
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 4:

Étalonnage des dosimètres de zone et individuels dans des champs de référence X de faible énergie

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

Part 4: Calibration of area and personal dosimeters in low energy X reference radiation fields



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

[ISO 4037-4:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fa26ae13-7708-4adc-ab82-e0019b1926b2/iso-4037-4-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fa26ae13-7708-4adc-ab82-e0019b1926b2/iso-4037-4-2019>



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.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles (et abréviations)	2
5 Procédures générales d'étalonnage et de détermination de la réponse	3
6 Caractérisation et production des rayonnements X de référence de faible énergie	4
6.1 Généralités.....	4
6.2 Tension du tube.....	4
6.3 Distribution en énergie de la fluence et coefficients de conversion.....	4
7 Dosimétrie des rayonnements de référence de faible énergie	5
7.1 Généralités.....	5
7.2 Moyen de contrôle de stabilité.....	5
8 Étalonnage et détermination de la réponse en fonction de l'énergie des photons et de l'angle d'incidence du rayonnement	5
8.1 Généralités.....	5
8.2 Choix de la méthode d'étalonnage.....	5
8.3 Étalonnage à l'aide des instruments de référence pour K_a	5
8.3.1 Généralités.....	5
8.3.2 Valeur conventionnelle du kerma dans l'air.....	6
8.3.3 Valeur conventionnelle des grandeurs d'équivalent de dose $H_p(0,07)$ et $H'(0,07)$	7
8.3.4 Valeur conventionnelle des grandeurs d'équivalent de dose $H_p(10)$ ou $H^*(10)$ et $H_p(3)$ ou $H'(3)$	7
8.3.5 Réalisation de l'étalonnage.....	9
8.4 Étalonnage à l'aide d'instruments de référence de mesure des grandeurs d'équivalent de dose de l'ICRU.....	9
8.4.1 Généralités.....	9
8.4.2 Valeur conventionnelle des grandeurs d'équivalent de dose $H_p(10)$ ou $H^*(10)$ et $H_p(3)$ ou $H'(3)$	9
8.4.3 Réalisation de l'étalonnage.....	11
8.5 Expression de l'incertitude.....	11
Annexe A (normative) Correction de la masse volumique de l'air	13
Bibliographie	20

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 4037-4:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique.

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

L'édition de mise à jour du présent document harmonise cette quatrième partie en fonction de la deuxième édition des trois premières parties. Elle 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 mesurages spectrométriques au niveau des installations d'irradiation équipées de tels générateurs (par exemple le catalogue de spectres de rayons X de Ankerhold[1]). 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)[2]. Elle ne change pas le concept 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 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)[2]. 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 de l'ICRU[2]. Le présent document 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 référence avec une tension génératrice inférieure ou égale à 30 kV.

Les procédures générales décrites dans l'ISO 29661, incluant son Amendement 1, sont utilisées autant que possible dans le présent document. De même, les symboles utilisés sont conformes à l'ISO 29661.

NOTE Pour l'irradiation du corps entier, $H_p(10)$ et $H^*(10)$ sont pertinents pour la radioprotection tant qu'ils sont plus proches de leurs limites que $H'(0,07)$ et $H_p(0,07)$. Cela est le cas jusqu'à environ 15 keV.

[ISO 4037-4:2019](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fa26ae13-7708-4adc-ab82-e0019b1926b2/iso-4037-4-2019)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/fa26ae13-7708-4adc-ab82-e0019b1926b2/iso-4037-4-2019>

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 4:

Étalonnage des dosimètres de zone et individuels dans des champs de référence X de faible énergie

1 Domaine d'application

Le présent document donne des indications concernant les aspects complémentaires de la caractérisation des rayonnements de photons de faible énergie et les procédures pour l'étalonnage et la détermination de la réponse des dosimètres ou débitmètres de zone et individuels en fonction de l'énergie des photons et de l'angle d'incidence. Le présent document traite de la détermination précise des coefficients de conversion du kerma dans l'air en équivalents de dose $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$ et $H'(3)$ et pour les spectres de rayonnement de photons de faible énergie. Une méthode d'étalonnage direct de ces grandeurs au moyen d'instruments de référence appropriés est donnée comme alternative à l'utilisation des coefficients de conversion.

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

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

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

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

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 4037-1, 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 rayonnement X de référence de faible énergie

ensemble des qualités de rayonnement avec des tensions de tube nominales inférieures ou égales à 30 kV

Note 1 à l'article: Ces qualités de rayonnement sont telles que spécifiées dans l'ISO 4037-1 et sont toutes des rayonnements X filtrés de référence à tension constante.

4 Symboles (et abréviations)

Les symboles (et abréviations) utilisés dans la présente norme sont donnés dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles (et abréviations)

Symbole	Désignation	Unité
ρ	masse volumique de l'air	kg/m ³
ρ_0	masse volumique de l'air dans les conditions de référence: $\rho_0 = 1,197\ 4\ \text{kg/m}^3$	kg/m ³
ρ_{irr}	masse volumique de l'air lors de l'irradiation	kg/m ³
ρ_{con}	masse volumique de l'air lors de la détermination de la valeur conventionnelle du mesurande	kg/m ³
ρ_{cal}	masse volumique de l'air lors de l'étalonnage de l'instrument	kg/m ³
ρ_{MC}	masse volumique de l'air lors de l'étalonnage de la chambre moniteur	kg/m ³
ρ_{spec}	masse volumique de l'air lors des mesurages de spectrométrie	kg/m ³
$\Delta\rho$	variation de la masse volumique de l'air	kg/m ³
α	angle d'incidence du rayonnement par rapport à l'incidence normale à la surface du fantôme	degrés
$\Delta\alpha$	variation de l'angle d'incidence du rayonnement	degrés
U	tension du tube	V
ΔU	variation de la tension du tube	V
T	température de l'air	K
T_0	température de l'air dans les conditions de référence: $T_0 = 293,15\ \text{K}$ (équivalent à 20 °C)	K
r	humidité relative de l'air	—
r_0	humidité relative de l'air dans les conditions de référence: $r_0 = 0,65$ (équivalent à 65 %)	—
p	pression de l'air	kPa
p_0	pression de l'air dans les conditions de référence: $p_0 = 101,3\ \text{kPa}$	kPa
m_d	gradient du gradient $m(d_{\text{air}})$	m ² /kg
$m(d_{\text{air}})$	gradient de la distance d_{air}	m ³ /kg
$m(1,0\ \text{m})$	gradient de la distance 1,0 m	m ³ /kg
K_a	kerma dans l'air en champ non perturbé	Gy
$k(\rho, M)$	facteur de correction de la masse volumique de l'air pour le mesurande M	—

Tableau 1 (suite)

Symbole	Désignation	Unité
$H_p(10)$	équivalent de dose individuel à une profondeur de 10 mm	Sv
$H_p(3)$	équivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv
$H_p(0,07)$	équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H^*(10)$	équivalent de dose ambiant à une profondeur de 10 mm	Sv
$H'(3)$	équivalent de dose directionnel à une profondeur de 3 mm	Sv
$H'(0,07)$	équivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$h_{pK}(10; \alpha)$	coefficient de conversion de K_a en $H_p(10)$ pour l'angle d'incidence α du rayonnement α	Sv/Gy
$h^*_p(10)$	coefficient de conversion de K_a en $H^*(10)$	Sv/Gy
$h_{pK}(3; \alpha)$	coefficient de conversion de K_a en $H_p(3)$ pour l'angle d'incidence α du rayonnement α	Sv/Gy
E	énergie des photons	eV
d_{MC}	distance entre la fenêtre de sortie des faisceaux du tube radiogène et la chambre moniteur	m
d_{air}	distance entre la fenêtre de sortie des faisceaux du tube radiogène et le point de mesure	m
$\Phi_E(E)$	distribution en énergie de la fluence à l'énergie E des photons	$m^{-2} \cdot eV^{-1}$
N	nombre d'impulsions générées dans le détecteur	—
Q	charge Q générée dans le détecteur par un photon	C
$R(E, Q)$	fonction réponse	$m^2 C^{-1}$

5 Procédures générales d'étalonnage et de détermination de la réponse

Dans l'ISO 4037-2, deux méthodes sont spécifiées pour la détermination des grandeurs d'équivalent de dose associées aux fantômes pour des champs de référence X de faible énergie. Les deux méthodes nécessitent un champ de référence conforme à l'ISO 4037-1. La première méthode, la méthode I, consiste à quantifier par dosimétrie le kerma dans l'air en champ non perturbé, puis à calculer la grandeur opérationnelle choisie par l'application d'un coefficient de conversion qui définit la relation entre le kerma dans l'air en champ non perturbé et la grandeur opérationnelle choisie. Pour les champs de référence adaptés, ce coefficient de conversion est tiré de l'ISO 4037-3; pour les champs de référence caractérisés, le coefficient de conversion est déterminé par spectrométrie. Cette méthode pour déterminer les grandeurs d'équivalent de dose $H'(0,07)$ et $H_p(0,07)$ n'induit qu'une faible incertitude supplémentaire dans la mesure où les coefficients de conversion dépendent peu de l'énergie des photons et de l'angle d'incidence du rayonnement pour les gammes indiquées dans l'ISO 4037-3. Par conséquent, ces grandeurs d'équivalent de dose n'exigent pas d'attention particulière pour les champs de rayonnement X de référence de faible énergie. La situation est différente pour les quatre autres grandeurs d'équivalent de dose $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$ et $H'(3)$. Dans leur cas, l'utilisation des coefficients de conversion peut être assortie d'incertitudes supplémentaires importantes, pour les champs de rayonnement X de référence de faible énergie. Cela est dû au fait que les coefficients de conversion dépendent étroitement de l'énergie des photons et de l'angle d'incidence du rayonnement. Une description détaillée de tous les mesurages et de toutes les méthodes nécessaires pour éviter ces incertitudes supplémentaires est donnée par le document de Ankerhold et al.[3][4] et par le document de Behrens[5].

La deuxième méthode, la méthode II, pour déterminer les grandeurs de dose associées aux fantômes est basée sur l'utilisation d'étalons (secondaires) directement étalonnés en termes de ces grandeurs d'équivalent de dose. Cette méthode peut également être utilisée pour toutes les qualités de rayonnement non validées, pour lesquelles les coefficients de conversion recommandés ne peuvent pas être utilisés. Cette méthode est décrite dans l'ISO 4037-2:2019, Article 6.

Lorsque le champ de référence ne peut pas être validé, la méthode I peut encore être utilisée si un spectromètre est utilisé pour mesurer le spectre de la qualité de rayonnement considérée. À partir de

ce spectre, le coefficient de conversion spécifique peut être calculé et appliqué à la valeur mesurée du kerma dans l'air, K_a , en champ non perturbé.

Le présent document définit les conditions devant être satisfaites pour utiliser l'une des deux méthodes, ainsi que les modes opératoires à suivre pour la méthode sélectionnée. Si une chambre moniteur (voir l'ISO 4037-2:2019, 9.2) est utilisée comme dispositif de transfert, des corrections supplémentaires doivent s'appliquer aux différences entre la masse volumique de l'air lors de l'étalonnage de la chambre moniteur et celle lors de l'étalonnage de l'instrument soumis à essai. La norme ne fournit aucune indication concernant la construction des instruments nécessaires aux deux méthodes mentionnées. Des exemples d'instruments et de modes opératoires applicables à ces deux méthodes sont donnés dans les documents de Ankerhold et al.[3][4], Behrens[5] et Duftschmid et al.[6].

6 Caractérisation et production des rayonnements X de référence de faible énergie

6.1 Généralités

Le présent paragraphe spécifie les caractéristiques selon lesquelles un laboratoire peut produire les rayonnements X filtrés de référence indiqués dans l'ISO 4037-1 pour les objectifs mentionnés. Les données relatives à la stabilité requise des grandeurs d'influence sont fournies pour diverses grandeurs d'influence. Ces données indiquent l'amplitude de variation possible de ces grandeurs d'influence pour provoquer une variation de 2 % du mesurande. Ces données doivent être interprétées soit comme des valeurs limites de l'écart par rapport à la valeur nominale du mesurande, soit, dans toute la mesure du possible, comme un critère de nécessité d'application des corrections.

Les exigences spécifiées dans l'ISO 4037-1:2019, 4.2, tiennent compte partiellement des exigences particulières pour les rayonnements de référence de faible énergie pour les grandeurs $H_p(10)$ ou $H^*(10)$. Ces exigences particulières sont, dans une moindre mesure, valables également pour les grandeurs d'équivalent de dose $H'(3)$, $H_p(3)$. Par conséquent, le présent document se concentre sur les grandeurs $H_p(10)$ ou $H^*(10)$ et suppose que, pour les grandeurs d'équivalent de dose $H'(3)$, $H_p(3)$, des exigences quasiment identiques sont valables.

6.2 Tension du tube

Le présent paragraphe s'applique à la méthode I et à la méthode II. Les grandeurs d'équivalent de dose $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$ et $H'(3)$ sont, pour les rayonnements X de faible énergie, plus sensibles à la tension du tube qu'au kerma dans l'air, K_a , en champ non perturbé. Les exigences concernant la tension du tube, spécifiées dans l'ISO 4037-1:2019, Tableau 7, sont valables. Le Tableau 7 donne les valeurs correspondant à la variation de la tension du tube qui entraîne une variation relative de la valeur du coefficient de conversion de 2 %, lorsque tous les autres paramètres demeurent identiques.

6.3 Distribution en énergie de la fluence et coefficients de conversion

Le présent paragraphe s'applique à la méthode I uniquement. La distribution en énergie de la fluence est nécessaire pour déterminer le coefficient de conversion du kerma dans l'air en mesurande, pour chaque qualité du rayonnement du dispositif à rayons X. L'ISO 4037-2:2019, Annexe B, donne un exemple de détermination de la distribution en énergie de la fluence. La multiplication de la distribution en énergie de la fluence par les coefficients de conversion monoénergétiques de la fluence vers le kerma dans l'air permet de convertir la distribution en énergie de la fluence en distribution en énergie du kerma dans l'air. Cette dernière est ensuite multipliée par les coefficients de conversion monoénergétiques relatifs au mesurande respectif (voir l'ISO 4037-3) afin d'obtenir la distribution en énergie de $H_p(10)$, $H^*(10)$, $H_p(3)$ ou $H'(3)$ qui est alors intégrée pour obtenir le coefficient de conversion réel. Les coefficients de conversion obtenus sont valables uniquement pour la masse volumique de l'air, ρ_{SPEC} , effective lors des mesurages de spectrométrie.