

---

---

**Rayonnements neutroniques de  
référence —**

Partie 2:

**Concepts d'étalonnage des dispositifs  
de radioprotection en relation avec les  
grandeurs fondamentales caractérisant le  
champ de rayonnement**

*Reference neutron radiations —*

*Part 2: Calibration fundamentals of radiation protection devices related to  
the basic quantities characterizing the radiation field*



Numéro de référence  
ISO 8529-2:2000(F)

© ISO 2000

**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

# Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)

© ISO 2000

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax. + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes, définitions et symboles</b> .....	2
4 <b>Étalonnage et traçabilité du champ de rayonnement de référence</b> .....	4
5 <b>Principes des étalonnages effectués avec des sources radioactives neutroniques</b> .....	5
6 <b>Corrections des effets de diffusion dans le cas des sources radioactives neutroniques</b> .....	8
7 <b>Détermination de la linéarité</b> .....	16
8 <b>Étalonnages utilisant des accélérateurs et des réacteurs</b> .....	16
9 <b>Remarques spécifiques aux dosimètres individuels</b> .....	19
10 <b>Incertitudes</b> .....	20
<b>Annexe A (informative) Liste des symboles utilisés dans la présente partie de l'ISO 8529</b> .....	24
<b>Annexe B (informative) Dimensions minimales de la salle d'irradiation pour une contribution de la diffusion de 40 % (référence [11])</b> .....	26
<b>Annexe C (normative) Facteurs de correction d'atténuation dans l'air (air outscatter)</b> .....	27
<b>Annexe D (informative) Correction totale de diffusion dans l'air</b> .....	28
<b>Annexe E (informative) Critères de construction et d'utilisation des cônes d'ombre</b> .....	29
<b>Annexe F (informative) Illustration des paramètres et des variables de la méthode de l'ajustement restreint</b> .....	31
<b>Bibliographie</b> .....	32

## 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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 8529 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.

La Norme internationale ISO 8529-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

L'ISO 8529 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Rayonnements neutroniques de référence*:

- *Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*
- *Partie 2: Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement*
- *Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et individuels et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*

L'annexe C constitue un élément normatif de la présente partie de l'ISO 8529.

Les annexes A, B, D, E et F sont données uniquement à titre d'information.

## Introduction

La présente partie de l'ISO 8529, ainsi que les Normes internationales associées ISO 8529-1 et ISO 8529-3 qui l'accompagnent, s'applique à l'étalonnage des dosimètres individuels et des instruments de surveillance de zone.

Les caractéristiques physiques des dosimètres individuels sont données par Griffith *et al.* [1]. Les procédures d'étalonnage correspondantes se trouvent dans les publications de Eisenhauer *et al.* [2] et de Burger et Schwartz [3].

Plus de détails concernant les caractéristiques des dosimètres d'environnement ainsi que les procédures d'étalonnage appropriées sont donnés dans les publications [3, 4, 5], voir Bibliographie. Les définitions complètes des grandeurs et unités relatives aux rayonnements se trouvent dans les Publications ICRP 51 et ICRP 74, les Rapports ICRU 33, ICRU 39, ICRU 43, ICRU 47, ICRU 51 et ICRU 57 (voir [24] et [28] à [32] dans la Bibliographie), et dans l'ISO 8529-1. Les procédures d'étalonnage de ces dispositifs dosimétriques se trouvent dans l'ISO 8529-3.

# Sample Document

get full document from [standards.iteh.ai](https://standards.iteh.ai)



# Rayonnements neutroniques de référence —

Partie 2:

## Concepts d'étalonnage des dispositifs de radioprotection en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 8529 prend comme point de départ les sources de neutrons décrites dans l'ISO 8529-1. Elle spécifie les procédures à utiliser pour étalonner les instruments de radioprotection dans les champs de neutrons produits par ces sources d'étalonnage, en insistant particulièrement sur les corrections liées aux effets parasites (par exemple, les neutrons diffusés par les murs de la salle d'étalonnage).

Dans la présente partie de l'ISO 8529, un accent particulier est mis sur les étalonnages utilisant des sources radioactives (articles 4 à 6) en raison de leur emploi courant, tandis qu'il sera donné moins de détails sur les sources nécessitant l'utilisation d'un accélérateur ou d'un réacteur (8.2 et 8.3).

La présente partie de l'ISO 8529 sert de lien avec l'ISO 8529-3, dans laquelle sont donnés les coefficients de conversion et les procédures d'étalonnage.

### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 8529. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de l'ISO 8529 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ICRU Report 33:1980, *Radiation Quantities and Units*.

ICRU Report 60:1998, *Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation*.

ISO 8529-1—:<sup>1)</sup>, *Rayonnements neutroniques de référence — Partie 1: Caractéristiques et méthodes de production*.

ISO 8529-3:1998, *Radioprotection — Rayonnements neutroniques de référence — Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone (ou d'ambiance) et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence des neutrons*.

---

1) À publier.

ISO 12789:—<sup>1)</sup>, *Rayonnements neutroniques de référence — Caractéristiques et méthodes de production de champs de neutrons simulant ceux de postes de travail.*

BIPM/IEC/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML:1993, *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement.*

### 3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 8529, les termes et définitions donnés dans le Rapport ICRU 33, le Rapport ICRU 60 et dans le *Vocabulaire international des termes généraux et de base de la métrologie*, ainsi que les termes et définitions suivants, s'appliquent.

Les symboles utilisés dans la présente partie de l'ISO 8529 sont donnés dans l'annexe A.

#### 3.1 indication

$M$   
valeur de la grandeur indiquée par un instrument

#### 3.2 valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

meilleure estimation de la valeur de la grandeur à mesurer

NOTE Une valeur conventionnellement vraie est, en général, considérée comme suffisamment proche de la valeur vraie pour pouvoir négliger leur différence pour un objectif donné.

#### 3.3 équivalent de dose

$H$   
produit de  $Q$  et  $D$  en un point dans le tissu, dans lequel  $D$  est la dose absorbée en ce point et  $Q$  le facteur de qualité  $H = QD$

##### 3.3.1 équivalent de dose ambiant

$H^*(d)$   
équivalent de dose en un point du champ de rayonnement qui serait produit par le champ étendu et aligné correspondant dans la sphère de ICRU, à une profondeur  $d$  et sur le rayon opposé à la direction du champ aligné

##### 3.3.2 équivalent de dose individuel

$H_p(d)$   
équivalent de dose dans le tissu souple en dessous d'un point du corps et à une profondeur  $d$  appropriée

NOTE L'unité d'équivalent de dose est le joule par kilogramme ( $J \cdot kg^{-1}$ ), avec pour nom spécial le sievert (Sv).

#### 3.4 fluence

$\Phi$   
quotient de  $dN$  par  $d\alpha$ , où  $dN$  est le nombre de neutrons incidents sur une sphère de section droite  $d\alpha$

$$\Phi = dN/d\alpha$$

#### 3.5 réponse

$R$   
indication divisée par la valeur conventionnellement vraie de la grandeur qui en est la cause

NOTE Le type de réponse doit être spécifié. Par exemple, «réponse en fluence»:

$$R_{\Phi} = \frac{M}{\Phi} \quad (1)$$

«réponse en équivalent de dose»:

$$R_H = \frac{M}{H} \quad (2)$$

ou «réponse en équivalent de dose photon»:

$$R_{\gamma} = \frac{M}{H_{\gamma}} \quad (3)$$

Si  $M$  est une mesure de débit, alors les grandeurs fluence ( $\Phi$ ) et équivalent de dose ( $H$ ) sont remplacées respectivement par le débit de fluence ( $\phi$ ) et le débit d'équivalent de dose ( $\dot{H}$ ).

### 3.6 coefficient d'étalonnage

$N$

inverse de la réponse, quand celle-ci est déterminée dans les conditions de référence

NOTE Le coefficient d'étalonnage est le coefficient par lequel l'indication  $M$  est multipliée pour obtenir la valeur de la grandeur à mesurer.

### 3.7 dépendance en énergie de la réponse

$R_{\Phi}(E)$  ou  $R_H(E)$

réponse  $R$  en terme de fluence  $\Phi$  ou en terme d'équivalent de dose  $H$  aux neutrons monoénergétiques, en fonction de l'énergie des neutrons  $E$

### 3.8 sensibilité au rayonnement photonique

changement de l'indication «neutron» d'un instrument quand des photons sont ajoutés au champ de neutrons

cf. «réponse en équivalent de dose photon» (3.5)

### 3.9 grandeur en champ non perturbé

grandeur qui existerait si les irradiations étaient effectuées dans un espace libre, sans les effets dus à la diffusion ou au bruit de fond

### 3.10 point de mesure

point du champ de rayonnement où la valeur conventionnellement vraie de la grandeur à mesurer est connue

### 3.11 point de référence

point de l'instrument qui est placé au point de mesure à des fins d'étalonnage ou de test

NOTE La distance de mesurage est la distance entre le centre de la source de rayonnement et le point de référence de l'instrument.

### 3.12

#### centre effectif

point de l'instrument pour lequel son indication se comporte comme si l'instrument était un détecteur ponctuel; c'est-à-dire que son indication varie selon une loi en inverse carré de la distance, comptée à partir d'une source ponctuelle

EXEMPLE Pour un instrument de symétrie sphérique, le centre effectif sera généralement son centre géométrique.

## 4 Étalonnage et traçabilité du champ de rayonnement de référence

### 4.1 Considérations générales

Le débit de fluence neutronique d'un champ de rayonnement destiné à un étalonnage répondant aux recommandations de la présente partie de l'ISO 8529 doit être traçable à un étalon national reconnu. La méthode utilisée pour établir ce lien d'étalonnage dépend du type de champ de rayonnement de référence, mais la traçabilité du mesurage est généralement assurée par l'utilisation d'un étalon de transfert. Ceci peut être, par exemple, une source radioactive (4.2) ou bien un instrument de transfert agréé (4.2). L'étalonnage du champ est seulement valable, en toute rigueur, au moment de l'étalonnage, et par la suite, doit être déduit, par exemple, de la connaissance de la période de décroissance et de la composition isotopique de la source radioactive ou encore de la connaissance des propriétés de l'instrument de transfert.

La technique de mesurage utilisée par un laboratoire d'étalonnage pour étalonner un dispositif de mesure des neutrons doit être aussi agréée, comme cela est stipulé dans les réglementations nationales. Un instrument de même type, ou similaire à celui couramment étalonné par le laboratoire d'étalonnage, doit être étalonné, à la fois, par un laboratoire de référence reconnu par une instance ou une autorité d'accréditation du pays et le laboratoire d'étalonnage. Ces mesurages doivent être effectués dans chaque laboratoire selon ses propres méthodes d'étalonnages agréées. Afin de prouver qu'une traçabilité appropriée a été réalisée, le laboratoire d'étalonnage doit obtenir le même coefficient d'étalonnage, dans des limites acceptables, que celui obtenu par le laboratoire de référence.

La fréquence de l'étalonnage du champ de rayonnement doit être telle qu'il existe une confiance raisonnable que sa valeur ne sort pas de limites spécifiées entre des étalonnages successifs. La fréquence de l'étalonnage des sources radioactives neutroniques est donnée dans l'ISO 8529-1. L'étalonnage de l'instrument de transfert agréé et la vérification des techniques de mesurage utilisées par les laboratoires d'étalonnage doivent être effectués au moins tous les cinq ans, ou encore à chaque fois qu'il y a des modifications significatives de l'environnement du laboratoire.

### 4.2 Traçabilité des sources radioactives neutroniques

Pour les étalonnages utilisant des champs de neutrons produits par des sources radioactives neutroniques, la traçabilité doit être établie, soit en utilisant une source radioactive dont le flux d'émission angulaire a été déterminé par un laboratoire de référence (voir 5.2.1 pour le flux d'émission angulaire de la source), soit en déterminant le débit de fluence à l'emplacement de l'instrument en cours d'essai en utilisant un instrument de transfert agréé, étalonné dans un laboratoire de référence. Si la source est scellée selon les recommandations de l'ISO 8529-1, Article 4, on peut alors supposer que la fluence spectrale neutronique de la source est suffisamment similaire à la fluence spectrale représentée dans l'ISO 8529-1:—<sup>1</sup>), 4.1.2 pour que les coefficients de conversion fluence-équivalent de dose recommandés puissent être utilisés. Les incertitudes sur les coefficients de conversion recommandés en 10.2.9 traduisent à la fois les incertitudes sur les spectres donnés dans l'ISO 8529-1 et celles résultant des variations de spectres dues à des différences dans la réalisation des sources et de leur gainage.

### 4.3 Traçabilité des champs de neutrons produits par des accélérateurs

La traçabilité doit être assurée en utilisant un instrument de transfert agréé par le laboratoire d'étalonnage et le laboratoire de référence. L'instrument de transfert doit être utilisé, pour des champs de neutrons similaires, de la même façon que lorsqu'il a été étalonné, en appliquant les corrections appropriées.

Les instruments de transfert et de monitoring doivent être vérifiés périodiquement selon les prescriptions des réglementations nationales (par exemple, en utilisant une source radioactive neutronique appropriée), et les résultats doivent être enregistrés.

#### 4.4 Traçabilité des faisceaux de neutrons produits par des réacteurs

Le même principe général de traçabilité à un étalon reconnu doit être appliqué à l'étalonnage de ces champs de rayonnements de référence spéciaux (faisceaux de neutrons thermiques et de neutrons filtrés). Par exemple, le débit de fluence de neutrons thermiques peut être mesuré par activation de feuilles d'or, pour lesquelles la traçabilité du mesurage à un étalon primaire est assurée.

### 5 Principes des étalonnages effectués avec des sources radioactives neutroniques

#### 5.1 Principes généraux

La réponse ou le coefficient d'étalonnage d'un appareil est une propriété unique d'un type d'appareil, qui peut dépendre du débit d'équivalent de dose, du spectre de la source neutronique ou de l'angle d'incidence des neutrons, mais ne doit pas être fonction des caractéristiques de l'installation d'étalonnage ou des techniques expérimentales mises en œuvre. En conséquence, la présente partie de l'ISO 8529 fournit des procédures détaillées pour l'étalonnage de dispositifs de mesure des neutrons qui doivent assurer un étalonnage indépendant de la technique utilisée et de facteurs tels que la distance source-détecteur et les dimensions de la salle d'étalonnage.

Pour des raisons de simplicité, des principes généraux sont donnés pour l'étalonnage de dispositifs tels que des instruments de surveillance de zone, mais la plupart des principes s'appliquent également à d'autres systèmes. L'instrument est placé dans un champ de rayonnement, dont le débit de fluence en champ non perturbé est connu, et l'indication de l'instrument est relevée. Comme mentionné dans le paragraphe précédent, l'indication doit être corrigée de tous les effets parasites de diffusion des neutrons, comprenant la diffusion des neutrons par l'air et par les murs, le sol et le plafond de la salle d'étalonnage (voir 5.3). Il peut aussi être nécessaire de corriger l'indication des effets dus aux dimensions de la source ou du détecteur (voir la discussion sur le facteur de correction de géométrie  $F_1(l)$  dans 6.2).

La réponse de l'instrument en terme de réponse de fluence,  $R_\phi$ , en champ non perturbé s'écrit alors:

$$R_\phi = \frac{M_c}{\phi} \quad (4)$$

où  $M_c$  est l'indication de la mesure, corrigée de tous les effets des perturbations. Si  $M_c$  est une mesure de taux de comptage, alors

$$R_\phi = \frac{M_c}{\phi} \quad (4a)$$

Le débit de fluence en champ non perturbé,  $\phi$ , (voir 3.9) auquel l'instrument a été exposé se calcule à partir de

$$\phi = \frac{B_\Omega}{l^2} \quad (5)$$

où

$l$  est la distance du centre de la source au point de mesure (voir 3.10);

$B_{\Omega}$  est le flux d'émission angulaire de la source, défini dans l'ISO 8529-1 et calculé par

$$B_{\Omega} = \frac{BF_1(\theta)}{4\pi} \quad (6)$$

où

$B$  est le flux d'émission de la source (c'est-à-dire le débit d'émission total de neutrons dans  $4\pi$  sr);

$F_1(\theta)$  est le facteur de correction d'anisotropie de la source (voir [6]).

Les fonctions d'anisotropie de deux types de sources sont représentées dans l'ISO 8529-1.

Il est parfois commode d'introduire la constante caractéristique source-détecteur,  $k$ , qui est, en fait, l'indication de l'instrument, corrigée de tous les effets de diffusion (voir 5.3).

En général

$$k = M_c \times l^2 \quad (7)$$

Alors, à partir des équations (4a) et (5), on obtient,

$$k = R_{\phi} \times \varphi \times l^2 \quad (8)$$

$$k = R_{\phi} \times B_{\Omega} \quad (8a)$$

La constante  $k$  est spécifique de chaque combinaison source-détecteur, puisqu'elle dépend des grandeurs  $B_{\Omega}$  et  $R_{\phi}$ .

Finalement la réponse en équivalent de dose est obtenue à partir de

$$R_H = \frac{R_{\phi}}{h_{\phi}} \quad (9)$$

où  $h_{\phi}$  est le coefficient de conversion fluence-équivalent de dose. Les valeurs recommandées de  $h_{\phi}$  se trouvent dans l'ISO 8529-3 pour les sources normalisées ISO. (La valeur de  $h_{\phi}$  et la référence appropriée devraient être indiquées dans chaque rapport d'étalonnage.)

## 5.2 Caractéristiques importantes d'une installation d'étalonnage «neutron»

### 5.2.1 Source

Le champ d'étalonnage de la source radioactive doit être traçable à celui d'un laboratoire de référence (voir article 4). Pour réduire l'anisotropie d'émission des neutrons, la source doit être sphérique, ou cylindrique, et dans ce cas approximativement orthocylindrique. Avec les sources cylindriques, le détecteur doit être étalonné à  $\theta = 90^\circ$  par rapport à l'axe du cylindre (voir ISO 8529-1). L'anisotropie doit être mesurée pour chaque source utilisée. Le gainage doit être aussi léger que possible tout en restant compatible avec les normes nationales et internationales relatives à la sécurité des sources radioactives scellées. En ce qui concerne les sources dont le gainage est important, celui-ci peut causer des modifications spectrales associées à l'anisotropie d'émission. S'il n'est pas aisé de mesurer l'anisotropie, il est possible de la calculer tout en se rappelant que l'anisotropie dépend du positionnement du matériau radioactif dans le conteneur de la source [6]. Voir 10.2.3. Pour des exemples de fonction d'anisotropie, voir l'ISO 8529-1:—<sup>1</sup>, 4.3 et Eisenhauer *et al.* [2] pour une discussion plus détaillée.