

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Installed ambient dose equivalent rate meters, warning and monitoring assemblies for neutrons with energies from thermal to 20 MeV

Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres d'équivalent de dose ambiant, ensembles d'alarmes et moniteurs à poste fixe pour des énergies de neutrons comprises entre l'énergie thermique et 20 MeV

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 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
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Installed ambient dose equivalent rate meters, warning and monitoring assemblies for neutrons with energies from thermal to 20 MeV

Instrumentation pour la radioprotection – Débitmètres d'équivalent de dose ambiant, ensembles d'alarmes et moniteurs à poste fixe pour des énergies de neutrons comprises entre l'énergie thermique et 20 MeV

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 13.280; 17.240

ISBN 978-2-8322-7635-8

**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	9
3 Terms and definitions, abbreviated terms and symbols, quantities and units	10
3.1 Terms and definitions	10
3.2 Abbreviated terms and symbols	17
3.3 Quantities and units	18
4 Design requirements	18
4.1 Construction and performance	18
4.1.1 General	18
4.1.2 Equipment configuration	18
4.1.3 Equipment reliability	19
4.2 Indication facilities	19
4.3 Alarm facilities	19
4.3.1 General	19
4.3.2 High level alarms	20
4.3.3 Low level alarms	20
4.3.4 Instrument fault alarms	20
4.4 External facilities	20
4.5 Effective range of measurement	20
4.5.1 General	20
4.5.2 Requirements	21
4.5.3 Interrelationship between response time and statistical fluctuations	21
4.5.4 Rated range of an influence quantity	21
4.5.5 Minimum rated range of influence quantity	22
4.6 Ingress protection (IP) classification	22
4.7 Assembly labels and markings	22
4.8 Functional safety	22
5 General test procedure	22
5.1 Test requirements	22
5.2 Tests performed with variation of influence quantities	23
5.2.1 General	23
5.2.2 Tests for influence quantities of type F	25
5.2.3 Tests for influence quantities of type S	25
5.3 Point of test	25
5.4 Statistical fluctuations	25
5.5 Radiation sources	26
5.6 Work place neutron fields	26
5.7 Consideration of several detectors or signals in a dose rate meter	26
5.8 Functionality test	27
5.8.1 General	27
5.8.2 Pre-test (preparation)	27
5.8.3 Post-test	27
6 Radiation detection requirements	28
6.1 General	28

6.2	Consideration of the uncertainty of the conventional true value	28
6.3	Linearity of dose rate response	28
6.3.1	Requirements	28
6.3.2	Tests to be performed	28
6.3.3	Type tests	28
6.3.4	Routine tests	29
6.3.5	Test method using sources	29
6.3.6	Interpretation of the results of the test using sources	29
6.3.7	Test procedure with variation of the calibration distance	29
6.3.8	Interpretation of the results of the test with variation of the calibration distance	29
6.3.9	Equivalent electrical test method	30
6.3.10	Interpretation of the equivalent electrical test result	30
6.4	Variation of the response due to neutron energy	30
6.4.1	General	30
6.4.2	Requirements	30
6.4.3	Method of test	31
6.4.4	Interpretation of the results	32
6.5	Variation of response with angle of incidence	32
6.5.1	General	32
6.5.2	Requirements	32
6.5.3	Method of test	34
6.5.4	Interpretation of the results of the test	35
6.6	Response to other external ionizing radiations	35
6.6.1	Alpha and beta radiations	35
6.6.2	Photon radiation	35
6.7	Overload characteristics	36
6.7.1	Requirements	36
6.7.2	Method of test	36
6.8	Statistical fluctuations	37
6.8.1	Requirements	37
6.8.2	Method of test	37
6.8.3	Interpretation of the results	37
6.9	Response time	37
6.9.1	Requirements	37
6.9.2	Method of test	38
6.10	Zero drift	38
6.10.1	Requirements	38
6.10.2	Method of test	38
6.11	Alarm requirements	38
6.11.1	Requirements	38
6.11.2	Method of test	39
6.12	Equipment failure alarms	39
6.12.1	Requirements	39
6.12.2	Method of test	39
6.13	False alarm test	39
6.13.1	Requirements	39
6.13.2	Method of test	39
6.14	Alarm response time and stability	39

6.14.1	Requirements	39
6.14.2	Method of test.....	39
6.15	Warm-up	40
6.15.1	Requirements	40
6.15.2	Method of test.....	40
6.16	Power supplies	41
6.16.1	Requirements	41
6.16.2	Method of test.....	41
7	Environmental requirements	41
7.1	General.....	41
7.2	Ambient temperature.....	42
7.2.1	Requirements	42
7.2.2	Method of test.....	42
7.3	Relative humidity	42
7.3.1	Requirements	42
7.3.2	Method of test.....	42
7.4	IP classification.....	43
7.4.1	Requirements	43
7.4.2	Method of test.....	43
8	Mechanical requirements	43
8.1	General.....	43
8.2	Microphonics/impact	43
8.2.1	Requirements	43
8.2.2	Method of test.....	43
9	Electromagnetic requirements	44
9.1	General.....	44
9.2	Emission of electromagnetic radiation	45
9.2.1	Requirements	45
9.2.2	Method of test	45
9.3	Electrostatic discharge	45
9.3.1	Requirements	45
9.3.2	Method of test.....	45
9.4	Radio frequency disturbance.....	46
9.4.1	Requirements	46
9.4.2	Method of test.....	46
9.5	Magnetic fields.....	46
9.5.1	Requirements	46
9.5.2	Method of test.....	46
9.6	Alternating current powered equipment requirements	47
9.6.1	Voltage and frequency fluctuations	47
9.6.2	Immunity from conducted RF	47
9.6.3	Surges and ring waves	48
10	Documentation	48
10.1	Type test report	48
10.2	Certificate	48
10.3	Operation and maintenance manual	49
Annex A (informative)	Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients	50

Bibliography	53
Figure 1 – Test for angular response	33
Figure A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons [3]	51
Table 1 – Reference and standard test conditions	23
Table 2 – Radiation characteristics of ambient neutron dose equivalent rate meters	24
Table 3 – Electrical and environmental characteristics of ambient dose equivalent rate meters	40
Table 4 – Maximum values of deviation due to electromagnetic disturbances	44
Table 5 – Emission frequency range	45
Table A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons ([1], [3], [4], [7])	50
Table A.2 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for the neutron reference radiation sources ([3] and ISO 8529-3)	52

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – INSTALLED AMBIENT DOSE EQUIVALENT RATE METERS, WARNING AND MONITORING ASSEMBLIES FOR NEUTRONS WITH ENERGIES FROM THERMAL TO 20 MeV

FOREWORD

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

International Standard IEC 61322 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1994. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) this document has been updated to take account of the requirements of the relevant IEC standards, IEC 60532:2010 and IEC 61005:2014.

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

FDIS	Report on voting
45B/944/FDIS	45B/952/RVD

Full information on the voting for the approval of this document 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – INSTALLED AMBIENT DOSE EQUIVALENT RATE METERS, WARNING AND MONITORING ASSEMBLIES FOR NEUTRONS WITH ENERGIES FROM THERMAL TO 20 MeV

1 Scope

This document applies to installed dose equivalent rate meters, warning assemblies and monitors, as defined below. It covers equipment intended to measure neutron radiation in dose equivalent rates in the energy region between thermal and 20 MeV for the purposes of radiation protection.

Assemblies of this type are commonly defined as area radiation monitors. They are normally employed to determine continuously the radiological situation in working areas in which the radiation field may change with time, for example, nuclear power plants, particle accelerators, high-activity laboratories, fuel reprocessing plants, etc., and provide alarms when the radiation field goes outside predetermined limits.

The assemblies considered in this document comprise at least:

- a detector assembly, which may, for example, consist of a detector probe (for thermal neutrons such as BF_3 proportional counter, ^3He proportional counter, $^6\text{LiI(Tl)}$ scintillation detector, etc.) and a moderating and absorbing medium surrounding the detector;
- a processing assembly, which may be fitted into a centralized panel, which, in the case of warning assemblies and monitors, provides signal outputs and contacts capable of activating alarm or other trip circuits;
- alternatively, the case when all the processing electronics are placed within the detection unit (so called "smart blocks") may be considered. In this case the functions of the processing assembly will be composed of only the indication, the providing signal outputs and contacts.

This document specifies general characteristics, general test procedures, radiation characteristics, as well as electrical, mechanical, safety, and environmental characteristics, as well as the identification certificate for the assemblies defined in the scope.

Assemblies designed to perform combined functions comply with the requirements pertaining to each of these functions.

This document is not applicable to criticality monitors covered by IEC 60860, or to assemblies intended to give information about operational parameters of nuclear plants for control purposes. This document is not applicable to the operating characteristics of indicating or recording instruments as such (for instance, indicating meters, recorders, etc.). The characteristics of such instruments are in conformity with the general requirements appropriate to them.

This document does not cover hand-held neutron dose (rate) meters and instruments that are covered in IEC 61005.

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

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-395:2014, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 395: Nuclear instrumentation: Physical phenomena, basic concepts, instruments, systems, equipment and detectors*

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

IEC 61000-4-2:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-2: Testing and measuring techniques – Electrostatic discharge immunity test*

IEC 61000-4-3:2006, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-3: Testing and measuring techniques – Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test*

IEC 61000-4-5:2014, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measuring techniques – Surge immunity test*

IEC 61000-4-6:2013, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-6: Testing and measuring techniques – Immunity to conducted disturbances induced by radio-frequency fields*

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

IEC 61000-4-12, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-12: Testing and measuring techniques – Ring wave immunity test*

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

IEC 61508 (all parts), *Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems*

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

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

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

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

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

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

ISO 11929 (all parts): *Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage 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 the basic quantities*

3 Terms and definitions, abbreviated terms 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.

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

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

NOTE For clarity and text conciseness in this document 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 document it is understood that "neutron ambient dose equivalent rate meter" is meant.

3.1.1

neutron fluence

Φ

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 m^{-2} .

3.1.2

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 $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.1.3**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 [1], [2], [3], [4]¹

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.

3.1.4**ambient dose equivalent rate**

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

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

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

3.1.5**neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficient**

$$h_\phi$$

quotient of the neutron ambient dose equivalent, $H^*(10)$, and the neutron fluence, Φ , 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.

3.1.6**calibration distance**

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

3.1.7**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

Note 1 to entry: Effective reference point of an assembly is located at a distance, stated by a manufacturer for specified energy, from a reference point of the assembly to be used in order to position the assembly at a point where the conventional true value of a quantity to be measured is known.

3.1.8**conventional true value**

$$\dot{H}_t$$

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

Note 1 to entry: In this document the quantity is the dose equivalent rate.

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

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

¹ Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

3.1.9 indicated value

$\dot{H}_i$

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

3.1.10 neutron dose equivalent response

R_H

ratio, under specified conditions, given by the relation

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

where

R_ϕ is the neutron fluence response (see definition 3.1.11), and

h_ϕ is the neutron fluence-to-dose conversion coefficient (see definition 3.1.5).

3.1.11 neutron fluence response

R_ϕ

ratio, under specified conditions, given by the relation

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

where

M is the reading by the instrument under test (dose rate meter) for the neutron fluence, and

Φ is the conventional true value of the neutron fluence to which the instrument has been exposed.

Note 1 to entry: The unit of neutron fluence response is m^2 .

3.1.12 reference response

R_r

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

$$R_r = \frac{\dot{H}_r}{\dot{H}_t}$$

where

$\dot{H}_r$ is the corresponding indicated value of the quantity to be measured under reference conditions, and

$\dot{H}_t$ is the conventional true value (3.1.8) 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.

3.1.13 relative response

r

quotient of the response R (3.1.11) and the reference response R_r (3.1.12)

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

3.1.14 response of a radiation measuring assembly

R

ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R = \frac{\dot{H}_i}{\dot{H}_t}$$

where

$\dot{H}_i$ is the indicated value of the quantity (3.1.9) measured by the instrument under test, and

$\dot{H}_t$ is the conventional true value of this quantity (3.1.8)

3.1.15 relative error of an indication

I

relative error, I , in the indication of an assembly is given as a percentage, by the relationship:

$$I(\%) = \frac{\dot{H}_i - \dot{H}_t}{\dot{H}_t} \times 100$$

3.1.16 coefficient of variation

v

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

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

3.1.17 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 document

3.1.18 manufacturer

designer and seller of the equipment

3.1.19 purchaser

user (operator) of the equipment

3.1.20

order of magnitude

range of measurement or levels to be measured which differ by about a factor of ten for one order of magnitude, one hundred for two, a thousand for three and so on

3.1.21

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

3.1.22

background level

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

3.1.23

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

$$D = \dot{H}_i - \dot{H}_r$$

where

$\dot{H}_i$ is the indicated value under the effect of an influence quantity, and

$\dot{H}_r$ 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.

3.1.24

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.

3.1.25

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.

3.1.26

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.

3.1.27

lower limit of effective range of measurement

$\dot{H}_0$

lowest dose rate value included in the effective range of measurement

3.1.28

measured value

M

value that can be obtained from the indicated value $\dot{H}_i$ 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 JCGM 100:2008[5], 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 $\dot{H}_i$.

with the reference calibration factor N_0 , the correction for non-linear response r_n , the l deviations D_p ($p = 1 \dots l$) for the influence quantities of type S, and the m relative response values r_q ($q = 1 \dots m$) for the influence quantities of type F:

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

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 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 document, all these data are available.

3.1.29

linearity

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

3.1.30

rated range of use of an ambient 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

3.1.31

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]

3.1.32

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, 395-03-113]

3.1.33

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

3.1.34

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.

3.1.35

time to establish thermal equilibrium

<with power off> time to be considered that the instrument reaches thermal equilibrium without supplying electrical power

3.1.36

detector assembly

DA

component of the installed radiation monitor system that contains the detectors and associated electronic devices; it also includes programmable electronic circuits

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.37

processing assembly

PA

assembly (which can be associated with one or more detector assemblies) which converts the output signal from the detector assemblies into a form, generally digital, suitable for transmission down a data link to the central computer, centralizer, and/or which generates alarm outputs to the alarm units at preset signal levels

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.38

alarm assembly

AA

assembly that will initiate an audible or visible alarm normally local to the DA in the event of an alarm threshold being breached or in case of fault of the equipment

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.39

monitoring assembly

MA

combination of processing, alarm, and detector assemblies

Note 1 to entry: This note applies to the French language only.

3.1.40 test nomenclature

3.1.40.1 qualification tests

tests performed on a representative sample of equipment to verify the adequacy of the design and that the equipment meets the specifications agreed upon between manufacturer and user under normal, operational conditions and anticipated operation occurrences

Note 1 to entry: Qualification tests are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled.

Note 2 to entry: Qualification tests are subdivided into type tests and routine tests.

3.1.40.2 type test

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

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

3.1.40.3 routine test

conformity test made on each individual item during or after manufacture

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

3.1.40.4 acceptance test

contractual test to prove to the customer that the device fulfils certain specifications

3.1.40.5 supplementary tests

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

3.2 Abbreviated terms and symbols

AC	alternating current
D	deviation
$\dot{\phi}$	neutron fluence rate
g	free-fall acceleration
$\dot{H}^*(10)$	ambient dose equivalent rate
$\dot{H}_0$	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
$\dot{H}_a$	dose rate alarm setting
h_ϕ	neutron fluence-to ambient dose equivalent conversion coefficient
$\dot{H}_i$	indicated value of the quantity
$\dot{H}_t$	conventional true value
S_0	input electrical signal to be injected to produce indicated value $\dot{H}_0(10)$
S_1	input electrical signal to be injected to produce indicated value $\dot{H}_1(10)$

IP classification	ingress protection rating according to IEC 60529
R_0	reference response
R_H	neutron dose equivalent response
R_ϕ	neutron fluence response
RF	radio frequency
U	uncertainty
U_{rel}	relative uncertainty of measurement
U_N	nominal voltage of AC power line or of supply voltage
ν	coefficient of variation

3.3 Quantities and units

In this document, units of the International System (SI) are used². 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 are used, when practicable, according to the SI system.

4 Design requirements

4.1 Construction and performance

4.1.1 General

Equipment may be designed as a single assembly (monitoring assembly) with the detector assembly adjacent to or contained within the monitoring assembly or the detector remote from the remaining equipment.

It is desirable that all these options are provided by a single common design of equipment, and for the design to allow for the use of alternative types of detectors with the same indication and alarm assemblies.

4.1.2 Equipment configuration

The type of equipment defined in this document generally comprises up to four types of assemblies, which may be interconnected in a number of configurations.

These assemblies are:

- detector assembly (DA),
- processing assembly (PA),
- alarm assembly (AA),
- monitoring assembly (MA).

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

The design of the equipment shall take into account of the practical use of assemblies, noting that it may be required to measure radiation fields incident from various angles relative to their location.

Where detector assemblies are to be used in high neutron radiation fields, the detector assembly should be constructed of materials which will minimize the effects of neutron activation.

The detector assembly should be constructed from smooth, nonporous materials to reduce the possibility of contamination and designed to facilitate decontamination.

4.1.3 Equipment reliability

The required reliability of the functions shall be specified either quantitatively (mean time between failures) or qualitatively (compliance with the single failure criterion).

For any part of the equipment (including sampling assembly if any), subject to appropriate planned maintenance, the following requirements should be reached:

- MTBF (mean time between failure): > 20 000 h (with preventive maintenance).

In some circumstances, equipment may be required to operate in locations subject to seismic disturbances. Any requirements for the equipment to operate in such conditions shall be agreed between manufacturer and purchaser, together with any additional test requirements.

Where radioactive sources are incorporated in the equipment, these sources, and the labelling of the instrument, shall conform to the appropriate international and national regulations with regard to radioactive materials.

The time for which any radioactive source will be effective for its function shall be specified by the manufacturer, and shall not be less than 5 years, unless adjustment of the source position is provided to take account of the half-life of the source. In that case, adjustment shall not be required more than once a year.

4.2 Indication facilities

Processing assemblies shall be capable of giving a local indication. The equipment should have the facility to transmit indication to remote locations. The equipment performance shall be independent of any operational mode and be unaffected by failure of the remote location's equipment. Additionally, a facility to allow the connection of a local chart recorder may be provided.

In the case of an analog logarithmic scale meter, the processing assembly display should have a scale length at least 20 mm per decade with appropriate divisional marks. A digital display may be used as long as a clear indication of the scales is provided. In the case of a processing unit with linear scales, the indication ratio between adjacent scales shall not exceed a factor of 10.

4.3 Alarm facilities

4.3.1 General

Alarm assemblies shall be capable of giving local audible and visual alarms. The visual and audible alarm requirements shall be as agreed between the manufacturer and purchaser. The equipment should have the facility to transmit alarms to remote locations.

Measuring assemblies which contain trip circuits shall, if possible, be designed to be "fail safe", that is, be so arranged that interruption or failure of the power supply or component failure causing loss of signal shall result in actuation of a trip circuit to produce an alarm.

Failure of the power supply should not disable the alarm. Indication of power supply failure shall be provided.

Alarm circuits shall be operable either to hold an alarm condition until specifically reset by a reset control, or to auto-reset when the alarm state disappears. The two modes of operation shall be available by simple modification on all equipment.

All alarm functions shall be provided with test facilities to allow checking of alarm operation. In the case of adjustable alarms, checking shall be possible over the range of adjustment, with indication of the actual alarm operation point.

The following facilities normally should be provided.

4.3.2 High level alarms

As a minimum one high level alarm should be provided. The alarm set points may be fixed or adjustable. Each alarm activates when the displayed value reached the set point. Other (alert level) alarms may be provided to operate on increasing dose rates but at a level below the alarm level.

Adjustable alarms should cover at least 10 % to 100 % of scale reading (linear scales), from 50 % of the lowest order of magnitude scale to 100 % highest order of magnitude scale (logarithmic scales) and over all but the least significant decade for digital displays.

4.3.3 Low level alarms

A low level alarm facility should be provided. These shall be adjustable as defined in 4.3.2. These are to operate on decreasing dose rate and generally act as an additional fault alarm but could be used for process control.

4.3.4 Instrument fault alarms

Diagnostic facilities should be provided as far as reasonably practicable to detect electronic component, inter-unit communication and processing firmware (software) failures which may cause loss of the safety function of the equipment. These facilities shall result in fault indication or alarm. Separate indication of the source of the fault is desirable.

Where equipment is being used to perform a safety function, the failure of the detector should be identified in timescales comparable to the time to alarm.

4.4 External facilities

If an assembly can be operated with a remote read-out (for example, a counting or integrating device) the output from the assembly shall be appropriately marked.

The provision of the following input and output connections, as appropriate for the assembly, is recommended:

- an input connection to the pre-amplifier input for electrical test purposes;
- an output connection from the amplifier;
- an output connection from the discriminator unit.

4.5 Effective range of measurement

4.5.1 General

The effective range of measurement should cover at least 4 decades. A typical effective range would be from $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$. Measurement of higher dose equivalent rates, up

to $1 \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ or higher, may be required and shall be incorporated by agreement between purchaser and manufacturer.

The effective range of measurement of the equipment shall be as follows:

- For processing units with linear scales, the effective range shall be from 10 % to 100 % of each range.
- For processing units with logarithmic scale, the effective range shall be between 1,5 times the lowest significant dose rate marked and full scale.
- For processing units with digital indication, the effective range shall be from an indication in the second least significant digit (i.e. two digits indicated) to the full range of indications available.

4.5.2 Requirements

The effective range of measurement 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. $x,yz \text{ E } \pm ab$) 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 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$),
- d) 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.

4.5.3 Interrelationship 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 in 6.8 and 6.9

For high dose rates, it is recommended that whenever possible, while conforming to the limits in this document, the response time be reduced. Response times of less than 1 s offer little advantage and thus it is better practice to reduce the statistical fluctuations.

For very low dose rates, the manufacturer shall indicate the appropriate values of the coefficient of variation and response time which may, with agreement from the purchaser, exceed the limits given in 6.8 and 6.9.

4.5.4 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 4.5.7.

4.5.5 Minimum rated range of influence quantity

The minimum rated range of the specified influence quantity is given in the second column of Tables 2, 3 and 4.

4.6 Ingress protection (IP) classification

The IP classification shall be stated by the manufacturer according to IEC 60529.

4.7 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:

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

4.8 Functional safety

The basic safety standards that comprise IEC 61508 may apply as well as they have been interpreted for the nuclear industry, and may be selected in some specific cases by agreement between the manufacturer and the purchaser. When the IEC 61508 series is selected, the requirements of that series shall apply as appropriate to the required safety integrity level (SIL) specified for the system.

5 General test procedure

5.1 Test requirements

All the tests enumerated in the following clauses are to be considered type tests (see 3.1.40.2). 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 document 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.

Table 1 – Reference 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}Cf , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$, ^{244}Cm or $\text{D}(\text{d},\text{n})$ ^3He , $\text{T}(\text{d},\text{n})$ ^4He , $\text{T}(\text{p},\text{n})$, and $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$ accelerator neutron sources	$^{241}\text{Am}/\text{Be}$, ^{252}Cf , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$, ^{244}Cm or $\text{D}(\text{d},\text{n})$ ^3He , $\text{T}(\text{d},\text{n})$ ^4He , $\text{T}(\text{p},\text{n})$, and $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$ accelerator neutron sources
Dose rate for: $\dot{H}^*(10)$	$10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	$3 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Time to establish thermal equilibrium (with power off)	60 min	≥ 60 min
Warm-up time	15 min	≥ 15 min
Ambient temperature	20°C	18°C to 22°C
Relative humidity	65 %	55 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86,0 kPa to 106,0 kPa
Power supply voltage	Nominal power supply voltage, U_N	Nominal power supply voltage, $U_N \pm 1\%$
Power supply frequency	Nominal frequency f_N	Nominal frequency $f_N \pm 2\%$
AC power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with total distortion lower than 5 %
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by the 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 $\pm 10^\circ$
Assembly controls	Set-up for normal operation	Set-up for normal operation
Contamination of radioactive elements	Negligible	Negligible

5.2 Tests performed with variation of influence quantities

5.2.1 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.

In order to simplify these tests for each individual principal influence quantity, only the routine test concerning the intrinsic error need be performed, using one dose rate at approximately two-thirds full scale on any range or decade.

Other aspects of the performance of the assembly should be tested with variation of influence quantities only if it is considered that the routine test specified above will not give a representative indication.

Table 2 – Radiation characteristics of ambient neutron dose equivalent rate 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
Linearity of dose rate response	10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ to 100 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ ^{a)}	± 30 %	4.5.1 6.3
Variation of the response due to neutron energy	Thermal to 100 keV 100 keV to 10 MeV 10 MeV to 20 MeV More than 20 MeV	Stated by the manufacturer. Recommended relative response is within (0,2 to 8,0) Relative response shall be within (0,5 to 2,0) Stated by the manufacturer. Recommended relative response is within (0,2 to 2,0) By the agreement between the manufacturer and the purchaser.	6.4
Variation of response with angle of incidence	Configuration a 1) 2 planes including the calibration direction: 0°, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 120^\circ$ 2) A plane perpendicular to the calibration direction: 0°, $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, 180° Configuration b 1) A plane including the calibration direction and its vertical direction: 0°, $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, 180° 2) A plane including the calibration direction and its horizontal direction and a plane perpendicular to the calibration direction: 0°, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 120^\circ$	Relative error of indication to be less than ± 25 % from the forward calibration direction (or stated by manufacturer)	6.5
Overload characteristics	Dose equivalent rate of 10 times scale maximum or 250 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, whichever is less	Remain off scale at high end	6.7
Response time	Final indications of the dose equivalent rate less than 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ Final indications of the dose equivalent rate between 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ and 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ Final indications of the dose equivalent rate larger than 1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$	<100 s <30 s <10 s	6.9
Alarm threshold drift	In accordance with 6.4.2	± 10 %	6.14
Alarm response time and stability	In accordance with 4.3.2	In accordance with 4.3.2	6.14
Response to photon radiation	Ambient dose equivalent rate equal to 10 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ from a ^{137}Cs source	Indication < 0,1 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$	6.6
^{a)} 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 $\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, this should be indicated on the neutron dose rate meter.			

5.2.2 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 $10 \dot{H}_0$. From the result of each test, the respective variation of the relative response r can be determined.

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 document. If during testing larger effects of type S are observed then the respective test shall be performed at a dose value of $10 \dot{H}_0$ and these findings shall be reported in the type test report.

5.2.3 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 $\dot{H}_0$ 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 document. 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 $10 \dot{H}_0$, 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.

5.3 Point of test

The assembly shall be placed in such a way that the reference point of the detector is at the point of test, unless otherwise stated by the manufacturer.

The point of test is a point where the conventionally true value of the dose equivalent rate is known. At this point, the uncertainty due to field inhomogeneities throughout the volume of the detector of the assembly should be achieved, that is the irradiation non-uniformity should be less than 5 %.

The dose equivalent rate value of the scattered radiation at the point of tests shall be determined.

5.4 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 (see 6.8) 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.

5.5 Radiation sources

The reference neutron radiation source shall be as described in ISO 8529-1 and can be one of the following: ^{241}Am -Be radionuclide source, ^{252}Cf spontaneous fission source, ^{252}Cf source moderated by D_2O 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}Am -Be or ^{252}Cf sources with well defined moderator/filter arrangements may be used. ^{244}Cm source can also be used as an additional option for the test source.

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 10.2).

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}Cs or ^{60}Co source and/or with other photon sources if necessary.

5.6 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).

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.

5.7 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

5.8 Functionality test

5.8.1 General

The functionality test consists of comparing the installed neutron monitor functionality before (pre-test) and during or after (post-test) an environmental, mechanical or electromagnetic disturbance described in Clauses 7, 8 and 9.

5.8.2 Pre-test (preparation)

The pre-test or preparation includes the stabilisation of the installed neutron monitor in standard test conditions, checking its correct functioning. For this, place first the neutron source at a position where the monitor does not alarm and calculate the mean value from sufficient readings in accordance with 5.4, and bring closer progressively the neutron source until you find a position where the monitor alarms.

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.

5.8.3 Post-test

The test has two parts:

a) alarm check

In the appropriate part of Clauses 7, 8 or 9, it is stated whether the functionality test is performed during or after the environmental, mechanical or electromagnetic disturbance. Thus, during or after a disturbance (e.g., the low and high temperature extremes), the monitor shall be exposed to a neutron source at the same position determined accordingly to 5.8.2 and check that the neutron alarm activates.

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.

There shall be no alarm during the test when radioactive sources are not present unless otherwise specified.

b) indication check

Place the neutron source at the same position as in the pre-test and take the same number of readings as in the pre-test. The mean value of the post-test readings shall be calculated and compared to the mean value of the pre-test readings. The mean value shall not change by more than the value specified in Clauses 7, 8 or 9.

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.

There shall be no visible external damage after the environmental, mechanical or electromagnetic disturbance and the instrument shall function correctly as prior to these tests.

6 Radiation detection requirements

6.1 General

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

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° 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 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.

6.2 Consideration of the uncertainty of the conventional true value

The expanded ($k = 2$) relative uncertainty, U_{rel} , of the conventional true value of the 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 Linearity of dose rate response

6.3.1 Requirements

This refers to the linearity of the instrument's measurement range. The instrument error is to be established in respect of the radiation quantity which the equipment is designed to measure.

Under standard test conditions, the response linearity of the detector assembly, when exposed to either of the reference radiations shall not exceed $\pm 30\%$, over the effective measurement range.

NOTE This uncertainty is additional to the uncertainty in the value of the conventional true dose rate.

6.3.2 Tests to be performed

A type test shall be performed on monitoring units comprised of at least one of each type of processing, alarm, and detector assemblies.

Routine tests shall be carried out on each combination of processing units, alarm units and detector assemblies.

All tests shall be carried out using a radiation field unless otherwise agreed between manufacturer and purchaser.

6.3.3 Type tests

For assemblies provided with linear scales, the type test shall be carried out on all ranges and on at least 3 points on each range, i.e. at about 20 %, 40 % and 80 % of the scale range.

For assemblies provided with single range and logarithmic scale, or for digital displays, the type test shall be carried out on all order of magnitude scales of dose rate and on at least 2 points on each order of magnitude scale. (The higher value in each decade shall be at least three times the lower and at least 70 % of the maximum of that order of magnitude.) If a detector contains a priming source this shall be taken into account.

6.3.4 Routine tests

For assemblies provided with linear scale, the routine test shall be carried out at one point on one value (between 50 % and 75 %) in the range in which the highest alarm is set.

For assemblies provided with single range and logarithmic scale, or for digital displays, the test shall be carried out on one value (between 10 % and 90 %) in the range in which the highest alarm is set. If a detector contains a priming source this shall be taken into account.

For routine tests, current or pulse injection to the processing assembly is acceptable. When current or pulse injection is used it shall be based on the radiation type test results.

6.3.5 Test method using sources

a) Source to be used

For the purpose of this test, the conventional true 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.

6.3.6 Interpretation of the results of the test using sources

When all response values of the detector assembly are within ± 30 % of conventional true value over the effective measurement range, then the requirements of 6.3.1 are considered met.

6.3.7 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 distance, 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.

6.3.8 Interpretation of the results of the test with variation of the calibration distance

When the relative errors determined by the procedure specified in 6.3.7 are within ± 30 % of conventional true value in the respective scale range, then the requirements of 6.3.1 are considered met.

6.3.9 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, $\dot{H}_t^*(10)$, 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 6.3.8. If the electrical test method is used, this should be stated in the accompanying documents.

6.3.10 Interpretation of the equivalent electrical test result

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 [6]. 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. They shall be verified with reference measurements.

6.4.2 Requirements

The relative response of ambient dose equivalent rate due to variation of the neutron energy shall be for (see Table 2):

- a) thermal – 100 keV energy range, the manufacturer shall specify the variation of the ambient dose equivalent rate relative response with the neutron energy. The relative response should be at least within the range from 0,2 to 8,0.

- b) 100 keV – 10 MeV energy range, within the range from 0,5 to 2,0.
- c) 10 MeV – 20 MeV energy range, the manufacturer shall specify the variation of the ambient dose equivalent rate relative response with the neutron energy. The variation of the relative response should be at least within the range from 0,2 to 2,0.
- d) More than 20 MeV, by the agreement between the manufacturer and the purchaser.

The relative response herein is relative to the reference neutron energy and 0° 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 100 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 Method of test

For this test, the dose 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:

- a) at least two neutron energies below 100 keV, one of them being thermal neutron energy,
- b) at least three neutron energies in the energy range between 100 keV and 10 MeV,
- c) at least one broad spectrum neutron source (e.g. ^{252}Cf , $^{241}\text{Am-Be}$ or D_2O moderated ^{252}Cf),
- d) 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.

In the realistic neutron producing field, any kind of monoenergetic neutron fields do not exist, only continuous neutron energy fields exist. Therefore, the relative ambient dose equivalent rate response to realistic workplace neutron fields^[6] would be much more appropriate than the response to monoenergetic neutron fields.

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.

The response of 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}Cf response. Using the provided computational response function by a manufacturer, a test laboratory, a purchaser or a research institute, 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 Variation of response with angle of incidence

6.5.1 General

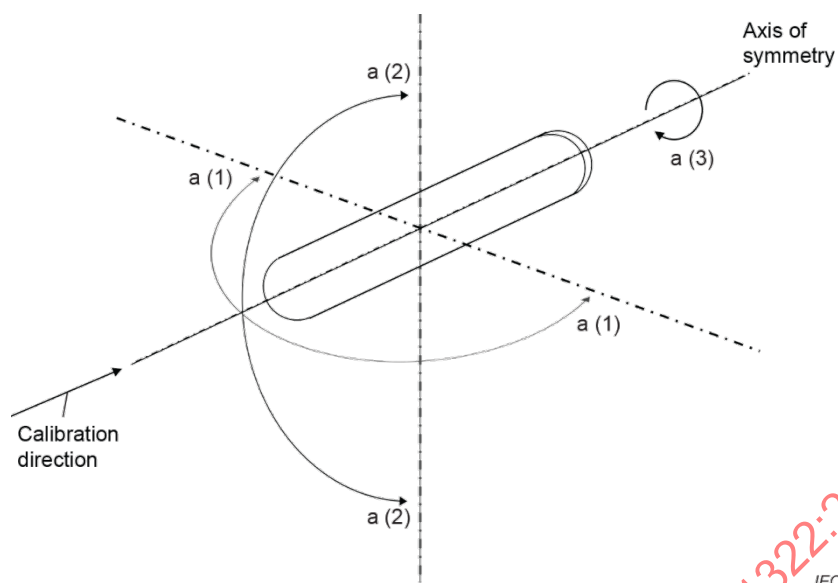
This document relates to detector assemblies with a wide angle of acceptance and having essentially circular symmetry in one plane, normally horizontal, in use. The document recognizes the practical limitations of achieving a uniform sensitivity over 4π . The following requirements are formulated for two possible detector configurations. Configuration a) where the orientation for calibration can be regarded as approximate to an axis of symmetry, and configuration b) where the orientation for calibration is normal to a direction that can be regarded as approximate to an axis of symmetry.

The manufacturer shall state the configuration used.

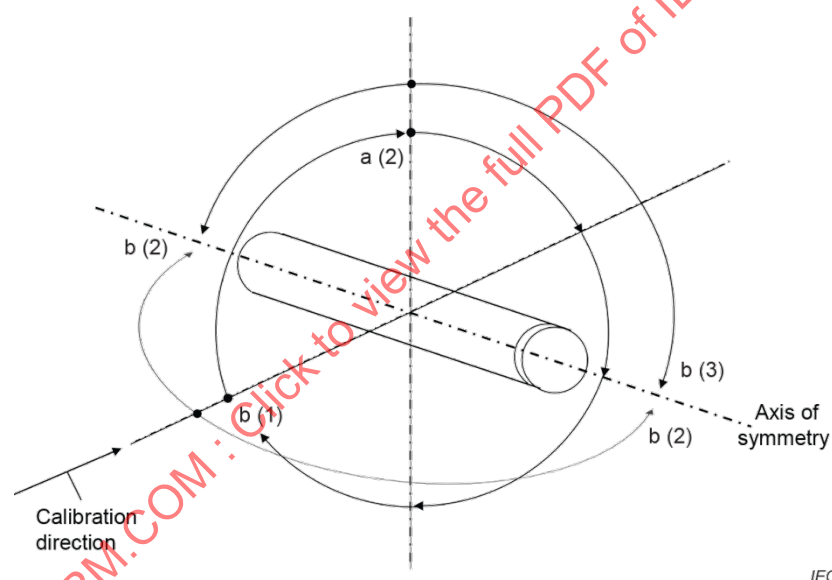
6.5.2 Requirements

The requirements are specified below for both configurations of detector calibration (see Table 2).

Figure 1 illustrates the intended procedure.



**Figure 1a – Configuration a,
orientation for calibration coincides with detector axis of symmetry**



**Figure 1b – Configuration b,
orientation for calibration is perpendicular to detector axis of symmetry**

Figure 1 – Test for angular response

Configuration a

The detector assembly shall be positioned with its direction of orientation, as specified by the manufacturer, along the axis of calibration.

- 1) The response of the assembly to radiation incident at angles to the calibration direction shall not vary by more than $\pm 25\%$ relative to the response in the calibration direction when the detector assembly is rotated over $\pm 120^\circ$ about its reference point in a plane specified by the manufacturer, but including the calibration direction. The manufacturer shall state the relative variation of the response beyond $\pm 120^\circ$.
- 2) The assembly shall also be rotated in the plane perpendicular to the plane used in 1) above, but still including the calibration direction. The variation in response relative to the response in the calibration direction shall be the same as 1) above.

- 3) The detector assembly shall also be rotated in the plane normal to the calibration direction, with the direction of radiation being in the plane of rotation, and the variation in response shall be not more than $\pm 25\%$ for all angles.

Configuration b

The detector assembly shall be positioned with its direction of orientation, as specified by the manufacturer, along the axis of calibration.

- 1) The response of the assembly relative to the response in the calibration direction to radiation incident at all angles to the calibration direction shall not vary more than $\pm 25\%$ when the detector assembly is rotated about its reference point in a plane specified by the manufacturer, but including the calibration direction.
- 2) The response of the assembly to radiation incident at angles to the calibration direction shall not vary by more than $\pm 25\%$ relative to the response in the calibration direction when the detector assembly is rotated over $\pm 60^\circ$ about its reference point in a plane perpendicular to the plane used in 1) above, but still including the calibration direction. The manufacturer shall state the relative variation of the response beyond $\pm 60^\circ$.
- 3) The detector assembly shall also be rotated in the plane of rotation used in 2) above, but with the detector initially rotated through 90° in the plane of rotation used in 1) above. The variation in response relative in this plane shall be within limits given for 2) above.

6.5.3 Method of test

Mount the assembly so as to enable measurements to be made most conveniently at the required angles.

Configuration a

Expose the assembly in the calibration direction to one of the neutron reference sources specified in 5.5.

- 1) The direction of radiation shall then be changed in steps of 30° in a plane including the calibration direction specified by the manufacturer and the response determined throughout the range of angles specified in 6.5.2 configuration a 1) for the radiation specified.
- 2) The above test shall be repeated for the plane perpendicular to that used in 1), but still including the calibration specified.
- 3) The direction of the radiation shall also be changed every 45° in a plane normal to the calibration direction, 0° being in the plane of calibration direction, and the response determined for the radiation specified.

Configuration b

Expose the assembly in the calibration direction to one of the neutron reference radiations specified 5.5.

- 1) The direction of radiation shall then be changed in steps of 45° in a plane including the calibration direction specified by the manufacturer and the response determined for the radiation specified.
- 2) The direction of radiation shall then be changed in steps of 30° in a plane perpendicular to the plane used in 1) above, but including the calibration direction, and the response determined throughout the range of angles specified in 6.5.2 configuration b 2) for the radiation specified.
- 3) The procedure 2) above shall be repeated for the plane normal to the calibration direction, 0° being in the plane of the calibration direction.

6.5.4 Interpretation of the results of the test

The requirement in 6.5.2 is met in the following cases:

Configuration a

- a) In two planes including the calibration direction, each response of the assembly does not vary by more than $\pm 25\%$ relative to the response in the calibration direction at the angle of 0° , $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$ and $\pm 120^\circ$,
- b) In a plane perpendicular to the calibration direction, each response of the assembly does not vary by more than $\pm 25\%$ at the angle of 0° , $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$ and 180° .

Configuration b

- c) In a plane including the calibration direction and its vertical direction, each response of the assembly does not vary by more than $\pm 25\%$ at the angle of 0° , $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$ and 180° ,
- d) In a plane including the calibration direction and its horizontal direction and a plane perpendicular to the calibration direction, each response of the assembly does not vary by more than $\pm 25\%$ at the angle of 0° , $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$ and $\pm 120^\circ$.

6.6 Response to other external ionizing radiations

6.6.1 Alpha and beta radiations

Because of the design of this type of assembly, it will not, in general, respond to alpha or beta radiations. Accordingly, no test is specified.

6.6.2 Photon radiation

6.6.2.1 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 (either a) or b), and c)).

- a) The indication produced by a ^{137}Cs or ^{60}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 $0,1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ (see Table 2).
- b) When the detector assembly is exposed to a neutron reference field to obtain an indication of $1 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, and then additionally exposed to $10 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ photon radiation from ^{137}Cs or ^{60}Co , the neutron contribution shall not change by more than 10% . The ^{137}Cs or ^{60}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}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}Cs or ^{60}Co energy. In this case, the manufacturer shall state the response to high-energy photon radiation.

6.6.2.2 Method of test

For requirement a) of 6.6.2.1, the assembly shall be exposed to a ^{137}Cs or ^{60}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 6.6.2.1 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}Cs or ^{60}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 6.6.2.1, the radiation sources used for this test shall conform to the ISO 4037 series.

6.6.2.3 Interpretation of the results

The requirements stated in 6.6.2.1 a) and c) are satisfied if the indication produced by a ^{137}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 6.6.2.1 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}Cs source.

6.7 Overload characteristics

6.7.1 Requirements

For dose equivalent rates greater than that corresponding to scale maximum, the indication of the assembly shall be off scale at the higher end of the scale range and shall remain so. For assemblies with more than one scale range, this requirement shall apply to each scale range, except where an automatic range change to a higher scale operates. After the exposures to the dose equivalent rates specified in 6.7.2, the assembly shall still fulfil the requirements of this document. For instruments using a digital display, an appropriate over-range indication shall be provided. (See Table 2.)

6.7.2 Method of test

Using a suitable and reproducible source to detector geometry, the reading of the assembly shall be established for a source giving a reading in the most sensitive scale, and another giving a reading in the least sensitive scale. (These are the reference reading values for this test.)

The assembly shall then be exposed for 5 min to a dose rate of 10 times the scale maximum, or $250 \text{ mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, whichever is the lesser. (More stringent requirements may be specified by some purchasers.) The test may be carried out by injection of a suitable signal into the input of the measuring assembly (see 6.3.7) if high neutron dose rates are not available.

The indication of the assembly shall remain off scale at the higher end of the scale range throughout this period.

The assembly shall then be removed from the over-exposure situation and retested under the conditions established prior to the overload. Within 10 min, the response shall be within 20 % of that established for both scales.

6.8 Statistical fluctuations

6.8.1 Requirements

The indication of the dose equivalent rate measuring assembly may exhibit fluctuations about its mean value.

The coefficient of variation of the indication shall be less than 20 %.

For assemblies provided with linear scales, these requirements apply for all dose equivalent rates exceeding that corresponding to one-third of the scale maximum on the most sensitive range.

For assemblies provided with non-linear (that is logarithmic) scales, the requirements apply for all dose equivalent rates exceeding three times that corresponding to the lowest significant graduation.

For assemblies provided with digital display, the requirements apply to all dose equivalent rates exceeding 10 times the value of the least significant digit.

6.8.2 Method of test

The detection assembly shall be exposed to a source of radiation giving a constant dose equivalent rate between one-third and one-half of range maximum on the most sensitive range (linear output) or decade (logarithmic output), or between 10 and 15 times the value of the least significant digit (digital display).

6.8.3 Interpretation of the results

The readings of the assembly shall be taken in accordance with 5.4, and the coefficient of variation calculated. The coefficient of variation shall be not more than 20 %.

6.9 Response time

6.9.1 Requirements

The response time shall be such that, if there is a sudden change in the dose equivalent rate, the indication shall reach the following value (see Table 2):

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

where

$\dot{H}_i^*(10)$ is the initial indication, and

$\dot{H}_f^*(10)$ is the final indication,

in less than the times specified below:

- 100 s for final indication of dose equivalent rate less than 0,1 mSv·h⁻¹;
- 30 s for final indication of dose equivalent rate between 0,1 mSv·h⁻¹ and 1 mSv·h⁻¹;
- 10 s for final indication of dose equivalent rate larger than 1 mSv·h⁻¹.

The response time shall be stated by the manufacturer for each of the 3 dose equivalent rate ranges listed above.

6.9.2 Method of test

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 subassembly.

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

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

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

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

The dose equivalent rate shall then be changed as quickly as possible to that corresponding to the indication $\dot{H}_f^*(10)$ and the time taken to read the value given by the formula in 6.9.1 measured.

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

6.10 Zero drift

6.10.1 Requirements

For linear scaled detector assemblies/monitoring units, the position of the zero point of the meter indication that has been set to zero after the assembly has been in operation for 30 min under standard test conditions shall not drift by more than ± 2 % of the scale maximum on any range in the next 24 h of continuous operation. For logarithmic scales and digital displays, the drift shall be less than ± 5 % after 8 h, ± 25 % after 24 h, and ± 50 % after 20 days of the most sensitive order of magnitude scale (logarithmic) or of the second least significant digit (digital).

6.10.2 Method of test

Switch on the detector assembly, and adjust the zero set control (if available) to bring the indication to zero after 30 min. For some detector assemblies with a non linear scale, such a control is used to bring the indication to a certain reference value rather than zero. In these cases, set the indication to the reference value, switch to a reading range, wait for 30 min and reset to zero.

Leave the detector assembly switched to a reading range. Note the indication hourly for the first 8 h, then again after 24 h.

Unless otherwise agreed between the manufacturer and the purchaser, the test shall continue for a total of 20 days with indications noted every four days.

6.11 Alarm requirements

6.11.1 Requirements

The range of settings shall conform to the requirements of 4.3.2 and 4.3.3.

6.11.2 Method of test

This test shall be performed on the detector assembly/processing unit, but shall exclude the detector. Using appropriate signal injection equipment, the range of the detector output shall be simulated. The alarms shall be adjusted to within 10 % of their lowest settings and the input signal increased until the alarms operate. The indication of the equipment shall be noted. The alarm settings shall be re-adjusted to their highest settings and the procedure repeated.

For alarms intended to operate on decreasing signals, operate as above, but slowly decrease the level of the input signal.

6.12 Equipment failure alarms

6.12.1 Requirements

The equipment failure alarms shall conform to the requirements of 4.3.4.

6.12.2 Method of test

The low level indication alarm normally shall be tested in accordance with 6.11.

Other tests of failure alarms against appropriate equipment malfunctions shall be carried out by agreement between manufacturer and user.

6.13 False alarm test

6.13.1 Requirements

No unexplained alarms shall occur over a period of 100 h with the monitor operating in a stable background. Repeat if explained alarms occur.

6.13.2 Method of test

With the monitor operating normally in a stable background, observe the monitor to verify that no alarms occur for a period of 100 h.

6.14 Alarm response time and stability

6.14.1 Requirements

Radiation alarm thresholds (low or high level) shall not deviate by more than ± 10 % from the selected alarm set point and shall conform to the requirements of 4.3.2 and 4.3.3.

6.14.2 Method of test

6.14.2.1 High level alarm

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 subassembly. The high level alarm threshold shall be adjusted to a reasonable dose rate level to enable the test to proceed. Expose the detection assembly to a dose rate that is 90 % of high threshold. The alarm shall not activate for the duration of the exposure (1 min). Increase the dose rate level to 110 % of the high threshold. The alarm shall activate within 1 min.

To verify stability, repeat the high level alarm test after a period of 24 h of continuous use.

6.14.2.2 Low level alarm

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 subassembly. The low level alarm threshold shall be adjusted to a reasonable dose rate level to enable the test to proceed. Expose the detection assembly to a dose rate that is 110 % of low threshold. The alarm shall not activate for the duration of the exposure (1 min). The alarm shall activate after decreasing the dose rate level to 90 % of the low threshold.

To verify stability, repeat the low level alarm test after a period of 24 h of continuous use.

6.15 Warm-up

6.15.1 Requirements

The warm-up time to reach standard test conditions is indicated in Table 1. Furthermore, the assembly shall, 10 min after being switched on, when exposed to the reference neutron radiation, give an indication which does not differ by more than ± 10 % from the value obtained under standard test conditions (see Table 3).

Table 3 – 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	During 24 h or 20 days of continuous operation	For linear scaled detector assemblies/monitoring units, not more than ± 2 % of the scale maximum on any range in the next 24 h of continuous operation. For logarithmic scales and digital displays, less than ± 5 % after 8 h, ± 25 % after 24 h, and ± 50 % after 20 days.	6.10
Warm-up time	10 min	± 10 %	6.15
Power supplies	88 % U_N to 110 % U_N ^{a)} 47 (57) Hz to 53 (63) Hz	± 10 % of initial value ± 10 % of initial value	6.16 6.16
Ambient temperature	Weather protection controlled environment: +5 °C to +40 °C; Without weather protection: –30 °C to +55 °C	–15 % to +22 %	7.2
Relative humidity	up to 93 % relative humidity at 35 °C	–15 % to +22 % ^{b)}	7.3
Protection against moisture and dust (IP classification)	In weather protected environment: IP41 In non-weather protected environment: IP53	Precautions to be stated to prevent ingress of moisture	7.4
^{a)} U_N is the nominal voltage of the main AC.			
^{b)} Limit of variation from the indication at 35 °C and reference humidity.			

6.15.2 Method of test

With the assembly switched off, expose the detector to an appropriate source of radiation that will provide an indication of at least half of the lowest scale or decade maximum. Switch on the assembly and note the readings of the assembly every 30 s from 5 min to 15 min after switching on.

15 min after switching on, take at least 10 readings (see 5.5) and use the mean value of these as the "final value" of the indication. On the graph of indication as a function of time, draw a smooth curve that is the best fit to the observed indications.

Check that the difference between the final value and the value read from the curve after 10 min lies within the limits specified.

6.16 Power supplies

6.16.1 Requirements

Equipment 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: 230 V AC
- Series II: 100 V AC
- Series III: 120 V and/or 240 V AC

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

Equipment 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 Hz $\pm$ 3 Hz or 60 Hz $\pm$ 3 Hz. The indication of dose equivalent rate shall remain within $\pm$ 10 % over this range of supply voltage, other functions remaining within specification (see Table 3).

6.16.2 Method of test

Use a radioactive source to give a reading of approximately two-thirds full scale deflection on the most sensitive range (linear scales), or approximately at 20 % of the maximum of the second least significant decade (digital display), or approximately two-thirds of the maximum of the least significant decade (logarithmic scale). With the supply voltage and frequency at their nominal values, take the mean of a sufficient number of readings in accordance with 5.5.

Take the mean of two further sets of consecutive readings with the supply at nominal frequency and 10 % above the nominal voltage, and the mean of sufficient consecutive readings with the supply at nominal frequency and voltage 12 % below the nominal value.

These two mean values shall not differ from that obtained with the nominal supply voltage by more than $\pm$ 10 %.

Take the mean of sufficient consecutive readings with nominal supply voltage and frequency of 50 $\pm$ 3 Hz (60 $\pm$ 3 Hz when nominal frequency is 60 Hz).

These two mean values shall not differ from that obtained with nominal frequency by more than $\pm$ 10 %.

The above tests shall be repeated for a reading level corresponding to approximately two-thirds of scale maximum on the least sensitive range or decade of the assembly.

7 Environmental requirements

7.1 General

The influence quantities ambient temperature is considered to be of both types F and S, the influence quantities relative humidity is considered to be of type F.

7.2 Ambient temperature

7.2.1 Requirements

The manufacturer shall state the temperature range over which the instrument and all system components will operate. The minimum requirement of temperature range is +5 °C to +40 °C for equipment under operating in a weather protection controlled environment, –30 °C to +55 °C for equipment without weather protection.

The instrument indicated values of the ambient dose equivalent rate shall remain from –15 % to +22 % of the values before the test under standard test conditions (see Table 3). No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

7.2.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Before starting each test the instrument under test shall be placed in an environmental chamber set to a temperature of 20 °C ± 2 °C for at least 30 min or a time period that is sufficiently long to ensure that the instrument has reached equilibrium with the temperature in the test chamber. The relative humidity within the chamber should be less than 65 % to prevent condensation during testing.

The test shall be performed once to the high temperature extreme and once to the low temperature extreme. The temperature shall be linearly changed to the extreme temperature (high or low) at a rate not faster than 10 °C·h^{–1}. The temperature of the test chamber shall be maintained at the extreme temperature level for at least 4 h. The actual time period shall be sufficiently long to ensure that the instrument has reached equilibrium with the environment. Following either the high or low temperature exposure, the temperature in the test chamber shall be returned to 20 °C ± 2 °C at the controlled rate not exceeding 10 °C·h^{–1}.

Following the temperature equilibrium time, at the low and high temperature extremes perform the functionality post-test as described in 5.8.3.

7.3 Relative humidity

7.3.1 Requirements

Instruments designed to operate in uncontrolled environments shall be able to function at relative humidity levels of up to 93 % at temperatures up to 35 °C.

The instrument indicated values of the ambient dose equivalent rate shall remain from –15 % to +22 % of the values before the test under standard test conditions (see Table 3). No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

7.3.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

The instrument under test shall be placed in an environmental chamber at a temperature of 20 °C ± 2 °C and relative humidity of approximately 65 % and allowed to stabilize for a minimum of 30 min. The temperature shall then be increased to 35 °C at a rate not exceeding 10 °C·h^{–1}. The relative humidity shall then be increased to 93 % ± 5 % at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour. The instrument under test should be observed during the entire test in order to identify changes in function that could occur as a result of the exposure to humidity. The relative humidity and temperature in the test chamber shall be maintained for a minimum of 16 h. The relative humidity shall then be reduced to 40 % ± 3 % at a rate of approximately 10 % relative humidity per hour while maintaining the temperature

at $+35\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$. After allowing a minimum of 2 h for equilibrium, the temperature and humidity shall be returned to the nominal conditions at the change rates stated previously.

Following the temperature and relative humidity equilibrium time, at the low and high relative humidity extremes perform the functionality post-test as described in 5.8.3.

7.4 IP classification

7.4.1 Requirements

The manufacturer shall state the degree of protection of the instrument according to IEC 60529. The recommended minimum protection for instruments used in weather protected environment is IP41 and for instruments used in non-weather protected environment is at least IP53. For IP classification, it may be agreed between manufacturer and purchaser if necessary.

The instrument indicated values of the ambient dose equivalent rate shall remain within $\pm 5\%$ of the values before the test under standard test conditions (see Table 3). No alarms or spurious indications shall be observed during the exposure to the influence quantity without the presence of a radiation source.

7.4.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

The method of test shall follow the IP requirements stated in IEC 60529. Those tests shall include dust and moisture.

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3.

8 Mechanical requirements

8.1 General

Equipment used indoors will typically not be exposed to mechanical environments such as shock and vibration other than when shipped to the location. Monitoring units designed for applications which require them to be mounted onto other devices such as cranes or vehicles will most likely be exposed to minimal shock and/or vibration environments.

Detection assemblies mounted on cranes may have additional requirements that are not addressed by this document.

The microphonics on a surface is considered to be of type S.

8.2 Microphonics/impact

8.2.1 Requirements

Installed radiation instrumentation shall be unaffected by microphonic conditions such as those caused by low intensity sharp contacts at energies up to 1,0 J.

8.2.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

The impact test should be performed at 3 locations close to the electronics and at 3 other locations close to the detectors inside the monitor assembly.

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3. The mean value shall not change more than $\pm 30\%$. Performance is acceptable when monitor function is maintained, even if the enclosure is damaged by the test.

9 Electromagnetic requirements

9.1 General

Special precautions shall be taken in the design of a neutron dose equivalent 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 $\dot{H}_0$ of the effective range of measurement. For each of the electromagnetic tests given in 9.3 to 9.6, 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 $\pm 0,7 \dot{H}_0$.

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.

A summary of the requirements is shown in Table 4.

Table 4 – 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	Sub-clause
Emission of electromagnetic radiation	See Table 5.		Not to exceed values in Table 5	9.2
Electrostatic discharge, charging voltage	0 kV to ± 8 kV air discharge 0 kV to ± 6 kV contact discharge	IEC 61000-4-2, severity level 3	$\pm 0,7 \dot{H}_0$	9.3
Radiofrequency disturbance	80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 GHz to 2,5 GHz at 10 V m^{-1}	IEC 61000-4-3, severity level 3	$\pm 0,7 \dot{H}_0$	9.4
Magnetic fields	100 A/m at 50 Hz or 60 Hz magnetic field	IEC 61000-4-8, continuous field severity level 5	$\pm 0,7 \dot{H}_0$	9.5
AC powered instruments			< 10 % of the indication without the disturbance	9.6
– voltage and frequency fluctuations	–12 % to +10 % of nominal voltage 47 to 53 Hz / 57 to 63 Hz			
– immunity from conducted RF	150 kHz to 80 MHz at 140 dB (μV) 80 % amplitude modulated with 1 kHz	IEC 61000-4-6, severity 3		
– surges and ring waves	2 kV ring wave 1,2/50 μs and 8/20 μs at 2 kV combination wave	IEC 61000-4-5 and IEC 61000-4-12, severity 3		
a) $\dot{H}_0$ is the lower limit of the effective range of measurement.				

9.2 Emission of electromagnetic radiation

9.2.1 Requirements

The electromagnetic fields emitted by an instrument at 3 m shall be less than what is shown in Table 4 and Table 5.

Table 5 – Emission frequency range

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

9.2.2 Method of test

Place the instrument in an area with a low and controllable radio frequency environment (e.g. anechoic chamber). Position an antenna 3 m from the instrument.

For installed instruments, verify that all external conducting cables are configured as they would be when installed.

With the instrument off, collect a background spectrum using a scanning bandwidth of 50 kHz. Switch the instrument on and perform an RF scan for each operating mode as applicable to the instrument type. The instrument shall be rotated to ensure all sides are measured for emissions.

Radio frequency emissions shall be below the values stated in Table 4 and Table 5.

9.3 Electrostatic discharge

9.3.1 Requirements

The instrument shall function properly during and after exposure to ESD at 6 kV (contact discharge for conductive surfaces) or 8 kV (air discharge for non-conductive or insulating surfaces).

The maximum spurious deviations (both transient and permanent) at the display or data output due to electrostatic discharge shall not exceed $\pm 0,7 \dot{H}_0$ after 10 discharges.

9.3.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

For line-powered (e.g., installed) systems, follow the tabletop or floor-standing set up requirements stated in the reference standard. Perform the contact discharge technique (non-insulated) or air discharge (insulated) based on the discharge point. Each discharge point shall be selected based on user accessibility during normal use. There shall be ten discharges per discharge point per polarity (positive and negative) with a minimum of 1 s recovery time between each discharge (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

9.4 Radio frequency disturbance

9.4.1 Requirements

The instrument should not be affected when exposed to RF fields in the ranges of 80 MHz to 1 000 MHz and 1,4 to 2,5 GHz at $10 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ using 80 % amplitude modulation with a 1 kHz sine wave.

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

9.4.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Place the instrument in a controlled RF environment (e.g., anechoic chamber). With the instrument functioning normally, expose it to an RF field as required. The test should be performed using an automated step-wise sweep at a frequency change rate of not greater than 1 % of the fundamental (previous) frequency. Dwell time should be chosen based on the instrument's response time, but should not be less than 3 s.

Due to the physical size of some instruments, it may be necessary to reposition the system or antenna to ensure that each side of the instrument is exposed at the proper intensity. A system orientation that provides a continuous RF shielded surface (e.g., the side of a metal cabinet without vents or seams) does not need to be tested (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

9.5 Magnetic fields

9.5.1 Requirements

Radiation instrumentation shall be fully functional when exposed to a 100 A/m (1,3 gauss) 50 Hz or 60 Hz magnetic field. The indication of the magnitude of the radiation field as well as any spectral response, when applicable, shall not change while being exposed to either magnetic field.

The test level chosen is associated with heavy industrial switchyard areas and power plants. Other test levels may be used based on the existence of magnetic field producing equipment (e.g., accelerators). For instruments that may be used in proximity to those devices, special testing should be performed to ensure that the instrument operates properly while in the magnetic field.

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

For radiation instrumentation whose sensitivity is decreased due to the effect of the magnetic field (e.g., instrumentation with photomultiplier tube), the specifications are determined by the agreement between the manufacturer and the purchaser.

9.5.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Using the "immersion" or "proximity" method (depending on the size of the detection assembly), exposure to the magnetic field shall be completed in two orientations (0° and 90°) relative to the magnetic field lines.

The instrument shall first be exposed to a 100 A/m (1,3 gauss) 50 Hz or 60 Hz AC magnetic field without any radiation sources present (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

9.6 Alternating current powered equipment requirements

9.6.1 Voltage and frequency fluctuations

9.6.1.1 Requirements

Mains operated assemblies should be designed to operate from single-phase AC supply voltage of 100 V to 240 V and from 47 Hz to 63 Hz.

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

9.6.1.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Increase the supply voltage to 10 % above the nominal value and observe the readings and functionality of the instrument. Decrease the supply voltage to 12 % below the nominal value and repeat the functionality process.

The above tests shall be repeated but instead of changing the voltage, the frequency shall be changed from 57 Hz to 63 Hz for 60 Hz supply voltage or 47 Hz to 53 Hz for 50 Hz supply voltage (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

9.6.2 Immunity from conducted RF

9.6.2.1 Requirements

The instrument should not be affected by RF fields that can be conducted onto the instrument through an external conducting cable.

Instruments that have shielded (i.e., placed in conduit) external conducting cables are excluded.

For the maximum spurious indications (both transient and permanent) of the display or data output due to conducted RF, conducted radiofrequencies shall be less than 10 % of the indication without the disturbances.

9.6.2.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Inject an RF signal into the power line over the frequency range of 150 kHz to 80 MHz at an intensity of 140 dB (μ V) 80 % amplitude modulated with a 1 kHz sine wave. The test should be performed using an automated sweep at a frequency change rate not greater than 1 % of the fundamental (previous) frequency. Dwell time should be chosen based on the monitor's response time, but should not be less than 3 s. Repeat the test (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

9.6.3 Surges and ring waves

9.6.3.1 Requirements

Instruments should not be affected by surges or oscillatory waves of up to 2 kV in amplitude that are classified as "combination waves" (damped surges) with rise/decay times of 1,2/50 μ s (open-circuit voltage waveform) and 8/20 μ s (short-circuit current waveform) or "ring waves" (single-shot oscillatory transients or non-repetitive damped oscillatory transients) with 0,5 μ s rise time and 100 kHz oscillation frequency, when such waves are conducted into the instrument through a power line.

For the maximum spurious indications (both transient and permanent) of the display or data output due to surge or oscillatory wave, 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.

9.6.3.2 Method of test

Perform the functionality pre-test as described in 5.8.2.

Apply 10 combination wave pulses to the instrument's power cable. The minimum time between each pulse shall be 1 min. Each pulse shall consist of a combination wave (1,2/50 μ s and 8/20 μ s) at an intensity of 2 kV. Repeat the procedure for each power cable, if more than one cable exists. Repeat the test using 2 kV ring wave pulses. Repeat the entire process (see Table 4).

Perform the functionality post-test as described in 5.8.3 as follows: the indication check during the disturbances and the alarm check after it. The alarm check may be performed after all of electromagnetic disturbances.

10 Documentation

10.1 Type test report

The manufacturer shall make available, at the request of the purchaser, the report on the type tests performed to the requirements of this document.

10.2 Certificate

A certificate shall be provided with each monitoring unit and detector assembly, including at least the following information in accordance to IEC 61187:

- manufacturer's name or registered trademark;
- type of assembly and serial number;
- types of radiation the assembly is intended to measure;

- where tested for operation in pulsed radiation fields, the dose rates, pulse duration times and pulse repetition rates;
- reference point of the assembly;
- power supply requirements;
- operating temperature range;
- declaration of conformity with respect to this document.

10.3 Operation and maintenance manual

An operation and maintenance manual containing at least the following information in accordance with IEC 61187 shall be supplied:

- schematic electrical diagrams including spare parts list;
- operational details, maintenance and testing procedures.

The maintenance manual user instructions shall be written in an unambiguous manner. These instructions have to be the same for all parts of the type test and cover routine use.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020

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 ([1], [3], [4], [7])

Neutron energy MeV	Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients $H^*(10) / \Phi$ $\text{pSv} \cdot \text{cm}^{-2}$
$1,00 \times 10^{-9}$	6,60
$1,00 \times 10^{-8}$	9,90
$2,53 \times 10^{-8}$	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
2,00	420
3,00	412
4,00	408

Neutron energy MeV	Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients $H^*(10)/\Phi$ $\text{pSv}\cdot\text{cm}^{-2}$
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

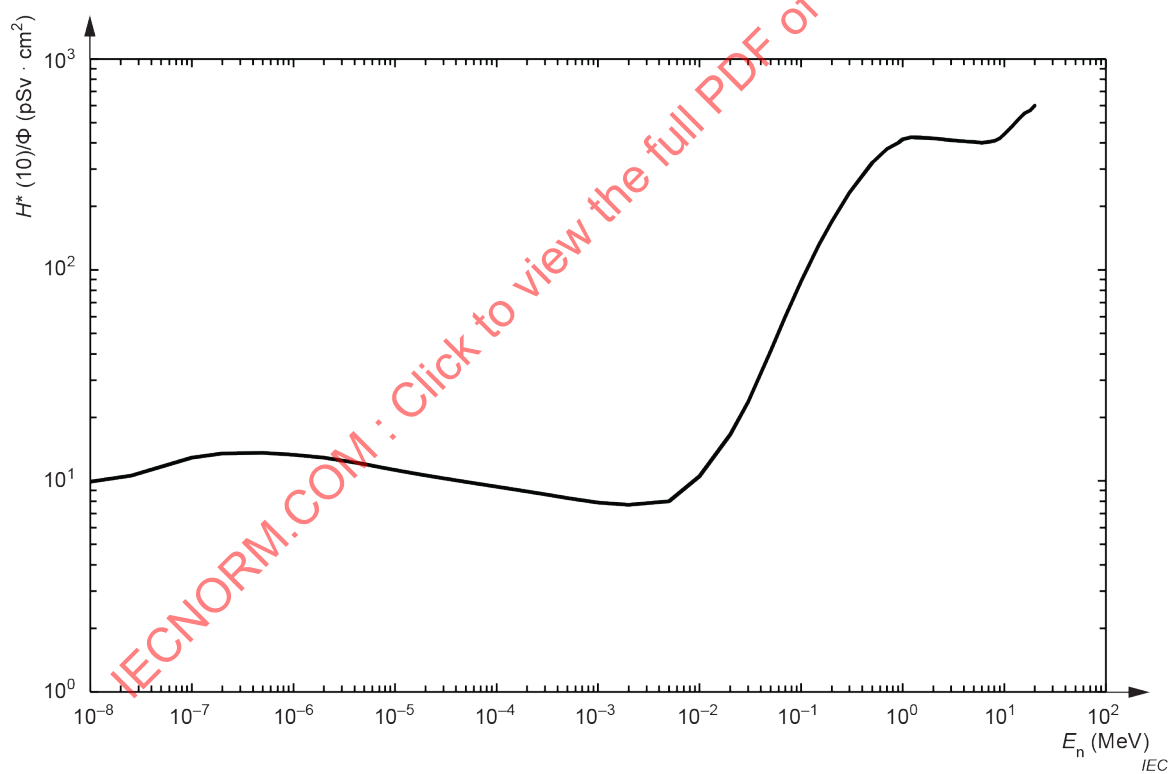


Figure A.1 – Neutron fluence-to-ambient dose equivalent conversion coefficients for mono-energetic neutrons [3]

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

Source	Fluence averaged neutron energy	Averaged neutron fluence-to-dose equivalent conversion coefficients $H^*(10)/\Phi$
	MeV	pSv·cm ⁻²
²⁵² Cf	2,13	385
²⁵² Cf(D ₂ O) moderated	0,55	105
²⁴¹ Am-Be (α,n)	4,16	391
D(d,n) ³ He	2,8	413
T(d,n) ⁴ He	14,8	536
NOTE Averaged neutron energy and averaged neutron fluence-to-ambient dose conversion coefficients in this table are provided for D(d,n) ³ He and T(d,n) ⁴ He neutrons emitted at 0° degree with respect to the direction of the incident deuterons.		

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2019

Bibliography

- [1] ICRP Publication 74:1996, "Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation", *Annals of the ICRP*, Vol. 26, 2/4
 - [2] ICRU Report 51:1993, *Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry*
 - [3] ICRU Report 57:1998, *Conversion Coefficients for Use in Radiation Protection Against External Radiation*
 - [4] ICRP Publication 116:2010, "Conversion Coefficients for Radiological Protection Quantities for External Radiation Exposures", *Annals of the ICRP*, Vol. 40(2-5)
 - [5] JCGM 100:2008, *Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*
 - [6] 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
 - [7] ICRU Report 66:2001, *Determination of Operational Dose Equivalent Quantities For Neutrons*
 - [8] IEC 60860:2014, *Radiation protection instrumentation – Warning equipment for criticality accidents*
-

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	58
1 Domaine d'application	60
2 Références normatives	61
3 Termes et définitions, termes abrégés et symboles, grandeurs et unités.....	62
3.1 Termes et définitions	62
3.2 Termes abrégés et symboles	69
3.3 Grandeurs et unités	70
4 Exigences de conception	71
4.1 Construction et performances	71
4.1.1 Généralités	71
4.1.2 Configuration de l'équipement	71
4.1.3 Fiabilité de l'équipement	71
4.2 Dispositifs d'indication	72
4.3 Installations d'alarme	72
4.3.1 Généralités	72
4.3.2 Alarmes de haut niveau	72
4.3.3 Alarmes de bas niveau	73
4.3.4 Alarmes de défaut de l'instrument.....	73
4.4 Dispositifs externes.....	73
4.5 Etendue de mesure effective.....	73
4.5.1 Généralités	73
4.5.2 Exigences.....	73
4.5.3 Interdépendance entre le temps de réponse et les fluctuations statistiques	74
4.5.4 Domaine assigné d'une grandeur d'influence	74
4.5.5 Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	74
4.6 Classification de la protection contre la pénétration (IP).....	74
4.7 Etiquetage et marquage de l'ensemble.....	74
4.8 Sécurité fonctionnelle	75
5 Procédure générale d'essai	75
5.1 Exigences d'essai	75
5.2 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence.....	76
5.2.1 Généralités	76
5.2.2 Essais pour les grandeurs d'influence de type F	78
5.2.3 Essais pour les grandeurs d'influence de type S	78
5.3 Point d'essai	78
5.4 Fluctuations statistiques	78
5.5 Sources de rayonnement	79
5.6 Champs de neutrons au poste de travail	79
5.7 Prise en compte de plusieurs détecteurs ou signaux dans un débitmètre de dose	79
5.8 Essai de fonctionnalité	80
5.8.1 Généralités	80
5.8.2 Pré-essai (préparation)	80
5.8.3 Post-essai	80
6 Exigences de détection des rayonnements	81
6.1 Généralités	81

6.2	Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie.....	81
6.3	Linéarité de la réponse en débit de dose.....	81
6.3.1	Exigences.....	81
6.3.2	Essais à effectuer.....	81
6.3.3	Essais de type.....	81
6.3.4	Essais individuels de série.....	82
6.3.5	Méthode d'essai utilisant des sources.....	82
6.3.6	Interprétation des résultats de l'essai utilisant des sources.....	82
6.3.7	Procédure d'essai avec variation de la distance d'étalonnage.....	82
6.3.8	Interprétation des résultats de l'essai avec variation de la distance d'étalonnage.....	83
6.3.9	Méthode d'essai par équivalent électrique.....	83
6.3.10	Interprétation du résultat de l'essai par équivalent électrique.....	83
6.4	Variation de la réponse due à l'énergie des neutrons.....	83
6.4.1	Généralités.....	83
6.4.2	Exigences.....	84
6.4.3	Méthode d'essai.....	84
6.4.4	Interprétation des résultats.....	85
6.5	Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence.....	85
6.5.1	Généralités.....	85
6.5.2	Exigences.....	85
6.5.3	Méthode d'essai.....	87
6.5.4	Interprétation des résultats de l'essai.....	88
6.6	Réponse à d'autres rayonnements ionisants externes.....	88
6.6.1	Rayonnements alpha et bêta.....	88
6.6.2	Rayonnement photonique.....	88
6.7	Caractéristiques de surcharge.....	89
6.7.1	Exigences.....	89
6.7.2	Méthode d'essai.....	89
6.8	Fluctuations statistiques.....	90
6.8.1	Exigences.....	90
6.8.2	Méthode d'essai.....	90
6.8.3	Interprétation des résultats.....	90
6.9	Temps de réponse.....	90
6.9.1	Exigences.....	90
6.9.2	Méthode d'essai.....	91
6.10	Dérive du zéro.....	91
6.10.1	Exigences.....	91
6.10.2	Méthode d'essai.....	91
6.11	Exigences d'alarme.....	92
6.11.1	Exigences.....	92
6.11.2	Méthode d'essai.....	92
6.12	Alarmes de défaillance de l'équipement.....	92
6.12.1	Exigences.....	92
6.12.2	Méthode d'essai.....	92
6.13	Essai de fausses alarmes.....	92
6.13.1	Exigences.....	92
6.13.2	Méthode d'essai.....	92
6.14	Stabilité et temps de réponse de l'alarme.....	92

6.14.1	Exigences.....	92
6.14.2	Méthode d'essai	93
6.15	Préchauffage	93
6.15.1	Exigences.....	93
6.15.2	Méthode d'essai	94
6.16	Sources d'alimentation.....	94
6.16.1	Exigences.....	94
6.16.2	Méthode d'essai	94
7	Exigences d'environnement.....	95
7.1	Généralités	95
7.2	Température ambiante.....	95
7.2.1	Exigences.....	95
7.2.2	Méthode d'essai	95
7.3	Humidité relative.....	96
7.3.1	Exigences.....	96
7.3.2	Méthode d'essai	96
7.4	Classification IP.....	96
7.4.1	Exigences.....	96
7.4.2	Méthode d'essai	97
8	Exigences mécaniques	97
8.1	Généralités	97
8.2	Effets microphoniques/impact	97
8.2.1	Exigences.....	97
8.2.2	Méthode d'essai	97
9	Exigences électromagnétiques	97
9.1	Généralités	97
9.2	Emission de rayonnement électromagnétique	98
9.2.1	Exigences.....	98
9.2.2	Méthode d'essai	99
9.3	Décharge électrostatique	99
9.3.1	Exigences.....	99
9.3.2	Méthode d'essai	99
9.4	Perturbation due aux radiofréquences.....	100
9.4.1	Exigences.....	100
9.4.2	Méthode d'essai	100
9.5	Champs magnétiques	100
9.5.1	Exigences.....	100
9.5.2	Méthode d'essai	100
9.6	Exigences relatives aux équipements alimentés en courant alternatif.....	101
9.6.1	Fluctuations de tension et de fréquence.....	101
9.6.2	Immunité par rapport aux RF conduites	101
9.6.3	Surtensions et ondes sinusoïdales fortement amorties.....	102
10	Documentation	102
10.1	Rapport d'essai de type	102
10.2	Certificat.....	103
10.3	Manuel de fonctionnement et de maintenance	103
Annexe A (informative)	Coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant	104

Bibliographie.....	107
Figure 1 – Essai pour la réponse angulaire	86
Figure A.1 – Coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques [3]	105
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normales.....	75
Tableau 2 – Caractéristiques de rayonnement des débitmètres d'équivalent de dose ambiant neutron.....	77
Tableau 3 – Caractéristiques électriques et d'environnement des débitmètres d'équivalent de dose ambiant.....	93
Tableau 4 – Valeurs maximales de l'écart en raison de perturbations électromagnétiques.....	98
Tableau 5 – Plage de fréquences d'émission	99
Tableau A.1 – Coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant pour les neutrons monoénergétiques ([1], [3], [4], [7]).....	104
Tableau A.2 – Coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant pour les sources de rayonnement neutronique de référence ([3] et ISO 8529-3)	106

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉBITMÈTRES D'ÉQUIVALENT DE DOSE AMBIANT, ENSEMBLES D'ALARME ET MONITEURS À POSTE FIXE POUR DES ÉNERGIES DE NEUTRONS COMPRISES ENTRE L'ÉNERGIE THERMIQUE ET 20 MeV

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 61322 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1994. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) le présent document a été mis à jour afin d'intégrer les exigences des normes IEC pertinentes: l'IEC 60532:2010 et l'IEC 61005:2014.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/944/FDIS	45B/952/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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61322:2020

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – DÉBITMÈTRES D'ÉQUIVALENT DE DOSE AMBIANT, ENSEMBLES D'ALARMES ET MONITEURS À POSTE FIXE POUR DES ÉNERGIES DE NEUTRONS COMPRISES ENTRE L'ÉNERGIE THERMIQUE ET 20 MeV

1 Domaine d'application

Le présent document s'applique aux débitmètres d'équivalent de dose, aux ensembles d'alarmes et aux moniteurs à poste fixe, comme défini ci-dessous. Il couvre les équipements destinés à mesurer les rayonnements neutroniques dans les débits d'équivalent de dose dont la région d'énergie est comprise entre l'énergie thermique et 20 MeV pour les besoins de la radioprotection.

Les ensembles de ce type sont généralement définis comme des moniteurs de rayonnements de zone. Ils sont normalement utilisés pour déterminer en continu la situation radiologique des zones de travail dans lesquelles le champ de rayonnement peut varier au fil du temps (par exemple les centrales nucléaires, les accélérateurs de particules, les laboratoires à haute activité de rayonnement, les usines de retraitement de combustible, etc.) et pour déclencher des alarmes lorsque le champ de rayonnement sort des limites prédéterminées.

Les ensembles couverts par le présent document comprennent au moins:

- un ensemble de détection, qui peut comprendre par exemple un détecteur de neutrons thermiques (par exemple, un compteur proportionnel BF_3 , un compteur proportionnel ^3He , un détecteur à scintillation $^6\text{LiI}(\text{TI})$, etc.) et un matériau modérateur et absorbant enveloppant le détecteur;
- un ensemble de traitement, pouvant être placé dans un bâtiment central, qui, dans le cas des ensembles d'alarmes et des moniteurs, fournit des signaux de sortie et des contacts capables d'activer une alarme ou d'autres circuits de déclenchement;
- sinon, le cas où tous les composants électroniques de traitement sont placés à l'intérieur de l'unité de détection ("blocs intelligents") peut être envisagé. Dans ce cas, les fonctions de l'ensemble de traitement ne comprennent que l'indication, les signaux de sortie et les contacts.

Le présent document spécifie les caractéristiques générales, les procédures d'essai générales, les caractéristiques de rayonnement, les caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et d'environnement, ainsi que le certificat d'identification concernant les ensembles relevant du domaine d'application.

Les ensembles conçus pour réaliser des fonctions combinées satisfont aux exigences s'appliquant à chacune de ces fonctions.

Le présent document ne s'applique pas aux moniteurs de criticité couverts par l'IEC 60860 ni aux ensembles destinés à fournir des informations concernant les paramètres de fonctionnement des centrales nucléaires à des fins de contrôle. Le présent document ne s'applique pas aux caractéristiques de fonctionnement des instruments d'indication ou d'enregistrement en tant que tels (par exemple, indicateurs, enregistreurs, etc.). Les caractéristiques de ces instruments sont conformes aux exigences générales applicables.

Le présent document ne couvre pas les dosimètres (ou débitmètres) de dose neutron tenus à la main ni les instruments tenus à la main couverts par l'IEC 61005.

Le présent document ne spécifie aucun essai concernant les exigences de performance dans des champs de rayonnement pulsés. Il est convenu qu'un ensemble conçu pour satisfaire au présent document peut ne pas convenir à une utilisation dans ces champs.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-395:2014, *Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) – Partie 395: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques, notions fondamentales, instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

IEC 60529:1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes – Code IP*

IEC 61000-4-2:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-2: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux décharges électrostatiques*

IEC 61000-4-3:2006, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-3: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux champs électromagnétiques rayonnés aux fréquences radioélectriques*

IEC 61000-4-5:2014, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-5: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité aux ondes de choc*

IEC 61000-4-6:2008, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-6: Techniques d'essai et de mesure – Immunité aux perturbations conduites, induites par les champs radioélectriques*

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

IEC 61000-4-12, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4-12: Techniques d'essai et de mesure – Essai d'immunité à l'onde sinusoïdale amortie*

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

IEC 61508 (toutes les parties), *Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/électroniques programmables relatifs à la sécurité*

ISO 4037-1:2019, *Radioprotection – Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

ISO 4037-2:2019, *Radioprotection – Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

ISO 4037-3:2019, *Radioprotection – Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons – Partie 3: Etalonnage des dosimètres de zone et individuels et mesure de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

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: Etalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*

ISO 11929 (toutes les parties): *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle élargi) 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*

3 Termes et définitions, termes abrégés 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.

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

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

NOTE Par souci de clarté et de concision, le terme "débitmètre d'équivalent de dose ambiant neutron" est abrégé en "débitmètre de dose neutron" dans le présent document. Dans le présent document, le terme "débitmètre de dose neutron" est compris comme "débitmètre d'équivalent de dose ambiant neutron".

3.1.1

fluence de neutrons

Φ

quotient de dN par da , où dN est le nombre de neutrons incidents qui pénètrent dans une sphère dont les grands cercles ont pour aire da

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

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

3.1.2

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 dt :

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

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

3.1.3

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 l'ICRU, à une profondeur de 10 mm, sur le rayon qui fait face à la direction du champ unidirectionnel [1], [2], [3], [4]¹

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, à condition que celui-ci soit uniforme sur le volume de l'instrument.

3.1.4

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

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

3.1.5

coefficient de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant

$$h_\phi$$

quotient de l'équivalent de dose ambiant neutron, $H^*(10)$, et de la fluence de neutrons, Φ , 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.

3.1.6

distance d'étalonnage

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

3.1.7

point de référence d'un ensemble

repère physique ou virtuel sur l'ensemble à utiliser afin de positionner celui-ci au point d'essai. Ce repère correspond généralement au centre géométrique ou effectif du détecteur

Note 1 à l'article: Le point de référence effectif d'un ensemble est situé à une distance spécifiée par le fabricant pour l'énergie spécifiée, à partir d'un point de référence de l'ensemble à utiliser afin de positionner l'ensemble à un point où la valeur conventionnellement vraie d'une grandeur à mesurer est connue.

3.1.8

valeur conventionnellement vraie

$$\dot{H}_t$$

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

Note 1 à l'article: Dans le présent document, la grandeur est le débit d'équivalent de dose.

Note 2 à l'article: Une valeur conventionnellement vraie est parfois une estimation d'une valeur vraie d'une grandeur.

¹ Les chiffres entre crochets se réfèrent à la Bibliographie.

Note 3 à l'article: Une valeur conventionnellement vraie est, en général, acceptée comme étant associée à une faible incertitude de mesure appropriée, qui peut être nulle.

3.1.9

valeur indiquée

$\dot{H}_i$

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

3.1.10

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_ϕ est la réponse de fluence de neutrons (voir définition 3.1.11), et

h_ϕ est le coefficient de conversion fluence neutron-équivalent de dose ambiant (voir définition 3.1.5)

3.1.11

réponse de fluence de neutrons

R_ϕ

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation

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

où

M est la lecture par l'instrument soumis à l'essai (débitmètre de dose) de la fluence de neutrons; et

Φ est la valeur conventionnellement vraie 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 m².

3.1.12

réponse de référence

R_r

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

$$R_r = \frac{\dot{H}_r}{\dot{H}_t}$$

où

$\dot{H}_r$ est la valeur indiquée correspondante de la grandeur à mesurer dans les conditions de référence, et

$\dot{H}_t$ est la valeur conventionnellement vraie (3.1.8) 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 le débit de dose sont indiquées dans le Tableau 1.

3.1.13 réponse relative

r

quotient de la réponse R (3.1.11) par la réponse de référence R_r (3.1.12)

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

3.1.14 réponse d'un ensemble de mesure de rayonnement

R

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation

$$R = \frac{\dot{H}_i}{\dot{H}_t}$$

où

$\dot{H}_i$ est la valeur indiquée de la grandeur (3.1.9) mesurée par l'instrument soumis à l'essai, et

$\dot{H}_t$ est la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur (3.1.8)

3.1.15 erreur relative d'une indication

I

erreur relative, I , de l'indication d'un ensemble exprimée en pourcentage par la relation:

$$I(\%) = \frac{\dot{H}_i - \dot{H}_t}{\dot{H}_t} \times 100$$

3.1.16 coefficient de variation

v

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

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

3.1.17 étendue de mesure effective

plage des valeurs du débit d'équivalent de dose ambiant dans laquelle les performances du débitmètre d'équivalent de dose ambiant satisfont aux exigences du présent document

3.1.18 fabricant

concepteur et vendeur de l'équipement

3.1.19

acheteur

utilisateur (opérateur) de l'équipement

3.1.20

ordre de grandeur

étendue de mesure ou niveaux à mesurer qui diffèrent d'un facteur 10 environ pour un ordre de grandeur, d'un facteur 100 environ pour deux ordres de grandeur, d'un facteur 1 000 environ pour trois ordres de grandeur, etc.

3.1.21

alarme

signal sonore, visuel ou autre déclenché lorsque la lecture de l'instrument dépasse une valeur prédéfinie, se trouve à l'extérieur d'une plage prédéfinie, 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 prédéfinie

3.1.22

niveau de fond

champ de rayonnement dans lequel l'instrument est destiné à fonctionner, y compris le bruit de fond produit par la présence naturelle de matériaux radioactifs et de rayonnements cosmiques

3.1.23

écart

D

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

$$D = \dot{H}_i - \dot{H}_r$$

où

$\dot{H}_i$ est la valeur indiquée sous l'effet de la grandeur d'influence, et

$\dot{H}_r$ 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.

3.1.24

grandeur d'influence

grandeur différente du mesurande, mais qui affecte 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'un mesurage dépend d'une autre grandeur d'influence, ces deux grandeurs d'influence sont traitées comme une grandeur d'influence unique.

3.1.25

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.

3.1.26**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.

3.1.27**limite inférieure de l'étendue de mesure effective**

$\dot{H}_0$

plus faible valeur de débit de dose comprise dans l'étendue de mesure effective

3.1.28**valeur mesurée**

M

valeur qui peut être obtenue à partir de la valeur indiquée $\dot{H}_i$ 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 JCGM 100:2008[5], 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 $\dot{H}_i$,

avec le facteur d'étalonnage de référence N_0 , la correction pour la réponse non linéaire r_n , les l écarts D_p ($p = 1 \dots l$) pour les grandeurs d'influence de type S, et les m valeurs de la réponse relative r_q ($q = 1 \dots m$) pour les grandeurs d'influence de type F:

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

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 débitmètre de dose peut être utilisée.

Note 5 à l'article: Lorsque les commandes d'étalonnage sont réglées conformément aux instructions du fabricant, que le facteur d'étalonnage de référence, que la correction de la réponse non linéaire et que toutes les valeurs de réponse relative sont mises à un et que les écarts sont mis à zéro, ces réglages donnent lieu à une incertitude de mesure qui peut être déterminée à partir de la variation mesurée des valeurs de réponse et des écarts mesurés. Pour un débitmètre de dose soumis à l'essai conformément au présent document, toutes ces données sont disponibles.

3.1.29**linéarité**

variation de la valeur de la réponse (relative) avec le débit de dose mesuré

3.1.30**domaine d'utilisation assigné d'un débitmètre d'équivalent de dose**

plage des valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre d'instrument dans laquelle le débitmètre d'équivalent de dose fonctionne dans les limites de variation spécifiées. Ses limites correspondent aux valeurs minimales et maximales des valeurs assignées

3.1.31

direction de référence

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

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

3.1.32

étalon de référence

étalon ayant généralement la qualité métrologique la plus élevée en un endroit donné ou dans une organisation donnée, à partir duquel les mesures qui y sont effectuées sont dérivées

[SOURCE: IEC 60050-395:2014, 395-03-113]

3.1.33

conditions d'essai normales

conditions représentant la plage des valeurs d'une série de grandeurs d'influence pour lesquelles un étalonnage ou une détermination de la réponse est réalisé(e)

3.1.34

valeurs d'essai normales

valeur, valeurs ou plage des valeurs d'une grandeur d'influence ou d'un paramètre d'instrument, qui sont admises lors des étalonnages ou des essais réalisés sur une autre grandeur d'influence ou un autre paramètre d'instrument

Note 1 à l'article: Dans les conditions d'essai normales, les grandeurs d'influence et les paramètres d'instrument sont définis sur leurs valeurs d'essai normales.

3.1.35

temps d'établissement de l'équilibre thermique

<hors tension> temps nécessaire pour que l'instrument atteigne l'équilibre thermique sans alimentation électrique

3.1.36

ensemble de détection

DA

composant du système de surveillance des rayonnements à poste fixe qui contient les détecteurs et les dispositifs électroniques associés, ainsi que des circuits électroniques programmables

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "DA" est dérivé du terme anglais développé correspondant "detector assembly".

3.1.37

ensemble de traitement

PA

ensemble (pouvant être associé à un ou plusieurs ensembles de détection) qui convertit le signal de sortie délivré par les ensembles de détection en une forme généralement numérique, adaptée à la transmission par une liaison de données vers l'ordinateur central, le centralisateur et/ou qui génère des sorties d'alarme vers les unités d'alarme à des niveaux de signal prédéfinis

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "PA" est dérivé du terme anglais développé correspondant "processing assembly".

3.1.38**ensemble d'alarme****AA**

ensemble qui déclenche une alarme sonore ou visuelle normalement locale à l'ensemble de détection (DA) en cas de dépassement d'un seuil d'alarme ou en cas de défaut de l'équipement

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "AA" est dérivé du terme anglais développé correspondant "alarm assembly".

3.1.39**ensemble de surveillance****MA**

combinaison d'ensembles de traitement, d'alarme et de détection

Note 1 à l'article: Le terme abrégé "MA" est dérivé du terme anglais développé correspondant "monitoring assembly".

3.1.40**nomenclature d'essai****3.1.40.1****essais de qualification**

essais effectués sur un échantillon représentatif d'équipement afin de vérifier l'adéquation de la conception et que l'équipement satisfait aux spécifications convenues entre le fabricant et l'utilisateur en conditions de fonctionnement normales et dans les scénarios de fonctionnement prévus

Note 1 à l'article: Les essais de qualification sont réalisés afin de vérifier que les exigences d'une spécification sont respectées.

Note 2 à l'article: Les essais de qualification sont divisés en deux catégories: les essais de type et les essais individuels de série.

3.1.40.2**essai de type**

essai de conformité effectué sur une ou plusieurs entités représentatives de la production

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

3.1.40.3**essai individuel de série**

essai de conformité effectué sur chaque entité en cours ou en fin de fabrication

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

3.1.40.4**essai de réception**

essai contractuel visant à prouver au client que le dispositif remplit certaines spécifications

3.1.40.5**essais supplémentaires**

essai ayant pour objet de fournir des informations supplémentaires sur certaines caractéristiques des ensembles

3.2 Termes abrégés et symboles

c.a.	courant alternatif
D	écart
ϕ	débit de fluence de neutrons
g	accélération due à la pesanteur (accélération en chute libre)

$\dot{H}^*(10)$	débit d'équivalent de dose ambiant
$\dot{H}_0$	limite inférieure de l'étendue de mesure effective 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
$\dot{H}_a$	valeur de réglage d'alarme en débit de dose
h_ϕ	coefficient de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant
$\dot{H}_i$	valeur indiquée de la grandeur
$\dot{H}_t$	valeur conventionnellement vraie
S_0	signal électrique d'entrée à injecter pour produire la valeur indiquée $\dot{H}_0(10)$
S_1	signal électrique d'entrée à injecter pour produire la valeur indiquée $\dot{H}_1(10)$
Classification IP	indice de protection contre la pénétration selon l'IEC 60529
R_0	réponse de référence
R_H	réponse d'équivalent de dose neutron
R_ϕ	réponse de fluence de neutrons
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
ν	coefficient de variation

3.3 Grandeurs et unités

Le présent document utilise les unités du système international (SI)². Les définitions relatives aux grandeurs de rayonnement sont données dans l'IEC 60050-395. Les anciennes unités correspondantes (non SI) sont indiquées entre parenthèses.

Néanmoins, les unités suivantes peuvent également être utilisées:

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

Les multiples et sous-multiples d'unités SI sont utilisés, dans la mesure du possible, conformément au système SI.

² Bureau international des poids et mesures: Système international d'unités, 8^e édition, 2006.

4 Exigences de conception

4.1 Construction et performances

4.1.1 Généralités

L'équipement peut être conçu comme un ensemble autonome (ensemble de surveillance), avec l'ensemble de détection placé à côté ou à l'intérieur de l'ensemble de surveillance, ou avec le détecteur branché à distance du reste de l'équipement.

Il est souhaitable de fournir toutes ces options par une conception d'équipement commune unique et que cette conception permette d'utiliser d'autres types de détecteurs avec les mêmes ensembles d'indication et d'alarme.

4.1.2 Configuration de l'équipement

Le type d'équipement défini dans le présent document comprend généralement jusqu'à quatre types d'ensembles, qui peuvent être interconnectés selon plusieurs configurations.

Ces ensembles sont:

- l'ensemble de détection (DA);
- l'ensemble de traitement (PA);
- l'ensemble d'alarme (AA);
- l'ensemble de surveillance (MA).

La conception de l'équipement doit tenir compte de son utilisation pratique, en notant qu'il peut être exigé de mesurer des champs de rayonnement incidents selon différents angles par rapport à la localisation des sources.

Lorsque les ensembles de détection doivent être utilisés dans des champs neutroniques intenses, il convient de construire l'ensemble de détection avec des matériaux qui réduisent le plus possible les effets de l'activation neutronique.

Il convient de construire l'ensemble de détection avec des matériaux lisses et non poreux afin de réduire la possibilité de contamination et de le concevoir afin de faciliter la décontamination.

4.1.3 Fiabilité de l'équipement

La fiabilité exigée des fonctions doit être spécifiée de manière quantitative (moyenne des temps de bon fonctionnement) ou qualitative (conformité au critère de défaillance unique).

Pour n'importe quelle partie de l'équipement (y compris l'ensemble d'échantillonnage, le cas échéant) soumise à une maintenance programmée adéquate, il convient de respecter les exigences suivantes:

- moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF, *Mean Time Between Failure*): > 20 000 h (avec maintenance préventive).

Dans certains cas, le fonctionnement de l'équipement dans des lieux soumis à des perturbations sismiques peut être exigé. Les exigences concernant le fonctionnement de l'équipement dans de telles conditions doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, ainsi que toute exigence d'essai supplémentaire.

Lorsque des sources radioactives sont incorporées dans l'équipement, ces sources et l'étiquetage sur l'instrument doivent être conformes aux réglementations internationales et nationales en vigueur pour les matériaux radioactifs.

Le temps pendant lequel la fonction des sources radioactives est effective doit être spécifié par le fabricant et ne doit pas être inférieur à 5 ans, à moins de fournir un ajustage de la position de la source prenant en compte la demi-vie de la source. Dans ce cas, l'ajustage ne doit pas être exigé plus d'une fois par an.

4.2 Dispositifs d'indication

Les ensembles de traitement doivent être capables de fournir une indication locale. Il convient que l'équipement comporte le dispositif permettant de transmettre une indication vers des emplacements distants. La performance de l'équipement doit être indépendante de tout mode opérationnel et ne doit pas être affectée par la défaillance d'un équipement situé à un emplacement distant. En outre, un dispositif permettant la connexion d'un enregistreur local de courbes peut être prévu.

Dans le cas d'un débitmètre analogique à échelle logarithmique, il convient que l'affichage de l'ensemble de traitement ait une longueur d'échelle d'au moins 20 mm par décade avec les graduations intermédiaires adéquates. Un affichage numérique peut être utilisé tant qu'il fournit une indication claire des échelles. Dans le cas d'une unité de traitement à échelles linéaires, le rapport des indications entre les échelles adjacentes ne doit pas dépasser un facteur 10.

4.3 Installations d'alarme

4.3.1 Généralités

Les ensembles d'alarmes doivent être capables de fournir des alarmes sonores et visuelles locales. Les exigences concernant les alarmes sonores et visuelles doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. Il convient que l'équipement comporte le dispositif permettant de transmettre les alarmes vers des emplacements distants.

Les ensembles de mesure comportant des circuits de déclenchement doivent, si possible, fournir une "sécurité intrinsèque"; en cas d'interruption ou de coupure de l'alimentation ou de défaillance d'un composant entraînant une perte du signal, ils doivent actionner un circuit de déclenchement pour déclencher une alarme. Il convient qu'une coupure d'alimentation ne désactive pas l'alarme. Une indication de la coupure d'alimentation doit être fournie.

Les circuits d'alarme doivent être exploitables pour maintenir une condition d'alarme jusqu'à une réinitialisation spécifique par une commande de réinitialisation ou jusqu'à une réinitialisation automatique à la disparition de l'état d'alarme. Les deux modes de fonctionnement doivent être accessibles par simple modification sur tous les équipements.

Toutes les fonctions d'alarme doivent être fournies avec des installations d'essai afin d'effectuer une vérification du fonctionnement des alarmes. Dans le cas d'alarmes réglables, la vérification doit être possible sur la plage de réglage avec indication du point de fonctionnement réel de l'alarme.

Il convient de fournir normalement les dispositifs suivants.

4.3.2 Alarmes de haut niveau

Il convient de fournir au minimum une alarme de haut niveau. Les valeurs de consigne d'alarme peuvent être fixes ou réglables. Chaque alarme s'active lorsque la valeur affichée atteint la valeur de consigne. D'autres alarmes (niveau d'alerte) peuvent être fournies pour fonctionner sur les débits de dose croissants, mais à un niveau inférieur au niveau d'alarme.

Il convient que l'alarme réglable couvre au moins 10 % à 100 % de la lecture d'échelle (échelles linéaires) allant de 50 % de l'échelle d'ordre de grandeur la plus basse jusqu'à 100 % de l'échelle d'ordre de grandeur la plus élevée (échelles logarithmiques) et l'ensemble des décades sauf la moins significative pour les affichages numériques.

4.3.3 Alarmes de bas niveau

Il convient de fournir un dispositif d'alarmes de bas niveau. Elles doivent être réglables comme défini en 4.3.2. Elles doivent fonctionner sur les débits de dose décroissants et se comportent généralement comme une alarme de défaut supplémentaire, mais peuvent être utilisées pour le contrôle de procédé.

4.3.4 Alarmes de défaut de l'instrument

Il convient de fournir, dans toute la mesure raisonnablement pratique, des dispositifs de diagnostic afin de détecter les défaillances de composants électroniques, de firmwares (logiciels) de traitement et de communication entre unités pouvant entraîner la perte de la fonction de sécurité de l'équipement. Ces installations doivent déclencher une alarme ou une indication de défaut. Une indication distincte de la source du défaut est souhaitable.

Lorsque l'équipement est utilisé pour réaliser une fonction de sécurité, il convient d'identifier la défaillance du détecteur dans un délai comparable au délai de déclenchement de l'alarme.

4.4 Dispositifs externes

Si un ensemble peut fonctionner avec un dispositif de lecture distant (compteur ou intégrateur, par exemple), la sortie de l'ensemble doit comporter un marquage adéquat.

Il est recommandé de prévoir les connexions d'entrée et de sortie suivantes, appropriées à l'ensemble:

- une connexion d'entrée raccordée à l'entrée du préamplificateur pour les besoins de l'essai électrique;
- une connexion de sortie au niveau de l'amplificateur;
- une connexion de sortie au niveau de l'unité de discrimination.

4.5 Etendue de mesure effective

4.5.1 Généralités

Il convient que l'étendue de mesure effective couvre au moins 4 décades. Une étendue effective type est comprise entre $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $100 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$. La mesure de débits d'équivalent de dose plus élevés, jusqu'à $1 \text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ou plus, peut être exigée et doit être intégrée dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

L'équipement doit présenter l'étendue de mesure effective suivante:

- pour les unités de traitement à échelles linéaires, l'étendue effective doit être comprise entre 10 % et 100 % de chaque étendue;
- pour les unités de traitement à échelle logarithmique, l'étendue effective doit être comprise entre 1,5 fois le plus petit débit de dose significatif marqué et la pleine échelle;
- pour les unités de traitement à indication numérique, l'étendue effective doit être comprise entre une première indication de l'avant-dernier chiffre significatif (c'est-à-dire deux chiffres indiqués) et l'étendue totale des indications disponibles.

4.5.2 Exigences

L'étendue de mesure effective ne doit pas être inférieure aux valeurs ci-dessous:

- a) pour les débitmètres d'équivalent de dose à affichage de type analogique (linéaire ou logarithmique, par exemple), une étendue par ordre de grandeur de 10 % à 100 % de la déflexion maximale angulaire pour chaque étendue d'échelle, et pour les débitmètres d'équivalent de dose avec deux étendues par ordre de grandeur de 30 % à 100 % de la déflexion maximale angulaire pour chaque étendue d'échelle;

- b) pour les débitmètres d'équivalent de dose à affichage 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 (soit quatre ordres de grandeur) ou entre 3,0 et 9 999,9 (soit trois ordres de grandeur et demi);
- c) pour les débitmètres d'équivalent de dose à affichage numérique ou scientifique (par exemple, x,yz E ± ab), la mantisse doit être composée d'au moins trois chiffres (1,00 à 9,99, par exemple). Le fabricant doit définir l'étendue de mesure effective (par exemple $1,00 \cdot 10^{-7}$ à $9,99 \cdot 10^{-2}$ avec l'unité Sv·h⁻¹);
- d) pour les débitmètres d'équivalent de dose comportant plus d'une échelle, l'étendue de mesure effective doit être comprise 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 l'étendue de mesure effective.

Lorsque les méthodes d'essai ne couvrent pas l'étendue de mesure effective et que l'une des variations observées est proche de la limite admise, il peut être nécessaire de procéder à des essais supplémentaires afin de démontrer la conformité à l'exigence considérée sur l'ensemble de l'étendue de mesure effective. Un accord relatif à des essais supplémentaires doit être conclu entre l'acheteur et le fabricant.

4.5.3 Interdépendance 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 en 6.8 et en 6.9.

Pour les valeurs de débit de dose élevées, il est recommandé de réduire dans la mesure du possible le temps de réponse tout en respectant les limites imposées dans le présent document. Les temps de réponse inférieurs à 1 s offrent peu d'avantages et il est donc préférable de réduire les fluctuations statistiques.

Pour les valeurs de débit de dose très faibles, le fabricant doit préciser les valeurs correspondantes du coefficient de variation et du temps de réponse qui peuvent, en accord avec l'acheteur, dépasser les limites données en 6.8 et en 6.9.

4.5.4 Domaine assigné d'une grandeur d'influence

Le domaine assigné d'une grandeur d'influence doit être spécifié dans la documentation. En outre, certains domaines assignés doivent être spécifiés sur l'instrument (voir 4.5.7).

4.5.5 Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence

La deuxième colonne des Tableau 2, Tableau 3 et Tableau 4 indique le domaine assigné minimal de la grandeur d'influence spécifiée.

4.6 Classification de la protection contre la pénétration (IP)

La classification IP doit être spécifiée par le fabricant conformément à l'IEC 60529.

4.7 Etiquetage et marquage de l'ensemble

Un ensemble destiné à la mesure du débit d'équivalent de dose ambiant neutron doit comporter un étiquetage précisant son utilisation prévue.

Les informations suivantes doivent être clairement visibles sur le débitmètre de dose:

- b) la grandeur qui est mesurée;
- c) l'étendue de mesure effective;

- d) le type de rayonnement (neutronique, par exemple) pour lequel le débitmètre de dose est adapté;
- e) le domaine assigné de l'énergie des particules (ou dans le manuel);
- f) le point de référence et la direction de référence (ou dans le manuel);
- g) le numéro de série de l'instrument.

4.8 Sécurité fonctionnelle

Les normes de sécurité de base qui comprennent l'IEC 61508 peuvent également s'appliquer, car elles ont été interprétées pour l'industrie nucléaire et peuvent être choisies dans certains cas spécifiques par accord entre le fabricant et l'acheteur. Au cas où la série IEC 61508 est choisie, les exigences associées doivent s'appliquer en fonction du niveau d'intégrité de sécurité (SIL, *Safety Integrity Level*) exigé qui a été spécifié pour le système.

5 Procédure générale d'essai

5.1 Exigences d'essai

Tous les essais répertoriés dans les articles suivants doivent être considérés comme des essais de type (voir 3.1.40.2). Pendant les essais de type, toutes les valeurs des grandeurs d'influence qui ne sont pas soumises à l'essai sont fixées dans l'étendue des conditions d'essai normales.

Cependant, certains de ces essais peuvent être considérés comme des essais de réception, sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

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

Les essais décrits dans le présent document peuvent être classés suivant qu'ils sont effectués dans les conditions d'essai normales ou dans d'autres conditions. Pour les essais effectués dans les conditions d'essai normales, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doivent être spécifiées et les corrections correspondantes appliquées pour fournir la réponse dans les conditions de référence.

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normales

Grandeurs d'influence	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions d'essai normales (sauf indication contraire du fabricant)
Rayonnement neutronique de référence	Sources de neutrons $^{241}\text{Am/Be}$, ^{252}Cf , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$, ^{244}Cm ou $\text{D}(\text{d},\text{n})$, ^3He , $\text{T}(\text{d},\text{n})$, ^4He , $\text{T}(\text{p},\text{n})$, et $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$ de l'accélérateur	Sources de neutrons $^{241}\text{Am/Be}$, ^{252}Cf , $^{252}\text{Cf}(\text{D}_2\text{O})$, ^{244}Cm ou $\text{D}(\text{d},\text{n})$, ^3He , $\text{T}(\text{d},\text{n})$, ^4He , $\text{T}(\text{p},\text{n})$, et $^7\text{Li}(\text{p},\text{n})$ de l'accélérateur
Débit de dose pour: $\dot{H}^*$ (10)	$10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	$3 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à $100 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$
Temps d'établissement de l'équilibre thermique (hors tension)	60 min	≥ 60 min
Temps de préchauffage	15 min	≥ 15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	55 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86,0 kPa à 106,0 kPa
Tension d'alimentation électrique	Tension d'alimentation nominale, U_N	Tension nominale d'alimentation, $U_N \pm 1$ %
Fréquence d'alimentation	Fréquence nominale f_N	Fréquence nominale $f_N \pm 2$ %

Forme d'onde de l'alimentation en courant alternatif	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec une distorsion totale inférieure à 5 %
Angle d'incidence du rayonnement	Direction d'étalonnage spécifiée par le fabricant	Direction spécifiée $\pm 10^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la valeur la plus faible provoquant des interférences
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Moins de deux fois l'induction due au champ magnétique terrestre
Orientation de l'ensemble	A spécifier par le fabricant	Orientation spécifiée $\pm 10^\circ$
Commandes de l'ensemble	Réglées pour une utilisation normale	Réglées pour une utilisation normale
Contamination des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable

5.2 Essais réalisés avec des variations de grandeurs d'influence

5.2.1 Généralités

Ces essais ont pour objet de définir les effets des variations des grandeurs d'influence. Le Tableau 2 indique le domaine de variation de chaque grandeur d'influence, ainsi que les limites acceptables des variations de l'indication d'un ensemble. Le domaine de variation des grandeurs d'influence indiqué dans le Tableau 2 définit un domaine nominal de fonctionnement dans lequel doivent se situer les limites de variation de l'indication spécifiées par le fabricant. Ces limites ne doivent en aucun cas dépasser celles indiquées dans le Tableau 2.

Pour réaliser l'essai concernant l'effet de la variation de l'une des grandeurs d'influence du Tableau 2, toutes les autres grandeurs d'influence restent normalement dans les limites correspondant aux conditions d'essai normales indiquées dans le Tableau 1, sauf spécification contraire dans la procédure d'essai correspondante.

Pour simplifier ces essais pour chaque grandeur d'influence principale, il est uniquement nécessaire d'effectuer l'essai individuel de série concernant l'erreur intrinsèque, en utilisant un débit de dose à environ deux tiers de l'échelle totale sur n'importe quelle étendue ou décade.

Il convient de soumettre à l'essai d'autres aspects des performances de l'ensemble avec variation des grandeurs d'influence uniquement s'il est estimé que l'essai individuel de série spécifié ci-dessus ne fournit pas une indication représentative.

Tableau 2 – Caractéristiques de rayonnement des débitmètres d'équivalent de dose ambiant neutron

Caractéristiques en essai ou grandeur d'influence	Etendue assignée minimale de la grandeur d'influence	Limite de variation du paramètre d'instrument ou de la réponse relative pour tout le domaine assigné	Paragraphe
Linéarité de la réponse en débit de dose	10 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à 100 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ a)	$\pm 30 \%$	4.5.1 6.3
Variation de la réponse due à l'énergie des neutrons	Entre l'énergie thermique et 100 keV 100 keV à 10 MeV 10 MeV à 20 MeV Supérieure à 20 MeV	Spécifiée par le fabricant. La réponse relative recommandée est comprise entre 0,2 et 8,0 La réponse relative doit être comprise entre 0,5 et 2,0 Spécifiée par le fabricant. La réponse relative recommandée est comprise entre 0,2 et 2,0 Par accord conclu entre le fabricant et l'acheteur	6.4
Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence	Configuration a 1) 2 plans contenant la direction d'étalonnage: 0°, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 120^\circ$ 2) Un plan perpendiculaire à la direction d'étalonnage: 0°, $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, 180° Configuration b 1) Un plan contenant la direction d'étalonnage et sa direction verticale: 0°, $\pm 45^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 135^\circ$, 180° 2) Un plan contenant la direction d'étalonnage et sa direction horizontale et un plan perpendiculaire à la direction d'étalonnage: 0°, $\pm 30^\circ$, $\pm 60^\circ$, $\pm 90^\circ$, $\pm 120^\circ$	L'erreur d'indication relative doit être inférieure à $\pm 25 \%$ à partir de la direction d'étalonnage avant (ou spécifiée par le fabricant)	6.5
Caractéristiques de surcharge	Débit d'équivalent de dose 10 fois supérieur au maximum de l'échelle ou de 250 $\text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$, selon la valeur la plus faible des deux	Rester hors échelle à l'extrémité supérieure	6.7
Temps de réponse	Indications finales du débit d'équivalent de dose inférieur à 0,1 mSv h^{-1} Indications finales du débit d'équivalent de dose compris entre 0,1 mSv h^{-1} et 1 mSv h^{-1} Indications finales du débit d'équivalent de dose supérieur à 1 mSv h^{-1}	< 100 s < 30 s < 10 s	6.9
Dérive du seuil d'alarme	Conforme au 6.4.2	$\pm 10 \%$	6.14
Stabilité et temps de réponse de l'alarme	Conforme au 4.3.2	Conforme au 4.3.2	6.14
Réponse au rayonnement photonique	Débit d'équivalent de dose ambiant égal à 10 mSv h^{-1} à partir d'une source ^{137}Cs	Indication < 0,1 mSv h^{-1}	6.6
a) Valeur minimale du débit de dose aussi faible que raisonnablement réalisable. Si le débit de dose maximal spécifié par le fabricant pour les mesures de dose est inférieur à 1 Sv h^{-1} , il convient de l'indiquer sur le débitmètre de dose neutron.			

5.2.2 Essais pour les grandeurs d'influence de type F

Ces essais peuvent être réalisés à n'importe quelle valeur de la grandeur à mesurer supérieure ou égale à $10 \dot{H}_0$. 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 de 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 dans le cadre d'utilisation du présent document. Si des effets de type S plus significatifs sont observés durant les essais, l'essai correspondant doit être réalisé à une valeur de dose de $10 \dot{H}_0$ et ces résultats doivent être consignés dans le rapport d'essai de type.

5.2.3 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 $\dot{H}_0$ de l'étendue de mesure effective, un débit de dose de 0 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 faible partie des effets de l'influence de type S puissent être considérés comme étant des effets produits par des grandeurs d'influence de type F. Si ces effets sont faibles, il convient de les ignorer dans le cadre d'utilisation du présent document. Si des effets de type F plus significatifs ou des effets négatifs significatifs sont observés durant les essais, l'essai correspondant doit être réalisé à une valeur de dose de $10 \dot{H}_0$ et ces résultats doivent être consignés dans le rapport d'essai de type. Etant donné la valeur indiquée généralement plus faible par rapport aux essais pour les grandeurs d'influence de type F, le nombre de mesurages nécessaires peut être augmenté.

5.3 Point d'essai

L'ensemble doit être placé de façon que le point de référence du détecteur corresponde au point d'essai, sauf spécification contraire du fabricant.

Le point d'essai est un point où la valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose est connue. A ce point, il convient d'atteindre l'incertitude due aux hétérogénéités du champ dans l'ensemble du volume du détecteur de l'ensemble. En d'autres termes, il convient que l'hétérogénéité de l'irradiation soit inférieure à 5 %.

La valeur du débit d'équivalent de dose du rayonnement diffusé au point d'essai doit être déterminée.

5.4 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 admises au cours de l'essai, alors un nombre suffisant de lectures doit être réalisé afin de s'assurer que la valeur indiquée moyenne peut être estimée avec une précision suffisante (voir 6.8) pour démontrer l'accord avec l'essai considéré. Il convient d'appliquer les recommandations de l'ISO 11929.

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

5.5 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 de radionucléides ^{241}Am -Be, source à fission spontanée ^{252}Cf , source ^{252}Cf modérée par une sphère de D_2O de 30 cm de diamètre ou par un modérateur/filtre bien dimensionné 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 ^{241}Am -Be ou ^{252}Cf associées à des dispositifs modérateurs/filtrants bien dimensionnés peuvent être utilisées. Une source ^{244}Cm peut également être utilisée comme choix supplémentaire pour la source d'essai.

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 du 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 des coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant (voir Annexe A, Tableau A.1). Les coefficients moyens de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant pour cinq sources de référence sont donnés à l'Annexe A, Tableau A.2. Les coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant utilisés doivent être spécifiés par le fabricant (voir 10.2).

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

5.6 Champs de neutrons au poste de travail

Les champs de neutrons au poste de travail peuvent être:

- les champs simulés spécifiés dans l'ISO 12789; ou
- d'autres environnements de poste de travail dont les champs sont bien dimensionnés par des calculs spectraux et/ou des mesurages étalonnés ou reconnus par un laboratoire d'étalonnage primaire.

La nature, la fabrication et les conditions d'utilisation des champs doivent être conformes aux 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 de neutrons-équivalent de dose ambiant (voir Annexe A, Tableau A.1).

Les champs observés peuvent être notablement différents des champs de rayonnement de référence. Pour améliorer l'exactitude des mesurages réalisés dans de tels champs, des facteurs de correction peuvent être appliqués à la valeur lue par l'instrument. Ces facteurs sont calculés à partir de la réponse en fluence du dispositif, des coefficients de conversion fluence de neutrons-équivalent de dose ambiant et respectivement des fluences spectrales d'étalonnage et du champ observé.

5.7 Prise en compte de plusieurs détecteurs ou signaux dans un débitmètre de dose

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

5.8 Essai de fonctionnalité

5.8.1 Généralités

L'essai de fonctionnalité a pour objet de comparer la fonctionnalité du moniteur à neutrons à poste fixe avant (pré-essai) et pendant ou après (post-essai) une perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique telle que décrite à l'Article 7, 8 ou 9.

5.8.2 Pré-essai (préparation)

Le pré-essai (préparation) a pour objet de stabiliser le moniteur à neutrons à poste fixe dans les conditions d'essai normales, en vérifiant son bon fonctionnement. Pour ce faire, placer d'abord la source de neutrons à une position où le moniteur ne génère aucune alarme et calculer la valeur moyenne à partir de lectures suffisantes conformément au 5.4, puis rapprocher progressivement la source de neutrons jusqu'à atteindre une position où le moniteur génère une alarme.

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

5.8.3 Post-essai

L'essai s'effectue en deux parties:

a) vérification de l'alarme

L'Article 7, 8 ou 9 précise si l'essai de fonctionnalité est effectué pendant ou après la perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique. Ainsi, pendant ou après une perturbation (températures extrêmes basse et haute, par exemple), le moniteur doit être exposé à une source de neutrons à la même position déterminée conformément au 5.8.2 et vérifier que l'alarme de neutrons s'active.

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

Aucune alarme ne doit être générée pendant l'essai en l'absence de source radioactive, sauf spécification contraire.

b) vérification des indications

Placer la source de neutrons à la même position que pour le pré-essai et relever le même nombre de lectures que pour le pré-essai. La valeur moyenne des lectures du post-essai doit être calculée et comparée à la valeur moyenne des lectures du pré-essai. La valeur moyenne ne doit pas varier de plus de la valeur spécifiée à l'Article 7, 8 ou 9.

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

Aucun dommage extérieur ne doit être visible après la perturbation environnementale, mécanique ou électromagnétique, et l'instrument doit fonctionner correctement comme avant la réalisation de ces essais.

6 Exigences de détection des rayonnements

6.1 Généralités

Toutes les grandeurs d'influence couvertes dans le présent article sont considérées comme étant de type F.

Les exigences relatives à la grandeur d'influence énergie de rayonnement et l'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° , dose et/ou débit de dose de référence et toutes les conditions de référence indiquées dans le Tableau 1). Les rayonnements de référence possibles pour le rayonnement neutronique peuvent être consultés dans l'ISO 8529-1:2001. Les rayonnements de référence les plus utilisés sont indiqués dans le Tableau 1, mais il peut être nécessaire de choisir d'autres rayonnements comme rayonnement de référence afin de 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).

6.2 Prise en compte de l'incertitude de la valeur conventionnellement vraie

L'incertitude relative élargie ($k = 2$), U_{rel} , de la valeur conventionnellement vraie du 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 admise de la réponse relative. Si plusieurs essais doivent être effectués avec la même qualité de rayonnement (essai pour la constance de la réponse, par exemple), seule l'incertitude du rapport de la valeur réelle à la valeur de référence du débit d'équivalent de dose doit être prise en compte. En cas d'autres exigences, cet aspect est indiqué dans la méthode d'essai respective.

6.3 Linéarité de la réponse en débit de dose

6.3.1 Exigences

Cela fait référence à la linéarité de la plage de mesure de l'instrument. L'erreur de l'instrument doit être définie en fonction de la grandeur du rayonnement que l'équipement est destiné à mesurer.

Dans les conditions d'essai normales, la linéarité de la réponse de l'ensemble de détection, lorsqu'il est exposé à l'un des rayonnements de référence, ne doit pas dépasser $\pm 30 \%$ sur l'étendue de mesure effective.

NOTE Cette incertitude s'ajoute à l'incertitude sur la valeur conventionnellement vraie du débit de dose.

6.3.2 Essais à effectuer

Un essai de type doit être effectué sur des unités de surveillance comportant au moins un de chaque type d'ensemble de traitement, d'alarme et de détection.

Des essais individuels de série doivent être effectués sur chaque combinaison d'unités de traitement, d'alarme et de détection.

Tous les essais doivent être effectués avec un champ de rayonnement sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur.

6.3.3 Essais de type

Pour les ensembles à échelles linéaires, l'essai de type doit être effectué sur l'ensemble des étendues et en au moins 3 points de chaque gamme, c'est-à-dire à environ 20 %, 40 % et 80 % de l'étendue d'échelle.

Pour les ensembles comportant une seule étendue et une seule échelle logarithmique, ou pour les affichages numériques, l'essai de type doit être effectué sur l'ensemble des échelles d'ordre de grandeur de débit de dose et en au moins 2 points sur chaque échelle d'ordre de grandeur. (La plus grande valeur de chaque décade doit être au moins égale à trois fois la plus petite et au moins égale à 70 % du maximum de cet ordre de grandeur.) Si un détecteur contient une source d'amorçage, cela doit être pris en compte.

6.3.4 Essais individuels de série

Pour les ensembles comportant une échelle linéaire, l'essai individuel de série doit être effectué en un point sur une valeur (entre 50 % et 75 %) dans le domaine dans lequel est réglée l'alarme de plus haut niveau.

Pour les ensembles comportant une seule étendue et une seule échelle logarithmique, ou pour les affichages numériques, l'essai doit être effectué sur une valeur (entre 10 % et 90 %) dans l'étendue dans laquelle est réglée l'alarme de plus haut niveau. Si un détecteur contient une source d'amorçage, cela doit être pris en compte.

Pour les essais individuels de série, une injection de courant ou d'impulsion dans l'ensemble de traitement est acceptable. Lorsque l'injection de courant ou d'impulsion est utilisée, elle doit être fondée sur les résultats des essais de type de rayonnement.

6.3.5 Méthode d'essai utilisant des sources

a) Source à utiliser

Pour les besoins de cet essai, la valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose ambiant au point d'essai doit être connue. Les essais doivent être réalisés avec des sources de référence d'activité appropriée irradiant le débitmètre de dose dans l'air libre conformément au Tableau 1, par exemple ²⁴¹Am-Be pour un rayonnement neutronique.

b) Essais à effectuer

La réponse doit être mesurée pour au moins trois valeurs de débit de dose dans chaque ordre de grandeur de l'étendue de mesure effective des débits de dose. Elles doivent se situer approximativement à 20 %, 40 % et 80 % de chaque ordre de grandeur complet.

6.3.6 Interprétation des résultats de l'essai utilisant des sources

Lorsque toutes les valeurs de réponse de l'ensemble de détection sont dans la limite de ± 30 % de la valeur conventionnellement vraie sur l'étendue de mesure effective, alors les exigences définies en 6.3.1 sont considérées comme étant respectées.

6.3.7 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 fonction 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 de géométrie sont définis par des méthodes d'ajustement analytiques. Dans ce cas, toute 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 diffusion et de géométrie sont en accord avec le calcul et/ou avec les valeurs mesurées expérimentalement.

6.3.8 Interprétation des résultats de l'essai avec variation de la distance d'étalonnage

Lorsque les erreurs relatives déterminées par la procédure spécifiée en 6.3.7 sont dans la limite de $\pm 30\%$ de la valeur conventionnellement vraie dans l'étendue d'échelle correspondante, alors les exigences définies en 6.3.1 sont considérées comme étant respectées.

6.3.9 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 pas être couverte par les sources de rayonnement neutronique disponibles, il est admis de procéder à un essai électrique équivalent afin de déterminer l'erreur relative, aux valeurs de débit d'équivalent de dose ambiant qui ne peuvent pas être délivrées par les sources de rayonnement.

Dans ce cas, les sources de rayonnement doivent être capables de fournir au moins un débit d'équivalent de dose ambiant dans la partie supérieure de l'étendue de mesure effective de l'ensemble pour les essais de type, et au moins un débit d'équivalent de dose ambiant dans la partie inférieure de l'étendue de mesure effective de l'ensemble. Le signal électrique doit avoir une forme simulant le plus possible la forme du signal délivré par le détecteur et doit être injecté en un point permettant de soumettre à l'essai l'ensemble complet, 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 lorsque l'ensemble est soumis à une valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose ambiant, $\dot{H}_t^*(10)$, à partir de la source neutronique de référence disponible, 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 spécifiées en 6.3.8. Si la méthode d'essai électrique est utilisée, il convient de la spécifier dans les documents d'accompagnement.

6.3.10 Interprétation du résultat de l'essai par équivalent électrique

Il est nécessaire de prendre en compte l'incertitude relative U ($k = 2$) dans les valeurs conventionnellement vraies des débits d'équivalent de dose ambiant utilisés lors de l'essai. Si aucune valeur moyenne observée de l'erreur relative, U , ne dépasse $\pm (20\% + U)$, alors l'exigence relative à la constance de la réponse en débit de dose peut être considérée comme étant respectée.

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

6.4.1 Généralités

La réponse de tous les débitmètres de dose neutron est fortement dépendante de l'énergie des neutrons [6]. Pour les besoins de la protection radiologique, il est souhaitable que la variation de la réponse avec l'énergie des neutrons sur l'ensemble du domaine d'énergie compris entre l'énergie thermique et l'énergie maximale spécifiée par le fabricant ne dépasse 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 à l'étude 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 points d'énergie par décade d'énergie des neutrons. Ils doivent être comparés aux mesures de référence.

6.4.2 Exigences

La réponse relative du débit d'équivalent de dose ambiant due à la variation de l'énergie des neutrons doit être (voir Tableau 2):

- a) dans le domaine d'énergie compris entre l'énergie thermique et la valeur 100 keV, le fabricant doit spécifier la variation de la réponse relative en débit d'équivalent de dose ambiant en fonction de l'énergie des neutrons. Il convient que la réponse relative soit au moins comprise entre 0,2 et 8,0;
- b) dans le domaine d'énergie compris entre les valeurs 100 keV et 10 MeV, dans la plage comprise entre 0,5 et 2,0;
- c) dans le domaine d'énergie compris entre les valeurs 10 MeV et 20 MeV, le fabricant doit spécifier la variation de la réponse relative en débit d'équivalent de dose ambiant en fonction de l'énergie des neutrons. Il convient que la variation de la réponse relative soit au moins comprise entre 0,2 et 2,0;
- d) supérieure à 20 MeV, par accord conclu entre le fabricant et l'acheteur.

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 fabricant.

L'exigence concernant le domaine d'énergie des neutrons compris entre les valeurs 100 keV et 10 MeV est obligatoire pour chaque instrument. Pour le domaine d'énergie restant, le fabricant doit spécifier le domaine d'énergie dans lequel son instrument respecte les exigences spécifiées.

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 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 ensemble 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 de neutrons au-dessous de 100 keV, l'une étant l'énergie des neutrons thermiques;
- b) au moins trois énergies de neutrons dans le domaine d'énergie compris entre les valeurs 100 keV et 10 MeV;
- c) au moins une source de neutrons à large spectre (^{252}Cf , $^{241}\text{Am-Be}$ ou ^{252}Cf modérée par D_2O , par exemple);
- d) au moins une énergie de neutrons supérieure à 10 MeV.

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

Dans le champ réaliste de production des neutrons, tous les types de champs de neutrons monoénergétiques n'existent pas: seuls les champs continus d'énergie de neutrons existent. La réponse relative du débit d'équivalent de dose ambiant aux champs réalistes de neutrons de postes de travail^[6] serait donc plus pertinente que la réponse aux champs de neutrons monoénergétiques.

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 procédant à une interpolation, si nécessaire) au même débit d'équivalent de dose ambiant indiqué que pour le rayonnement neutronique de référence.

La réponse des débitmètres de dose neutron existants et à l'étude 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 se rapporte généralement à la réponse ^{252}Cf . En utilisant la fonction de réponse de calcul fournie par un fabricant, un laboratoire d'essai, un acheteur ou un institut de recherche, calculer le débit d'équivalent de dose neutron ambiant aux énergies de neutrons choisies en 6.4.3 a) à d) et les comparer aux valeurs mesurées expérimentalement.

NOTE L'ISO 8529-1, l'ISO 8529-2 et l'ISO 8529-3 fournissent des détails sur les rayonnements de référence et la procédure d'étalonnage. Pour les sources réalistes de champs de neutrons simulant celles de postes de travail, se reporter à l'ISO 12789-1 et à l'ISO 12789-2.

6.4.4 Interprétation des résultats

Lorsque toutes les valeurs de réponse relative mesurées expérimentalement avec variation de l'énergie des neutrons se situent dans les étendues spécifiées en 6.4.2 et que les valeurs calculées du débit d'équivalent de dose ambiant sont égales à $\pm 20\%$ des valeurs mesurées expérimentalement, alors les exigences définies en 6.4 sont considérées comme étant respectées.

6.5 Ecart de la réponse avec l'angle d'incidence

6.5.1 Généralités

Le présent document couvre les ensembles de détection comportant un grand angle d'admission et présentant essentiellement une symétrie circulaire dans un plan, normalement horizontal. Le document reconnaît les limites pratiques de l'obtention d'une sensibilité uniforme sur 4π . Les exigences suivantes s'appliquent à deux configurations de détecteurs possibles: la configuration a) pour laquelle l'orientation de l'étalonnage peut être considérée comme étant proche d'un axe de symétrie et la configuration b) pour laquelle l'orientation de l'étalonnage suit normalement une direction qui peut être considérée comme étant proche d'un axe de symétrie.

La configuration utilisée doit être spécifiée par le fabricant.

6.5.2 Exigences

Les exigences ci-dessous sont spécifiées pour les deux configurations d'étalonnage du détecteur (voir Tableau 2).

La Figure 1 représente la procédure considérée.

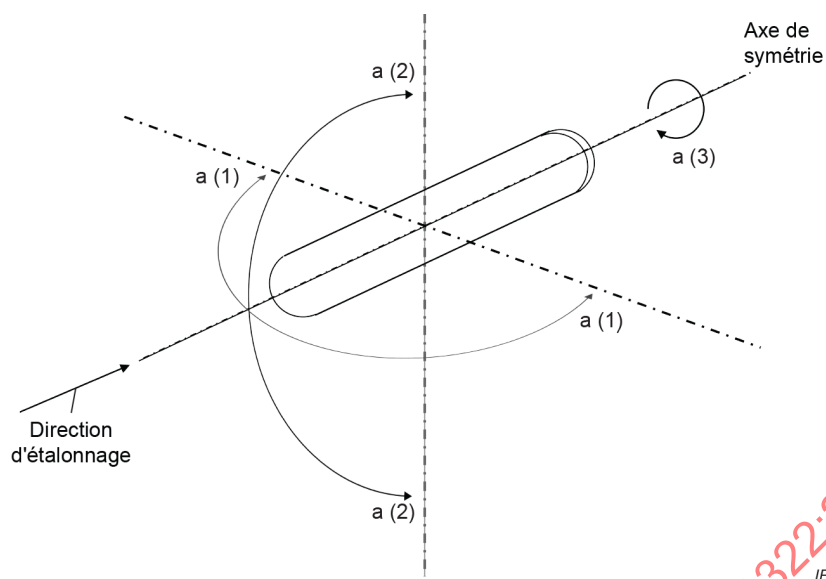


Figure 1a – Configuration a,
l'orientation de l'étalonnage correspond à l'axe de symétrie du détecteur

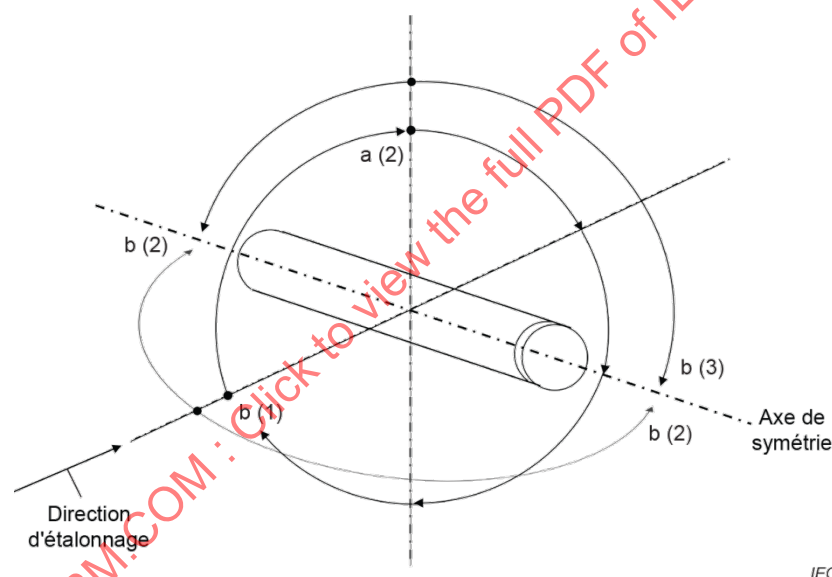


Figure 1b – Configuration b,
l'orientation de l'étalonnage est perpendiculaire à l'axe de symétrie du détecteur

Figure 1 – Essai pour la réponse angulaire

Configuration a

L'ensemble de détection doit être positionné de telle façon que sa direction d'orientation, spécifiée par le fabricant, suive l'axe d'étalonnage.

- 1) La réponse de l'ensemble lorsque l'angle d'incidence du rayonnement varie par rapport à la direction d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 25\%$ par rapport à la réponse dans la direction d'étalonnage lorsque l'ensemble de détection pivote de plus $\pm 120^\circ$ autour de son point de référence dans un plan spécifié par le fabricant contenant la direction d'étalonnage. Le fabricant doit indiquer la variation relative de la réponse au-delà de $\pm 120^\circ$.
- 2) L'ensemble doit également pivoter dans le plan perpendiculaire au plan utilisé en 1) ci-dessus, contenant toujours la direction d'étalonnage. La variation de la réponse par rapport à la réponse dans la direction d'étalonnage doit être identique à celle mentionnée en 1) ci-dessus.

- 3) L'ensemble de détection doit également pivoter dans le plan normal par rapport à la direction d'étalonnage, la direction du rayonnement se trouvant dans le plan de rotation, et la variation de la réponse ne doit pas dépasser $\pm 25 \%$ pour tous les angles.

Configuration b

L'ensemble de détection doit être positionné de telle façon que sa direction d'orientation, spécifiée par le fabricant, suive l'axe d'étalonnage.

- 1) La réponse de l'ensemble par rapport à la réponse dans la direction d'étalonnage lorsque l'angle d'incidence du rayonnement varie par rapport à la direction d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 25 \%$ lorsque l'ensemble de détection pivote autour de son point de référence dans un plan spécifié par le fabricant contenant la direction d'étalonnage.
- 2) La réponse de l'ensemble lorsque l'angle d'incidence du rayonnement varie par rapport à la direction d'étalonnage ne doit pas s'écarter de plus de $\pm 25 \%$ par rapport à la réponse dans la direction d'étalonnage lorsque l'ensemble de détection pivote de plus $\pm 60^\circ$ autour de son point de référence dans un plan perpendiculaire au plan utilisé en 1) ci-dessus contenant toujours la direction d'étalonnage. Le fabricant doit indiquer la variation relative de la réponse au-delà de $\pm 60^\circ$.
- 3) L'ensemble de détection doit également pivoter dans le plan de rotation utilisé en 2) ci-dessus, mais en faisant pivoter initialement le détecteur de 90° dans le plan de rotation utilisé en 1) ci-dessus. La variation de la réponse relative dans ce plan doit se situer dans les limites données en 2) ci-dessus.

6.5.3 Méthode d'essai

Monter l'ensemble de manière à faciliter le plus possible les mesurages aux angles exigés.

Configuration a

Exposer l'ensemble dans la direction d'étalonnage à l'une des sources de neutrons de référence spécifiées en 5.5.

- 1) La direction du rayonnement doit ensuite être modifiée par incréments de 30° dans un plan contenant la direction d'étalonnage spécifiée par le fabricant et la réponse doit être déterminée dans l'ensemble des angles spécifiés pour la configuration a en 1) du 6.5.2 pour le rayonnement spécifié.
- 2) L'essai ci-dessus doit être répété pour le plan perpendiculaire à celui utilisé en 1) et toujours avec l'étalonnage spécifié.
- 3) La direction du rayonnement doit également être modifiée tous les 45° dans un plan normal par rapport à la direction d'étalonnage, 0° étant dans le plan de la direction d'étalonnage, et la réponse doit être déterminée pour le rayonnement spécifié.

Configuration b

Exposer l'ensemble dans la direction d'étalonnage à l'un des rayonnements neutroniques de référence spécifiés en 5.5.

- 1) La direction du rayonnement doit ensuite être modifiée par incréments de 45° dans un plan contenant la direction d'étalonnage spécifiée par le fabricant et la réponse doit être déterminée pour le rayonnement spécifié.
- 2) La direction du rayonnement doit ensuite être modifiée par incréments de 30° dans un plan perpendiculaire au plan utilisé en 1) ci-dessus contenant la direction d'étalonnage, et la réponse doit être déterminée dans l'ensemble des angles spécifiés pour la configuration b en 2) du 6.5.2 pour le rayonnement spécifié.
- 3) La procédure 2) ci-dessus doit être répétée pour le plan normal par rapport à la direction d'étalonnage, 0° étant dans le plan de la direction d'étalonnage.