

---

---

**Champs de rayonnement neutronique  
de référence —**

**Partie 3:  
Étalonnage des dosimètres de zone et  
individuels et détermination de leur  
réponse en fonction de l'énergie et de  
l'angle d'incidence des neutrons**

*Neutron reference radiation fields —*

*Part 3: Calibration of area and personal dosimeters and  
determination of their response as a function of neutron energy and  
angle of incidence*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/916497c-cd1f-4de1-ab48-b91719e32d85/iso-8529-3-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 8529-3:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a976497c-cd1f-4de1-a648-b917f9e32d85/iso-8529-3-2023>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2023

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  
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>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Modes opératoires applicables aux dosimètres de zone et individuels</b> .....	<b>2</b>
4.1    Champs neutroniques .....	2
4.2    Coefficients de conversion .....	2
4.3    Détermination de la réponse .....	3
4.4    Modes opératoires d'étalonnage .....	3
<b>5</b> <b>Modes opératoires d'étalonnage et de détermination de la réponse à l'équivalent de dose ambiant des dosimètres de zone</b> .....	<b>4</b>
5.1    Grandeur à mesurer et coefficients de conversion .....	4
5.2    Caractéristiques de réponse exigées .....	4
5.3    Conditions relatives aux dosimètres .....	4
5.4    Géométrie d'irradiation .....	4
5.5    Évaluation du mesurage .....	5
<b>6</b> <b>Modes opératoires d'étalonnage et de détermination de la réponse à l'équivalent de dose individuel des dosimètres individuels</b> .....	<b>6</b>
6.1    Grandeur à mesurer et coefficients de conversion .....	6
6.2    Caractéristiques de réponse exigées .....	6
6.3    Fantôme d'étalonnage .....	6
6.4    Conditions relatives aux dosimètres .....	7
6.5    Géométrie d'irradiation .....	7
6.6    Évaluation du mesurage .....	7
<b>7</b> <b>Incertitude</b> .....	<b>8</b>
<b>Annexe A (informative) Liste des conditions de référence et des conditions normales d'essai</b> .....	<b>10</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>11</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/foreword.html](http://www.iso.org/iso/foreword.html).

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 8529-3:1998), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications apportées sont les suivantes:

- la deuxième et dernière édition de l'ISO 8529-1:2021 a révisé les champs de rayonnement neutronique de référence produits avec des sources de radionucléides ainsi que ceux produits avec des neutrons monoénergétiques, d'où la nécessité de calculer de nouveaux coefficients de conversion de la fluence neutronique en équivalent de dose ambiant ou en équivalent de dose individuel.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 8529 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](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Le présent document est étroitement lié aux normes ISO 8529-1 et ISO 8529-2 relatives à l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres utilisés pour les besoins de la protection contre les champs de rayonnement neutronique. L'ISO 8529-1 spécifie les champs de rayonnement neutronique de référence, dans le domaine d'énergie allant des champs de neutrons thermiques jusqu'à 20 MeV, ainsi que leurs méthodes de production. L'ISO 8529-2 décrit les concepts fondamentaux relatifs à l'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement, et spécifie les modes opératoires à utiliser pour étalonner les instruments de mesure en radioprotection dans les champs de neutrons produits par les sources utilisées pour l'étalonnage, en mettant l'accent sur les corrections liées aux effets parasites.

Le présent document traite des dosimètres destinés à la surveillance de zone et à la surveillance individuelle. Sauf indication contraire, le terme «dosimètre» désigne toujours les deux types de dosimètres. Les dosimètres de zone sont souvent appelés «moniteurs de zone» ou «instruments de surveillance de zone», et les dosimètres utilisés pour la surveillance individuelle «dosimètres individuels». Le présent document décrit des modes opératoires d'étalonnage et de détermination de leur réponse exprimée dans les grandeurs opérationnelles de la Commission internationale des unités et des mesures de radiation (ICRU). Elles sont définies dans les Rapports 39<sup>[1]</sup> et 51<sup>[2]</sup> de l'ICRU. Pour les besoins de la radioprotection, ces grandeurs opérationnelles sont considérées comme une approximation suffisamment précise des grandeurs de protection. Dans le présent document, l'accent sera mis sur l'évaluation des grandeurs opérationnelles définies dans le corps à la profondeur de 10 mm, en utilisant des coefficients de conversion définis dans le fantôme approprié. Les neutrons froids peuvent poser des problèmes particuliers en dosimétrie et n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document, de même que les étalonnages pour les photons des instruments conçus pour mesurer à la fois les photons et les neutrons.

La détermination de la réponse des dosimètres est essentiellement un processus en trois étapes. Une grandeur primaire, telle que la fluence neutronique, est tout d'abord déterminée au point de mesure. Le point de référence du dispositif en cours d'étalonnage est ensuite placé au point de mesure afin de déterminer la réponse en termes de fluence. La réponse du dispositif par rapport à la grandeur opérationnelle appropriée est enfin déterminée en appliquant des coefficients de conversion qui associent la grandeur physique (la fluence) à la grandeur opérationnelle (l'équivalent de dose). Le présent document décrit les méthodes et les coefficients de conversion à utiliser pour déterminer la réponse des dosimètres de zone et individuels dans les grandeurs opérationnelles respectives de l'ICRU pour les neutrons.



# Champs de rayonnement neutronique de référence —

## Partie 3:

# Étalonnage des dosimètres de zone et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons

## 1 Domaine d'application

Le présent document fournit des recommandations pour l'étalonnage des dosimètres de radioprotection et des débitmètres, utilisés pour la surveillance de zone et la surveillance individuelle, avec des champs de rayonnement neutronique de référence. La présente partie traite également de la détermination de la réponse en fonction de l'énergie des neutrons et de l'angle d'incidence. Les grandeurs opérationnelles recommandées dans le Rapport 51 de l'ICRU<sup>[2]</sup> sont prises en compte. Le présent document fournit, en plus de la description des modes opératoires, des définitions et des coefficients de conversion adaptés ainsi que des recommandations concernant l'expression des incertitudes de mesure.

## 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 8529-1, *Champs de rayonnement neutronique de référence — Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*

ISO 8529-2, *Rayonnements neutroniques de référence — Partie 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement*

ISO 12789-1, *Champs de rayonnement de référence — Champs de neutrons simulant ceux de postes de travail — Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*

ISO 12789-2, *Champs de rayonnement de référence — Champs de neutrons simulant ceux de postes de travail — Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales*

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

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

## 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 <https://www.electropedia.org/>.

**3.1 fluence neutronique en champ non perturbé**  
 $\phi$   
fluence qui serait présente en un point en l'absence de tout dosimètre, de tout fantôme d'étalonnage si présent, et de toute diffusion par la salle et par l'air

**3.2 irradiation uniforme**  
irradiation d'une zone (étendue sur un dosimètre de zone ou fantôme avec un dosimètre individuel) dans laquelle la composante d'incertitude introduite par des différences de fluence ou sa distribution en énergie n'a pas d'impact significatif sur l'incertitude globale du mode opératoire d'étalonnage

Note 1 à l'article: Le laboratoire d'étalonnage détermine l'impact qui peut être considéré comme significatif.

## 4 Modes opératoires applicables aux dosimètres de zone et individuels

### 4.1 Champs neutroniques

Le présent document traite des champs de rayonnement neutronique de référence qui doivent être choisis et produits conformément à l'ISO 8529-1 et caractérisés en utilisant les techniques de l'ISO 8529-2. En général, lors de la sélection d'un champ neutronique approprié, il est utile de tenir compte de l'énergie spécifiée et des gammes de doses et de débits de dose du dosimètre à soumettre à essai. Les grandeurs fondamentales caractérisant les champs de rayonnement (énergie et distribution directionnelle de la fluence neutronique) doivent être déterminées et toutes les corrections nécessaires doivent être prises en compte conformément à l'ISO 8529-2 pour permettre l'utilisation des coefficients de conversion recommandés.

### 4.2 Coefficients de conversion

Les coefficients de conversion indiqués dans le présent document se rapportent aux énergies monoénergétiques ou aux distributions continues en termes d'énergie spécifiées dans l'ISO 8529-1 et résultent de ceux recommandés par l'ICRU<sup>[3]</sup>.

Tous les coefficients de conversion figurant dans les [Tableaux 1 à 4](#) ont été déterminés en prenant pour hypothèse des faisceaux de neutrons parallèles ou des champs composés de tels faisceaux. Si ces coefficients sont utilisés à des fins d'étalonnage et d'essai, il convient que les champs de neutrons utilisés soient uniformes sur une surface étendue, c'est-à-dire sur la totalité de l'élément à étalonner (dosimètre de zone ou fantôme avec dosimètre individuel), et qu'ils soient quasiment parallèles ou composés de faisceaux quasiment parallèles. Pour l'étalonnage d'instruments de grandes dimensions dans des faisceaux divergents, tel que détaillé dans l'ISO 8529-2, des corrections géométriques doivent être apportées afin de tenir compte de l'irradiation non uniforme de l'élément à des distances très faibles des sources ponctuelles.

Il convient de mesurer, au point de mesure, la fluence à laquelle les coefficients de conversion se réfèrent.

Si la fluence est uniforme sur la totalité de la face antérieure du dosimètre ou du fantôme, le coefficient de conversion fluence-équivalent de dose peut être appliqué sans aucun autre facteur à considérer.

Dans le cas contraire, il convient d'appliquer des corrections pour tous les facteurs d'influence, en particulier pour l'étalonnage de plusieurs dosimètres individuels:

- l'étalonnage de plusieurs dosimètres individuels dans des champs neutroniques de référence à spectre large, où la fluence et la direction varient en fonction de la face du fantôme<sup>[4]</sup>;
- l'étalonnage de plusieurs dosimètres individuels dans des champs neutroniques de référence monoénergétiques, où les distributions en fluence, en énergie et directionnelle varient sur la face du fantôme<sup>[5]</sup>.



Les valeurs numériques des coefficients de conversion fluence-équivalent de dose sont indiquées aux [Articles 5](#) et [6](#) pour différentes conditions d'irradiation.

Si la distribution en énergie du champ d'étalonnage diffère de celle des champs de référence indiqués dans l'ISO 8529-1, il convient de calculer le coefficient de conversion moyen fluence-équivalent de dose  $h_\phi$  à partir de la distribution en énergie de la fluence neutronique,  $\Phi_E$ , et les coefficients de conversion fluence-équivalent de dose en fonction de l'énergie  $h_\phi(E)$ <sup>[3]</sup> d'après la [Formule \(1\)](#):

$$h_\phi = \frac{1}{\Phi} \int h_\phi(E) \Phi_E dE \quad (1)$$

où

$\Phi$  est la fluence des neutrons;

$h_\phi(E)$  est le coefficient de conversion fluence-équivalent de dose en fonction de l'énergie.

### 4.3 Détermination de la réponse

La réponse ou le coefficient d'étalonnage d'un dosimètre est une propriété unique de l'instrument et dépend généralement des distributions en énergie et directionnelle du champ de rayonnement, mais il convient qu'elle ne soit pas fonction d'autres caractéristiques de l'installation d'étalonnage ou des techniques expérimentales utilisées. Par conséquent, il est recommandé de s'assurer que les modes opératoires d'étalonnage ou de détermination de la réponse produisent des résultats indépendants de la technique et d'autres facteurs tels que la distance source-instrument et les dimensions de la salle. Pour déterminer la réponse ou le coefficient d'étalonnage, le point de référence des dosimètres est placé au point de mesure d'un champ de rayonnement de référence ayant une distribution en énergie connue et une valeur connue de fluence en champ non perturbé. Il convient de positionner les dosimètres individuels sur le fantôme approprié.

D'après ce qui précède, l'indication du dosimètre doit être corrigée pour tenir compte de tous les effets parasites, y compris les neutrons diffusés par l'air et par la salle d'étalonnage (voir ISO 8529-2) et les neutrons dont les énergies diffèrent de celles souhaitées, tels que les neutrons diffusés dans la cible d'un accélérateur produisant les champs de neutrons monoénergétiques de référence. Il s'agit de grandeurs d'influence de type S auxquelles des corrections doivent être appliquées lors du calcul de «l'indication corrigée» définie dans l'ISO 29661.

Une fois la fluence en champ non perturbé et l'indication corrigée obtenues, il est possible de calculer la réponse ou le coefficient d'étalonnage. Si l'étalonnage est effectué dans les grandeurs opérationnelles recommandées par l'ICRU, ces grandeurs sont obtenues en multipliant la fluence en champ non perturbé par les coefficients de conversion fluence-équivalent de dose correspondants.

Comme la réponse en termes d'équivalent de dose des dosimètres pour les neutrons dépend généralement de l'énergie, il est souvent utile d'établir un coefficient d'étalonnage qui ne correspond à aucun des champs de référence spécifiés dans l'ISO 8529-1, mais qui correspond à un champ qui simule fidèlement ceux existant sur le poste de travail. Ces champs sont appelés «champs de neutrons simulant ceux de postes de travail». Pour déterminer de tels coefficients d'étalonnage, l'ISO 12789-1 et l'ISO 12789-2 doivent être utilisées. Tel est notamment le cas du dosimètre individuel albédo neutrons, pour lequel un coefficient d'étalonnage peut n'être valide que pour un champ identique au champ d'étalonnage et peut dépendre de paramètres tels que la distance source-détecteur ou les dimensions de la salle. Une recherche de ce type sert à valider l'adéquation du dosimètre pour ces champs de neutrons aux postes de travail, plutôt que de déterminer un seul coefficient d'étalonnage ou une seule réponse.

### 4.4 Modes opératoires d'étalonnage

Différents modes opératoires d'étalonnage sont appliqués dans les champs neutroniques de référence utilisant des radionucléides ou des réacteurs et accélérateurs.

Pour les champs neutroniques de référence utilisant des radionucléides, il convient que les grandeurs caractérisant le champ (la fluence et ses distributions en énergie et directionnelle) soient connues d'après les recherches antérieures portant sur les caractéristiques des sources de rayonnement, et soient prévisibles en fonction du temps. Dans d'autres cas, des mesurages supplémentaires sont nécessaires pour surveiller, par exemple, les variations de la fluence ou du débit d'équivalent de dose pendant l'étalonnage.

Comme l'explique l'ISO 29661, le mode opératoire d'étalonnage peut reposer sur l'utilisation d'un étalon, exposé de façon séquentielle ou simultanée par rapport au dosimètre à étalonner.

L'étalonnage avec des champs neutroniques de référence produits par des réacteurs ou des accélérateurs nécessite l'utilisation d'un moniteur pour transférer la valeur de la grandeur et surveiller les variations de la fluence ou du débit d'équivalent de dose pendant le mode opératoire d'étalonnage. Le moniteur et le dosimètre sont exposés en même temps. Il convient de les placer de manière à ce que la position de l'un n'ait aucun effet sur la réponse de l'autre.

## 5 Modes opératoires d'étalonnage et de détermination de la réponse à l'équivalent de dose ambiant des dosimètres de zone

### 5.1 Grandeur à mesurer et coefficients de conversion

La grandeur à mesurer pour la surveillance de zone est l'équivalent de dose ambiant,  $H^*(10)$ . Les [Tableaux 1](#) et [2](#) contiennent les coefficients de conversion,  $h^*_\phi$ , qui permettent de convertir la fluence neutronique en équivalent de dose ambiant pour les champs de référence recommandés dans l'ISO 8529-1.

### 5.2 Caractéristiques de réponse exigées

Dans l'idéal, il convient que la réponse des dosimètres de zone soit isotrope. Dans cette hypothèse, la réponse en termes de fluence,  $R_\phi$ , dépend uniquement de la distribution en énergie du champ incident,  $\Phi_E$ , et peut être calculée d'après la [Formule \(2\)](#):

$$R_\phi = \frac{1}{\Phi} \int R_\phi(E) \Phi_E dE \quad (2)$$

où

$\Phi$  est la fluence des neutrons incidents;

$R_\phi(E)$  est la réponse aux neutrons monoénergétiques d'énergie  $E$ , généralement déterminée par une combinaison de mesurages et de simulation.

Pour mesurer correctement l'équivalent de dose ambiant, il convient que la dépendance en énergie de  $R_\phi(E)$  soit similaire à celle du coefficient de conversion fluence-équivalent de dose ambiant<sup>[3]</sup>.

### 5.3 Conditions relatives aux dosimètres

Il convient de procéder au mesurage dans un ensemble de conditions contrôlées exigées par le fabricant dans sa documentation ou par une norme de produit. L'[Annexe A](#) répertorie les conditions normales d'essai et les conditions de référence pour un dosimètre de zone électronique à lecture directe.

### 5.4 Géométrie d'irradiation

Les étalonnages ou les déterminations de la réponse sont idéalement effectués dans des faisceaux parallèles larges fournissant une irradiation uniforme de la surface totale du dosimètre, ou plus précisément des éléments à irradier, c'est-à-dire que dans l'idéal, le débit de dose est constant dans le diamètre du faisceau.