

**ISO 4037-3:2019**



**NBN ISO 4037-3:2020**



---

**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 (ISO 4037-3:2019)**

---

Valable à partir de 23-09-2020

ICS: 17.240



---

---

**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**

*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 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurement of their response as a function of energy and angle of incidence*



**ISO 4037-3:2019(F)****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](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

# Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>v</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>vi</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>2</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Procédures applicables à tous les dosimètres, individuels et de zone</b> .....	<b>3</b>
4.1 Principes généraux.....	3
4.1.1 Qualités de rayonnements.....	3
4.1.2 Coefficients de conversion recommandés.....	3
4.1.3 Point de mesure et point de référence.....	5
4.1.4 Axes de rotation.....	5
4.1.5 État du dosimètre à étalonner.....	5
4.1.6 Effets associés aux parcours des électrons.....	5
4.2 Méthodes de détermination du coefficient d'étalonnage et de la réponse.....	7
4.2.1 Mise en œuvre de l'instrument étalon.....	7
4.2.2 Mesurages sans moniteur de l'émission de la source.....	8
<b>5 Procédures particulières aux dosimètres de zone</b> .....	<b>8</b>
5.1 Principes généraux.....	8
5.2 Grandeurs à mesurer.....	8
<b>6 Coefficients de conversion pour la dosimétrie de zone</b> .....	<b>9</b>
6.1 Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H'(0,07)$ .....	9
6.1.1 Rayonnements monoénergétiques.....	9
6.1.2 Série à «faible débit de kerma dans l'air».....	9
6.1.3 Série à «spectres étroits».....	9
6.1.4 Série à «spectres larges».....	9
6.1.5 Série à «fort débit de kerma dans l'air».....	9
6.1.6 Radionucléides.....	9
6.2 Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H'(3)$ .....	16
6.2.1 Rayonnements monoénergétiques.....	16
6.2.2 Série à «faible débit de kerma dans l'air».....	16
6.2.3 Série à «spectres étroits».....	16
6.2.4 Série à «spectres larges».....	16
6.2.5 Série à «fort débit de kerma dans l'air».....	16
6.2.6 Radionucléides.....	16
6.2.7 Rayonnements de photons de hautes énergies.....	16
6.3 Coefficient de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H^*(10)$ .....	24
6.3.1 Rayonnements monoénergétiques.....	24
6.3.2 Série à «faible débit de kerma dans l'air».....	24
6.3.3 Série à «spectres étroits».....	24
6.3.4 Série à «spectres larges».....	24
6.3.5 Série à «fort débit de kerma dans l'air».....	24
6.3.6 Radionucléides.....	24
6.3.7 Rayonnements de photons de hautes énergies.....	24
<b>7 Procédures particulières aux dosimètres individuels</b> .....	<b>28</b>
7.1 Principes généraux.....	28
7.2 Grandeurs à mesurer.....	28
7.3 Conditions expérimentales.....	29
7.3.1 Utilisation des fantômes.....	29
7.3.2 Considérations géométriques dans les faisceaux divergents.....	29
7.3.3 Irradiation simultanée de plusieurs dosimètres.....	30
7.3.4 Influence de l'orientation sur les valeurs de $H_p(0,07)$ .....	30
7.3.5 Longueur du fantôme rondin.....	31

**ISO 4037-3:2019(F)**

<b>8</b>	<b>Coefficients de conversion pour la dosimétrie individuelle</b>	<b>31</b>
8.1	Généralités	31
8.2	Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H_p(0,07)$ dans le fantôme rondin	32
8.2.1	Rayonnements monoénergétiques	32
8.2.2	Série à «faible débit de kerma dans l'air»	32
8.2.3	Série à «spectres étroits»	32
8.2.4	Série à «spectres larges»	32
8.2.5	Série à «fort débit de kerma dans l'air»	32
8.2.6	Radionucléides	32
8.3	Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H_p(0,07)$ dans le fantôme colonne	36
8.3.1	Rayonnements monoénergétiques	36
8.3.2	Série à «faible débit de kerma dans l'air»	36
8.3.3	Série à «spectres étroits»	36
8.3.4	Série à «spectres larges»	36
8.3.5	Série à «fort débit de kerma dans l'air»	36
8.3.6	Radionucléides	36
8.4	Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H_p(0,07)$ dans le fantôme plaque en tissu ICRU	40
8.4.1	Rayonnements monoénergétiques	40
8.4.2	Série à «faible débit de kerma dans l'air»	40
8.4.3	Série à «spectres étroits»	40
8.4.4	Série à «spectres larges»	40
8.4.5	Série à «fort débit de kerma dans l'air»	40
8.4.6	Radionucléides	40
8.5	Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H_p(3)$ dans le fantôme cylindre	43
8.5.1	Rayonnements monoénergétiques	43
8.5.2	Série à «faible débit de kerma dans l'air»	43
8.5.3	Série à «spectres étroits»	43
8.5.4	Série à «spectres larges»	43
8.5.5	Série à «fort débit de kerma dans l'air»	44
8.5.6	Radionucléides	44
8.5.7	Rayonnements de photons de hautes énergies	44
8.6	Coefficients de conversion du kerma dans l'air, $K_a$ , en $H_p(10)$ dans le fantôme plaque en tissu ICRU	47
8.6.1	Rayonnements monoénergétiques	47
8.6.2	Série à «faible débit de kerma dans l'air»	47
8.6.3	Série à «spectres étroits»	47
8.6.4	Série à «spectres larges»	47
8.6.5	Série à «fort débit de kerma dans l'air»	48
8.6.6	Radionucléides	48
8.6.7	Rayonnements de photons de hautes énergies	48
<b>9</b>	<b>Incertitudes</b>	<b>56</b>
9.1	Expression des incertitudes	56
<b>Annexe A (informative) Coefficients de conversion estimés pour le rayonnement X de fluorescence</b>		<b>57</b>
<b>Annexe B (informative) Coefficients de conversion estimés pour un rayonnement gamma émis par le radionucléide <math>^{241}\text{Am}</math></b>		<b>62</b>
<b>Annexe C (informative) Coefficients de conversion estimés pour des rayonnements X filtrés en continu fondés sur l'indice de qualité</b>		<b>64</b>
<b>Annexe D (informative) Informations supplémentaires</b>		<b>66</b>
<b>Bibliographie</b>		<b>70</b>

## 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](http://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](http://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](http://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 4037-3:1999), 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.

## ISO 4037-3:2019(F)

### Introduction

L'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 mesurages spectrométriques au niveau des installations d'irradiation équipées de tels générateurs (par exemple le catalogue de spectres de rayons X de Ankerhold<sup>[1]</sup>). 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)<sup>[2]</sup>. 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)<sup>[2]</sup>. Le présent document 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<sup>[2]</sup>. 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 référence avec une tension génératrice  $\leq 30$  kV.

La détermination de la réponse des dosimètres et des débitmètres est essentiellement un processus à deux ou trois étapes. Premièrement, une grandeur fondamentale telle que le kerma dans l'air est mesurée dans l'air en champ non perturbé au point de mesure. Ensuite, la grandeur opérationnelle appropriée est calculée par application du coefficient de conversion qui relie la grandeur mesurée à la grandeur opérationnelle choisie. Ces deux étapes peuvent être fusionnées en une seule si un étalon pour les grandeurs associées aux fantômes est utilisé. Finalement, l'instrument soumis à essai est placé au même point de mesure pour la détermination de sa réponse. Selon le type de dosimètre soumis à essai, l'irradiation est effectuée soit sur un fantôme soit en champ non perturbé, selon qu'il s'agit de dosimètres individuels ou de dosimètres de zone. Le présent document décrit en détail, pour les surveillances de zone et individuelle des photons, les méthodes et fournit, le cas échéant, les coefficients de conversion recommandés à utiliser pour la détermination de la réponse des dosimètres et des débitmètres en fonction des grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'ICRU. L'utilisation de ces coefficients de conversion recommandés nécessite que la qualité de rayonnement correspondant du champ de référence utilisé pour l'irradiation soit validée. Il n'est pas possible d'utiliser les coefficients de conversion recommandés pour les autres qualités de rayonnement non validées. Pour ces qualités de rayonnement, il convient d'avoir recours à la dosimétrie par rapport aux grandeurs opérationnelles associées aux fantômes de l'ICRU (voir l'ISO 4037-2:2019, Article 6) ou à la spectrométrie (voir l'ISO 4037-2:2019, Annexe B). Pour les tensions de tube inférieures ou égales à 30 kV, l'ISO 4037-4 présente des exigences particulières.

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.



# 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

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des procédures supplémentaires et des données pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres utilisés pour les surveillances individuelles et de zone en radioprotection. La procédure générale pour l'étalonnage et la détermination de la réponse des dosimètres ou des débitmètres de radioprotection est décrite dans l'ISO 29661 et suivie autant que possible. À cet effet, les champs de rayonnement de référence pour les photons d'énergies moyennes comprises entre 8 keV et 9 MeV, tels que spécifiés dans l'ISO 4037-1, sont utilisés. L'Annexe D fournit certaines informations supplémentaires relatives aux conditions de référence, aux conditions normales d'essai requises et aux effets associés aux parcours des électrons. Pour la surveillance individuelle, les dosimètres «corps entier» et d'extrémités sont concernés, tandis que pour la surveillance de zone, les dosimètres et les débitmètres portables et à poste fixe sont considérés.

Des conditions d'équilibre électronique sont nécessaires pour les champs de référence, bien que celles-ci ne soient pas toujours établies au poste de travail pour lequel il convient que le dosimètre soit étalonné. Ceci est, en particulier, vrai à des énergies de photons sans condition d'équilibre électronique inhérente 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 sans condition d'équilibre électronique inhérente pour les qualités définies à ces profondeurs. Le présent document traite également de la détermination de la réponse en fonction de l'énergie des photons et de l'angle d'incidence du rayonnement. De tels mesurages peuvent représenter une partie d'un essai de type au cours duquel l'effet d'autres grandeurs d'influence sur la réponse est examiné.

Le présent document est applicable uniquement pour des débits de kerma dans l'air supérieurs à 1  $\mu\text{Gy/h}$ .

Le présent document ne traite pas de l'étalonnage in situ de dosimètres de zone à poste fixe.

Les procédures à suivre pour les différents types de dosimètres sont décrites. Des recommandations sont données concernant le fantôme à utiliser et les coefficients de conversion à appliquer. Les coefficients de conversion recommandés sont donnés uniquement pour les champs de rayonnement de référence adaptés qui sont spécifiés dans l'ISO 4037-1:2019, Articles 4 à 6. L'ISO 4037-1:2019, Annexes A et B, toutes deux informatives, incluent des rayonnements de fluorescence, du rayonnement gamma du radionucléide  $^{241}\text{Am}$ , S-Am pour lesquels des informations détaillées, publiées ne sont pas disponibles. L'ISO 4034-1:2019, Annexe C, donne des champs de rayonnement X supplémentaires, qui sont spécifiés par l'indice de qualité. Pour toutes ces qualités de rayonnement, des coefficients de conversion sont donnés dans les Annexes A à C, mais uniquement comme une estimation approximative puisque