
Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons —

Partie 1:

Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production

Radiological protection — X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy —

Part 1: Radiation characteristics and production methods



iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 4037-1:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	3
3 Termes et définitions	3
4 Rayonnements X filtrés de référence, à tension constante	7
4.1 Généralités.....	7
4.1.1 Réalisation des champs de rayonnement de référence.....	7
4.1.2 Principe des coefficients de conversion.....	7
4.1.3 Qualité de rayonnement.....	8
4.1.4 Choix des rayonnements de référence.....	8
4.2 Conditions et méthodes de production des rayonnements X de référence.....	15
4.2.1 Caractéristiques du générateur haute tension.....	15
4.2.2 Tension du tube et résistance de protection.....	16
4.2.3 Filtration.....	17
4.2.4 Limitations concernant les champs adaptés.....	21
4.2.5 Obturateur de rayons X.....	22
4.2.6 Ouverture du faisceau.....	22
4.3 Uniformité du champ et rayonnement diffusé.....	22
4.3.1 Diamètre du champ.....	22
4.3.2 Uniformité du champ.....	23
4.3.3 Rayonnement diffusé.....	23
4.4 Récapitulatif des exigences applicables aux champs de rayonnement X de référence.....	23
4.5 Validation d'un rayonnement X de référence.....	24
4.5.1 Généralités.....	24
4.5.2 Critères pour une validation par détermination des CDA.....	25
4.5.3 Appareillage pour le mesurage des CDA.....	26
4.5.4 Mode opératoire de mesurage des CDA.....	27
4.5.5 Critères pour une validation par dosimétrie.....	27
4.5.6 Critères pour une validation par spectrométrie.....	28
5 Rayonnements gamma émis par les radionucléides	28
5.1 Généralités.....	28
5.2 Radionucléides utilisés pour la production des rayonnements gamma.....	28
5.3 Spécifications des sources de rayonnement.....	28
5.3.1 Sources.....	28
5.3.2 Gainage.....	29
5.4 Installation d'irradiation et influence du rayonnement diffusé.....	29
5.4.1 Exigences générales.....	29
5.4.2 Installation en géométrie collimatée.....	29
5.4.3 Modification du débit de kerma dans l'air au moyen d'atténuateurs en plomb.....	31
5.5 Contrôle de conformité d'une installation.....	31
6 Rayonnements de photons avec des énergies de 4 MeV à 9 MeV	31
6.1 Généralités.....	31
6.2 Production des rayonnements de référence.....	32
6.2.1 Généralités.....	32
6.2.2 Rayonnements de référence de photons produits par la désexcitation de ^{16}O dans la réaction $^{19}\text{F}(p, \alpha\gamma)^{16}\text{O}$	32
6.2.3 Rayonnement de référence de photons produits par la désexcitation du ^{12}C	34
6.3 Diamètre du faisceau et uniformité du champ de rayonnement.....	35
6.4 Contamination des rayonnements de photons de référence.....	35
6.4.1 Généralités.....	35

6.4.2	Contamination des rayonnements de références commune à toutes les méthodes de production des rayonnements de référence	36
6.4.3	Contamination additionnelle des rayonnements de référence produits par un accélérateur, provenant de la désexcitation de ¹⁶ O	36
Annexe A (informative) Rayonnements X de fluorescence pour lesquels les informations sont insuffisantes pour des champs adaptés ou caractérisés		37
Annexe B (informative) Rayonnement gamma émis par le radionucléide ²⁴¹Am pour lequel les informations sont insuffisantes pour des champs adaptés ou caractérisés		44
Annexe C (informative) Rayonnements X filtrés continus fondés sur l'indice de qualité		47
Bibliographie		50

iTeh Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 4037-1:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/iso/fr/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 4037-1:1996), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications apportées sont:

- l'introduction de deux types de champs de référence: les champs de référence adaptés et les champs de référence caractérisés;
- l'introduction d'une validation pour les champs de référence adaptés;
- l'introduction de limites pour l'écart autorisé de paramètres tels que la haute tension, la pureté et l'épaisseur des filtres par rapport à leurs valeurs nominales. Ces limites dépendent désormais de la profondeur de définition de la grandeur associée au fantôme. Cela est réalisé pour atteindre une incertitude globale ($k = 2$) d'environ 6 % à 10 % pour les grandeurs opérationnelles associées au fantôme.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 4037 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

La présente édition de mise à jour du présent document intègre les améliorations apportées aux générateurs haute tension entre 1996 et 2017 (par exemple l'utilisation d'alimentations à découpage haute fréquence fournissant une tension quasi constante, et les mesures spectrométriques au niveau des installations d'irradiation équipées de tels générateurs, par exemple, le catalogue de spectres de rayons X de Ankerhold^[4]). Elle intègre également toutes les informations publiées dans le but d'ajuster les exigences applicables aux paramètres techniques des champs de référence par rapport à l'incertitude globale ciblée comprise entre environ 6 % et 10 % pour les grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)^[5]. Elle ne change pas le concept général de l'ISO 4037 existante.

La série de normes ISO 4037, traitant des champs de rayonnement de référence de photons, se divise en quatre parties. L'ISO 4037-1 présente les méthodes de production et de caractérisation de champs de rayonnement de référence en termes de distribution en énergie de la fluence des photons et de kerma dans l'air en champ non perturbé. L'ISO 4037-2 décrit la dosimétrie des qualités de rayonnement de référence en termes de kerma dans l'air et en termes des grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)^[5]. L'ISO 4037-3 décrit les méthodes d'étalonnage et de détermination de la réponse de dosimètres et de débitmètres en termes des grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'ICRU^[5]. L'ISO 4037-4 présente des considérations spéciales et des exigences supplémentaires pour l'étalonnage de dosimètres de zone et individuels dans des champs de rayonnement X de référence de faible énergie, qui sont des champs de références avec une tension génératrice inférieure ou égale à 30 kV.

Les procédures générales décrites dans l'ISO 29661 sont utilisées autant que possible dans le présent document. De même, les symboles utilisés sont conformes à l'ISO 29661.

iTech Standards
(<https://standards.iteh.ai>)
Document Preview

[ISO 4037-1:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/4c8d5740-297f-422d-983d-64ee2b759786/iso-4037-1-2019>

Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons —

Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les caractéristiques et les méthodes de production des rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres de radioprotection par rapport aux grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU)^[5]. Le plus petit débit de kerma dans l'air pour lequel la présente norme est applicable est de $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$. En dessous de ce débit de kerma dans l'air, le rayonnement de bruit de fond (naturel) nécessite une attention particulière et cet aspect n'est pas couvert par le présent document.

En ce qui concerne les qualités de rayonnement spécifiées dans les [Articles 4 à 6](#), les informations publiées sont suffisantes pour spécifier les exigences applicables à tous les paramètres pertinents des champs de référence adaptés ou caractérisés afin d'obtenir l'incertitude globale ($k = 2$) ciblée comprise entre environ 6 % et 10 % pour les grandeurs opérationnelles associées au fantôme. Les champs de rayonnement X décrits dans les [Annexes A à C](#) informatives ne sont pas considérés comme des champs de rayonnement X de référence.

NOTE La première édition de l'ISO 4037-1, parue en 1996, incluait quelques qualités de rayonnement supplémentaires pour lesquelles aucune information de ce type n'a été publiée. Il s'agit des rayonnements de fluorescence, du rayonnement gamma du radionucléide ^{241}Am , S-Am, et des rayonnements de photons de haute énergie R-Ti et R-Ni, qui ont été retirés de la partie principale du présent document. Les rayonnements les plus couramment utilisés, les rayonnements fluorescents et le rayonnement gamma du radionucléide ^{241}Am , S-Am, sont inclus dans les [Annexes A](#) et [B](#) informatives qui n'ont presque pas été modifiées. L'[Annexe C](#) informative donne des champs de rayonnement X supplémentaires, qui sont spécifiés par l'indice de qualité.

Les méthodes de production d'un groupe de rayonnements de référence pour une gamme d'énergie donnée sont définies dans les [Articles 4 à 6](#), qui précisent les caractéristiques de ces rayonnements. Les trois groupes de rayonnement de référence sont:

- a) dans la gamme des énergies comprises approximativement entre 8 keV et 330 keV, des rayonnements X filtrés à tension constante;
- b) dans la gamme d'énergie de 600 keV à 1,3 MeV, les rayonnements gamma émis par des radionucléides;
- c) dans la gamme d'énergie de 4 MeV à 9 MeV, les rayonnements de photons produits par des accélérateurs.

Le champ de rayonnement de référence le mieux adapté à l'application prévue peut être sélectionné à partir du [Tableau 1](#), qui donne une vue d'ensemble de toutes les qualités de rayonnement de référence spécifiées dans les [Articles 4 à 6](#). Il n'inclut pas les rayonnements spécifiés dans les [Annexes A, B et C](#).

Les exigences et méthodes données dans les [Articles 4 à 6](#) ciblent une incertitude globale ($k = 2$) de la valeur (de débit) de dose d'environ 6 % à 10 % pour les grandeurs opérationnelles associées aux fantômes dans les champs de référence. À cet effet, deux méthodes de production sont proposées.

La première consiste à produire des «champs de référence adaptés», dont les propriétés sont suffisamment bien caractérisées pour permettre l'utilisation des coefficients de conversion recommandés dans l'ISO 4037-3. Les «champs de référence adaptés» ne présentent qu'une légère différence de distribution spectrale par rapport au champ de référence nominal, qui est validée par des procédures qui sont données et décrites en détail dans l'ISO 4037-2. Pour les champs de rayonnement de référence adaptés, les coefficients de conversion recommandés sont donnés dans l'ISO 4037-3 uniquement pour des distances spécifiées entre la source et le dosimètre, par exemple 1,0 m et 2,5 m. Pour d'autres distances, l'utilisateur doit décider si ces coefficients de conversion peuvent être utilisés. Si les deux valeurs sont très similaires, ne différant par exemple que de 2 % ou moins, une interpolation linéaire peut alors être utilisée.

La deuxième méthode consiste à produire des «champs de référence caractérisés». Soit cela est fait en déterminant les coefficients de conversion par spectrométrie, soit la valeur requise est mesurée directement en utilisant des dosimètres étalons secondaires. Cette méthode s'applique à toute qualité de rayonnement, pour toute grandeur de mesure et, le cas échéant, pour tout fantôme et tout angle d'incidence du rayonnement. De plus, les exigences concernant les paramètres spécifiant les rayonnements de référence dépendent de la profondeur de définition dans le fantôme, c'est-à-dire 0,07 mm, 3 mm et 10 mm. Par conséquent, les exigences sont différentes pour les différentes profondeurs. Ainsi, un champ de rayonnement donné peut être un «champ de référence adapté» pour la profondeur de 0,07 mm, mais pas pour la profondeur de 10 mm, pour laquelle il peut alors être un «champ de référence caractérisé». Les coefficients de conversion peuvent être déterminés pour toute distance, à condition que le débit de kerma dans l'air ne soit pas inférieur à 1 $\mu\text{Gy/h}$.

Les deux méthodes nécessitent des conditions d'équilibre électronique pour le champ de référence. Cependant, celles-ci ne sont pas toujours établies au poste de travail pour lequel le dosimètre est étalonné. Ceci est, en particulier, vrai à des énergies de photons hors condition d'équilibre électronique intrinsèque à la profondeur de référence d , qui dépend de la combinaison réelle de l'énergie et de la profondeur de référence d . Les électrons d'énergies supérieures à 65 keV, 0,75 MeV et 2,1 MeV peuvent seulement pénétrer respectivement 0,07 mm, 3 mm et 10 mm de tissu de l'ICRU, et les qualités de rayonnement avec des énergies de photons supérieures à ces valeurs sont considérées comme des qualités de rayonnement hors condition d'équilibre électronique intrinsèque pour les qualités définies à ces profondeurs.

Pour déterminer la valeur (de débit) de dose et l'incertitude globale associée, il est nécessaire de procéder à un étalonnage de tous les instruments de mesure utilisés pour la détermination de la valeur de la grandeur, qui est traçable à des étalons nationaux.

Le présent document ne spécifie pas de champ de rayonnement de référence pulsé.

Tableau 1 — Liste de référence des rayonnements X et gamma avec leur énergie moyenne, $\bar{E}(\phi)$, pour une distance de 1 m et leurs abréviations

Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\phi)$ keV
L-10	9,0	N-10	8,5	W-30	22,9	H-10	8,0
L-20	17,3	N-15	12,4	W-40	29,8	H-20	13,1
L-30	26,7	N-20	16,3	W-60	44,8	H-30	19,7
L-35	30,4	N-25	20,3	W-80	56,5	H-40	25,4
L-55	47,8	N-30	24,6	W-110	79,1	H-60	38,0
L-70	60,6	N-40	33,3	W-150	104	H-80	48,8
L-100	86,8	N-60	47,9	W-200	138	H-100	57,3
L-125	109	N-80	65,2	W-250	172	H-150	78,0

Tableau 1 (suite)

Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\Phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\Phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\Phi)$ keV	Qualité de rayonnement	$\bar{E}(\Phi)$ keV
L-170	149	N-100	83,3	W-300	205	H-200	99,3
L-210	185	N-120	100			H-250	122
L-240	211	N-150	118			H-280	145
		N-200	165			H-300	143
		N-250	207			H-350	167
		N-300	248			H-400	190
		N-350	288				
		N-400	328				
Radionucléides			Rayonnements de photons de hautes énergies				
Qualité de rayonnement	Radionucléide	$\bar{E}(\Phi)$ keV	Qualité de rayonnement	Réaction	$\bar{E}(\Phi)$; $\bar{E}[H^*(10)]_a$ MeV		
S-Cs	^{137}Cs	662	R-C	$^{12}\text{C}(\text{p},\text{p}'\gamma)^{12}\text{C}$	4,2; 4,4		
S-Co	^{60}Co	1250	R-F	$^{19}\text{F}(\text{p},\alpha\gamma)^{16}\text{O}$	4,4; 6,5		

NOTE D'autres qualités de rayonnement sont indiquées dans les Annexes A à C informatives. Celles-ci couvrent les énergies moyennes des photons de 8 keV jusqu'à 270 keV.

a Énergie moyenne des photons pondérée par la distribution de l'équivalent de dose ambiant, $H^*(10)$, en fonction de l'énergie E des photons.

2 Références normatives

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

ISO 2919, *Radioprotection — Sources radioactives scellées — Exigences générales et classification*

ISO 4037-2:2018, *Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons — Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

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

ISO 29661, *Champs de rayonnement de référence pour la radioprotection — Définitions et concepts fondamentaux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 29661 ainsi que les suivants, s'appliquent.

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

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

3.1 coefficient de conversion kerma dans l'air-équivalent de dose

h_K
quotient de l'équivalent de dose, H , et du kerma dans l'air en champ non perturbé, K_a , en un point du champ de rayonnement de photons

$$h_K = \frac{H}{K_a}$$

Note 1 à l'article: L'unité du coefficient de conversion kerma dans l'air-équivalent de dose est le sievert par gray ($\text{Sv}\cdot\text{Gy}^{-1}$).

Note 2 à l'article: Cette définition diffère de celle donnée dans l'ISO 29661:2012, 3.2.4, en ce qu'elle utilise le kerma dans l'air à la place du kerma de collision dans l'air. Voir également 4.1.2.

Note 3 à l'article: La spécification complète d'un coefficient de conversion kerma dans l'air-équivalent de dose comprend la spécification du type d'équivalent de dose, par exemple un équivalent de dose ambiant, directionnel ou individuel. Le coefficient de conversion, h_K , dépend de la distribution en énergie, mais également, pour $H_p(10)$, $H_p(3)$, $H_p(0,07)$, $H'(3, \overline{T})$ et $H'(0,07, \overline{T})$, de la distribution directionnelle du rayonnement incident. Il est par conséquent utile de considérer le coefficient de conversion comme une fonction, $h_K(E, \alpha)$, de l'énergie, E , des photons monoénergétiques à différents angles d'incidence α .

Note 4 à l'article: Les coefficients de conversion du kerma dans l'air en champ non perturbé, K_a , en $H'(0,07)$, en $H'(3)$, en $H^*(10)$, en $H_p(10)$, en $H_p(3)$ ou en $H_p(0,07)$ pour la qualité d'un rayonnement U et l'angle d'incidence α sont respectivement indiqués par $h'_K(0,07; U, \alpha)$, $h'_K(3; U, \alpha)$, $h^*_K(10; U)$, $h_{pK}(10; U, \alpha)$, $h_{pK}(3; U, \alpha)$, et $h_{pK}(0,07; U, \alpha)$.

3.2 champ de rayonnement de référence caractérisé

champ de rayonnement de référence dont les propriétés ne sont pas suffisamment bien caractérisées pour permettre l'utilisation des coefficients de conversion recommandés, mais dont l'énergie moyenne est suffisamment proche de la valeur nominale pour être utilisée comme champ de rayonnement de référence avec la désignation indiquée

Note 1 à l'article: Soit cela est fait en déterminant les coefficients de conversion par spectrométrie, soit la valeur requise est mesurée directement en utilisant des dosimètres étalons secondaires.

3.3 énergie efficace (d'un rayonnement constitué de rayons X de différentes énergies)

E_{eff}
énergie des photons monoénergétiques ayant la même CDA

3.4 tension génératrice

$U_{\text{gén}}$
différence de potentiel entre les bornes de sortie positive et négative du générateur haute tension

3.5 épaisseur de demi-atténuation couche de demi-atténuation

CDA
épaisseur de la couche d'atténuation qui réduit une grandeur caractéristique d'un faisceau parallèle de largeur infinitésimale à la moitié de sa valeur initiale

[SOURCE: ISO 80000-10:—, 10.54, modifiée]

Note 1 à l'article: Pour le présent document, la grandeur caractéristique est le kerma dans l'air.

Note 2 à l'article: Dans cette définition, l'apport de tous les rayonnements diffusés, autres que ceux pouvant être présents à l'origine dans le faisceau concerné, est considéré comme exclu.

3.6**coefficient d'homogénéité***h*

rapport entre la première et la deuxième *couche de demi-atténuation* (3.5) (kerma dans l'air)

$$h = \frac{1^{\text{re}} \text{ CDA}}{2^{\text{e}} \text{ CDA}}$$

3.7**champ de rayonnement de référence adapté**

champ de rayonnement de référence dont les propriétés sont suffisamment bien caractérisées pour permettre l'utilisation des coefficients de conversion recommandés

3.8**énergie moyenne des photons****énergie moyenne** $\bar{E}(\Phi)$

rapport défini par la formule:

$$\bar{E}(\Phi) = \frac{\int_0^{E_{\max}} \Phi_E E \, dE}{\int_0^{E_{\max}} \Phi_E \, dE}$$

où Φ_E est la *distribution en énergie de la fluence* (3.14)

3.9**moniteur (de faisceau)**

instrument utilisé pour surveiller la stabilité du débit de kerma dans l'air pendant une irradiation ou pour comparer les valeurs de kerma dans l'air après des irradiations successives

3.10**rayonnement primaire****faisceau primaire**

rayonnement ou faisceau produit par le tube radiogène ou le radionucléide ou la cible de l'accélérateur incluant le rayonnement diffusé présent de manière inhérente dans le faisceau et qui ne peut en aucune manière être éliminé du faisceau

3.11**distribution de la hauteur des impulsions**

répartition du nombre d'impulsions N en fonction de la charge Q générée dans le détecteur, dN/dQ

3.12**écart relatif de tension du tube** ΔU_{rel}

rapport défini pour une tension nominale donnée du tube par la formule:

$$\Delta U_{\text{rel}} = \left| \frac{U_{\text{tube, meas}} - U_{\text{tube, nom}}}{U_{\text{tube, nom}}} \right|$$

où

$U_{\text{tube, meas}}$ est la valeur mesurée

$U_{\text{tube, nom}}$ est la valeur nominale de tension du tube

3.13

distribution en énergie du kerma dans l'air

répartition du kerma dans l'air K_a en fonction de l'énergie E des photons

$$K_a(E) = \frac{dK_a}{dE}$$

3.14

distribution en énergie de la fluence

répartition de la fluence Φ en fonction de l'énergie E des photons

$$\Phi_E = \frac{d\Phi}{dE}$$

3.15

résolution spectrale

résolution

(largeur totale à mi-hauteur)

R_E

$$R_E = \frac{\Delta E}{E}$$

où ΔE est la largeur du spectre à mi-hauteur

Note 1 à l'article: Dans le cas où des raies de fluorescence sont présentes dans le spectre, la largeur spectrale mesurée est seulement celle du spectre continu.

3.16

tension du tube

U_{tube}

différence de potentiel entre la cathode et l'anode du tube radiogène

3.17

déconvolution

détermination de la *distribution en énergie de la fluence* (3.14), Φ_E , à partir de la *distribution de la hauteur des impulsions* (3.11) (mesurée), dN/dQ

3.18

valeur de la tension crête

taux d'oscillation

rapport défini, pour une valeur de courant fixe, par la formule:

$$\frac{U_{\text{max}} - U_{\text{min}}}{U_{\text{max}}}$$

où

U_{max} est la valeur maximale

U_{min} est la valeur minimale entre lesquelles la tension oscille

3.19

tube radiogène

tube à vide destiné à la production de rayons X par bombardement de l'anode par un faisceau d'électrons accélérés sous une différence de potentiel

3.20

blindage du tube radiogène

panneau fixe ou mobile destiné à réduire l'apport de rayonnement X diffusé aux faisceaux primaires

3.21

installation de production de rayons X générateur de rayons X

ensemble comprenant une alimentation haute tension, un *tube radiogène* (3.19) avec son enceinte de protection et des raccordements électriques haute tension

4 Rayonnements X filtrés de référence, à tension constante

4.1 Généralités

4.1.1 Réalisation des champs de rayonnement de référence

L'Article 4 spécifie les caractéristiques des rayonnements de référence filtrés et la méthode et les exigences par lesquelles un laboratoire peut produire un champ de rayonnement de référence pour une qualité de rayonnement sélectionnée avec une valeur cible d'incertitude globale élargie ($k = 2$) de la valeur (de débit) de dose d'environ 6 % à 10 %.

Les exigences dépendent de la façon dont le champ de rayonnement de référence spécifié est produit. Pour une même qualité de rayonnement de référence nominale, par exemple, N-20, deux réalisations sont possibles, un «champ de rayonnement de référence adapté» et un «champ de rayonnement de référence caractérisé». L'objectif est d'obtenir le même résultat avec les deux réalisations dans les limites de l'incertitude mentionnée comprise entre 6 % et 10 % ($k = 2$); voir l'Article 1, par exemple lorsqu'elles sont utilisées pour déterminer la réponse d'un dosimètre.

Pour le «champ de rayonnement de référence adapté», toutes les exigences très strictes synthétisées dans le Tableau 13 doivent être satisfaites pour la qualité de rayonnement et la profondeur de définition considérée dans le fantôme. En raison de la rigueur de ces exigences, aucune caractérisation des paramètres de champ, par exemple en ce qui concerne la distribution spectrale, n'est requise et les coefficients de conversion kerma dans l'air-équivalent de dose (ci-après abrégés en «coefficients de conversion») recommandés dans l'ISO 4037-3 doivent être utilisés. Cette méthode nécessite une validation du «champ de rayonnement de référence adapté» pour s'assurer que tous les écarts des paramètres réels par rapport à leurs valeurs nominales restent dans des limites acceptables.

Pour le «champ de rayonnement de référence caractérisé», toutes les exigences données synthétisées dans le Tableau 13 doivent être satisfaites pour la qualité de rayonnement et la profondeur de définition considérée dans le fantôme. Ces exigences sont pour certains paramètres assouplies par comparaison aux «champs de rayonnement de référence adaptés». Par conséquent, une caractérisation de tous les paramètres de champ tels qu'indiqués dans le Tableau 13 est requise et aucune validation supplémentaire n'est nécessaire. Cette caractérisation doit être effectuée soit par mesurage direct de chaque grandeur associée aux fantômes considérée en utilisant un étalon secondaire, soit par spectrométrie et détermination du coefficient de conversion respectif. Dans les deux cas, mesurage direct ou spectrométrie, les limites ciblées pour l'incertitude globale élargie ($k = 2$) de la valeur (de débit) de dose d'environ 6 % à 10 % pour la grandeur associée aux fantômes ne doivent pas être dépassées. Les exigences pour les «champs de rayonnement de référence caractérisés» assurent que les énergies moyennes par rapport à la fluence ne diffèrent pas de plus de 2 % environ des valeurs nominales. Pour les coefficients de conversion, l'écart par rapport aux valeurs nominales peut être nettement supérieur, en particulier pour les faibles tensions de tube; voir l'ISO 4037-4.

4.1.2 Principe des coefficients de conversion

Le kerma dans l'air est donné par la somme du kerma de collision dans l'air, $K_{a, \text{coll}}$, et du kerma radiatif dans l'air, $K_{a, \text{rad}}$: $K_a = K_{a, \text{coll}} + K_{a, \text{rad}}$. Le kerma de collision dans l'air, $K_{a, \text{coll}}$, est lié au kerma dans l'air par l'équation $K_{a, \text{coll}} = K_a \cdot (1 - g_a)$, où g_a est la fraction de l'énergie des électrons libérés par les photons qui est perdue par des processus radiatifs (rayonnement de freinage, rayonnement de fluorescence ou rayonnement d'annihilation des positrons). Les valeurs de $(1 - g_a)$ pour le rayonnement monoénergétique sont celles de Seltzer (calculées comme décrit dans la Référence [7]) et sont indiquées dans l'ISO 4037-2, dans la partie supérieure du Tableau 2. Les valeurs pour les rayonnements de référence S-Cs, S-Co, R-C

et R-F sont données dans la partie inférieure du [Tableau 2](#). Les valeurs sont obtenues par interpolation ou sont tirées du document de Roos et Grosswendt^[11] pour S-Co et du document PTB-Dos-32^[12] pour R-C et R-F. Pour l'eau, l'air, ou pour les énergies inférieures à 1,3 MeV, g_a est inférieur à 0,003 et, en dessous de 1,5 MeV, les valeurs de $(1 - g_a)$ peuvent être arrondies à un; voir l'ICRU 47, A.2.1.

Le kerma de collision dans l'air est la partie qui aboutit à la production d'électrons qui dissipent leur énergie d'ionisation dans ou près des traces d'électron dans le milieu. Par conséquent, lors de calculs Monte-Carlo, il est calculé comme l'énergie déposée. Dans l'ISO 29661:2012, l'interprétation a été faite que les coefficients de conversion originaux qui étaient tirés du Rapport 57 de l'ICRU se rapportaient en fait au kerma de collision dans l'air. Cette approche est adoptée dans l'ISO 4037 de la manière suivante: pour les énergies inférieures ou égales à celle du champ de référence S-Co, les valeurs originales sont utilisées, car l'application du facteur $(1 - g_a)$ ne modifie pas les valeurs numériques tronquées à trois chiffres significatifs. Les coefficients de conversion pour les champs de référence R-C et R-F donnés dans l'ISO 4037-3 diffèrent de ceux donnés dans l'ICRU et dans la précédente édition de l'ISO 4037-3 respectivement du facteur $(1 - g_a) = 0,987$ et du facteur $(1 - g_a) = 0,978$.

4.1.3 Qualité de rayonnement

La qualité de rayonnement, U, d'un rayonnement X filtré est caractérisée dans l'ISO 4037 par les paramètres suivants:

- a) énergie moyenne, $\bar{E}(\Phi)$, d'un faisceau, exprimée en kilo-électronvolts (keV);
- b) résolution, R_E ;
- c) couche de demi-atténuation par rapport au kerma dans l'air, CDA, exprimée en millimètres d'aluminium (Al) ou de cuivre (Cu);
- d) coefficient d'homogénéité, h .

Dans la pratique, la qualité du rayonnement obtenue dépend principalement:

- de la tension du tube, la haute tension dans le tube radiogène;
- de l'épaisseur et de la nature de la filtration totale;
- des caractéristiques de la cible, c'est-à-dire du matériau de l'anode et de l'angle du tube radiogène; et
- (en particulier pour les énergies moyennes inférieures à 25 keV) de l'épaisseur de la couche d'air entre le foyer du tube et le point de mesure.

Afin d'assurer la production de rayonnements de référence en conformité avec les spécifications données, l'installation doit satisfaire à certaines conditions techniques. Ces dernières sont décrites en [4.2](#).

4.1.4 Choix des rayonnements de référence

Le présent document spécifie quatre séries de rayonnements X filtrés de référence, à tension constante (voir le [Tableau 2](#)), chacune de ces séries étant caractérisée par la résolution du spectre. À titre d'exemple, la [Figure 1](#) présente les spectres de la fluence de photons avec leurs différentes résolutions des quatre séries pour une tension génératrice de 30 kV aux mêmes courants de tube et distance du tube. Les différences entre les zones sous les courbes constituent une indication des variations considérables des valeurs du kerma (débit) de ces qualités de rayonnement. La figure supérieure a) présente la fluence selon une échelle linéaire et la figure inférieure b) selon une échelle logarithmique. À titre d'autre exemple, la [Figure 2](#) présente tous les spectres de fluence normalisés de la série N pour illustrer l'intégralité de la série. Les quatre séries sont, par ordre croissant d'ampleur de filtration:

- a) la série à débits élevés de kerma dans l'air: série H;
- b) la série à spectres larges: série W;
- c) la série à spectres étroits: série N; et