

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1525**

Première édition
First edition
1996-09

**Instrumentation pour la radioprotection –
Rayonnements X, gamma et bêta d'énergie
élevée, et neutroniques –
Moniteur individuel à lecture directe d'équivalent
de dose et/ou de débit d'équivalent de dose**

**Radiation protection instrumentation –
X, gamma, high energy beta and
neutron radiations –
Direct reading personal dose equivalent and/or
dose equivalent rate monitors**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1525: 1996

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*, which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1525**

Première édition
First edition
1996-09

**Instrumentation pour la radioprotection –
Rayonnements X, gamma et bêta d'énergie
élevée, et neutroniques –
Moniteur individuel à lecture directe d'équivalent
de dose et/ou de débit d'équivalent de dose**

**Radiation protection instrumentation –
X, gamma, high energy beta and
neutron radiations –
Direct reading personal dose equivalent and/or
dose equivalent rate monitors**

© CEI 1996 Droits de reproduction réservés — Copyright – all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

W

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet	8
2 Références normatives	10
3 Terminologie	12
3.1 Définitions	12
4 Nomenclature des essais	16
4.1 Essais de qualification	16
4.2 Essais d'acceptation	16
4.3 Essais supplémentaires	16
4.4 Unités	18
5 Caractéristiques mécaniques du moniteur	18
5.1 Encombrement	18
5.2 Masse	18
5.3 Boîtier	18
5.4 Interrupteurs	18
6 Caractéristiques générales	18
6.1 Classification des instruments	18
6.2 Repères d'échelle	20
6.3 Repères sur le moniteur	20
6.4 Mesures préventives contre la contamination radioactive	20
6.5 Domaine de mesure en équivalent de dose et en débit d'équivalent de dose	20
6.6 Indication du domaine effectif de mesure	20
6.7 Niveaux d'alarme préréglables	20
7 Procédures générales d'essai	22
7.1 Nature des essais	22
7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai	24
7.3 Positionnement du moniteur à fin d'essais	24
7.4 Faibles débits d'équivalent de dose	24
7.5 Fluctuations statistiques	24
7.6 Rayonnements de référence	24
8 Spécifications et essais des performances aux rayonnements	26
8.1 Erreur relative intrinsèque	26
8.2 Temps de réponse	28
8.3 Précision de l'alarme pour une valeur présélectionnée	30
8.4 Variation de la réponse avec l'énergie du rayonnement	32

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	11
3 Terminology	13
3.1 Definitions	13
4 Test nomenclature	17
4.1 Qualification tests	17
4.2 Acceptance tests	17
4.3 Supplementary tests	17
4.4 Units	19
5 Mechanical characteristics of the monitor	19
5.1 Size	19
5.2 Mass	19
5.3 Case	19
5.4 Switches	19
6 General characteristics	19
6.1 Instrument classification	19
6.2 Scale markings	21
6.3 Monitor markings	21
6.4 Radioactive contamination prevention	21
6.5 Dose equivalent rate and dose equivalent ranges	21
6.6 Effective range of measurement	21
6.7 Pre-settable alarm levels	21
7 General test procedures	23
7.1 Nature of tests	23
7.2 Reference conditions and standard test conditions	25
7.3 Position of monitor for purposes of tests	25
7.4 Low dose equivalent rates	25
7.5 Statistical fluctuations	25
7.6 Reference radiations	25
8 Radiation performance requirements and tests	27
8.1 Relative intrinsic error	27
8.2 Response time	29
8.3 Accuracy of alarm to set value	31
8.4 Variation of response with radiation energy	33

Articles	Pages
8.5 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence du rayonnement	34
8.6 Conservation de la lecture de l'équivalent de dose	36
8.7 Réponse au rayonnement bêta	38
8.8 Dépendance avec le débit d'équivalent de dose	38
8.9 Caractéristiques de surcharge	40
9 Prescriptions et essais de bon fonctionnement électrique	40
9.1 Alimentation – Fonctionnement des batteries	40
10 Prescriptions de bon fonctionnement mécanique et essais	44
10.1 Essai de chute	44
10.2 Essai de vibration	44
11 Caractéristiques d'environnement, prescriptions de bon fonctionnement et essais .	44
11.1 Température ambiante	44
11.2 Humidité relative	48
11.3 Pression atmosphérique	48
11.4 Etanchéité	48
11.5 Champs électromagnétiques externes	48
11.6 Champs magnétiques externes	50
11.7 Décharge électrostatique	50
11.8 Magasinage	52
12 Documentation	52
12.1 Rapport d'essai de type	52
12.2 Certificat	52
13 Mode d'emploi et manuel de maintenance	52
Annexes	
A Etalonnage et essai de type des dosimètres individuels	58
B Fluctuations statistiques	66
C Bibliographie	70

Clause	Page
8.5 Variation of response with angle of incidence of radiation	35
8.6 Retention of dose equivalent reading	37
8.7 Response to beta radiations	39
8.8 Dose equivalent rate dependence	39
8.9 Overload characteristics	41
9 Electrical performance requirements and tests	41
9.1 Power supplies – Battery operation	41
10 Mechanical performance requirements and tests	45
10.1 Drop	45
10.2 Vibration test	45
11 Environmental characteristics, performance requirements and tests	45
11.1 Ambient temperature	45
11.2 Relative humidity	49
11.3 Atmospheric pressure	49
11.4 Sealing	49
11.5 External electromagnetic fields	49
11.6 External magnetic fields	51
11.7 Electrostatic discharge	51
11.8 Storage	53
12 Documentation	53
12.1 Type test report	53
12.2 Certificate	53
13 Operation and maintenance manual	53
Annexes	
A The calibration and type testing of personal dosimeters	59
B Statistical fluctuations	67
C Bibliography	71

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
RAYONNEMENTS X, GAMMA ET BÊTA D'ÉNERGIE ÉLEVÉE,
ET NEUTRONIQUES –
MONITEUR INDIVIDUEL À LECTURE DIRECTE D'ÉQUIVALENT
DE DOSE ET/OU DE DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE**

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant des questions techniques, représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales; ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 1525 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/160/FDIS	45B/186/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B et C sont données uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
X, GAMMA, HIGH ENERGY BETA AND NEUTRON RADIATIONS –
DIRECT READING PERSONAL DOSE EQUIVALENT AND/OR
DOSE EQUIVALENT RATE MONITORS**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1525 has been prepared by sub-committee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/160/FDIS	45B/186/RVD

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C are for information only.

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
RAYONNEMENTS X, GAMMA ET BÊTA D'ÉNERGIE ÉLEVÉE,
ET NEUTRONIQUES –
MONITEUR INDIVIDUEL À LECTURE DIRECTE D'ÉQUIVALENT
DE DOSE ET/OU DE DÉBIT D'ÉQUIVALENT DE DOSE**

1 Domaine d'application et objet

Le but de la présente Norme internationale est de spécifier les prescriptions de conception et les caractéristiques de fonctionnement des moniteurs électroniques personnels utilisés pour la détermination de l'équivalent de dose individuel et/ou du débit d'équivalent de dose individuel dû aux rayonnements fortement pénétrants. Ces moniteurs sont conçus pour mesurer la somme de l'équivalent de dose individuel (débit) des rayonnements X, gamma, bêta d'énergie élevée et de l'équivalent de dose individuel (débit) neutron, bien qu'il soit possible en supplément d'indiquer l'équivalent de dose individuel (débit) de chacune de ces composantes.

Cette norme s'applique aux moniteurs qui sont portés sur le tronc et qui sont utilisés pour la mesure de l'équivalent de dose individuel (débit) pour le rayonnement X et gamma d'énergie comprise entre 50 keV et 1,5 MeV, pour le rayonnement bêta d'énergie maximale >3,0 MeV et pour le rayonnement neutronique d'énergie comprise entre l'énergie thermique et 15 MeV. En pratique, il est peu probable qu'un instrument satisfasse aux prescriptions de cette norme dans tout ce domaine d'énergie. Le fabricant indique les énergies des neutrons pour lesquelles le moniteur satisfait aux prescriptions CEI ainsi que la réponse pour tout le domaine d'énergie. Lorsque le moniteur est destiné à la mesure de l'équivalent de dose individuel (débit) pour les photons d'énergie jusqu'à 10 MeV, par exemple, dans une installation comprenant un réacteur nucléaire où un rayonnement de photons de 6 MeV est présent, il est nécessaire de déterminer la réponse à l'énergie appropriée.

Cette norme spécifie les exigences pour le moniteur et, s'il est fourni, pour son système de lecture associé.

Les seules exigences spécifiées pour les systèmes de lecture associés sont celles qui touchent sa précision de lecture de l'équivalent de dose et le réglage des alarmes.

Le système de lecture associé, s'il est fourni, peut être utilisé pour régler les niveaux d'alarme du moniteur et/ou pour afficher ou enregistrer les lectures.

Le moniteur est conçu pour mesurer l'équivalent de dose individuel et est porté par l'individu; ainsi il n'est pas approprié pour être utilisé comme un dispositif de mesure portable pour déterminer l'équivalent de dose ambiant.

L'appareil conçu en fonction de cette norme peut ne pas convenir pour une utilisation dans les champs de rayonnements pulsés.

Cette norme ne s'applique pas à la mesure de l'équivalent de dose individuel des rayonnements faiblement pénétrants tels que les rayonnements bêta de faible énergie, ni aux dispositifs passifs tels que les dosimètres à films photographiques, les dosimètres thermoluminescents, les détecteurs solides de traces ou les électromètres à fibre de quartz.

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – X, GAMMA, HIGH ENERGY BETA AND NEUTRON RADIATIONS – DIRECT READING PERSONAL DOSE EQUIVALENT AND/OR DOSE EQUIVALENT RATE MONITORS

1 Scope and object

The purpose of this International Standard is to specify the design requirements and the performance characteristics of personal monitors used for the determination of the personal dose equivalent and/or the personal dose equivalent rate from strongly penetrating radiation. Such monitors are designed to measure the sum of the X, gamma and high energy beta dose equivalent (rate) and neutron dose equivalent (rate) although they may additionally also separately indicate a dose equivalent (rate) from each of these components.

This standard applies to monitors which are worn on the trunk of the body and are used for measuring the personal dose equivalent (rate), from X and gamma radiation of energies 50 keV to 1,5 MeV, from beta radiation of maximum energy $>3,0$ MeV and from neutron radiation of energies from thermal to 15 MeV. In practice, it is unlikely that any one instrument will meet the requirements of this standard over this full neutron energy range. The manufacturer states the neutron energies for which the monitor meets the IEC requirements as well as the response over the complete neutron energy range. If the monitor is to be used to measure personal dose equivalent (rate) for photon energies up to 10 MeV, e.g. at a nuclear reactor installation where 6 MeV photon radiation is present, it will be necessary to determine the response at the appropriate energy.

This standard specifies the requirements for the monitor and, if supplied, for its associated readout system.

The only requirements specified for associated readout systems are those which affect its accuracy of readout of dose equivalent and alarm settings.

The associated readout system, if supplied, may be used for the setting of the monitor's alarm levels and/or for readout/record keeping of the readings.

The monitor is designed to measure the personal dose equivalent and is worn by the individual so it is not appropriate for use as a portable measuring device for determining ambient dose equivalent.

The equipment designed to meet this standard may not be suitable for use in pulsed radiation fields.

This standard does not provide for the measurement of personal dose equivalent from weakly penetrating radiation, such as low energy beta radiation, nor are passive devices such as photographic film dosimeters, thermoluminescent dosimeters, solid-state nuclear track detectors or quartz fibre electrometers covered by this standard.

Cette norme spécifie, pour les moniteurs décrits ci-dessus, les caractéristiques générales, les procédures générales des essais, les caractéristiques des rayonnements, les caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et d'environnement.

Cette norme spécifie aussi les classes d'instruments en rapport avec la rétention de l'information enregistrée (voir 6.1).

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(151): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 50(393): 1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 50(394): 1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 68-2-27: 1987, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ea et guide: chocs*

CEI 86: *Piles*

CEI 359: 1987, *Expression des qualités de fonctionnement des équipements de mesure électriques et électroniques*

CEI 1000-4-2: 1995, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 4: Techniques d'essai et de mesure – Section 2: Essai d'immunité aux décharges électrostatiques – Publication fondamentale en CEM*

CEI 1187: 1993, *Equipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

ISO 4037: *Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons*

ISO/DIS 4037-1: *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*
(Révision de l'ISO 4037: 1979)

ISO/DIS 4037-2: *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 des rayonnements X et gamma de référence pour la radio-protection dans les gammes d'énergie allant de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

ISO 6980: 1984, *Rayonnements bêta de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie bêta.*

This standard specifies, for the monitors described above, general characteristics, general test procedures, radiation characteristics, electrical, mechanical, safety and environmental characteristics.

This standard also specifies classes of instruments in relation to the retention of stored information (see 6.1).

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this International Standard. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this International Standard are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent edition of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(151): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 50(393): 1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 50(394): 1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 68-2-27: 1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and Guidance: Shock*

IEC 86: *Primary batteries*

IEC 359: 1987, *Expression of the performance of electrical and electronic measuring equipment*

IEC 1000-4-2: 1995, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4: Testing and measurement techniques – Section 2: Electrostatic discharge immunity test – Basic EMC Publication*

IEC 1187: 1993, *Electric and electronic measuring equipment – Documentation*

ISO 4037: *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose rate-meters and for determining their response as a function of photon energy*

ISO/DIS 4037-1, *X and gamma reference radiations for calibrating dosimeters and dose-rate meters and for determining their response as a function of photon energy – Part 1: Characteristics of the radiations and their methods of production*
(Revision of ISO 4037: 1979)

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

ISO 6980: 1984, *Reference beta radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of beta radiation energy*

ISO 8529: 1989, *Rayonnement neutronique de référence destiné à l'étalonnage des instruments de mesure des neutrons utilisés en radioprotection à la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des neutrons*

CIPR Rapport 26: 1977, *Annales de la Commission internationale de protection radiologique – Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique*

CIPR Rapport 60: 1990, *Annales de la Commission internationale de protection radiologique – Recommandations de la Commission internationale de protection radiologique*

CIUR Rapport 39: 1985, *Détermination des équivalents de dose produits par une source de rayonnement externe*

CIUR Rapport 47: 1991, *Mesure des équivalents de dose pour les rayonnements externes de photons et d'électrons*

CIUR Rapport 50: 1986, *Le facteur de qualité en radioprotection*

3 Terminologie

3.1 Définitions

Sauf spécification contraire, tous les termes techniques sont définis dans la CEI 50(393), la CEI 50(394) et la CEI 359. Pour les besoins de la présente Norme internationale, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1.1 valeur conventionnellement vraie d'une grandeur: Meilleure estimation d'une valeur, déterminée à partir d'un étalon primaire ou secondaire ou par un instrument de référence qui a été étalonné par rapport à un étalon primaire ou secondaire.

3.1.2 réponse: La réponse, R , d'un moniteur est le rapport entre la valeur H_i indiquée par le moniteur et la valeur H_t conventionnellement vraie, $R = H_i/H_t$.

3.1.3 erreur sur l'indication: Différence entre la valeur indiquée de la grandeur, H_i , et la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur, H_t , au point de mesure. Elle est exprimée comme $H_i - H_t$.

3.1.4 erreur relative sur l'indication I : Quotient de l'erreur sur l'indication d'une grandeur mesurée par la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur. Elle peut être exprimée en pourcentage:

$$I = [(H_i - H_t) \times 100]/H_t \%$$

3.1.5 erreur relative intrinsèque: Erreur relative sur l'indication d'un moniteur en ce qui concerne une grandeur quand il est exposé à un rayonnement de référence spécifié dans des conditions de référence spécifiées.

3.1.6 domaine effectif de mesure: Domaine des valeurs de la grandeur à mesurer dans lequel le fonctionnement du moniteur est conforme aux prescriptions de cette norme.

ISO 8529: 1989, *Neutron reference radiations for calibrating neutron-measuring devices used for radiation protection purposes and for determining their response as a function of neutron energy*

ICRP Report 26: 1977, *Annals of the International Commission of Radiological Protection – Recommendations of the International Commission of Radiological Protection*

ICRP Report 60: 1990, *Annals of the International Commission of Radiological Protection – Recommendations of the International Commission of Radiological Protection*

ICRU Report 39: 1985, *Determination of dose equivalents resulting from external radiation sources*

ICRU Report 47: 1991, *Measurement of dose equivalents from external photon and electron radiations*

ICRU Report 50: 1986, *The quality factor in radiation protection*

3 Terminology

3.1 Definitions

Except as specified below, all technical terms are as defined in IEC 50(393), IEC 50(394), IEC 359. For the purposes of this International Standard the following definitions apply.

3.1.1 conventional true value of a quantity: Best estimate of the value, determined by a primary or secondary standard or by a reference instrument that has been calibrated against a primary or secondary standard.

3.1.2 response: Response, R , of a monitor is the ratio of the monitor's indicated value H_i to the conventional true value H_t , $R = H_i/H_t$.

3.1.3 error of indication: Difference between the indicated value of a quantity, H_i , and the conventional true value of that quantity, H_t , at the point of measurement. It is expressed as $H_i - H_t$.

3.1.4 relative error of indication: Quotient of the error of indication of a measured quantity by the conventional true value of that measured quantity. It may be expressed as a percentage:

$$I = [(H_i - H_t) \times 100]/H_t \%$$

3.1.5 relative intrinsic error: Relative error of indication of a monitor with respect to a quantity when subjected to a specified reference radiation under specified reference conditions.

3.1.6 effective range of measurement: Range of values of the quantity to be measured over which the performance of a monitor meets the requirements of this standard.

3.1.7 coefficient de variation: Rapport V entre l'estimation de l'écart type, s et la moyenne arithmétique, $\bar{x}$, d'un ensemble de n mesures, x_i , donné par la formule suivante:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3.1.8 point de référence du moniteur: Le point de référence d'un ensemble est indiqué par un repère ou des repères physiques sur l'enveloppe de cet ensemble servant à le positionner au point où la valeur de la grandeur à mesurer est connue (voir figure A.1).

3.1.9 point de mesure: Endroit où les valeurs conventionnellement vraies sont déterminées et où le point de référence du moniteur est placé pour les essais.

3.1.10 orientation de référence: L'orientation de référence du moniteur est l'orientation, indiquée par le fabricant, par rapport à la direction spécifiée d'un champ de rayonnement.

3.1.11 tissu: «Tissu» utilisé dans cette norme est conforme aux quatre spécifications données dans le CIUR 39.

3.1.12 équivalent de dose: L'équivalent de dose, H , est le produit de D et Q au point d'intérêt dans le tissu, où D est la dose absorbée, Q est le facteur de qualité (CIUR 50).

$$H = D Q$$

NOTE – $Q = 1$ pour les bêta, les rayonnements X et gamma. Pour les neutrons Q est pris dans la CIPR 60. L'unité SI de l'équivalent de dose possède un nom spécifique: le sievert (symbole Sv).

3.1.13 débit d'équivalent de dose: Le débit d'équivalent de dose, $\dot{H}$, est le quotient de dH par dt , où dH est l'accroissement de l'équivalent de dose dans l'intervalle de temps dt .

$$\dot{H} = dH/dt$$

Les unités de débit d'équivalent de dose sont le quotient du sievert, ou de ses multiples ou sous-multiples décimaux, par une unité de temps convenable (par exemple mSv h^{-1} etc.).

3.1.14 spécification de la grandeur d'équivalent de dose devant être mesurée par les moniteurs dans cette norme: Cette norme spécifie les prescriptions de fonctionnement pour les moniteurs mesurant la grandeur de l'équivalent de dose individuel définie dans le CIUR 47. Cette grandeur est l'équivalent de dose individuel $H_p(d)$ pour les rayonnements fortement pénétrants.

3.1.7 coefficient of variation: Ratio V of the estimate of the standard deviation, s , to the arithmetic mean, $\bar{x}$, of a set of n measurements, x_i , given by the following formula:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

3.1.8 reference point of a monitor: The reference point of an assembly is indicated by a physical mark or marks on the outside of the assembly used to position it at a point where the conventionally true value of the quantity to be measured is known (see figure A.1).

3.1.9 point of measurement: Place at which conventional true values are determined and at which the reference point of the monitor is placed for test purposes.

3.1.10 reference orientation: The reference orientation of the monitor is the orientation with respect to a specified direction in the radiation field, to be indicated by the manufacturer.

3.1.11 tissue: "Tissue" as used in this standard, is in accordance with the four specifications given in ICRU 39.

3.1.12 dose equivalent: Dose equivalent, H , is the product of D , and Q , at the point of interest in tissue, where D is the absorbed dose and Q is the quality factor (ICRU 50).

$$H = D Q$$

NOTE - $Q = 1$ for beta, X and gamma radiation. For neutrons Q is taken from ICRP 60. SI unit of dose equivalent has been given a special name: sievert (symbol Sv).

3.1.13 dose equivalent rate: Dose equivalent rate, $\dot{H}$, is the quotient of dH by dt , where dH is the increment of dose equivalent in the time interval dt .

$$\dot{H} = dH/dt$$

Units of dose equivalent rate are any quotient of the sievert or its decimal multiples or submultiples by a suitable unit of time (for example mSv h^{-1} , etc.).

3.1.14 specification of the dose equivalent quantity to be measured by the monitors in this standard: This standard specifies the performance requirements for monitors to measure the personal dose equivalent quantity as defined by ICRU 47. This quantity is the personal dose equivalent, $H_p(d)$ for strongly penetrating radiation.

3.1.15 équivalent de dose individuel, $H_p(d)$: L'équivalent de dose individuel, $H_p(d)$, est l'équivalent de dose dans le tissu mou¹⁾ au point spécifié sur le corps à la profondeur, d , appropriée aux rayonnements fortement pénétrants²⁾.

NOTES

1 Cette quantité, $H_p(d)$, peut être mesurée avec un détecteur porté à la surface du corps et recouvert d'une épaisseur appropriée de matériau équivalent tissu (ou d'un matériau de substitution) dans un fantôme de même dimension et forme que le fantôme d'étalonnage mais fait en tissu CIUR.

2 La profondeur recommandée, d , pour le contrôle des rayonnements fortement pénétrants est de 10 mm et $H_p(d)$ peut s'écrire $H_p(10)$.

3 Quand dans les paragraphes suivants de cette norme, la terminologie (équivalent de dose) ou (débit d'équivalent de dose) est utilisée, il s'agit de l'équivalent de dose individuel. L'étalonnage des moniteurs est fait dans des conditions conventionnelles simplifiées sur un fantôme approprié (voir annexe A). La grandeur $H_p(10)$ peut être utilisée pour spécifier l'équivalent de dose à un point dans un fantôme représentant le corps.

4 Nomenclature des essais

4.1 Essais de qualification

Les essais de qualification sont effectués afin de vérifier que les prescriptions de la spécification sont remplies.

Les essais de qualification sont divisés en essais de type et de série comme cela est défini ci-dessous.

4.1.1 Essais de type

Essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond à certaines spécifications. [VEI 151-04-15]

4.1.2 Essais de série

Essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis. [VEI 151-04-16]

4.2 Essais d'acceptation

Essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification. [VEI 151-04-20]

4.3 Essais supplémentaires

Essais destinés à fournir des informations supplémentaires sur certaines caractéristiques des moniteurs.

¹⁾ Défini en 3.1.11.

²⁾ Voir annexe A pour information sur les techniques d'étalonnage convenables pour des moniteurs utilisés pour la mesure de l'équivalent de dose individuel.

3.1.15 personal dose equivalent, $H_p(d)$: The personal dose equivalent, $H_p(d)$, is the dose equivalent in soft tissue¹⁾ below a specified point on the body at a depth, d , that is appropriate for strongly penetrating radiation²⁾.

NOTES

1 This quantity, $H_p(d)$, can be measured with a detector worn at the surface of the body and covered with an appropriate thickness of tissue equivalent (or surrogate) material in a phantom of the same size and shape as the calibration phantom but made of ICRU-tissue.

2 The recommended depth, d , for monitoring strongly penetrating radiation is 10 mm, and $H_p(d)$ may be written as $H_p(10)$.

3 When in the following sections of this standard the terminology (dose equivalent) or (dose equivalent rate) is used, it should be taken to mean personal dose equivalent. The calibration of the dosimeters is performed under simplified conventional conditions on an appropriate phantom (see annex A). The quantity $H_p(10)$ may be used to specify the dose equivalent at a point in a phantom representing the body.

4 Test nomenclature

4.1 Qualification tests

Qualification tests are performed in order to verify that requirements of a specification are fulfilled.

Qualification tests are sub-divided into type tests and routine tests, as defined below.

4.1.1 Type tests

A test of one or more devices made to a certain design to show that the design meets certain specifications. [IEV 151-04-15]

4.1.2 Routine tests

A test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria. [IEV 151-04-16]

4.2 Acceptance tests

A contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specification. [IEV 151-04-20]

4.3 Supplementary tests

Tests intended to provide supplementary information on certain characteristics of the monitors.

¹⁾ Defined in 3.1.11.

²⁾ See annex A for advice on the calibration techniques suitable for monitors used for the measurement of the personal dose equivalent.

4.4 Unités

Dans cette norme, les unités du système international (SI) sont utilisées^{[1]*}. La définition des grandeurs radiologiques et les termes dosimétriques sont donnés dans la CEI 50(393) et la CEI 50(394). Néanmoins, les unités suivantes peuvent être utilisées:

- pour l'énergie: électron-volt (symbole eV) $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$
- pour le temps: années, jours, heures (symbole h), minutes (symbole min).

Les multiples et sous-multiples des unités SI pourront être utilisés en accord avec le système SI.

5 Caractéristiques mécaniques du moniteur

5.1 Encombrement

Les dimensions ne doivent pas dépasser 20 cm de hauteur, 5 cm d'épaisseur et 10 cm de largeur, à l'exclusion de pince ou dispositif de maintien.

5.2 Masse

Il convient idéalement que la masse ne soit pas plus grande que 300 g, mais qu'en aucun cas elle ne dépasse 400 g.

5.3 Boîtier

Il convient que le boîtier soit lisse, rigide, résistant aux chocs, étanche à la poussière et au ruissellement.

Un dispositif doit être fourni pour fixer le moniteur aux vêtements, par exemple une pince forte, un anneau ou une courroie, une attention particulière étant portée à la nécessaire orientation du détecteur et des indicateurs d'alarme.

5.4 Interrupteurs

Si des interrupteurs externes sont prévus, ils doivent être protégés de façon adéquate contre toute manipulation accidentelle ou non autorisée. Le fonctionnement des interrupteurs existants ne doit pas interférer avec la fonction d'intégration du moniteur. Il convient que les interrupteurs soient actionnables à travers le sac plastique utilisé pour la protection contre la contamination et avec des mains gantées.

6 Caractéristiques générales

6.1 Classification des instruments

Classe 1: moniteurs qui conservent l'information de dose enregistrée dans toutes les circonstances normales;

Classe 2: moniteurs susceptibles de perdre l'information de dose enregistrée dans le cas de perte de l'alimentation principale.

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie, annexe C.

4.4 Units

In this standard, the units of the international system (SI) are used^{[1]*}. The definition of radiation quantities and dosimetric terms are given in IEC 50(393) and IEC 50(394). Nevertheless, the following units could be used:

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

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

5 Mechanical characteristics of the monitor

5.1 Size

The dimensions shall not exceed 20 cm length, 5 cm depth, and 10 cm width, excluding any clip or retaining device.

5.2 Mass

The mass ideally should be no more than 300 g but in any case not exceed 400 g.

5.3 Case

The case should be smooth, rigid, shock resistant, dust and shower proof.

Means shall be provided for fixing the monitor to clothing, for example a strong clip, a ring or a lanyard, due regard being given to the necessary orientation of the detector and alarm indicators.

5.4 Switches

If external switches are provided these shall be adequately protected from accidental or unauthorized operation. Operation of any switches provided shall not interfere with the integrating function of the monitor. Switches should be operable through a plastic bag if used for contamination control and with gloved hands.

6 General characteristics

6.1 Instrument classification

Class 1: monitors which retain the stored dose information under all normal circumstances;

Class 2: monitors whose stored dose information may be lost in the event of the loss of the principal power supply.

* Figures in square brackets refer to the bibliography, annex C.

6.2 Repères d'échelle

L'indication des moniteurs à lecture directe doit être digitale (c'est-à-dire non analogique telle que lecture par bargraph), et doit être donnée en unités d'équivalent de dose ou de débit d'équivalent de dose, par exemple en millisieverts ou millisieverts par heure. L'afficheur doit être clairement visible et facile à lire par celui qui le porte.

6.3 Repères sur le moniteur

Le point de référence dans un but d'étalonnage et d'essai doit être indiqué à l'extérieur du moniteur (voir 3.1.8). L'orientation de référence par rapport au porteur doit aussi être marquée sur le moniteur.

6.4 Mesures préventives contre la contamination radioactive

Le moniteur doit être conçu et construit de façon à minimiser la rétention de la contamination et à faciliter la décontamination. Un moniteur peut être fourni avec une enveloppe de protection complémentaire. Si tel est le cas, le moniteur doit encore être conforme aux prescriptions de cette norme.

6.5 Domaine de mesure en équivalent de dose et en débit d'équivalent de dose

Pour la plupart des applications les débits d'équivalent de dose à mesurer par le moniteur sont à l'intérieur du domaine de mesure $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à 1 Sv h^{-1} (1 mrem h^{-1} à 100 rem h^{-1}) pour les rayonnements X, gamma, bêta de forte énergie et sont à l'intérieur du domaine de mesure $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} à 10 rem h^{-1}) pour les rayonnements neutroniques.

De même les équivalents de dose à mesurer sont à l'intérieur du domaine de mesure $1 \mu\text{Sv}$ à 1 Sv pour les rayonnements X, gamma, bêta de forte énergie et sont à l'intérieur du domaine de mesure $10 \mu\text{Sv}$ à 1 Sv pour les rayonnements neutroniques.

6.6 Indication du domaine effectif de mesure

Il convient que le transfert des données dans les deux directions, c'est-à-dire du moniteur vers le système de lecture et du système de lecture vers le moniteur, soit précis à un chiffre près de la décade la moins significative.

Le domaine effectif de mesure doit s'étendre au moins de la première indication non nulle du deuxième chiffre le moins significatif jusqu'à l'indication maximum de chaque domaine (par exemple, pour un affichage avec une valeur maximale de 199,9, le domaine effectif doit s'étendre de 1,0 à 199,9).

Quand plusieurs détecteurs sont utilisés pour mesurer sur l'ensemble du domaine de mesure soit pour les photons soit pour les neutrons, un changement automatique doit exister entre les détecteurs. Les essais de cette norme doivent être accomplis pour tous les détecteurs. Si le moniteur possède un changement de domaine de mesure, ce dernier doit également être automatique.

6.7 Niveaux d'alarme pré réglables

Il convient que le moniteur fournisse une lecture directe et puisse aussi permettre une lecture indirecte par son système de lecture associé d'équivalent de dose et/ou de débit d'équivalent de dose. Il convient que les alarmes visibles et/ou audibles pour le débit d'équivalent de dose et/ou l'équivalent de dose soient pré réglables.

6.2 Scale markings

The indication for direct reading monitors shall be digital (i.e., non-analogue, bargraph reading) and shall be shown in units of dose equivalent or dose equivalent rate, for example millisievert or millisievert per hour, respectively. The display shall be clearly visible and easy to read by the wearer.

6.3 Monitor markings

The reference point for calibration and test purposes shall be indicated on the outside of the monitor (see 3.1.8). The reference orientation with respect to wearer shall also be marked on the monitor.

6.4 Radioactive contamination prevention

In designing the monitor, consideration shall be given to minimizing the retention of contamination and to the ease of removing the contamination. A monitor may be provided with an additional protective cover. If such is the case, the monitor shall still conform to the requirements of this standard.

6.5 Dose equivalent rate and dose equivalent ranges

For most applications the dose equivalent rates to be measured by the monitor are within the range from $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ to 1 Sv h^{-1} (1 mrem h^{-1} to 100 rem h^{-1}) for X, gamma and high energy beta radiations and are within the range from $10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ Sv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} to 10 rem h^{-1}) for neutron radiation.

Likewise, the dose equivalents to be measured are within the range $1 \mu\text{Sv}$ to 1 Sv for X, gamma and high-energy beta radiations and are within the range from $10 \mu\text{Sv}$ to 1 Sv for neutron radiation.

6.6 Effective range of measurement

The transfer of data in both directions, i.e. from the monitor to the readout system, and from the readout system to the monitor, should be accurate to within one digit of the least significant decade.

The effective range of measurement shall be not less than from the first non-zero 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 199,9, the effective range must extend from 1,0 to 199,9.)

Where more than one detector is used for measurement over the complete range for either photons or neutrons, automatic switching shall be provided between the detectors. The tests of this standard shall be performed for all detectors. Where the monitor has range change facilities these shall also be automatic.

6.7 Pre-settable alarm levels

The monitor should provide direct reading and may also have indirect reading by its associated readout system of dose equivalent and/or dose equivalent rate. The visual and/or audible alarms for dose equivalent rate and/or dose equivalent should be pre-settable.

Il ne doit pas être possible de régler les niveaux des alarmes par des interrupteurs externes placés sur le moniteur. Il convient que les niveaux des alarmes soit réglés par le système de lecture associé, ou alors qu'il soit possible d'inhiber tout changement non autorisé du niveau d'alarme par un système d'accès limité électroniquement ou mécaniquement.

6.7.1 Alarmes d'équivalent de dose

Il doit être possible de régler l'alarme soit à une valeur quelconque du domaine effectif de mesure du moniteur, soit pour au moins une valeur de chaque puissance de 10 de ce domaine, par exemple 3 μSv , 30 μSv , 0,3 mSv, 3 mSv, 30 mSv, 300 mSv (0,3 mrem, 3 mrem, 30 mrem, 300 mrem, 3 rem et 30 rem).

6.7.2 Alarmes de débit d'équivalent de dose

Il doit être possible de régler l'alarme, soit à une valeur quelconque du domaine effectif de mesure du moniteur, soit pour au moins une valeur de chaque décade de ce domaine, par exemple 3 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 30 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 0,3 mSv h^{-1} , 3 mSv h^{-1} , 30 mSv h^{-1} , 300 mSv h^{-1} (0,3 mrem h^{-1} , 3 mrem h^{-1} , 30 mrem h^{-1} , 300 mrem h^{-1} , 3 rem h^{-1} et 30 rem h^{-1}).

6.7.3 Caractéristiques de l'alarme

a) Emplacement

L'alarme sonore et/ou visuelle doit être placée de sorte que lorsque le moniteur est porté sur le corps, l'alarme puisse néanmoins être vue ou entendue par celui qui porte le moniteur.

b) Alarme sonore

Il convient d'utiliser une fréquence comprise entre 1000 Hz et 3000 Hz. Dans le cas où une alarme intermittente est disponible, l'intervalle entre 2 signaux successifs ne doit pas dépasser 2 s. Quand le moniteur est porté sur le corps dans la position recommandée, le volume sonore aux oreilles de l'utilisateur doit être supérieur à 85 dBA. Le niveau sonore pondéré en A ne doit pas être supérieur à 100 dBA à 30 cm de la source d'alarme. Quand le niveau de bruit ambiant peut rendre cette alarme inaudible, un signal visuel ou un écouteur doit être fourni.

6.7.4 Indication complémentaire

Une indication doit être donnée pour les conditions dans lesquelles l'intégration de l'équivalent de dose n'est pas exacte (dans les limites des spécifications de cette norme), par exemple alimentation insuffisante, défaillance du détecteur ou champ de rayonnement à débit d'équivalent de dose trop élevé.

7 Procédures générales d'essai

7.1 Nature des essais

Sauf indication contraire, précisée dans les paragraphes particuliers, tous les essais énumérés dans cette norme doivent être considérés comme des essais de type (voir 4.1.1). Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation par convention entre le vendeur et l'acheteur (voir 4.2).

It shall not be possible to set alarm levels by external switches on the monitor. The alarm levels should either be set by the associated readout system or it should be possible to inhibit unauthorized change of alarm levels by an electronic or mechanical access limiting system.

6.7.1 *Dose equivalent alarms*

It shall be possible to set this alarm either to any value over the complete effective range of measurement of the monitor or to at least one value in each order of magnitude of this range, for example 3 μSv , 30 μSv , 0,3 mSv, 3 mSv, 30 mSv, and 300 mSv (0,3 mrem, 3 mrem, 30 mrem, 300 mrem, 3 rem, and 30 rem).

6.7.2 *Dose equivalent rate alarms*

It shall be possible to set this alarm either to any value over the complete effective range of measurement of the monitor or to at least one value in each decade of this range, for example 3 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 30 $\mu\text{Sv h}^{-1}$, 0,3 mSv h^{-1} , 3 mSv h^{-1} , 30 mSv h^{-1} , and 300 mSv h^{-1} (0,3 mrem h^{-1} , 3 mrem h^{-1} , 30 mrem h^{-1} , 300 mrem h^{-1} , 3 rem h^{-1} and 30 rem h^{-1}).

6.7.3 *Alarm output*

a) *Location*

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

b) *Audible alarm*

The frequency should be within the range 1000 Hz to 3000 Hz. Where an intermittent alarm is provided, the signal interval shall not exceed 2 s. When the monitor is worn in the recommended position on the body the volume at the user's ears shall exceed 85 dBA. The A-weighted sound level shall not exceed 100 dBA at 30 cm from the alarm source. Where ambient noise levels would make this alarm inaudible, a visual signal or earphones shall be provided.

6.7.4 *Additional indication*

Indication shall be given of operation in conditions in which the accumulation of dose equivalent is not accurate (within the specifications of this standard), for example low battery supply, detector failure and in high dose equivalent rate fields.

7 **General test procedures**

7.1 *Nature of tests*

Unless otherwise specified in the individual clauses, all the tests enumerated in this standard are to be considered as type tests (see 4.1.1). Certain tests may be considered as acceptance tests by agreement between the manufacturer and the user (see 4.2).

7.2 Conditions de référence et conditions normales d'essai

Les conditions de référence sont données dans la seconde colonne du tableau 1. Sauf indications contraires, les essais de cette norme doivent être exécutés dans les conditions normales d'essai données dans la troisième colonne du tableau 1. Pour les essais qui ne sont pas exécutés dans les conditions normales d'essai, les valeurs de la température, de la pression et de l'humidité relative au moment de l'essai doivent être notées et les corrections appropriées apportées pour donner la réponse dans les conditions de référence.

Lors des essais prévus pour déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence données dans le tableau 1, toutes les autres grandeurs d'influence sont maintenues dans les limites des conditions normales d'essai données dans le tableau 1, sauf indications contraires spécifiées dans la procédure d'essai concernée.

7.3 Positionnement du moniteur à fin d'essais

Pour tous les essais impliquant l'utilisation d'un rayonnement, le point de référence du moniteur (voir 3.1.8.) doit être placé au point où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue et où l'orientation par rapport à la direction du champ du rayonnement est l'orientation indiquée par le fabricant. Ceci ne doit pas être prescrit pour les essais de variation de la réponse avec l'angle d'incidence.

7.4 Faibles débits d'équivalent de dose

Pour les mesures aux faibles débits d'équivalent de dose, il est nécessaire de tenir compte de la contribution du rayonnement du bruit de fond sur le débit d'équivalent de dose au point d'essai, aussi bien que tout effet inhérent (bruit électronique ou radioactivité inhérente). Il est recommandé de n'utiliser que des composants présentant une contribution inhérente totale correspondant à moins de $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($0,1 \text{ mrem h}^{-1}$).

7.5 Fluctuations statistiques

Si, pour tout essai impliquant l'utilisation d'un rayonnement, l'amplitude des fluctuations statistiques de l'indication, provenant de la nature aléatoire du seul rayonnement, est une fraction significative de la variation de l'indication permise dans l'essai, alors des lectures en nombre suffisant¹⁾ doivent être faites pour s'assurer que la valeur moyenne de ces lectures peut être estimée avec une précision suffisante pour déterminer si les prescriptions relatives à la caractéristique en essai sont atteintes.

7.6 Rayonnements de référence

Sauf indications contraires spécifiées dans les méthodes individuelles d'essai, pour tous les essais impliquant l'utilisation d'un rayonnement, il convient d'utiliser le type spécifié de rayonnement (voir tableau 2). La nature, la construction et les conditions d'utilisation des sources de rayonnements doivent être en accord avec l'ISO 4037.

7.6.1 Rayonnement de référence gamma et neutronique

- a) Le rayonnement gamma de référence doit être celui fourni par le nucléide ^{137}Cs . Les sources de ^{60}Co peuvent également être utilisées mais dans ce cas, il sera nécessaire de corriger les mesures en fonction de la réponse au rayonnement du ^{137}Cs .

¹⁾ Un exemple est donné à l'annexe B.

7.2 Reference conditions and standard test conditions

Reference conditions are given in the second column of table 1. Except where otherwise specified, the tests in this standard shall be carried out under standard test conditions given in the third column of table 1. For those tests not 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.

For those tests intended to determine the effects of variations in the influence quantities given in table 1, all other influence quantities should be maintained within the limits for standard test conditions given in table 1, unless otherwise specified in the test procedure concerned.

7.3 Position of monitor for purposes of tests

For all tests involving the use of radiation, the reference point of the monitor (see 3.1.8) shall be placed at the point where the conventional true value of the quantity to be measured is known and in the orientation with respect to the direction of the radiation field as indicated by the manufacturer. This shall not be required for test of variation of response with angle of incidence.

7.4 Low dose equivalent rates

For the measurement of low dose equivalent rates, it is necessary to take account of the contribution of background radiation to the dose equivalent rate at the point of test as well as any inherent effects (electronic noise or inherent radioactivity). It is advisable to use only components with a total inherent contribution corresponding to lower than $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ($0,1 \text{ mrem h}^{-1}$).

7.5 Statistical fluctuations

For any test involving the use of radiation, if the magnitude of the statistical fluctuations of the indication arising from the random nature of radiation alone is a significant fraction of the variation of the indication permitted in the test, then sufficient readings¹⁾ shall be taken to ensure that the mean value of such readings may be estimated with sufficient accuracy to determine whether the requirements for the characteristic under test are met.

7.6 Reference radiations

Unless otherwise specified in the individual methods of test, all tests involving the use of radiation should be carried out with the specified type of radiation (see table 2). The nature, construction, and conditions of use of the radiation sources shall be in accordance with ISO 4037.

7.6.1 Reference gamma and neutron radiation

- a) The reference gamma radiation shall be that provided by the nuclide ^{137}Cs . ^{60}Co sources may also be used but in this case it will be necessary to correct the measurements to the response from radiation from ^{137}Cs .

¹⁾ An example is given in annex B.

b) Le rayonnement neutronique de référence doit être fourni par une source de $^{241}\text{Am-Be}$ qui respecte les conditions de la norme ISO. Des sources de ^{252}Cf peuvent également être utilisées, mais dans ce cas il sera nécessaire de corriger les mesures en fonction de la réponse au rayonnement de la source $^{241}\text{Am-Be}$.

8 Spécifications et essais des performances aux rayonnements

8.1 Erreur relative intrinsèque

8.1.1 Prescriptions

Dans les conditions normales d'essai, avec les contrôles d'étalonnage ajustés selon les instructions du fabricant, l'erreur intrinsèque relative du moniteur ne doit pas dépasser $\pm 15\%$ sur tout le domaine effectif de mesure d'équivalent de dose et ne doit pas dépasser $\pm 20\%$ sur tout le domaine effectif de mesure du débit d'équivalent de dose. Pour la plus petite décade ou la plus petite échelle, $\pm 30\%$ ne doit pas être dépassé. Ces prescriptions sont applicables pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

8.1.2 Détermination de l'erreur intrinsèque relative

a) Sources à utiliser

Pour l'objet de cet essai, la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel, ou du débit, au point d'essai doit être connue avec une incertitude comprise entre $\pm 10\%$. L'essai doit être exécuté avec des sources de ^{137}Cs et de $^{241}\text{Am-Be}$ irradiant le moniteur placé sur un fantôme approprié (voir annexe A) dans la direction d'étalonnage. Les sources avec écrans doivent respecter les prescriptions des normes ISO appropriées. Dans le cas où plusieurs sources sont utilisées, les activités relatives des sources utilisées doivent être telles que le domaine utile des équivalents de dose (débits) pouvant être obtenu avec chaque source au point d'essai (par modification de la distance entre la source et le détecteur du moniteur) recouvre le domaine utile des équivalents de dose (débits) pouvant être obtenu avec au moins une des autres sources utilisées. Pour les neutrons des précautions particulières doivent être envisagées. Dans le cas où le domaine complet de débit d'équivalent de dose prescrit pour l'essai ne peut être couvert par des sources disponibles de $^{241}\text{Am-Be}$ (ou ^{252}Cf) il est tolérable de les remplacer par d'autres sources de neutrons de façon à déterminer l'erreur intrinsèque, la réponse doit être normalisée à l' $^{241}\text{Am-Be}$.

Quand c'est possible, il convient d'utiliser des débits d'équivalent de dose inférieurs à 1 mSv h^{-1} ($< 100 \text{ mrem h}^{-1}$), pour déterminer l'erreur intrinsèque relative pour les moniteurs mesurant l'équivalent de dose. Quand pour des raisons pratiques ce n'est pas possible, par exemple temps d'exposition trop long, des corrections pour non-linéarité aux débits plus élevés d'équivalent de dose doivent être appliquées. Le paragraphe 8.8 décrit les essais utilisés pour déterminer la dépendance au débit d'équivalent de dose des moniteurs mesurant l'équivalent de dose.

b) Essais à exécuter

Un essai de type doit être effectué sur au moins un moniteur de la série et des essais de série doivent être effectués sur chaque moniteur. Les essais doivent être accomplis avec une source de référence neutronique, avec une source de référence photonique et avec les deux sources ensemble (avec une contribution de dose de chaque source approximativement égale).

Essai de type

L'essai doit être exécuté pour au moins trois valeurs de chaque décade d'équivalent de dose ou de débit d'équivalent de dose. Celles-ci doivent être approximativement 20 %, 40 % et 80 % de chaque pleine décade de lecture.

b) The reference neutron radiation shall be that provided by an $^{241}\text{Am-Be}$ source which meets ISO standard conditions. ^{252}Cf sources may also be used, but in this case it will be necessary to correct the measurements to the response from radiation from $^{241}\text{Am-Be}$.

8 Radiation performance requirements and tests

8.1 *Relative intrinsic error*

8.1.1 *Requirements*

Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the relative intrinsic error of the monitor shall not exceed $\pm 15\%$ over the whole effective range of dose equivalent measurement and shall not exceed $\pm 20\%$ over the whole effective range of dose equivalent rate measurement. For the lowest decade or scale of dose equivalent rate, $\pm 30\%$ shall not be exceeded. These requirements are applicable for both photon and neutron radiations.

8.1.2 *Determination of relative intrinsic error*

a) *Sources to be used*

For purposes of this test, the conventional true value of the personal dose equivalent or rate, at the point of test, shall be known within an uncertainty of $\pm 10\%$. The tests shall be performed with sources of ^{137}Cs and $^{241}\text{Am-Be}$ irradiating the monitor on an appropriate phantom (see annex A) in the calibration direction. Shielding of sources shall meet requirements of appropriate ISO standards. In the case where multiple sources are used, the relative activities of the sources used shall be such that the useful range of dose equivalent (rates) obtainable from each source at the point of test (by varying the distance between the source and the detector of the monitor) overlaps the useful range of dose equivalent (rates) obtainable from at least one other of the sources used. For neutrons, special precautions have to be considered. In the event that the full range of personal dose equivalent rates required for the above tests cannot be provided by the $^{241}\text{Am-Be}$ (or ^{252}Cf) neutron sources available, it is permissible to substitute other neutron sources in order to determine the intrinsic error, the response shall be normalized to that from $^{241}\text{Am-Be}$.

Where possible, dose equivalent rates of $< 1 \text{ mSv h}^{-1}$ ($< 100 \text{ mrem h}^{-1}$) should be used for determining the relative intrinsic error for dose equivalent measuring monitors. Where, for practical reasons this is not possible, for example, exposure times would be too long, corrections for non-linearity at these higher dose equivalent (rates) used shall be applied. Subclause 8.8 describes the tests for determining dose equivalent rate dependence of dose equivalent measuring monitors.

b) *Tests to be performed*

A type test shall be carried out on at least one monitor of the series, and routine tests shall be performed on each monitor. The tests shall be performed with a neutron reference source, with a photon reference source and with both neutron and photon sources together (with approximately equal dose contributions from each source).

Type test

The test shall be performed for at least three values in each decade of dose equivalent or dose equivalent rate. These shall be at approximately 20 %, 40 %, and 80 % of each full decade reading.

Essai de série

L'essai doit être exécuté pour au moins deux valeurs, une dans la décade la plus sensible du domaine effectif de mesure et une à environ 50 % du maximum du domaine de mesure.

8.1.3 Interprétation des résultats

Si les valeurs de l'erreur intrinsèque relative se trouvent comprises dans les limites qui suivent, les prescriptions de l'article 8.1.1. peuvent être considérées comme atteintes.

Aucune valeur de l'erreur intrinsèque relative (I) ne doit dépasser $\pm(15+x)$ % pour l'équivalent de dose où x est la valeur absolue de l'incertitude sur la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose.

NOTE – Il convient que x soit plus petit que 10 %.

Pour le débit d'équivalent de dose, aucune valeur de l'erreur intrinsèque relative (I) ne doit dépasser $\pm(20+x)$ % ou pour la plus petite décade ou échelle $\pm(30+x)$ %, où x est l'incertitude sur la valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose.

NOTE – Il convient que x soit plus petit que 10 %.

Il est présumé qu'il n'y a pas d'incertitude associée aux facteurs utilisés pour convertir soit le kerma dans l'air soit la fluence neutronique en équivalent de dose individuel.

Les prescriptions précédentes doivent être applicables à tout système de lecture associé qui serait fourni.

8.2 Temps de réponse

Ces essais doivent être faits séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

8.2.1 Moniteurs de débit d'équivalent de dose

8.2.1.1 Prescriptions

Quand le moniteur est exposé à un échelon croissant ou décroissant du débit d'équivalent de dose, le moniteur doit indiquer le nouveau débit d'équivalent de dose avec une erreur inférieure à 10 % en moins de 5 s. Ceci doit s'appliquer aux débits d'équivalent de dose supérieurs à $100 \mu\text{Sv h}^{-1}$.

8.2.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le moniteur doit être placé dans un champ de neutrons de débit d'équivalent de dose $>10 \mu\text{Sv h}^{-1}$, et doit être stabilisé. Le débit d'équivalent de dose doit ensuite être changé presque instantanément par approximativement un facteur de 10 et les lectures enregistrées en continu jusqu'à ce que le moniteur se stabilise au nouveau débit d'équivalent de dose. L'accroissement jusqu'à 90 % de la nouvelle lecture doit prendre moins de 5 s ou ce temps multiplié par le plus haut débit d'équivalent de dose doit être plus petit que $10 \mu\text{Sv}$. Ensuite, le débit d'équivalent de dose doit être réduit presque instantanément à la valeur initiale. La lecture du moniteur doit être à 10 % près de la nouvelle lecture en moins de 5 s ou ce temps multiplié par le plus haut débit d'équivalent de dose doit être plus petit que $10 \mu\text{Sv}$.

Routine test

The test shall be performed for at least two values: one in the most sensitive decade of the effective range of measurements and one at above 50 % of the maximum of the range of measurement.

8.1.3 Interpretation of the results

If the values of relative intrinsic error fall within the following limits the requirements of 8.1.1 can be considered met.

No single value of the relative intrinsic error (I) shall exceed $\pm(15+x)$ % for dose equivalent, where x is the absolute amount of the uncertainty of the conventional true value of the dose equivalent.

NOTE - x should be less than 10 %.

For dose equivalent rate no single value of the relative intrinsic error (I) shall exceed $\pm(20+x)$ % or for the lowest decade or scale $\pm(30+x)$ %, where x is the uncertainty of the conventional true value of the dose equivalent rate.

NOTE - x should be less than 10 %.

It is assumed that there is no uncertainty associated with the factors used to convert either the air kerma or the neutron fluence to personal dose equivalent.

The above requirements shall be applicable to any associated readout system supplied.

8.2 Response time

These tests shall be performed separately for photon radiation and for neutron radiation.

8.2.1 Dose equivalent rate monitors

8.2.1.1 Requirements

When the monitor is subjected to a step increase or decrease in dose equivalent rate, the monitor shall indicate the new dose equivalent rate with an error of less than 10 % within 5 s. This shall apply for dose equivalent rates greater than $100 \mu\text{Sv h}^{-1}$.

8.2.1.2 Method of test

For this test the monitor shall be placed in a neutron field with a dose equivalent rate of $>10 \mu\text{Sv h}^{-1}$ and allowed to stabilize. The dose equivalent rate shall then be changed nearly instantaneously by approximately a factor of 10 and readings recorded continuously until the monitor stabilizes at the new dose equivalent rate. The change to 90 % of the new reading shall take less than 5 s, or that time multiplied by the higher dose equivalent rate shall be less than $10 \mu\text{Sv}$. Next, the dose equivalent rate shall be reduced nearly instantaneously to the initial value. The monitor reading shall be within 10 % of the new reading within 5 s, or that time multiplied by the higher dose equivalent rate shall be less than $10 \mu\text{Sv}$.

8.3 Précision de l'alarme pour une valeur présélectionnée

Ces essais doivent être accomplis séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

8.3.1 Moniteurs de débit d'équivalent de dose

8.3.1.1 Prescription

Pour un moniteur exposé à un débit d'équivalent de dose correspondant à 0,8 fois le débit d'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme pendant 10 min, l'alarme ne doit pas être activée pendant plus de 10 % de la période d'essai. De manière similaire pour un débit d'équivalent de dose de 1,2 fois le débit d'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme, cette alarme doit être activée pendant 90 % de la période d'essai. Pour un moniteur exposé à un débit d'équivalent de dose de 1,2 fois le débit d'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme, il convient que l'alarme s'active en moins de 5 s ou en un temps tel que son produit par le débit d'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme soit inférieur à 10 μ Sv (1 mrem).

Deux essais au moins doivent être effectués, l'un avec l'alarme réglée près de la valeur maximale de l'indication et l'un avec l'alarme réglée près de la valeur maximale de la seconde décade la moins significative. Il doit être tenu compte de l'incertitude sur le débit de dose conventionnellement vrai auquel le moniteur est exposé. Si cette incertitude est de x %, les débits d'équivalent de dose utilisés doivent être: $0,80(1-x/100)$ et $1,20(1+x/100)$ du débit d'équivalent de dose correspondant au point de réglage de l'alarme.

8.3.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le moniteur doit être placé sur un fantôme approprié (voir annexe A). Exposer le moniteur au plus faible débit d'équivalent de dose, $0,80(1-x/100)$ fois le niveau de réglage de l'alarme, pendant 10 min. Pendant ce temps l'alarme ne doit pas être active pendant plus de 10 % du temps.

Exposer le moniteur au plus fort débit d'équivalent de dose, $1,20(1+x/100)$ multiplié par le niveau de réglage de l'alarme. Mesurer le temps qu'il faut pour que l'alarme s'active. Ce temps doit être inférieur à 5 s ou ce temps multiplié par le débit d'équivalent de dose doit être inférieur à 10 μ Sv (1 mrem). Pendant toute la période d'essai l'alarme doit être active pendant au moins 90 % du temps.

8.3.2 Moniteurs d'équivalent de dose

8.3.2.1 Prescription

Pour un moniteur soumis à une dose de 0,85 fois l'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme, aucune alarme ne doit être donnée, et pour le moniteur soumis à un équivalent de dose de 1,15 fois l'équivalent de dose correspondant au point présélectionné de l'alarme, l'alarme doit sonner.

Deux essais au moins doivent être effectués, l'un avec l'alarme réglée près de la valeur maximale du domaine de mesure de l'instrument et l'autre de la valeur maximale de la seconde décade la moins significative.

8.3 Accuracy of alarm to set value

These tests shall be performed separately for photon radiation and for neutron radiation.

8.3.1 Dose equivalent rate monitors

8.3.1.1 Requirements

When the monitor is subjected to dose equivalent rates of 0,80 of the dose equivalent rate alarm set point for 10 min, the alarm shall not be activated for more than 10 % of the period of the test. Similarly at a dose equivalent rate of 1,2 of the alarm level set, the alarm shall be activated for 90 % of the period of test. When the unit is subjected to dose equivalent rates of 1,20 of the dose equivalent rate alarm set point, the alarm should actuate within 5 s or within a time such that the product of this time and the dose equivalent rate of the alarm point is less than 10 μ Sv (1 mrem).

At least two tests shall be carried out, one with the alarm set to near the maximum range of indication and one with the alarm set to near the maximum value of the second least significant decade. Allowance shall be made for the uncertainty in the conventional true dose equivalent rate to which the monitor is subjected. Where this is x %, the dose equivalent rates used shall be: $0,80(1-x/100)$ and $1,20(1+x/100)$ of the dose equivalent alarm set point.

8.3.1.2 Method of test

For this test, the monitor shall be placed on an appropriate phantom (see annex A). For 10 min, expose the monitor to the lower dose equivalent rate $0,80(1-x/100)$ times the set alarm level. During this time, the alarm shall not be activated for more than 10 % of the time.

Expose the monitor to the upper dose equivalent rate $1,20(1+x/100)$ times the set alarm level. Measure the time it takes for the alarm to activate. This time shall be less than 5 s, or this time multiplied by the dose equivalent rate shall be less than 10 μ Sv (1 mrem). Over the whole period of the test the alarm shall be activated for at least 90 % of the time.

8.3.2 Dose equivalent monitors

8.3.2.1 Requirements

When the monitor is subjected to a dose of 0,85 of the dose equivalent alarm set point, no alarm shall be given, and when the monitor is subjected to a dose equivalent of 1,15 of the dose equivalent alarm set point, the alarm shall sound.

At least two tests shall be carried out, one for an alarm set point near the maximum range of the instrument and one near the maximum value of the second least significant decade.

8.3.2.2 Méthode d'essai

Pour cet essai le moniteur doit être placé sur un fantôme approprié (voir annexe A). Le moniteur doit être remis à zéro et ensuite soumis à un débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai tel que l'alarme ne fonctionne pas avant au moins 100 s. Le temps d'exposition du moniteur jusqu'à ce que l'alarme fonctionne doit être mesuré et les critères suivants doivent être trouvés:

Le quotient de ([la valeur correspondant au point de réglage de l'alarme en Sv] par [la valeur du débit d'équivalent de dose utilisé exprimé en Sv h^{-1} multipliée par le temps mesuré en heures]) doit être compris dans le domaine $0,85(1-x/100)$ à $1,15(1+x/100)$ où x est le pourcentage de l'erreur sur la valeur conventionnellement vraie du débit d'équivalent de dose utilisé.

8.4 Variation de la réponse avec l'énergie du rayonnement

8.4.1 Prescriptions – rayonnement neutronique

La réponse dans l'orientation de référence, au rayonnement neutronique incident d'énergie comprise entre 100 keV et 15 MeV doit être comprise dans l'intervalle $\pm 50\%$ dans le domaine d'énergie spécifié par le fabricant. La variation de la réponse dans le domaine thermique à 100 keV doit être donnée par le fabricant. Le domaine d'énergie où la réponse est à $\pm 50\%$ doit aussi être indiqué par le fabricant.

Le fabricant doit réaliser la meilleure réponse en énergie praticable et doit spécifier la réponse pour les neutrons d'énergie donnés en 8.4.2.

8.4.2 Méthode d'essai

Pour cet essai le moniteur doit être placé sur un fantôme approprié (voir annexe A). Les énergies suivantes, sélectionnées à partir de la liste des rayonnements de référence neutroniques spécifiés dans l'ISO 8529 doivent être utilisées:

- $^{241}\text{Am-Be}$ (4,4 MeV d'énergie moyenne pour l'équivalent de dose);
- ^{252}Cf (2,3 MeV d'énergie moyenne pour l'équivalent de dose);
- 0,144 MeV (faisceau de neutrons de réacteur filtré Si ou d'accélérateur);
- neutrons monoénergétiques produits par accélérateur;
- 0,56 MeV; 1,2 MeV; 2,5 ou 2,8 MeV et 14,8 MeV.

Pour les moniteurs destinés à mesurer des neutrons dans le domaine d'énergie des thermiques à 100 keV, les énergies suivantes doivent être utilisées:

- thermique (énergie d'un faisceau de réacteur thermique ou d'accélérateur);
- $^{124}\text{Sb-Be}$ (21 keV d'énergie moyenne pour l'équivalent de dose);

NOTE – Cette source a un fort champ de photons.

- ou 24 keV (faisceau de neutrons de réacteur filtré Fe-Al ou d'accélérateur).

Les résultats doivent être exprimés comme le rapport de la valeur indiquée à la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel (débit), pour chaque énergie des rayonnements. En principe, il est souhaitable que ce test soit exécuté au même équivalent (débit) de dose pour chaque énergie des rayonnements. En pratique, ceci peut ne pas être possible, dans ce cas l'équivalent de dose (débit) indiqué à chaque énergie du rayonnement doit être corrigé de l'erreur intrinsèque relative (par interpolation si nécessaire) en fonction de l'équivalent de dose (débit) de la source de référence du rayonnement neutronique (voir 8.1.2.).

8.3.2.2 Method of test

For this test, the monitor shall be placed on an appropriate phantom (see annex A). The monitor shall be reset and then subjected to a conventional true dose equivalent rate such that the alarm will not occur for at least 100 s. The time of exposure of the monitor until the alarm occurs shall be measured and the following criteria shall be met:

The quotient of ([the alarm set point in Sv] by [the dose equivalent rate used in Sv h^{-1} multiplied by measured time in hours]) shall lie within the range 0,85 $(1-x/100)$ to 1,15 $(1+x/100)$, where x is the percentage error in the conventional true dose equivalent rate used.

8.4 Variation of response with radiation energy

8.4.1 Requirements – neutron radiation

The response, for the defined orientation direction to incident neutron radiation of energy between 100 keV and 15 MeV, shall be within $\pm 50\%$ over the energy range stated by the manufacturer. From thermal to 100 keV, the variation in response shall be stated by the manufacturer. The energy range where response is $\pm 50\%$ also shall be indicated by the manufacturer.

The manufacturer shall achieve the best energy response practicable and shall specify the energy response for the neutron energies shown in 8.4.2.

8.4.2 Method of test

For this test the monitor shall be placed on an appropriate phantom (see annex A). The following energies selected from the list of neutron reference radiations specified in ISO 8529 shall be used:

- $^{241}\text{Am-Be}$ (4,4 MeV average dose equivalent energy);
- ^{252}Cf (2,3 MeV average dose equivalent energy);
- 0,144 MeV (Si filtered reactor beam or accelerator neutrons);
- accelerator produced monoenergetic neutrons;
- 0,56 MeV; 1,2 MeV; 2,5 or 2,8 MeV and 14,8 MeV.

For monitors intended for use in measuring neutrons with energies ranging from thermal to 100 keV, the following energies shall be used:

- thermal energy (from a thermal reactor beam or accelerator);
- $^{124}\text{Sb-Be}$ (21 keV average dose equivalent energy);

NOTE – This source has a high photon yield.

- or 24 keV (Fe-Al filtered reactor beam or accelerator neutrons).

The results shall be expressed as the ratio of the indicated value to the conventional true value of the personal dose equivalent (rate) for each radiation energy. In principle, it is desirable that this test be performed at the same dose equivalent (rate) for each radiation energy. In practice this may not be possible, in which case the indicated dose equivalent (rate) at each radiation energy shall be corrected for the relative intrinsic error (interpolated if necessary) at that indicated dose equivalent (rate) for the reference neutron radiation source (see 8.1.2).

8.4.3 Prescription – rayonnement photonique

La réponse, dans l'orientation de référence, du rayonnement incident d'énergie comprise entre 50 keV et 1,5 MeV ne doit pas différer de plus de $\pm 30\%$ de la réponse à la source de référence de rayonnement gamma ^{137}Cs (662 keV).

8.4.4 Méthode d'essai

Pour cet essai le moniteur doit être placé sur un fantôme approprié (voir annexe A). Les énergies suivantes, sélectionnées à partir de la liste des rayonnements de référence spécifiés dans l'ISO 4037, doivent être utilisées:

- a) rayons X filtrés de 48 keV, 60 keV (ou ^{241}Am), 87 keV, 109 keV, 148 keV et 211 keV¹⁾; et
- b) rayonnement gamma du ^{137}Cs (662 keV) et ^{60}Co (1,17 MeV et 1,33 MeV).

Comme prescrit ci-dessus, des essais additionnels doivent également être exécutés avec un rayonnement gamma de 6 MeV²⁾. Ces résultats doivent être exprimés comme le rapport entre la valeur indiquée et la valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel (débit), H_p , pour chaque énergie des rayonnements et à 6 MeV il convient d'utiliser la valeur conventionnellement vraie pour une profondeur de 40 mm, mais réduite de l'atténuation des photons de 10 mm à 40 mm de profondeur. Pour l'étalonnage à 6 MeV la méthode donnée dans la future ISO 9991³⁾ doit être appliquée.

En principe, il est souhaitable que ces essais soient exécutés au même équivalent de dose (débit) pour chaque énergie des rayonnements. En pratique, ceci peut ne pas être possible, dans ce cas l'équivalent de dose indiqué (débit) à chaque énergie du rayonnement doit être corrigé de l'erreur intrinsèque relative (par interpolation si nécessaire) en fonction de l'équivalent de dose (débit) de la source de référence du rayonnement gamma (voir 8.1.2.).

8.5 Variation de la réponse avec l'angle d'incidence du rayonnement

8.5.1 Prescription – rayonnement neutronique

Pour deux plans, un horizontal et un vertical, passant par le point de référence du moniteur (voir figure A.1), la lecture du moniteur pour les angles α , relative à la lecture à $\alpha = 0^\circ$ pour les angles de 0° à $+75^\circ$ et 0° à -75° , doit correspondre à $\pm 30\%$ près aux rapports donnés dans le tableau A.1 pour une source de $^{241}\text{Am-Be}$. Si une source $^{241}\text{Am-Be}$ n'est pas disponible, alors une source de ^{252}Cf peut être utilisée à la place.

8.5.2 Méthode d'essai

Placer le moniteur sur un fantôme approprié (voir annexe A) dans la position normale d'utilisation, la source de rayonnement dirigée selon la direction de référence de l'étalonnage spécifiée par le fabricant. La lecture dans cette position doit être relevée. Pour les deux plans horizontal et vertical, le moniteur et son fantôme doivent être orientés à $+15^\circ$ et -15° , $+30^\circ$ et -30° , $+45^\circ$ et -45° , $+60^\circ$ et -60° , $+75^\circ$ et -75° et $+90^\circ$ et -90° par

1) Les détails relatifs à ces rayonnements de référence sont donnés dans l'ISO 4037.

2) ISO 4037.

3) Voir annexe C: Bibliographie.

8.4.3 Requirements – photon radiation

The response, for the defined orientation, to incident radiation of energy between 50 keV and 1,5 MeV shall not differ by more than $\pm 30\%$ from the response to the ^{137}Cs (662 keV) reference gamma radiation source.

8.4.4 Method of test

For this test the monitor shall be placed on an appropriate phantom (see annex A). The following energies, selected from the list of photon reference radiations specified in ISO 4037, shall be used:

- a) filtered X-rays of 48 keV, 60 keV (or ^{241}Am), 87 keV, 109 keV, 148 keV and 211 keV¹⁾; and
- b) gamma radiation from ^{137}Cs (662 keV) and ^{60}Co (1,17 MeV and 1,33 MeV).

As required above, additional tests shall also be performed with 6 MeV gamma radiation²⁾. The results shall be expressed as the ratio of the indicated value to the conventionally true value of the personal dose equivalent (rate), H_p , for each radiation energy, and at 6 MeV the conventionally true value should be at a depth of 40 mm, but reduced for the photon attenuation from 10 mm to 40 mm depth. For calibration of the monitor at 6 MeV the method given in future ISO 9991³⁾ shall be applied.

In principle, it is desirable that these tests be performed at the same dose equivalent (rate) for each radiation energy. In practice, this may not be possible, in which case the indicated dose equivalent (rate) at each radiation energy shall be corrected for the relative intrinsic error (interpolated if necessary) at that indicated dose equivalent (rate) for the reference gamma radiation source (see 8.1.2).

8.5 Variation of response with angle of incidence of radiation

8.5.1 Requirements – neutron radiation

For two planes, one horizontal and one vertical through the reference point of the monitor (see figure A.1), the ratio of the monitor reading at α relative to the reading at $\alpha = 0^\circ$ for angles from 0° to $+75^\circ$ and 0° to -75° shall be within $\pm 30\%$ of the ratios given in table A.1 for a $^{241}\text{Am-Be}$ source. If an $^{241}\text{Am-Be}$ source is not available, then a ^{252}Cf source may be used instead.

8.5.2 Method of test

Place the monitor on an appropriate phantom (see annex A) in its normal position of use, with the source of radiation in the reference direction for calibration purposes specified by the manufacturer. The reading in this position shall be noted. For the two planes, horizontal and vertical, the monitor and its phantom shall be rotated in both directions to angles of $+15^\circ$ and -15° , $+30^\circ$ and -30° , $+45^\circ$ and -45° , $+60^\circ$ and -60° , $+75^\circ$ and -75° .

1) Details of these reference radiations are given in ISO 4037.

2) ISO 4037.

3) See annex C: Bibliography.

rapport à la direction d'incidence normale. Les lectures doivent être prises pour toutes ces orientations et les rapports calculés pour ces angles par rapport à 0°. Les valeurs de ces rapports mesurés pour +90° et -90° doivent être donnés par le fabricant.

8.5.3 Prescription – rayonnement photonique

Pour deux plans, un horizontal et un vertical, passant par le point de référence du moniteur (voir figure A.1), le rapport de la lecture du moniteur à α à la lecture du moniteur à $\alpha = 0^\circ$ pour les angles de 0° à $+75^\circ$ et 0° à -75° , doit correspondre à $\pm 20\%$ près aux rapports donnés dans le tableau A.2 pour le ^{137}Cs et à $\pm 50\%$ près aux rapports pour l' ^{241}Am (ou les rayons X filtrés de 60 keV).

Le fabricant doit donner la réponse à 90° .

8.5.4 Méthode d'essai

Les essais doivent être réalisés à la fois pour le rayonnement photonique de l' ^{241}Am (59,5 keV) (ou un rayonnement X filtré de 60 keV) et pour le ^{137}Cs (662 keV). Il convient de mettre en accord avec les recommandations de l'ISO 4037, la nature, le montage et les conditions d'emploi des sources de rayonnement.

Placer le moniteur sur un fantôme approprié (voir annexe A) dans la position normale d'utilisation, la source de rayonnement dirigée selon la direction de référence de l'étalonnage spécifiée par le fabricant. La lecture dans cette position doit être relevée. Pour deux plans horizontal et vertical, le moniteur et le fantôme doivent être orientés à $+15^\circ$ et -15° , $+30^\circ$ et -30° , $+45^\circ$ et -45° , $+60^\circ$ et -60° , $+75^\circ$ et -75° et $+90^\circ$ et -90° . Les lectures doivent être prises pour toutes ces orientations et les rapports calculés pour ces angles par rapport à 0° . Les rapports pour $+90^\circ$ et -90° doivent être donnés par le fabricant.

8.6 Conservation de la lecture de l'équivalent de dose

Ceci s'applique aux moniteurs qui mesurent l'équivalent de dose, c'est-à-dire ne s'applique pas aux mesures du débit d'équivalent de dose.

Ces prescriptions doivent être essayées séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

8.6.1 Prescriptions

- A la fin de chaque exposition, il convient que la lecture du moniteur et celle indiquée par un système quelconque de lecture associé, s'il est fourni, ne varie pas de la plus grande des valeurs $\pm 2\%$ ou d'une unité du chiffre le moins significatif, suivant la valeur la plus élevée, pendant les 8 h qui suivent.
- Cette prescription n'est pas applicable aux moniteurs de la classe 2. 24 h après la perte ou l'arrêt de la tension d'alimentation principale, l'équivalent de dose intégré mesuré par le moniteur, et par un système quelconque de lecture associé, avant cette perte ou cet arrêt, ne doit pas changer de plus de $\pm 5\%$ ou un changement du chiffre le moins significatif, après remplacement de l'alimentation principale.

8.6.2 Méthode d'essai

- Exposer le moniteur à une source de rayonnement donnant un équivalent de dose suffisamment élevé pour que toute accumulation ultérieure due au rayonnement du bruit de fond puisse être négligée. Cesser l'irradiation immédiatement après la fin de la période d'intégration et relever la valeur affichée.

and $+90^\circ$ and -90° from normal incidence. The readings shall be taken at all these orientations and the ratios at these angles relative to 0° calculated. The value of these ratios at $+90^\circ$ and -90° shall be stated by the manufacturer.

8.5.3 Requirements – photon radiation

For two planes, one horizontal and one vertical through the reference point of the monitor (see figure A.1), the ratio of the monitor reading at angle α relative to the reading at $\alpha = 0^\circ$ for angles from 0° to $+75^\circ$ and 0° to -75° shall be within $\pm 20\%$ of the ratios given in table A.2 for ^{137}Cs and within $\pm 50\%$ of the ratios for ^{241}Am (or 60 keV filtered X radiation).

The manufacturer shall state the response at 90° .

8.5.4 Method of test

The test shall be performed for both the photon radiation from ^{241}Am (59.5 keV) (or 60 keV filtered X-radiation) and from ^{137}Cs (662 keV). The nature, construction and conditions of use of the radiation sources should be in accordance with the recommendations of ISO 4037.

Place the monitor on an appropriate phantom (see annex A) in its normal position of use, with the source of radiation in the reference direction for calibration purposes specified by the manufacturer. The reading in this position shall be noted. For two planes, horizontal and vertical, the monitor and the phantom shall be rotated to angles of $+15^\circ$ and -15° , $+30^\circ$ and -30° , $+45^\circ$ and -45° , $+60^\circ$ and -60° , $+75^\circ$ and -75° and $+90^\circ$ and -90° . The readings shall be taken at all these orientations and the ratios at these angles relative to 0° calculated. The ratios for $+90^\circ$ and -90° shall be stated by the manufacturer.

8.6 Retention of dose equivalent reading

This applies to monitors that measure dose equivalent, that is, it does not apply to dose equivalent rate measurements.

These requirements shall be tested separately for photon radiation and for neutron radiation.

8.6.1 Requirements

- At the end of any exposure period the reading of the monitor and that indicated by any associated readout system, if supplied, should not change by more than $\pm 2\%$ or a single change in the least significant digit, whichever is the greatest, over the next 8 h.
- This requirement shall not be applicable to class 2 monitors. After 24 h from the loss or interruption of the principal voltage supply, the integrated dose equivalent measured by the monitor, and from any associated readout system, prior to this loss or interruption shall not change by more than $\pm 5\%$, or a change in the least significant digit, upon replacement of the principal voltage supply.

8.6.2 Method of test

- Expose the monitor to a source of radiation giving a dose equivalent sufficiently high that any subsequent accumulation due to background radiation can be neglected. Cease the irradiation immediately when the integration period is completed and note the displayed reading. Every hour up to 8 h from the end of the integration period read the display.

Chaque heure jusqu'à 8 h, après la fin de la période d'intégration, lire l'affichage. Il convient qu'aucune de ces huit lectures ne diffère de ± 2 % de la valeur initiale de la lecture ou une unité du chiffre le moins significatif, suivant la valeur la plus élevée.

b) Pour les moniteurs de la classe 1 seulement, exposer le moniteur à une source de rayonnement donnant un équivalent de dose suffisamment élevé pour que toute accumulation successive due au rayonnement du bruit de fond puisse être négligée. Relever la valeur affichée. Les piles sont alors enlevées du moniteur. (Quand la pile principale tombe en panne ou est enlevée, l'affichage de la lecture peut disparaître ou être remplacé par une information). Après 24 h, les piles principales du moniteur doivent être remises ou rechargées. La lecture de l'équivalent de dose obtenu ne doit pas différer de plus de ± 5 % de la dernière valeur obtenue avant que les piles principales ne soient enlevées ou il convient de ne pas avoir de changement du chiffre le moins significatif.

8.7 Réponse au rayonnement bêta

a) Prescriptions

Il convient que la lecture du moniteur, pour des rayonnements bêta incidents de $E_{\max}$ supérieure à 3 MeV, ne diffère pas de plus de ± 50 % de la valeur conventionnellement vraie $H_p(10)$.

b) Méthode d'essai

La réponse du moniteur placé sur un fantôme approprié (annexe A) doit être mesurée sous l'irradiation bêta émise par une source de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ($E_{\max} = 3,5$ MeV) en accord avec les recommandations de la norme ISO 6980.

Une source de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ émet également un rayonnement photonique et il convient de prendre en compte sa contribution à l'équivalent de dose (débit), lors de la détermination de la réponse du moniteur au rayonnement bêta.

La réponse au $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ doit être à l'intérieur d'une fourchette de ± 50 %.

8.8 Dépendance avec le débit d'équivalent de dose

8.8.1 Prescription

La réponse du moniteur doit être telle que l'erreur intrinsèque relative correspondant à l'équivalent de dose reste comprise dans une fourchette de ± 20 % pour tous les débits d'équivalent de dose jusqu'à 1 Sv h^{-1} (100 rem h^{-1}).

Cette prescription doit être vérifiée séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

8.8.2 Méthode d'essai (uniquement pour l'essai de type)

Déterminer l'erreur intrinsèque relative du moniteur à 80 % de chaque décade quand le moniteur est exposé à une source de référence correspondant approximativement aux débits d'équivalent de dose suivants:

$$10 \text{ mSv h}^{-1}, 100 \text{ mSv h}^{-1} \text{ et } 1 \text{ Sv h}^{-1} \text{ (} 1 \text{ rem h}^{-1}, 10 \text{ rem h}^{-1} \text{ et } 100 \text{ rem h}^{-1}\text{)}$$

Puisque pour les plus faibles équivalents de dose, les temps d'exposition sont trop courts aux débits élevés, tandis que pour les équivalents de dose élevés, les temps d'exposition sont trop longs aux faibles débits, il convient d'exclure toutes les expositions nécessitant des temps inférieurs à 3 s ou supérieurs à 10 h.

None of these eight readings should differ by more than a single digit or by more than ± 2 % compared with the initial reading, whichever is the greatest.

b) For class 1 monitors only, expose the monitor to a source of radiation giving a dose equivalent sufficiently high that any subsequent accumulation due to background radiation can be neglected. Note the displayed reading. The principal batteries shall then be removed from the monitor (when the principal battery fails or is removed the reading may disappear or be replaced by some instruction). After 24 h the principal batteries of the monitor shall be replaced or recharged. The reading of dose equivalent obtained shall not differ by more than ± 5 % from the last value obtained before the principal batteries were removed, or there should be no change in the least significant digit.

8.7 Response to beta radiations

a) Requirements

The monitor reading, for incident beta radiation with $E_{\max}$ above 3 MeV should not differ by more than ± 50 % from the conventionally true value of $H_p(10)$.

b) Method of test

The response of the monitor on an appropriate phantom (annex A) shall be measured to the beta radiation emitted by a $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ($E_{\max} = 3.5$ MeV) source in accordance with the recommendations of ISO 6980.

A $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ source also emits photon radiation and the contribution to the dose equivalent (rate) from this photon radiation should be taken into account when determining the beta response of the monitor.

The response to $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ shall be within ± 50 %.

8.8 Dose equivalent rate dependence

8.8.1 Requirements

The response of the monitor shall be such that its dose equivalent relative intrinsic error remains within ± 20 % for all dose equivalent rates up to 1 Sv h^{-1} (100 rem h^{-1}).

This requirement shall be tested separately for both photon radiation and neutron radiation.

8.8.2 Method of test (type test only)

Determine the relative intrinsic error of the monitor at 80 % of each decade when the monitor is exposed to a reference source at approximately the following dose equivalent rates:

10 mSv h^{-1} , 100 mSv h^{-1} and 1 Sv h^{-1} (1 rem h^{-1} , 10 rem h^{-1} and 100 rem h^{-1})

Since at the lower dose equivalents the exposure times will be too short for the higher rates, while at high dose equivalents the exposure times will be too long for the lower rates, these tests should exclude any exposures involving times of less than 3 s or exceeding 10 h.

Toutefois, puisque les moniteurs peuvent être portés de façon opérationnelle dans des zones à forts débits transitoires d'équivalent de dose, le moniteur doit être essayé pour de courtes expositions dans ces conditions. Le moniteur doit être exposé pendant 5 s dans un débit approximatif de 1 Sv h^{-1} (100 rem h^{-1}) et on doit alors lire à $\pm 20 \%$ près l'équivalent de dose calculé pour 5 s d'irradiation.

8.9 *Caractéristiques de surcharge*

8.9.1 *Prescriptions*

Ces prescriptions doivent être vérifiées séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

Pour un équivalent de dose (débit) plus grand que celui correspondant à la valeur maximale de la plus grande décade et jusqu'à deux fois l'indication maximale, le moniteur doit être «hors échelle» au-delà du maximum de la plus grande échelle et doit rester ainsi tant que persiste le champ de rayonnement. Le fabricant doit donner le temps que prend le moniteur fonctionnant en débit d'équivalent de dose pour revenir en fonctionnement normal de mesure du débit d'équivalent de dose après irradiation à cette surexposition. Dans le cas d'une mesure en équivalent de dose, l'indication doit rester «hors échelle» jusqu'à ce qu'on l'enlève du champ d'irradiation. Pour les moniteurs mesurant l'équivalent de dose lorsque le débit d'équivalent de dose dépasse le débit mesurable, alors la condition de surcharge doit être indiquée et rester jusqu'à la réinitialisation. Les débits mesurables sont ceux pour lesquels les prescriptions de 8.8 sont vérifiées; le fabricant doit donner la limite supérieure de ces débits.

8.9.2 *Méthode d'essai*

8.9.2.1 *Moniteurs d'équivalent de dose*

Le moniteur doit être irradié à un équivalent de dose de deux fois la valeur maximale du domaine de mesure. L'indication du moniteur doit rester au maximum du domaine de mesure et une indication de surcharge doit être affichée.

8.9.2.2 *Moniteurs de débit d'équivalent de dose*

Le moniteur doit être irradié, par exemple 10 min à un débit d'équivalent de dose de deux fois la valeur maximale du domaine de mesure. L'indication du moniteur doit rester au maximum du domaine de mesure et une indication de surcharge doit être affichée.

Après arrêt de ce débit d'équivalent de dose «hors échelle», le temps de retour de l'indication du moniteur à un débit d'équivalent de dose en fonctionnement «normal» doit être mesuré.

9 **Prescriptions et essais de bon fonctionnement électrique**

9.1 *Alimentation – Fonctionnement des batteries*

9.1.1 *Informations générales*

Des aménagements pour faire l'essai de l'alimentation sous charge maximale pendant l'utilisation doivent être prévues. De plus, une indication doit attester que le fonctionnement est opérationnel pendant au moins 8 h pour un débit d'environ $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (10 mrem h^{-1}) dans les conditions normales, ceci inclut 1 min de fonctionnement en

However, since the monitors may be worn operationally in areas of transient high dose equivalent rates, the monitor shall be tested for short exposure under these conditions. The monitor shall be exposed for 5 s at approximately 1 Sv h^{-1} (100 rem h^{-1}) and it shall then read within $\pm 20 \%$ of the calculated dose equivalent for 5 s irradiation.

8.9 *Overload characteristics*

8.9.1 *Requirements*

These requirements shall be separately tested for both photon radiation and for neutron radiation.

For dose equivalent (rates) greater than that corresponding to the maximum value of the upper decade and up to twice the maximum indication, the monitor shall be "off-scale" at the higher end of the scale and shall remain so while in that radiation field. The manufacturer shall state the time taken for monitors that indicate dose equivalent rate to return to the appropriate "on-scale" dose equivalent rate reading following the irradiation to this over-exposure. For the dose equivalent irradiation, the indication shall remain "off-scale" upon removal from the radiation field. For dose equivalent monitors where the dose equivalent rate during integration exceeds the measurable rate, then an overload condition shall be indicated and remain until reset. The measurable rates are those for which the requirements of 8.8 are met, the manufacturer shall state the upper limits of such rates.

8.9.2 *Method of test*

8.9.2.1 *Dose equivalent monitors*

The monitor shall be irradiated to a dose equivalent of twice the maximum range value. The indication of the monitor shall remain at the maximum of the range and an overload indication shall be displayed.

8.9.2.2 *Dose equivalent rate monitors*

The monitor shall be irradiated, for example for 10 min, to a dose equivalent rate of twice the maximum range value. The indication of the monitor shall remain at the maximum of the range and an overload indication shall be displayed.

Upon removal of this "off-scale" dose equivalent rate the time shall be measured for the indication of the monitor to return to an appropriate "on-scale" dose equivalent rate.

9 **Electrical performance requirements and tests**

9.1 *Power supplies – Battery operation*

9.1.1 *General*

Facilities shall be provided for testing the battery under maximum load during use. In addition, indication shall be provided that at least 8 h operational life is available at about $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (10 mrem h^{-1}) under normal conditions, including 1 min of alarm, and it is permissible for the external readout system to provide the indication. Provision also shall

alarme et ceci peut être obtenu au moyen du système de lecture externe. Des dispositions doivent également être prises pour indiquer le moment où les conditions d'alimentation ne correspondent plus au fonctionnement du moniteur conforme aux prescriptions de cette norme. Les piles peuvent être connectées de n'importe quelle manière; la polarité correcte doit être clairement indiquée sur le moniteur par le fabricant.

9.1.2 *Prescription pour les piles*

Ces prescriptions doivent être essayées séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

a) Si l'alimentation électrique est fournie par des piles, la capacité de celles-ci doit être telle qu'après au moins 100 h de fonctionnement continu dans les conditions normales d'essai la réponse du moniteur ne change pas de plus de $\pm 15\%$, les autres fonctions restant aussi dans leurs spécifications. Le moniteur doit satisfaire à cette spécification dans des champs de $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} à 10 mrem h^{-1}).

b) Immédiatement après la remise de piles neuves, le moniteur doit être capable de fonctionner avec les alarmes sonore et visuelle activées pendant au moins 15 min.

Il est recommandé d'utiliser les piles spécifiées dans la CEI 86.

c) Les piles ne doivent pas pouvoir être changées sans l'emploi d'un outil spécial.

9.1.3 *Prescription pour les accumulateurs*

Ces prescriptions doivent être essayées séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

a) Si l'alimentation électrique est fournie par des accumulateurs, la capacité de ceux-ci doit être telle qu'après au moins 10 h de fonctionnement continu, la réponse du moniteur ne change pas de plus de $\pm 15\%$, les autres fonctions restant aussi dans leurs spécifications. Le moniteur doit satisfaire à cette spécification dans des champs de $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ à $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} à 10 mrem h^{-1}).

b) Immédiatement après recharge, le moniteur doit être capable de fonctionner avec les alarmes sonore et visuelle activées pendant au moins 15 min.

Il doit être possible de recharger complètement les accumulateurs à partir du réseau en moins de 12 h.

9.1.4 *Méthode d'essai (piles et accumulateurs)*

Des piles neuves ou des accumulateurs complètement chargés correspondant au type indiqué par le fabricant doivent être utilisés pour chacun des essais.

a) Exposer le moniteur à un champ de rayonnement suffisant pour obtenir une indication valable. Laisser le moniteur fonctionner dans ce champ pendant la ou les périodes précisées dans le paragraphe approprié 9.1.2 a) ou 9.1.3 a) et noter la lecture à la fin de chaque période. Chaque lecture doit être conforme aux prescriptions du paragraphe approprié 9.1.2 a) ou 9.1.3 a).

b) Placer l'alarme du moniteur sur la plus faible valeur d'équivalent de dose et/ou de débit d'équivalent de dose. Exposer le moniteur à un débit d'équivalent de dose compris entre $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ et $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} à 10 mrem h^{-1}) jusqu'à ce que l'alarme sonne et que l'alarme visuelle soit affichée, puis après 15 min d'irradiation supplémentaires, s'assurer que l'alarme continue de sonner et que l'alarme visuelle est encore affichée.

be made for indicating when the battery condition is no longer adequate for the monitor to meet the performance requirements of this standard. Primary batteries may be connected in any desired manner; the correct polarity shall be clearly indicated on the monitor by the manufacturer.

9.1.2 *Primary batteries requirements*

These requirements shall be separately tested for photon radiation and for neutron radiation.

a) When power is supplied by primary batteries, the capacity of these shall be such that, after 100 h of continuous operation under standard test conditions, the response of the monitor shall not change by more than $\pm 15\%$, other functions also remaining within specifications. The monitor shall meet this specification in fields of $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} to 10 mrem h^{-1}).

b) Immediately after new batteries are fitted, the monitor shall be capable of operating for at least 15 min with the alarm sounding and with the visual alarm displayed.

It is recommended that batteries as specified in IEC 86 be used.

c) The primary batteries shall not be removable without the use of a special tool.

9.1.3 *Secondary batteries requirements*

These requirements shall be separately tested for photon radiation and for neutron radiation.

a) When power is supplied by secondary batteries, the capacity of these shall be such that after at least 10 h of continuous use, the response of the monitor shall not change by more than $\pm 15\%$, other functions also remaining within specifications. The monitor shall meet this specification in fields of $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} to 10 mrem h^{-1}).

b) Immediately upon re-charge, the monitor shall be capable of operating for at least 15 min with the alarm sounding and with the visual alarm displayed.

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

9.1.4 *Method of test (primary and secondary batteries)*

New primary batteries or fully charged secondary batteries of the type indicated by the manufacturer shall be used for each of these tests.

a) Expose the monitor to a radiation field sufficient to provide a suitable indication on the assembly. Leave the monitor working in this field for a period or periods given in 9.1.2 a) or 9.1.3 a) as appropriate, and note the reading at the end of each period. Each reading shall conform with the requirements of 9.1.2 a) or 9.1.3 a), as appropriate.

b) Set the monitor to alarm on its lowest dose equivalent and/or dose equivalent rate setting. Expose the monitor to a dose equivalent rate of between $0,01 \text{ mSv h}^{-1}$ to $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (1 mrem h^{-1} to 10 mrem h^{-1}) until the alarm sounds and the visual alarm is displayed, then after 15 min further exposure ensure that the alarm still sounds and the visual alarm is still displayed.

Essai de la prescription générale de 8 h de fonctionnement (voir 9.1.1).

Exposer le moniteur à une source de rayonnement jusqu'à apparition de l'indication complémentaire que 8 h de fonctionnement actif sont disponibles. Le moniteur doit alors être mis à zéro en utilisant le dispositif approprié (par exemple système de lecture). Après 7 h 59 min de fonctionnement continu dans les conditions normales d'essai avec irradiation à un débit d'équivalent de dose d'environ $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (10 mrem h^{-1}) et avec l'alarme en équivalent de dose (ou débit) prête à fonctionner, la réponse du moniteur ne doit pas changer de plus de $\pm 15 \%$ et l'alarme doit continuer à retentir pendant la minute suivante.

10 Prescriptions de bon fonctionnement mécanique et essais

10.1 Essai de chute

Le moniteur doit pouvoir résister aux essais de chutes de hauteurs de 1,5 m sur une surface de bois dur (CEI 68-2-27) sans voir ses performances affectées à $\pm 10 \%$ près (par exemple sa lecture). Ces essais doivent être effectués sur chaque face du moniteur. L'information de dose enregistrée ne doit pas être perdue dans ces chutes.

10.2 Essai de vibration

10.2.1 Prescriptions

La réponse moyenne de l'instrument ne doit pas varier de plus de 15% (tableau 2) pour un ensemble de lectures de référence suivant des charges harmoniques de $2 g_n$ appliquées pendant 15 min dans le domaine de fréquences de 10 Hz à 33 Hz. L'état de l'instrument ne doit pas être affecté par cette vibration (par exemple les joints soudés doivent tenir; les écrous et les boulons ne doivent pas se desserrer).

10.2.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être irradié dans une géométrie reproductible successivement, par une source convenable de rayonnement photonique, et par une source convenable de rayonnement neutronique, ces sources ayant une intensité suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques sur les lectures de l'instrument. La lecture moyenne de l'instrument doit être déterminée. L'instrument doit alors être soumis à des contraintes harmoniques de $2 g_n$ pendant 15 min dans chacune des 3 directions orthogonales à une ou plusieurs fréquences dans chacun des domaines suivants: 10 Hz à 21 Hz et 22 Hz à 33 Hz. Après chaque période de vibration de 15 min, les lectures moyennes de l'instrument doivent être déterminées pour une irradiation de même géométrie que celle qui a été utilisée précédemment et comparées à l'ensemble des lectures précédant les vibrations. L'instrument doit être examiné et son état doit faire l'objet d'un rapport écrit.

11 Caractéristiques d'environnement, prescriptions de bon fonctionnement et essais

11.1 Température ambiante

11.1.1 Prescription

Le moniteur doit être essayé séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

Test for general requirement of 8 h operation (see 9.1.1).

Expose the monitor to a source of radiation until the additional indication that 8 h operational life is available. The instrument should then be zeroed using the appropriate device (for example readout system). After 7 h 59 min of continuous operation under standard test conditions, but exposed to a dose equivalent rate of about $0,1 \text{ mSv h}^{-1}$ (10 mrem h^{-1}) and with a dose equivalent (or rate) alarm set to operate, the monitor's response shall not change by more than $\pm 15 \%$ and the alarm shall continue to sound for a further min.

10 Mechanical performance requirements and tests

10.1 Drop

The monitor shall be able to withstand drops from heights of 1,5 m onto a hard wood surface (IEC 68-2-27) without affecting its performance by more than $\pm 10 \%$ (for example its reading). These tests shall be conducted on each face of the monitor. The stored dose information shall not be lost by these drops.

10.2 Vibration test

10.2.1 Requirements

The mean instrument response shall not vary by more than 15 % (table 2) from a set of reference readings following harmonic loadings of $2 g_n$ applied for 15 min in the frequency range of 10 Hz to 33 Hz. The physical condition of instruments shall not be affected by this vibration (for example, solder joints shall hold; nuts and bolts shall not come loose).

10.2.2 Method of test

The instrument shall be exposed in a reproducible geometry successively both to an acceptable source of photon radiation and to an acceptable source of neutron radiation, these sources having sufficient intensity to minimize the effect of the statistical fluctuations of the instrument readings. The mean instrument reading shall be determined. The instrument shall then be subjected to harmonic loadings of $2 g_n$ for 15 min in each of three orthogonal directions at one or more frequencies in each of the following ranges: 10 Hz to 21 Hz and 22 Hz to 33 Hz. After each 15 min vibration interval, the mean instrument readings shall be determined in the same exposure geometry as used initially and compared to the pre-vibration set of readings. The instrument shall be inspected and the physical condition documented.

11 Environmental characteristics, performance requirements and tests

11.1 Ambient temperature

11.1.1 Requirements

The monitor shall be separately tested for both photon radiation and neutron radiation against the requirements.

a) Pour les domaines de température spécifiés dans le tableau 2, l'indication doit rester dans les limites spécifiées dans ce tableau.

b) *Choc thermique*

La réponse moyenne du moniteur ne doit pas varier de plus de $\pm 15\%$ pour un ensemble de lectures de référence prises à la température de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ lorsque le moniteur est porté de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, chacun en moins de 5 min. La réponse moyenne du moniteur ne doit pas varier de plus de $+15\%$ pour un ensemble de lectures de référence prises à la température de $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ou $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ lorsque le moniteur est porté à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ à partir de chacune de ces deux températures de départ.

11.1.2 Méthode d'essai

Pour cet essai, le moniteur doit être exposé à une source de référence (ces essais doivent être accomplis séparément avec une source de photons et une source de neutrons) fournissant une indication suffisante dans les conditions normales d'essais pour que l'essai soit réalisable.

a) La température doit être maintenue à chacune de ses valeurs extrêmes pendant au moins 4 h, et l'indication du moniteur doit être mesurée durant les 30 dernières minutes de cette période. Les limites de variation de l'indication doivent être comprises à l'intérieure des valeurs données dans le tableau 2.

b) Le moniteur doit être placé à une température de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant au moins 60 min afin de lui permettre de se stabiliser. Le moniteur doit être exposé dans une géométrie reproductible à la source de référence d'intensité suffisante pour minimiser l'effet des fluctuations statistiques des lectures et pour donner une réponse qui soit approximativement à la moitié de la deuxième décade. La lecture moyenne du moniteur doit être déterminée en prenant un nombre suffisant de lectures qui soit en accord avec les recommandations données en 7.5. Le moniteur et la source doivent être enlevés de cet environnement et placés directement dans une enceinte climatique telle que la même géométrie d'exposition soit établie et que la température à proximité du moniteur soit de $50_{-5}^{+0}\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cette procédure doit être exécutée en moins de 5 min. La lecture moyenne du moniteur doit être déterminée à ce moment et par la suite toutes les 15 min pendant 2 h. Si le moniteur passe avec succès l'essai durant la première heure, les données n'ont pas besoin d'être relevées la deuxième heure; toutefois, il convient de laisser le moniteur dans cet environnement durant la période d'obtention de la stabilisation de la température. Le moniteur et la source de rayonnement doivent être enlevés de l'enceinte climatique et remis dans leur premier environnement tel que soit rétablie la même géométrie d'exposition et que la température à proximité du moniteur soit de $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cette procédure doit être exécutée en moins de 5 min. La lecture moyenne de l'instrument doit être déterminée à ce moment et par la suite toutes les 15 min pendant 2 h. Si le moniteur passe avec succès l'essai durant la première heure, les données n'ont pas besoin d'être relevées la deuxième heure; toutefois il convient de laisser le moniteur dans cet environnement durant la période d'obtention de la stabilisation de la température.

L'essai doit être répété de telle sorte que la température de l'enceinte climatique à proximité du moniteur soit de $-10_{0}^{+5}\text{ }^{\circ}\text{C}$.

a) Over the ranges of temperature specified in table 2, the indication shall remain within the limits specified in that table.

b) *Temperature shock*

The mean monitor response shall not vary by more than $\pm 15\%$ from a set of reference readings taken at a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ when the monitor is taken from $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ and to $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, each in less than 5 min. The mean monitor response shall vary not more than $+15\%$ from a set of reference readings taken at a temperature of $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ or $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ when the monitor is taken from either one of those temperatures to one of $20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11.1.2 *Method of test*

For this test, the monitor shall be exposed to a reference source (tests shall be performed separately with a photon source and then with a neutron source) providing a sufficient indication under standard test conditions for the test to be carried out.

a) The temperature shall be maintained at each of its extreme values for at least 4 h, and the indication of the monitor measured during the last 30 min of this period. The limits of variation of indication shall be within the value given in table 2.

b) The monitor shall be placed in a temperature of $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ and allowed to stabilize for a minimum of 60 min. The monitor shall be exposed in a reproducible geometry to the reference source of sufficient intensity to minimize the effect of statistical fluctuations of the monitor readings and to produce a response approximately in the middle of the second least significant decade. The mean monitor reading shall be determined after a sufficient number of readings are taken in accordance with the guidance given in 7.5. The monitor and the source shall be removed from this environment and placed directly into an environmental chamber such that the same exposure geometry is established and the temperature near the monitor is $50_{-5}^{+0}\text{ }^{\circ}\text{C}$. This procedure shall be performed in less than 5 min. The mean monitor reading shall be determined then and every 15 min for 2 h. If the monitor does not fail the test within the first hour, data need not be taken during the second hour; however, the monitor should remain in this environment during the period to reach temperature stabilization. The monitor and source shall be removed from the environmental chamber and returned to the first environment such that the same exposure geometry is established and the temperature near the monitor is $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. This procedure shall be performed in less than 5 min. The mean instrument reading shall be determined then and every 15 min for 2 h. If the monitor does not fail within the first hour, data need not be taken during the second hour; however, the monitor should remain in this environment during the period to reach temperature stabilization.

The test shall be repeated with the temperature inside the environmental chamber near the monitor at $-10_{+5}^{+0}\text{ }^{\circ}\text{C}$.

11.2 *Humidité relative*

11.2.1 *Prescriptions*

Ces prescriptions doivent être essayées séparément pour le rayonnement photonique et pour le rayonnement neutronique.

La variation de l'indication consécutive à l'effet de l'humidité relative comprise entre 40 % et 90 % doit être à l'intérieur de ± 10 %.

11.2.2 *Méthode d'essai*

L'essai doit être effectué à une seule température 35 °C en utilisant une enceinte climatique. Pour cet essai, le moniteur doit être exposé à la source de référence en contact avec le moniteur (ces essais doivent être accomplis d'abord avec une source de photons et ensuite avec une source de neutrons) et fournissant une indication suffisante dans les conditions normales d'essai pour que l'essai soit réalisable.

L'humidité doit être maintenue à chacune de ses valeurs extrêmes pendant au moins 4 h et l'indication du moniteur doit être relevée durant les 30 dernières minutes de cette période. La variation permise de ± 10 % de l'indication, comme il est spécifié dans le tableau 2, s'ajoute aux variations permises dues à la température seule.

11.3 *Pression atmosphérique*

L'influence de la pression atmosphérique est, en général, uniquement significative pour un détecteur non scellé utilisant l'air comme milieu détecteur. Dans ce cas, la pression atmosphérique à laquelle tous les essais sont effectués doit être notée, et les effets de la variation de la pression atmosphérique doivent être donnés par le fabricant.

Des essais représentatifs à d'autres pressions atmosphériques doivent être exécutés si nécessaire.

11.4 *Étanchéité*

Le fabricant doit donner les précautions qui ont été prises pour éviter l'entrée de l'humidité et doit décrire les essais et les résultats démontrant l'efficacité de l'étanchéité. Ceci est un facteur très important pour l'utilisation du moniteur en plein air.

11.5 *Champs électromagnétiques externes*

Si aucune précaution particulière n'est prise lors de la conception du moniteur, ce dernier peut être rendu inopérant ou peut fournir des indications incorrectes de l'équivalent de dose (débit) en présence de champs électromagnétiques externes, en particulier les champs radiofréquences.

11.5.1 *Prescriptions*

Générales

Si l'indication d'un moniteur est susceptible d'être influencée par la présence de champs électromagnétiques externes, un avertissement correspondant à cet effet doit être donné par le fabricant et ceci doit être mentionné dans le manuel d'emploi. Si le fabricant affirme que le moniteur est insensible aux champs électromagnétiques, le domaine des fréquences et des types de rayonnements électromagnétiques avec lesquels le moniteur a

11.2 *Relative humidity*

11.2.1 *Requirements*

This test shall be performed separately both for photon radiation and for neutron radiation.

The variation in the indication due to the effect of relative humidity from 40 % to 90 % shall be within ± 10 %.

11.2.2 *Method of test*

The test shall be carried out at a single temperature of 35 °C using an environmental chamber. For this test the monitor shall be exposed to the reference source in contact with the monitor (the test is performed first for photon radiation and then for neutron radiation) and providing a sufficient indication under standard test conditions for the test to be carried out.

The humidity then shall be maintained at each of its extreme values for at least 4 h and the indication of the monitor noted during the last 30 min of this period. The permitted variation of ± 10 % in the indication, as specified in table 2, is additional to the permitted variations due to temperature alone.

11.3 *Atmospheric pressure*

The influence of atmospheric pressure is, in general, only significant for an unsealed detector using air as the detecting medium. In this case, the atmospheric pressure at which all tests are performed shall be stated, and the effects of variations in atmospheric pressure shall be stated by the manufacturer.

Representative tests at other atmospheric pressures shall be performed if required.

11.4 *Sealing*

The manufacturer shall state the precautions that have been taken to prevent the ingress of moisture and describe the tests and results used to demonstrate the effectiveness of the sealing. This is a very important factor for outdoor use of the monitor.

11.5 *External electromagnetic fields*

Unless special precautions are taken in the design of a monitor, it may be rendered inoperative or give incorrect indication of dose equivalent (rate) in the presence of external electromagnetic fields, particularly radio-frequency fields.

11.5.1 *Requirements*

General

If the indication of a monitor is likely to be influenced by the presence of external electromagnetic fields, a warning of this effect shall be given by the manufacturer and this shall be stated in the operation manual. If a manufacturer claims that a monitor is insensitive to electromagnetic fields, the range of frequencies and types of electromagnetic radiation in

subi les essais, doivent être donnés par le fabricant, ainsi que le maximum de l'intensité utilisée (voir tableau 2).

Spécifiques

La variation de la réponse ne doit pas être supérieure à $\pm 10\%$ pour un champ électromagnétique d'une intensité de 100 Vm^{-1} aux fréquences comprises entre 100 kHz et 500 MHz et d'une intensité de 1 Vm^{-1} au-dessus de 500 MHz à 1 GHz.

11.5.2 Méthode d'essai

Les méthodes d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. Un soin particulier doit être pris pour détecter tout accroissement de la réponse à une fréquence particulière. Les prescriptions spécifiques de 11.5.1 doivent faire l'objet d'essais.

11.6 Champs magnétiques externes

11.6.1 Prescriptions

Générales

Si l'indication d'un moniteur est susceptible d'être influencée par la présence d'un champ magnétique externe, un avertissement correspondant à cet effet doit être donné par le fabricant et doit aussi être mentionné dans le manuel d'emploi.

Spécifiques

La variation de la réponse ne doit pas être supérieure à $\pm 10\%$ lorsque le moniteur est soumis à un champ magnétique d'intensité $\leq 60 \text{ Am}^{-1}$ à 50 Hz ou 60 Hz.

11.6.2 Méthode d'essai

Celle-ci doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur, mais les prescriptions spécifiques de 11.6.1 doivent faire l'objet d'essais.

11.7 Décharge électrostatique

11.7.1 Prescriptions

La variation de la réponse ne doit pas être supérieure à $\pm 10\%$ lorsque le moniteur est soumis à une décharge électrostatique à travers le boîtier de 6 kV avec une énergie de 2 mJ sur un châssis mis à la masse et avec un délai minimal de 10 s entre deux décharges successives (voir la CEI 1000-4-2). La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre le vendeur et l'acheteur.

11.7.2 Méthode d'essai

Les prescriptions de 11.7.1 doivent faire l'objet d'essais pour tous les éléments du moniteur qui peuvent être en contact avec le corps ou les vêtements de l'utilisateur dans les conditions opérationnelles normales.

which the monitor has been tested shall be stated by the manufacturer, together with the maximum intensity used (see table 2).

Specific

The variation of response shall be not greater than $\pm 10\%$ in electromagnetic radiation field strength of 100 Vm^{-1} at frequencies above 100 kHz to 500 MHz and 1 Vm^{-1} at frequencies above 500 MHz to 1 GHz.

11.5.2 *Method of test*

The methods of test shall be subject to agreement between the manufacturer and the user. Particular care shall be taken to detect any enhanced response at a particular frequency. The specific requirements of 11.5.1 shall be tested.

11.6 *External magnetic fields*

11.6.1 *Requirements*

General

If the indication of a monitor is likely to be influenced by the presence of external magnetic fields a warning to this effect shall be given by the manufacturer and this shall be stated in the operation manual.

Specific

The variation of response shall not be greater than $\pm 10\%$ when the monitor is exposed to magnetic fields with strengths $\leq 60 \text{ Am}^{-1}$ at 50 Hz or 60 Hz.

11.6.2 *Method of test*

This shall be subject to agreement between the manufacturer and the user, but the specific requirements of 11.6.1 shall be tested.

11.7 *Electrostatic discharge*

11.7.1 *Requirements*

The variation of response shall not be greater than $\pm 10\%$ when the monitor is exposed to an electrostatic discharge across the case of 6 kV with energy of 2 mJ on earthed chassis and with a minimum of 10 s between individual discharges (see IEC 1000-4-2). The method of test shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

11.7.2 *Method of test*

The requirements of 11.7.1 shall be tested on all parts of the monitor which can come in contact with the body/clothes of a user under normal operational conditions.

11.8 *Magasinage*

Tous les moniteurs conçus pour être utilisés dans les régions tempérées doivent être conçus pour fonctionner en accord avec les spécifications de cette norme après magasinage (ou transport) qui peut être effectué sans piles ou accumulateurs, pendant une période d'au moins trois mois avec le conditionnement du fabricant pour toute température comprise entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dans certaines circonstances, d'autres spécifications plus sévères peuvent être exigées telle que la possibilité de résister au transport aérien à faible pression ambiante.

12 **Documentation**

12.1 *Rapport d'essai de type*

Le fabricant doit accéder à la requête de l'acheteur et fournir le rapport sur les essais de type exécutés selon les prescriptions de cette norme.

12.2 *Certificat*

Un certificat doit être fourni avec chaque moniteur comprenant au moins les informations suivantes en accord avec la CEI 1187:

- nom du fabricant ou marque déposée;
- type du moniteur et numéro de série;
- classification (c'est-à-dire classe 1 ou classe 2);
- type du détecteur;
- nature des rayonnements devant être mesurés par le moniteur;
- point de référence du moniteur, direction d'étalonnage et orientation de référence relative aux sources de rayonnements;
- position et dimensions du volume sensible du détecteur;
- masses surfaciques des parois entourant le volume sensible (en mg cm^{-2});
- domaine effectif de mesure et erreur intrinsèque;
- réponse en fonction de l'énergie du rayonnement (pour le rayonnement neutronique et le rayonnement photonique);
- réponse en fonction de l'angle d'incidence (pour le rayonnement neutronique et le rayonnement photonique);
- masse et dimensions de l'instrument;
- spécifications de l'alimentation;
- résultats de l'essai en température (résultats de l'essai de type).

13 **Mode d'emploi et manuel de maintenance**

Un manuel d'exploitation et de maintenance contenant au moins les informations suivantes doit être fourni:

- diagrammes électriques schématisés comprenant la liste des pièces détachées;
- détails opératoires, maintenance et procédures d'étalonnage;
- méthode de conservation de l'information dose enregistrée (pour les moniteurs de classe 1 seulement).

11.8 Storage

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

12 Documentation

12.1 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 standard.

12.2 Certificate

A certificate shall be provided with each monitor with at least the following information in accordance with IEC 1187:

- manufacturer's name or registered trade mark;
- type of monitor and serial number;
- classification (i.e. class 1 or class 2);
- detector type;
- types of radiation the monitor is intended to measure;
- reference point of the monitor and the calibration direction for calibration purposes and reference orientation relative to radiation sources;
- location and dimensions of the sensitive volumes of the detectors;
- surface masses of walls surrounding the sensitive volume(s) (in mg cm^{-2});
- effective range of measurement and intrinsic error results;
- response as a function of radiation energy (for both neutron and photon radiation);
- response as a function of angle of incidence (for both neutron and photon radiation);
- mass and dimensions of instrument;
- power supply requirements;
- results of temperature test (type test results).

13 Operation and maintenance manual

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

- schematic electrical diagrams including spare parts list;
- operational details, maintenance, and calibration procedures;
- method of retention of stored dose information (for class 1 monitors only).

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

Grandeurs d'influences	Conditions de référence (sauf indication contraire du fabricant)	Conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)
Rayonnement photon de référence	^{137}Cs	^{137}Cs
Rayonnement neutron de référence	$^{241}\text{Am-Be}$	$^{241}\text{Am-Be}$
Temps de stabilisation	15 min	15 min
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C ²⁾
Humidité relative	65 %	50 % à 75 % ²⁾
Pression atmosphérique	101,3 kPa	86 kPa à 106 kPa ²⁾
Tension d'alimentation ¹⁾	Tension d'alimentation nominale	Tension nominale d'alimentation ± 1 %
Fréquence d'alimentation ¹⁾	Fréquence nominale	Fréquence nominale ± 1 %
Forme d'onde de l'alimentation ¹⁾	Sinusoidale	Sinusoidale avec une distorsion harmonique totale plus petite que 5 %
Bruit de fond gamma	Débit d'équivalent de dose ambiant de $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ ou moins si possible	Inférieur à un débit d'équivalent de dose ambiant de $0,25 \mu\text{Sv h}^{-1}$
Angle d'incidence du rayonnement	Direction d'étalonnage donnée par le fabricant	Direction donnée $\pm 5^\circ$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieur à la plus petite valeur entraînant une interférence
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Inférieure à 2 fois la valeur de l'induction due au champ magnétique terrestre
Bruit de fond rayonnement bêta	Négligeable	Négligeable
Orientation du moniteur (géotropisme)	Donnée par le fabricant	Orientation donnée à $\pm 5^\circ$
Contrôle de l'assemblage	Disposé en opération normale	Disposé en opération normale
Contamination par des éléments radioactifs	Négligeable	Négligeable
¹⁾ Uniquement pour les systèmes de lecture qui fonctionnent sur le réseau. ²⁾ Les valeurs réelles de ces grandeurs doivent être notées au moment de l'essai. Ces valeurs sont utilisables dans les climats tempérés. Dans des climats plus chauds ou plus froids, les valeurs réelles des grandeurs doivent être notées au moment de l'essai. De façon similaire la limite de 70 kPa est permise aux altitudes élevées.		

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions

Influence quantities	Reference conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	Standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)
Reference photon radiation	^{137}Cs	^{137}Cs
Reference neutron radiation	$^{241}\text{Am-Be}$	$^{241}\text{Am-Be}$
Stabilization time	15 min	15 min
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C ²⁾
Relative humidity	65 %	50 % to 75 % ²⁾
Atmospheric pressure	101,3 kPa	86 kPa to 106 kPa ²⁾
Power supply voltage ¹⁾	Nominal power supply voltage	Nominal power supply voltage ± 1 %
Power supply frequency ¹⁾	Nominal frequency	Nominal frequency ± 1 %
Power supply waveform ¹⁾	Sinusoidal	Sinusoidal with total harmonic distortion lower than 5 %
Gamma radiation background	Ambient dose equivalent rate of $0,1 \mu\text{Sv h}^{-1}$ or less if practical	Less than ambient dose equivalent rate of $0,25 \mu\text{Sv h}^{-1}$
Angle of incidence of radiation	Calibration direction given by manufacturer	Direction given $\pm 5^\circ$
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Magnetic induction of external origin	Negligible	Less than twice the value of the induction due to the earth's magnetic field
Beta radiation background	Negligible	Negligible
Orientation of monitor (geotropism)	To be stated by the manufacturer	Stated orientation $\pm 5^\circ$
Assembly controls	Set up for normal operation	Set up for normal operation
Contamination by radioactive elements	Negligible	Negligible
¹⁾ Only for readout systems which are operated from the mains. ²⁾ The actual values of these quantities at the time of test shall be stated. These values are applicable for temperate climates. In hotter or colder climates the actual values of the quantities at the time of test shall be stated. Similarly, a lower limit of pressure of 70 kPa may be permitted at high altitudes.		

Tableau 2 – Essais exécutés en faisant varier les grandeurs d'influence

Caractéristique en essai ou grandeur d'influence	Domaine de variation de la grandeur d'influence	Limites de variation de l'indication	Méthode d'essai (paragraphe)
Erreur intrinsèque relative	Domaine effectif de mesure	Equivalent de dose $\pm 15 \%^{1)}$ Débit d'équivalent de dose $\pm 20 \%^{3)}$	8.1.2
Temps de réponse	5 s	$< \pm 10 \%$	8.2.1.2
Précision des niveaux des alarmes	Tous réglages	$\pm 15 \%^{1)}$ $\pm 20 \%^{1)}$	Equivalent de dose dose 8.3.2.2 Débit d'équivalent de dose 8.3.1.2
Energie du rayonnement Neutron Photon	100 keV à 15 MeV 50 keV à 1,5 MeV 6 MeV ²⁾	$\pm 50 \%^{4)}$ $\pm 30 \%^{4)}$ $-50 \% \text{ à } +100 \%^{4)}$	8.4.2 8.4.4 8.4.4
Angle d'incidence Neutron Photon	0° à $\pm 75^\circ$ 0° à $\pm 75^\circ$	$\pm 30 \%$ pour $^{241}\text{Am/Be}$ $\pm 20 \%$ pour ^{137}Cs $\pm 50 \%$ pour ^{241}Am	8.5.2 8.5.4 8.5.4
Rétention de la lecture Moniteurs classe 1 et 2 Moniteurs classe 1 uniquement	8 h 24 h après perte d'alimentation principale	$\pm 2 \%$ $\pm 5 \%$	8.6.2 a) 8.6.2 b)
Dépendance avec le débit d'équivalent de dose	Jusqu'à 1 Sv h ⁻¹	$< \pm 20 \%$	8.8.2
Autres rayonnements ionisants Bêta	$E_{\text{max}} = 3,5 \text{ MeV}$	$\pm 50 \%$	8.7 b)
Surcharge	2 fois le maximum du domaine de mesure	Indication supérieure à la pleine échelle	8.9.2
Tension d'alimentation Piles Accumulateurs	Après 100 h d'utilisation continue Après 10 h d'utilisation continue	$\pm 15 \%^{5)}$ $\pm 15 \%^{5)}$	9.1.4 9.1.4
Essai de chute	1,5 m	$\pm 10 \%$	10.1
Essai de vibration	2 g _r pour des fréquences variant de 10 Hz à 33 Hz	$\pm 15 \%$	10.2.2
Température ambiante ⁶⁾	-10 °C à +20 °C -20 °C à +50 °C	$\pm 20 \%^{4)}$ $\pm 50 \%^{4)}$	11.1.2
Chocs thermiques	-10 °C et +50 °C	$\pm 15 \%$ par rapport à +20 °C	11.1.2
Humidité relative	40 % à 90 % à +35 °C	$\pm 10 \%^{4)}$	11.2.2
– Pression atmosphérique	7)	7)	11.3
– Champ électromagnétique d'origine externe	100 V m ⁻¹ de 100 kHz à 500 MHz et 1 V m ⁻¹ de 500 MHz à 1 GHz	$\pm 10 \%$ $\pm 10 \%$	11.5.2 11.5.2
– Champ magnétique d'origine externe	60 A m ⁻¹ à 50 Hz ou 60 Hz	$\pm 10 \%$	11.6.2
Décharge électrostatique	6 kV, 2 mJ	$\pm 10 \%$	11.7.2

¹⁾ Cette erreur vient en complément de l'incertitude associée à la détermination du débit d'équivalent de dose conventionnellement vrai (voir 8.1.3).

²⁾ Cette prescription complémentaire s'applique uniquement aux moniteurs utilisés pour mesurer les doses au voisinage des réacteurs de puissance produisant un rayonnement gamma de 6 MeV de ^{16}N .

³⁾ Pour la plus petite décade ou la plus petite échelle de débit d'équivalent de dose on pourra admettre une erreur de $\pm 30 \%$.

⁴⁾ De l'indication obtenue dans les conditions normales d'essai.

⁵⁾ De l'indication initiale.

⁶⁾ Moniteurs prévus pour un emploi dans les climats tempérés. Pour des climats plus chauds ou plus froids d'autres limites peuvent être spécifiées. Pour les moniteurs prévus pour fonctionner à très basses températures, des moyens de chauffage des batteries peuvent être fournis.

⁷⁾ Aucune spécification. Domaine des valeurs des grandeurs d'influence et limites de variation de l'indication à spécifier si cela est demandé.

Table 2 – Tests performed with variations of influence quantities

Characteristic under test or influence quantity	Range of values of influence quantity	Limits of variation indication	Method of test (subclause)
Relative intrinsic error	Effective range of measurement	Dose equivalent $\pm 15\%$ ¹⁾ Dose equivalent rate $\pm 20\%$ ³⁾	8.1.2
Response time	5 s	$< \pm 10\%$	8.2.1.2
Accuracy of alarm levels	All settings	$\pm 15\%$ ¹⁾ $\pm 20\%$ ¹⁾	Dose equivalent 8.3.2.2 Dose equivalent rate 8.3.1.2
Radiation energy Neutron Photon	100 keV to 15 MeV 50 keV to 1,5 MeV 6 MeV ²⁾	$\pm 50\%$ ⁴⁾ $\pm 30\%$ ⁴⁾ -50% to $+100\%$ ⁴⁾	8.4.2 8.4.4 8.4.4
Angle of incidence Neutron Photon	0° to $\pm 75^\circ$ 0° to $\pm 75^\circ$	$\pm 30\%$ for $^{241}\text{Am/Be}$ $\pm 20\%$ for ^{137}Cs $\pm 50\%$ for ^{241}Am	8.5.2 8.5.4 8.5.4
Retention of reading Class 1 and 2 monitors Class 1 monitors only	8 h 24 h after loss of principal power supply	$\pm 2\%$ $\pm 5\%$	8.6.2 a) 8.6.2 b)
Dose equivalent rate Dependence	Up to 1 Sv h^{-1}	$< \pm 20\%$	8.8.2
Other ionizing radiation Beta	$E_{\text{max}} = 3,5 \text{ MeV}$	$\pm 50\%$	8.7 b)
Overload	Twice range maxima	Indication greater than full scale	8.9.2
Power supply voltage Primary batteries Secondary batteries	After 100 h continuous use After 10 h continuous use	$\pm 15\%$ ⁵⁾ $\pm 15\%$ ⁵⁾	9.1.4 9.1.4
Drop tests	1,5 m	$\pm 10\%$	10.1
Vibration test	2 g_n over frequencies 10 Hz to 33 Hz	$\pm 15\%$	10.2.2
Ambient temperature ⁶⁾	-10°C to $+20^\circ\text{C}$ -20°C to $+50^\circ\text{C}$	$\pm 20\%$ ⁴⁾ $\pm 50\%$ ⁴⁾	11.1.2
Temperature shock	-10°C and $+50^\circ\text{C}$	$\pm 15\%$ relative to $+20^\circ\text{C}$	11.1.2
Relative humidity	40 % to 90 % at $+35^\circ\text{C}$	$\pm 10\%$ ⁴⁾	11.2.2
– Atmospheric pressure	7)	7)	11.3
– Electromagnetic field of external origin	100 V m^{-1} at 100 kHz to 500 MHz and 1 V m^{-1} at 500 MHz to 1 GHz	$\pm 10\%$ $\pm 10\%$	11.5.2 11.5.2
– Magnetic field of external origin	60 A m^{-1} at 50 Hz or 60 Hz	$\pm 10\%$	11.6.2
Electrostatic discharge	6 kV, 2 mJ	$\pm 10\%$	11.7.2

¹⁾ This error is additional to the uncertainty associated with the determination of the conventional true dose equivalent rate (see 8.1.3).

²⁾ This additional requirement is applicable only to monitors used for measuring doses in the vicinity of power reactors producing 6 MeV gamma radiation from ^{16}N .

³⁾ For the lowest decade or scale of the dose equivalent rate, $\pm 30\%$ is applicable.

⁴⁾ Of the indication under standard test conditions.

⁵⁾ Of the initial indication.

⁶⁾ Monitors intended for use in temperate climates. In hotter or colder climates, other limits may be specified. For monitors intended for operation at very low temperatures, means of heating the batteries may be provided.

⁷⁾ No general specification. Range of values of influence quantities and limits of variation of indication to be specified if required.

Annexe A (normative)

Etalonnage et essai de type des dosimètres individuels

Equivalent de dose individuel $H_p(10)$

L'équivalent de dose individuel, $H_p(10)$ est l'équivalent de dose dans un tissu mou en un point spécifié dans le corps à la profondeur appropriée de 10 mm.

Pour les rayonnements faiblement pénétrants et fortement pénétrants, les profondeurs recommandées sont respectivement 0,07 mm et 10 mm. Ceci conduit à deux variantes de cette grandeur qui s'écrivent $H_p(0,07)$ et $H_p(10)$ et qui sont quasi identiques respectivement à $H_s(0,07)$ et $H_p(10)$ comme défini auparavant dans le Rapport 39 de la CIUR.

La définition de l'équivalent de dose individuel est pour des étalonnages pratiques, considéré comme applicable à l'équivalent de dose à des profondeurs appropriées dans un fantôme de tissu CIUR. La forme recommandée du fantôme est maintenant une plaque de dimensions de 30 cm × 30 cm × 15 cm d'épaisseur. Les coefficients de conversion, pour les photons, reliant le kerma air d'un faisceau parallèle et uniforme aux équivalents de dose individuels à des profondeurs de 0,07 mm, 3 mm et 10 mm dans un fantôme plaque fait en tissu CIUR ont été calculés^{[2]*, [3]}. Les valeurs ne sont pas seulement données pour une incidence normale, mais aussi pour des angles d'incidence entre 0° et 75°, et pour plusieurs énergies (tableaux A.1 et A.2). Les facteurs de conversion de la fluence neutronique à l'équivalent de dose individuel sont présentés dans le tableau A.3.

Les étalonnages et les essais de type sont normalement faits avec des rayonnements de référence ISO qui ont des largeurs spectrales finies. Les coefficients de conversion pour les rayonnements de référence ISO ont été déduits, en pondérant les valeurs données pour des photons^{[2], [3]} monoénergétiques par les spectres des rayonnements de référence ISO^[4]. Les valeurs résultantes sont présentées dans le tableau A.4.

Les coefficients de conversion, pour les neutrons, reliant la fluence aux équivalents de dose individuels pour les sources de référence neutronique ISO citées dans cette norme sont présentés dans le tableau A.5^[5].

Une difficulté subsiste: il n'est pas possible de faire un fantôme ayant la composition exacte du tissu CIUR et un matériau de remplacement doit être choisi. Divers matériaux de substitution sont disponibles, tel que le MS20^{[6], [7]}, qui sont de très bons remplaçants du tissu CIUR. Le fantôme plaque utilisé peut être construit avec un de ces matériaux, mais les coefficients de conversion pour le tissu CIUR donnés dans les tableaux A.4 et A.5 doivent être utilisés pour calculer la dose dans le fantôme contre lequel le dosimètre est placé pendant l'étalonnage ou l'essai de type. L'ISO recommande d'utiliser comme fantôme une plaque d'eau mesurant 30 cm × 30 cm sur une épaisseur de 15 cm pour étalonner les dosimètres individuels avec les rayonnement ISO photonique et neutronique de référence. La face frontale du fantôme d'eau se compose d'une plaque de PMMA de 2,5 mm d'épaisseur, les autres faces de PMMA mesurant 10 mm. Pour ces raisons la CIUR

* Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie, annexe C.

Annex A (normative)

The calibration and type testing of personal dosimeters

Personal dose equivalent, $H_p(10)$.

The personal dose equivalent, $H_p(10)$ is the dose equivalent in soft tissue below a specified point on the body at an appropriate depth of 10 mm.

For weakly penetrating and strongly penetrating radiations the recommended depths are 0,07 mm and 10 mm, respectively. This leads to two variants of this quantity written as $H_p(0,07)$ and $H_p(10)$ which are identical in a practical sense to $H_s(0,07)$ and $H_s(10)$ respectively, as previously defined in ICRU Report 39.

The definition of personal dose equivalent is for practical calibrations also considered to apply to the dose equivalent at appropriate depths in a phantom of ICRU tissue. The recommended shape of the phantom is now a slab of dimensions 30 cm × 30 cm × 15 cm deep. Conversion coefficients for photons have been calculated relating the air kerma in a uniform parallel beam to the personal dose equivalents at depths of 0,07 mm, 3 mm and 10 mm in the slab phantom constructed in ICRU tissue^{[2]*, [3]}. Values are not only given for normal incidence but also for a number of angles of incidence between 0° and 75° for several energies (tables A.1 and A.2). Data for neutron fluence to personal dose equivalent conversion factors are presented in table A.3.

Calibrations and type testing are normally carried out with ISO reference radiations which have finite spectral widths. Conversion coefficients for the ISO reference radiations have been derived by folding the data given for monoenergetic photons^{[2], [3]} into the spectra of the ISO radiations^[4]. The resultant data are presented in table A.4.

Conversion coefficients from neutron fluence to personal dose equivalent for the ISO neutron reference radiations listed in this standard are given in table A.5^[5].

One more difficulty exists: i.e. it is impossible to make a phantom with exactly the composition of ICRU tissue and a substitute has to be chosen. Various surrogate materials are available, such as MS20^{[6], [7]}, which are very good substitutes for ICRU tissue. The slab phantom used may be constructed of any such material but the conversion coefficients for ICRU tissue given in tables A.4 and A.5 shall be used to calculate the dose in the phantom against which the response of the dosimeter is compared during calibration or type testing. ISO recommends that a slab water phantom of 30 cm × 30 cm × 15 cm depth be used for calibrating whole body personal dosimeters with the ISO photon and neutron reference radiations. The front face of the water phantom consists of a 2,5 mm thick PMMA plate and the other phantom sides shall be 10 mm thick PMMA.

*—Numbers in brackets refer to the bibliography in annex C.

recommande d'utiliser comme fantôme une plaque PMMA de 30 cm × 30 cm sur une épaisseur de 15 cm. Il est souligné à nouveau, toutefois, qu'il convient d'utiliser le fantôme avec les coefficients de conversion donnés dans les tableaux A.4 et A.5 pour une plaque de tissu CIUR.

La disposition expérimentale pour l'étalonnage et l'essai de type des dosimètres est présentée à la figure A.1. En pratique, un faisceau rigoureusement parallèle n'est pas réalisable, mais si on choisit une distance d'au moins 2 m entre la source et le dosimètre, l'erreur résultante sera acceptablement faible. Il convient de mesurer cette distance à partir du point de référence du moniteur (dosimètre). Il convient de déterminer à cette position (en l'absence du moniteur et du fantôme) le kerma dans l'air pour le rayonnement photonique et le débit de fluence pour le rayonnement neutronique et de le multiplier par le coefficient de conversion approprié pour obtenir la valeur conventionnellement vraie de $H_p(10)$.

A moins que le dosimètre ne soit fortement symétrique, il convient de déterminer les caractéristiques de réponse angulaire en tournant le dosimètre autour de deux axes à angle droit passant par le point de référence du dosimètre (voir 8.5.2. et 8.5.3).

Tableau A.1 – Variation de la réponse en fonction de l'angle du rayonnement neutronique pour les moniteurs utilisés pour la mesure de l'équivalent de dose individuel (débit)

Source de rayonnement	Energie des neutrons ¹⁾ MeV	Rapport = (lecture α)/(lecture à 0°)				
		$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$
²⁴¹ Am-Be	4,4	1,00	1,00	0,97	0,84	0,54
²⁵² Cf	2,3	1,00	1,00	0,96	0,92	0,66

¹⁾ Energie moyenne calculée sur la distribution de l'équivalent de dose ambiant.

Tableau A.2 – Variation spécifiée pour un rayonnement photonique du rapport de la lecture à α à la lecture à 0° pour les moniteurs utilisés pour mesurer l'équivalent de dose individuel (débit) $H_p(10)$

Source de rayonnement	Energie des photons	Rapport = (lecture α)/(lecture à 0°)				
		$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$
²⁴¹ Am (ou rayon X filtrés)	59,5 keV (ou 60 keV)	0,99	0,97	0,90	0,77	0,51
¹³⁷ Cs	662 keV	1,0	1,0	0,98	0,95	0,80

For these reasons ICRU recommends the use of a PMMA slab phantom of dimensions 30 cm × 30 cm × 15 cm deep. It is emphasized again, however, that the phantom should be used with the conversion coefficients for a slab constructed in ICRU tissue as given in tables A.4 and A.5.

The experimental arrangement for the calibration and type testing of dosimeters is shown in figure A.1. In practice, a strictly parallel beam is not achievable but if a source to dosimeter distance of at least 2 m is chosen, the resultant error will be acceptably small. This distance should be measured to the reference point of the monitor (dosimeter). The air kerma for photon radiation and the fluence rate for neutron radiation should also be determined at this position (in the absence of both the monitor and the phantom) and be multiplied by the appropriate conversion coefficient to obtain the conventionally true value of $H_p(10)$.

Unless the dosimeter is highly symmetrical, angular response characteristics should be determined by rotating the dosimeter about two axes at right angles through the reference point of the dosimeter (see 8.5.2 and 8.5.3).

Table A.1 – Variation of response with angle of neutron radiation for monitors used to measure personal dose equivalent (rate)

Radiation source	Neutron energy ¹⁾ MeV	Ratio = (reading α)/(reading at 0°)				
		$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$
²⁴¹ Am-Be	4,4	1,00	1,00	0,97	0,84	0,54
²⁵² Cf	2,3	1,00	1,00	0,96	0,92	0,66

¹⁾ This is the ambient dose equivalent weighted average neutron energy.

Table A.2 – Required variation of the ratio of reading at α for photon radiation relative to the reading at $\alpha = 0^\circ$ for monitors used to measure personal dose equivalent (rate) $H_p(10)$

Radiation source	Photon energy	Ratio = (reading α)/(reading at 0°)				
		$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 45^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 75^\circ$
²⁴¹ Am (or filtered X-radiation)	59,5 keV (or 60 keV)	0,99	0,97	0,90	0,77	0,51
¹³⁷ Cs	662 keV	1,0	1,0	0,98	0,95	0,80

Tableau A.3 – Facteurs de conversion $h_{p\phi}(10; E, \alpha)$ de la fluence neutronique ϕ à l'équivalent de dose $H_p(10)$ pour le fantôme plaque de tissu CIUR dans le cas d'un rayonnement neutronique monoénergétique parallèle (champ expansé)

Energie des neutrons keV	$h_{p\phi}(10; E)$ en pSv cm ² pour les angles d'incidence α							
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	rot.	iso.
therm.	11,4	10,6	9,11	6,61	4,04	1,73		
2	8,72	8,22	7,27	5,43	3,46	1,67		
24	20,2	19,9	17,2	13,6	7,85	2,38		
144	134	131	121	102	69,9	22,9		
250	215	214	201	173	125	47,0		
565	355	349	347	313	245	115		
1200	433	427	440	412	355	210		
2500	437	434	454	441	410	294		
2800	433	431	451	441	412	302		
3200	429	427	447	439	412	309		
5000	420	418	437	435	409	331		
14 800	561	563	581	572	576	517		
19 000	600	596	621	614	620	568		

Tableau A.4 – Facteurs de conversion $h_{p\phi}(10; \alpha)$ de la fluence neutronique ϕ à l'équivalent de dose $H_p(10)$ pour le fantôme plaque de tissu CIUR dans le cas d'un rayonnement neutronique parallèle (champ expansé et aligné)

Source de neutrons	$h_{p\phi}(10; E)$ en pSv cm ² pour les angles d'incidence α							
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	rot.	iso.
²⁵² Cf modéré D ₂ O	110	109	109	102	87,4	56,1		
²⁵² Cf	400	397	409	389	346	230		
²⁴¹ Am-B (α, n)	426	424	443	431	399	289		
²⁴¹ Am-Be (α, n)	411	409	424	415	383	293		

Tableau A.5 – Facteurs de conversion recommandés du kerma dans l'air à l'équivalent de dose individuel, $H_p(10)$, pour les séries de rayonnement X filtrés à faible débit de kerma dans l'air de l'ISO 4037

Tension constante kV	Energie moyenne keV	Facteurs de conversion ^[5]
		$H_p(10)/K_a$ (Sv/Gy)
55	48	1,70
70	60	1,88
100	87	1,86
125	109	1,76
170	148	1,61
240	211	1,47

Table A.3 – Conversion coefficient $h_{p\phi}(10; E, \alpha)$ from neutron fluence ϕ to the dose equivalent $H_p(10)$ in the ICRU tissue slab phantom for monoenergetic and parallel neutron radiation (expanded field)

Neutron energy keV	$h_{p\phi}(10; E)$ in pSv cm ² for angles of incidence α of							
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	rot.	iso.
therm.	11,4	10,6	9,11	6,61	4,04	1,73		
2	8,72	8,22	7,27	5,43	3,46	1,67		
24	20,2	19,9	17,2	13,6	7,85	2,38		
144	134	131	121	102	69,9	22,9		
250	215	214	201	173	125	47,0		
565	355	349	347	313	245	115		
1200	433	427	440	412	355	210		
2500	437	434	454	441	410	294		
2800	433	431	451	441	412	302		
3200	429	427	447	439	412	309		
5000	420	418	437	435	409	331		
14 800	561	563	581	572	576	517		
19 000	600	596	621	614	620	568		

Table A.4 – Conversion coefficient $h_{p\phi}(10; \alpha)$ from neutron fluence ϕ to the dose equivalent $H_p(10)$ in the ICRU tissue slab phantom for parallel neutron radiation (expanded aligned field)

Neutron source	$h_{p\phi}(10; E)$ in pSv cm ² for angles of incidence α of							
	0°	15°	30°	45°	60°	75°	rot.	iso.
²⁵² Cf (D ₂ O-moderated)	110	109	109	102	87,4	56,1		
²⁵² Cf	400	397	409	389	346	230		
²⁴¹ Am-B (α, n)	426	424	443	431	399	289		
²⁴¹ Am-Be (α, n)	411	409	424	415	383	293		

Table A.5 – Recommended conversion coefficients from air kerma to personal dose equivalent, $H_p(10)$, for the ISO 4037 low air kerma rate narrowed X-radiation series

Constant voltage kV	Mean energy keV	Conversion factors ^[5]
		$H_p(10)/K_a$ (Sv/Gy)
55	48	1,70
70	60	1,88
100	87	1,86
125	109	1,76
170	148	1,61
240	211	1,47

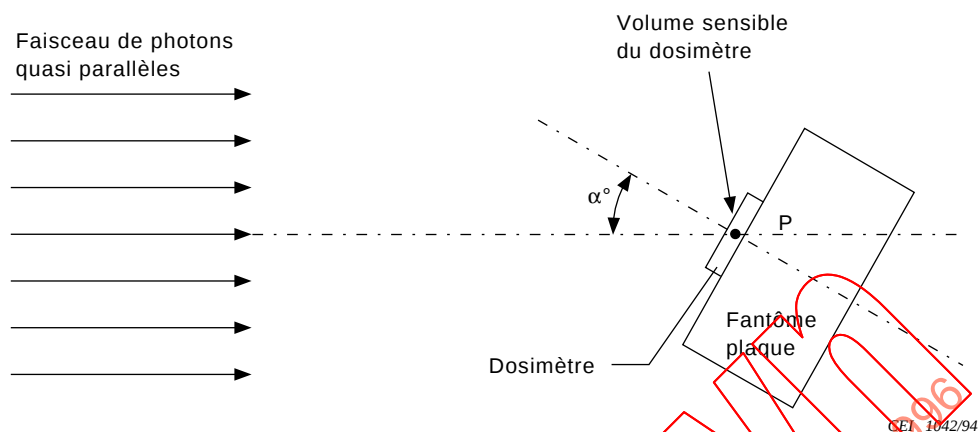


Figure A.1 – Disposition pour l'étalonnage des dosimètres individuels à l'angle α

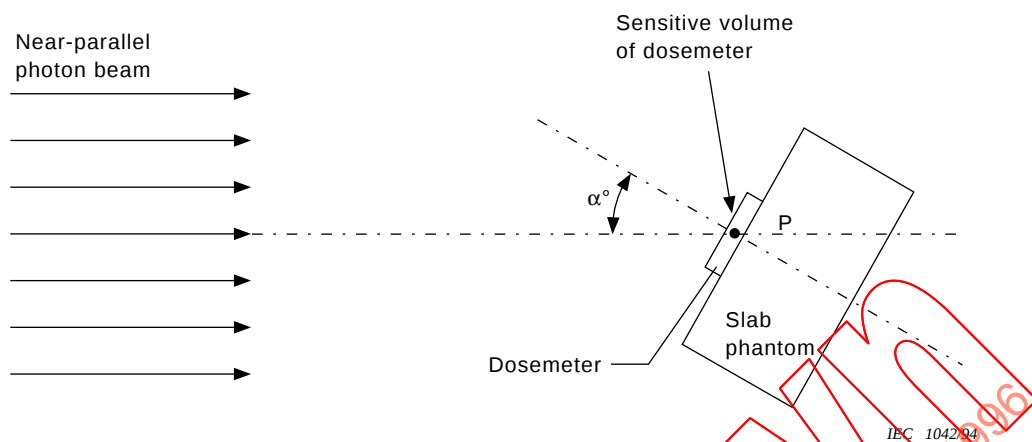


Figure A.1 – Arrangement for the calibration of personal dosimeters at angle α

Annexe B (informative)

Fluctuations statistiques

Pour tout essai impliquant l'utilisation de rayonnements, l'amplitude des fluctuations statistiques de la lecture, émanant seulement de la nature aléatoire des rayonnements peut être une fraction significative de la variation de la lecture moyenne permise dans l'essai. Il convient de prendre un nombre suffisant de lectures pour garantir que la valeur moyenne de ces lectures puisse être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité à la prescription de l'essai. Le tableau B.1*¹ conseille sur le nombre de lectures de moniteur requis pour déterminer de vraies différences entre deux ensembles de lectures de moniteur pour un niveau de confiance de 95 %. Ce tableau s'obtient dans l'hypothèse où la probabilité de dire qu'il existe une différence alors qu'il n'y a pas de vraie différence et où la probabilité de dire qu'il n'existe pas de différence alors qu'il y a une vraie différence sont toutes deux égales à 0,05. Il comporte la différence en pourcentage entre les moyennes, le coefficient de variation des ensembles de lectures de moniteur (présupposé égal pour chaque ensemble) et le nombre requis de lectures de moniteur.

Chaque fois que possible pendant les essais, il convient d'utiliser des débits de fluence tels que l'effet des fluctuations statistiques sur les lectures de moniteur soit minimisé. Il peut être nécessaire de prendre des lectures de moniteur à mi-échelle ou mi-décade dans la seconde ou troisième échelle ou décade la plus sensible de façon à réaliser cela.

Il convient que l'intervalle entre les lectures de moniteur soit au moins trois fois le temps de réponse de façon à garantir que les lectures soient statistiquement indépendantes.

* ANSI N42.17A, *Performance specifications for health physics instrumentation – Portable instrumentation for use in normal environmental conditions* (1989).