus aux champs magnétiques énoncés dans l'IEC 62706 ne doivent pas être supérieurs à  $\pm 0,7 H_0$  ou  $\pm 0,7 \dot{H}_0$ .

#### 12.6 Exigences relatives à l'équipement alimenté en courant alternatif

Si l'instrument est alimenté ou peut être alimenté en courant alternatif (CA), il doit satisfaire à l'IEC 62706 concernant les exigences du matériel alimenté par le réseau en courant alternatif pour les instruments tenus à la main.

L'essai de fonctionnalité doit consister en des mesures de l'équivalent de dose et (ou) du débit d'équivalent de dose ambiant (selon celui qui est applicable ou les deux) dans les conditions normales d'essai. Les mesures doivent être réalisées avant, pendant et après l'essai.

Les indications parasites maximales (transitoires et permanentes) au niveau de l'affichage ou de la sortie de données, dues à des fluctuations de tension et de fréquence, à des surtensions ou régimes oscillatoires, à des radiofréquences conduites, doivent être inférieures à 10 % de l'indication en l'absence de perturbation dans les conducteurs.

Aucune alarme ou autre signal de sortie ne doit s'activer quand l'appareil est exposé aux impulsions. Les appareils de mesure de l'équivalent de dose (ou du débit), fonctionnant seulement sur piles ou batteries sont exclus de cet essai.

## 13 Documentation

### 13.1 Manuel d'exploitation et de maintenance

Chaque instrument doit être livré avec des instructions d'exploitation détaillées, une documentation technique et de maintenance contenant des informations complètes sur:

- a) la construction de l'appareil;
- b) la fonction de l'appareil;
- c) les performances et les limitations de l'appareil;
- d) les modes d'exploitation et la manipulation des instruments;
- e) l'utilisation du logiciel (éventuel) commandant l'appareil de détection et les données stockées;
- f) les détails du détecteur et du modérateur;
- g) les données relatives aux temps morts;
- h) le comportement dans les champs de rayonnement pulsés (l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit) n'est pas prévu pour les champs pulsés, par exemple);
- i) les informations adéquates pour l'entretien, l'alignement et les essais;
- j) les conseils de maintenance pertinents (voir l'IEC 61187).

### 13.2 Certificat d'identification

Un certificat doit accompagner chaque appareil, donnant au moins les informations suivantes (voir l'IEC 61187):

- a) nom du constructeur et numéro d'enregistrement;
- b) type et numéro de série de l'appareil;
- c) limites d'échelle pour chaque domaine de mesure;
- d) source(s) de référence utilisée(s) pour l'étalonnage;
- e) le coefficient de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour la/les source(s) de référence;
- f) la réponse relative en fonction de l'énergie des neutrons sur l'ensemble du domaine d'énergie;
- g) la réponse relative au rayonnement photonique;
- h) point de référence de l'appareil (si nécessaire en fonction de l'énergie des neutrons) et orientation d'étalonnage;
- i) type de détecteur et spécifications;
- j) dimensions et poids de l'appareil de détection et de l'ensemble complet;
- k) énergies des neutrons pour lesquelles la conformité à l'exigence concernant l'angle d'incidence a été vérifiée;
- l) réponse en fonction de l'angle d'incidence;
- m) tout élément inflammable ou présentant des dangers inclus dans le dispositif;
- n) énoncé que cet équipement a été soumis à essai en accord avec la présente norme et que les exigences correspondantes sont satisfaites.

### 13.3 Rapport d'essais de type

À la demande de l'acheteur, le constructeur doit fournir un rapport couvrant les essais de type réalisés conformément aux exigences de la présente norme.

**Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai**

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du constructeur)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du constructeur)
Rayonnement neutronique de référence	Sources de neutrons de l'accélérateur $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ , $^{252}\text{Cf}$ , $^{252}\text{Cf}$ ( $\text{D}_2\text{O}$ ), ou $\text{D}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$ , $\text{T}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$ , $\text{T}(\text{p},\text{n})$ et $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$	Sources de neutrons de l'accélérateur $^{241}\text{Am}/\text{Be}$ , $^{252}\text{Cf}$ , $^{252}\text{Cf}$ ( $\text{D}_2\text{O}$ ), ou $\text{D}(\text{d},\text{n})^3\text{He}$ , $\text{T}(\text{d},\text{n})^4\text{He}$ , $\text{T}(\text{p},\text{n})$ et $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$
Dose pour: $H^*(10)$	100 $\mu\text{Sv}$	10 $\mu\text{Sv}$ à 1 mSv
Débit de dose pour: $\dot{H}^*(10)$	10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	3 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to 100 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Durée de préchauffage	Définie par le constructeur	Définie par le constructeur
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,0 kPa
Tension de l'alimentation électrique <sup>a)</sup>	Tension d'alimentation nominale $U_N$	Tension nominale d'alimentation $U_N \pm 1\%$
Fréquence de l'alimentation électrique <sup>a)</sup>	Fréquence nominale $f_N$	Fréquence nominale $F_n \pm 1\%$
Forme d'onde de l'alimentation électrique <sup>a)</sup>	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion totale des harmoniques <5 %
Angle d'incidence des rayonnements	Direction d'étalonnage donnée par le constructeur	Direction donnée $\pm 10^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la plus petite valeur créant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation de l'appareil	À énoncer par le constructeur	Orientation énoncée $\pm 5^\circ$
Commandes de l'appareil	Réglé pour une utilisation normale	Réglé pour une utilisation normale
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
<sup>a)</sup> Seulement pour les appareils alimentés par le secteur (ou pouvant l'être).		

**Tableau 2 – Caractéristiques de rayonnement des appareils de mesure du débit d'équivalent de dose ambiant neutron (ou de son débit d'équivalent de dose)**

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Étendue minimale assignée de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour tout le domaine assigné	Paragraphe
Variation de la réponse due au débit de dose	5 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à 1 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>	– 17 % à + 25 % <sup>a)</sup>	6.3
Variation de la réponse due à l'énergie des neutrons	Thermique jusqu'à 50 keV  50 keV à 10 MeV  Au-dessus de 10 MeV	Énoncée par le constructeur. La réponse relative recommandée se situe à (0,2 – 8,0)  La réponse relative doit se situer à (0,5 – 2,0)  Énoncée par le constructeur. La réponse relative recommandée se situe à (0,2 – 2,0)	6.4
Variation de la réponse en fonction de l'angle d'incidence	de 0° à 90° de 90° à 180° de –90° à –180°	± 25 % Définie par le constructeur Définie par le constructeur	6.6
Surcharge	Débit d'équivalent de dose ambiant 10 % supérieur à celui spécifié comme étant la limite de débit de dose par le constructeur  Dose d'équivalent ambiant de 10 fois la dose maximale qui peut être indiquée	Cette indication doit être hors échelle dans les valeurs supérieures ou une surcharge doit être indiquée et doit rester ainsi jusqu'à ce que l'unité soit réinitialisée ou mise hors tension	6.7
Temps de réponse	Temps pour atteindre 90 % de la valeur finale après une variation brusque du débit d'équivalent de dose ambiant	<30 s pour les débits d'équivalent de dose ambiant inférieurs à 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>  <10 s pour les débits d'équivalent de dose ambiant compris entre 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ et 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>  <4 s pour les débits d'équivalent de dose ambiant supérieurs à 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ <sup>b)</sup>	6.8
Exactitude de l'alarme en débit de dose établie à $\dot{H}_a$ <sup>c)</sup>	$\dot{H}_a \geq$ valeur maximale du deuxième ordre de grandeur le moins significatif	Si le dispositif est soumis à 0,8 $\dot{H}_a$ , l'alarme ne doit pas être activée pendant plus de 10 % de la période d'essai. Si le dispositif est soumis à 1,2 $\dot{H}_a$ , l'alarme doit être activée pendant au moins 90 % de la période d'essai.	6.10
Exactitude de l'alarme en dose établie à $H_a$ <sup>c)</sup>	$H_a \geq$ valeur maximale du deuxième ordre de grandeur le moins significatif	La même limite de variation que celle de l'alarme en débit de dose, les valeurs de $H_a$ remplaçant $\dot{H}_a$	6.11
Réponse au rayonnement photonique	Débit d'équivalent de dose ambiant égal à 10 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ à partir d'une source $^{137}\text{Cs}$	Indication < 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$	6.12
Additivité de la valeur indiquée	Pour deux différentes conditions d'irradiation K et L, le changement relatif d'indication est  $\Delta H_{\text{imix}} = \frac{H_{\text{IK}} + H_{\text{IL}} + H_{\text{I(K+L)}}}{H_{\text{I(K+L)}}$	La variation relative de l'indication, $\Delta H_{\text{imix}}$ ne doit pas excéder ± 0,1	7.1 à 7.3

- a) Cette variation de la réponse relative s'ajoute à l'incertitude de la détermination de la valeur conventionnelle de la grandeur de l'équivalent de dose (ou du débit).
- b) Valeur minimale du débit de dose aussi faible que raisonnablement réalisable. Si le débit de dose maximal spécifié par le constructeur pour les mesures de dose est inférieur à  $1 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ , il convient de l'indiquer sur l'appareil de mesure de dose neutron (ou de son débit).
- c)  $H_a$  et  $\dot{H}_a$  sont les points de réglage d'alarme en (débit de) dose.

**Tableau 3 – Valeurs de  $c_1$  et de  $c_2$  pour  $w$  valeurs de dose différentes et  $n$  indications pour chaque valeur de dose [8]**

$w$	Valeur de $c_1$ pour $n$ égal à							Valeur de $c_2$ pour $n$ égal à						
	4	7	10	15	20	25	$\infty$	4	7	10	15	20	25	$\infty$
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

Exemple: Pour 12 différents débits de dose et 10 indications prises à chaque valeur de débit de dose, la valeur  $c_1$  devient  $c_1 = 1,173$  et la valeur  $c_2$  devient  $c_2 = 1,548$ .

**Tableau 4 – Caractéristiques électriques et d'environnement  
des appareils de mesure d'équivalent de dose ambiant (ou de débit)**

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Domaine (minimal) assigné de variation d'une grandeur d'influence	Limite de variation de la réponse relative ou de l'écart	Paragraphe
Dérive du zéro	Sur une période de 300 min en fonctionnement continu (après un temps de chauffage de 30 min):	pas plus de $\pm 0,2 H_0$ ou $\pm 0,2 \dot{H}_0$	9.1
Durée de préchauffage	Sans objet	Temps de lecture dans la limite de $\pm 10 \%$ de la valeur finale dans les conditions de référence devant être dans les limites énoncées par le constructeur	9.2
Alimentations	Après 40 h d'utilisation intermittente	$\pm 10 \%$ de la valeur initiale	9.3
a) Piles électriques	De $88 \%$ $U_N$ à $110 \%$ $U_N$	$\pm 10 \%$ de la valeur initiale	9.4
b) Alimentation secteur (si applicable) <sup>a)</sup>	De 47 (57) Hz à 53 (63) Hz	$\pm 10 \%$ de la valeur initiale	9.4
Température ambiante	Conformément à l'IEC 62706 pour les instruments tenus à la main: –20 °C à + 50 °C	–15 % à + 22 %	10.2
Choc thermique	Conformément à l'IEC 62706 pour les instruments tenus à la main: +20 °C à + 50 °C +20 °C à –20 °C	–15 % à + 22 % –15 % à + 22 % Le temps exigé pour être fonctionnel doit être énoncé par le constructeur	10.3
Humidité relative	Conformément à l'IEC 62706 jusqu'à 93 % d'humidité relative à 35 °C	–15 % à + 22 % <sup>b)</sup>	10.4
Étanchéité	Conformément à l'IEC 62706 pour les instruments tenus à la main: IP 53	Précautions devant être énoncées pour prévenir la pénétration d'humidité	10.6
Stockage et transport	–25 °C à + 50 °C pendant trois mois	Pour fonctionner dans la spécification après déballage et atteinte de la température ambiante	10.7
<p>a) <math>U_N</math> est la tension nominale de l'alimentation alternative secteur.</p> <p>b) Limite de variation entre l'indication à 35 °C et l'humidité de référence.</p>			

**Tableau 5 – Valeurs maximales de l'écart dû aux exigences mécaniques**

Grandeur d'influence ou paramètre d'instrument	Étendue minimale assignée de variation d'une grandeur d'influence	Essai selon	Valeur maximale autorisée de l'écart, $D_p$ , pour tout le domaine assigné	Paragraphe
Chute	Chute de 30 cm sur du bois dur	IEC 62706	± 5 % des valeurs avant l'essai	11.2
Vibration	0,01 g <sup>2</sup> .Hz <sup>-1</sup> avec des points finals de 5 Hz et 500 Hz	IEC 62706	± 5 % des valeurs avant l'essai	11.3
Effets microphoniques	impacts aigus à 0,2 J	IEC 62706	± 5 % des valeurs avant l'essai	11.4
Choc mécanique	10 impulsions de chocs d'accélération de crête à 50 g	IEC 62706	± 5 % des valeurs avant l'essai	11.5

**Tableau 6 – Valeurs maximales de l'écart en raison aux perturbations électromagnétiques**

Grandeur d'influence ou paramètre d'instrument	Étendue minimale assignée de variation d'une grandeur d'influence	Essai selon	Valeur maximale de l'écart <sup>a)</sup>	Paragraphe
Émission de rayonnement électromagnétique	Sans objet	IEC 62706	Ne doit pas dépasser les valeurs consignées dans le Tableau 7	12.2
Décharge électrostatique, tension de charge	0 kV à ± 8 kV (décharge dans l'air) 0 kV à ± 6 kV (décharge par contact)	IEC 62706	± 0,7 $H_0$ ou ± 0,7 $\dot{H}_0$	12.3
Perturbations radioélectriques	80 MHz à 6 GHz à 10 V m <sup>-1</sup>	IEC 62706	± 0,7 $H_0$ ou ± 0,7 $\dot{H}_0$	12.4
Champs magnétiques	80 A/m à un champ magnétique 50 Hz ou 60 Hz	IEC 62706	± 0,7 $H_0$ ou ± 0,7 $\dot{H}_0$	12.5
Instruments alimentés en courant alternatif <sup>b)</sup>				
– fluctuations de tension et de fréquence	– 12 % à +10 % de la tension nominale 47 à 53 Hz / 57 à 63 Hz			
– immunité par rapport aux RF conduites	150 kHz à 80 MHz à 140 dB (µV) modulé à 80 % en amplitude à 1 kHz	IEC 62706	<10 % de l'indication sans la perturbation	12.6
– surtensions et trains d'ondes en boucle	train d'ondes en boucle de 2 kV 1,2/50 µs et 8/20 µs à une onde combinée de 2 kV			

a)  $H_0$  est la limite inférieure du domaine de mesure.

b) Si applicable.

**Tableau 7 – Gamme de fréquences émises**

MHz	Force de champ (crête) μV/m
30 à 88	100
88 à 216	150
216 à 960	200
> 960	500

**Tableau 8 – Symboles et abréviations utilisés dans la présente norme**

Symbole	Explication
AC	courant alternatif
CRC-16	algorithme pour détecter des modifications de données basé sur la somme de contrôle sur tous les octets dans le paquet de données [7]
$D$	écart
$\Phi$	fluence de neutrons
$\dot{\phi}$	débit de fluence neutron
g	accélération due à la pesanteur (accélération en chute libre)
$H^*(10)$	équivalent de dose ambiant
$\dot{H}^*(10)$	débit d'équivalent de dose ambiant
$H_0$	limite inférieure du domaine de mesure pour l'équivalent de dose
$\dot{H}_0$	limite inférieure du domaine de mesure pour le débit d'équivalent de dose ambiant
$\dot{H}_i^*(10)$	valeur indiquée initiale du débit d'équivalent de dose ambiant
$\dot{H}_f^*(10)$	valeur indiquée finale du débit d'équivalent de dose ambiant
$H_a$	valeur de réglage d'alarme en dose
$\dot{H}_a$	valeur de réglage d'alarme en débit de dose
$h\phi$	coefficient de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant
$H_i$	valeur indiquée de la grandeur
$H_t$	valeur conventionnelle de la grandeur
$H_{tK}$	valeur conventionnelle de la grandeur pour la condition d'irradiation K (type de rayonnement, énergie des neutrons ou angle d'incidence)
$H_{iK}$	valeur indiquée pour $H_{tK}$
$H_{t(K+L)}$	valeur conventionnelle de la grandeur pour l'irradiation simultanée dans les conditions d'irradiation K et L
$H_{i(K+L)}$	valeur indiquée pour $H_{t(K+L)}$
$\Delta H_{\text{mix}}$	changement relatif d'indication en rapport avec l'irradiation simultanée avec deux types différents de rayonnement K et L (ou énergies neutroniques ou angles d'incidence)
$S_0$	signal électrique d'entrée devant être injecté pour produire la valeur indiquée $\dot{H}_0(10)$
$S_1$	signal électrique d'entrée devant être injecté pour produire la valeur indiquée $\dot{H}_1(10)$
$U_{\text{nom}}$	tension nominale de pile ou de batterie
$\dot{G}_{\text{nom}}$	indication de dosimètre sous la tension de pile ou de batterie $U_{\text{nom}}$
$\dot{G}_{\text{low}}$	indication de dosimètre lorsque l'indication "pile ou batterie faible" est affichée
$I_{\text{low}}$	courant d'alimentation de pile ou de batterie lorsque l'indication du dosimètre est $\dot{G}_{\text{low}}$

<b>Symbole</b>	<b>Explication</b>
$Q_{nom}$	capacité nominale de pile ou de batterie
Classification IP	indice de protection contre la pénétration selon l'IEC 60529
$R_0$	réponse de référence
RF	radiofréquence
U	incertitude
$U_{rel}$	incertitude relative de mesure
$U_N$	tension nominale du réseau d'alimentation en courant alternatif ou de la tension d'alimentation
v	coefficient de variation
WELMEC	est un comité de coopération entre les autorités de métrologie légale des États membres de l'Union européenne et de l'AELE. Les Guides du WELMEC donnent des conseils aux constructeurs d'instruments de mesure qui sont purement consultatifs.

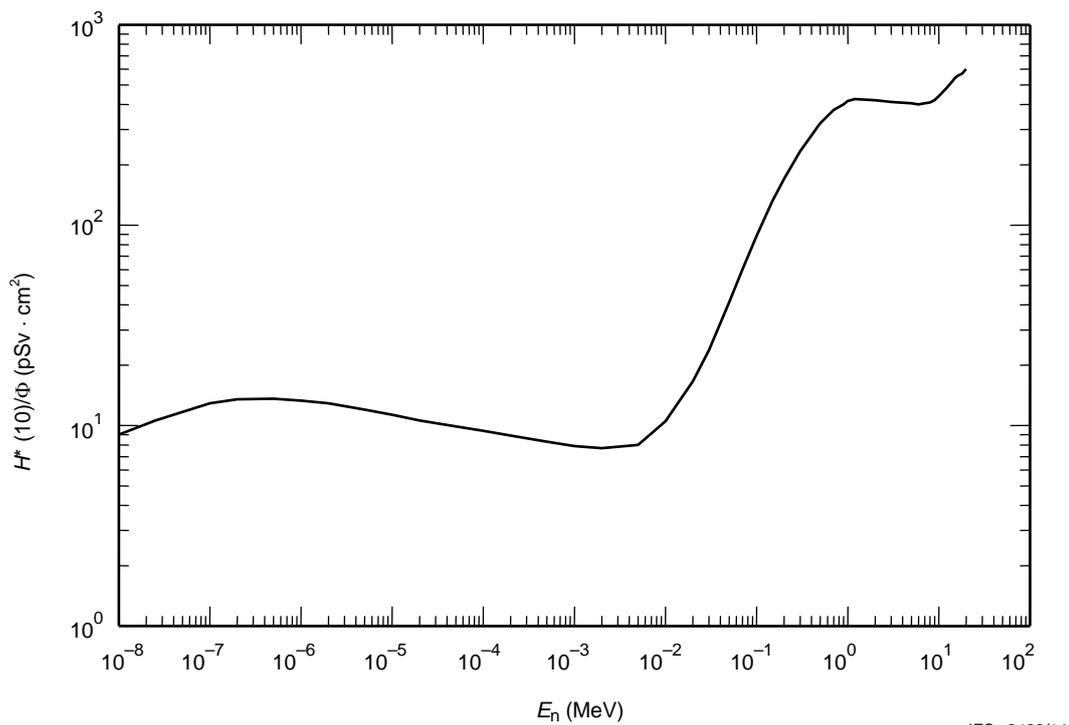
## Annexe A (informative)

### Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant

**Tableau A.1 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent  
de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques ([5], [6])**

Énergie des neutrons  MeV	Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant $H^*(10) / \Phi$ pSv·cm <sup>-2</sup>
$1,00 \times 10^{-9}$	6,60
$1,00 \times 10^{-8}$	9,00
$2,53 \times 10^{-8}$	10,6
$1,00 \times 10^{-7}$	12,9
$2,00 \times 10^{-7}$	13,5
$5,00 \times 10^{-7}$	13,6
$1,00 \times 10^{-6}$	13,3
$2,00 \times 10^{-6}$	12,9
$5,00 \times 10^{-6}$	12,0
$1,00 \times 10^{-5}$	11,3
$2,00 \times 10^{-5}$	10,6
$5,00 \times 10^{-5}$	9,90
$1,00 \times 10^{-4}$	9,40
$2,00 \times 10^{-4}$	8,90
$5,00 \times 10^{-4}$	8,30
$1,00 \times 10^{-3}$	7,90
$2,00 \times 10^{-3}$	7,70
$5,00 \times 10^{-3}$	8,00
$1,00 \times 10^{-2}$	10,5
$2,00 \times 10^{-2}$	16,6
$3,00 \times 10^{-2}$	23,7
$5,00 \times 10^{-2}$	41,1
$7,00 \times 10^{-2}$	60,0
$1,00 \times 10^{-1}$	88,0
$1,50 \times 10^{-1}$	132
$2,00 \times 10^{-1}$	170
$3,00 \times 10^{-1}$	233
$5,00 \times 10^{-1}$	322
$7,00 \times 10^{-1}$	375
$9,00 \times 10^{-1}$	400
1,00	416
1,20	425

Énergie des neutrons MeV	Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant $H^*(10) / \Phi$ pSv·cm <sup>-2</sup>
2,00	420
3,00	412
4,00	408
5,00	405
6,00	400
7,00	405
8,00	409
9,00	420
10,0	440
12,0	480
14,0	520
15,0	540
16,0	555
18,0	570
20,0	600



IEC 2133/14

Figure A.1 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques [5]

**Tableau A.2 – Coefficients de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant pour les sources de rayonnement neutronique de référence ([5] et ISO 8529-3)**

Source	Énergie des neutrons moyennée en fluence MeV	Coefficients de conversion moyennés fluence neutron-équivalent de dose ambiant $H^*(10)/\Phi$ $\mu\text{Sv}\cdot\text{cm}^{-2}$
$^{252}\text{Cf}$	2,13	385
$^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$ modérée	0,55	105
$^{241}\text{Am-Be}$ ( $\alpha, n$ )	4,16	391
$\text{D}(d, n)^3\text{He}$	2,8	413
$\text{T}(d, n)^4\text{He}$	14,8	536

NOTE L'énergie des neutrons moyenne et les coefficients de conversion moyens fluence neutron-débit de dose ambiant dans ce Tableau sont fournis pour les neutrons  $\text{D}(d, n)^3\text{He}$  et  $\text{T}(d, n)^4\text{He}$  émis à  $0^\circ$  par rapport à la direction des deutérons incidents.

## Bibliographie

- [1] IAEA Compendium of Neutron Spectra and Detector Responses for Radiation Protection Purposes, *Supplemental to Technical Report Series No. 318, Technical Reports Series N. 403*, International Atomic Energy Agency, Vienna 2001 (disponible en anglais seulement)
  - [2] ICRP Publication 74:1996, "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation", *Annals of the ICRP*, Vol. 26, 2/4 (disponible en anglais seulement)
  - [3] JCGM 100:2008, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)* (disponible en anglais seulement)
  - [4] ICRU Rapport 51:1993, *Unités et grandeurs en dosimétrie de radioprotection*
  - [5] ICRU Rapport 57:1998, *Coefficients de conversion à utiliser en radioprotection contre l'irradiation externe*
  - [6] ICRU Report 66:2001, *Determination of Operational Dose Equivalent Quantities For Neutrons* (disponible en anglais seulement)
  - [7] WELMEC:2012, *WELMEC 7.2, Software Guide: Measuring Instruments Directive 2004/22/EC, Issue 5*, à télécharger <http://www.welmec.org/latetest/guides/72.html>
  - [8] 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 (disponible en anglais seulement)
  - [9] IEC 60050-395: *International Electrotechnical Vocabulary – Part 395: Nuclear instrumentation – Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors* (disponible en anglais seulement)
  - [10] IEC TR 62461, *Instrumentation pour la radioprotection – Détermination de l'incertitude de mesure*
  - [11] ISO 4037-1:1996, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*
  - [12] ISO 4037-2:1997, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*
  - [13] ISO 4037-3:1999, *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*
  - [14] JCGM 200:2008, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM) 3rd Edition* (disponible en anglais seulement)
-



INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)