

---

---

**Énergie nucléaire — Rayonnement  
bêta de référence —**

**Partie 1:  
Méthodes de production**

*Nuclear energy — Reference beta-particle radiation —*

*Part 1: Methods of production*

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 6980-1:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e419f7b-4c3e-46c3-8a6e-5aabcbd4c2b7/iso-6980-1-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 6980-1:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e419f7b-4c3e-46c3-8a6e-5aabcbd4c2b7/iso-6980-1-2022>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2022

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>2</b>
<b>4</b> <b>Exigences relatives aux champs de rayonnement bêta de référence à la distance d'étalonnage</b> .....	<b>2</b>
4.1    Conditions normales d'essai .....	2
4.2    Énergie des champs de rayonnement de référence .....	3
4.3    Allure du spectre de particules bêta .....	3
4.4    Uniformité du débit de dose .....	3
4.5    Contamination par des photons .....	3
4.6    Variation de l'émission des particules bêta dans le temps .....	3
<b>5</b> <b>Radionucléides appropriés pour la production de champs de rayonnement bêta de référence</b> .....	<b>3</b>
<b>6</b> <b>Caractéristiques et mesure des sources</b> .....	<b>4</b>
6.1    Caractéristiques fondamentales des sources de référence .....	4
6.1.1    Construction des sources de référence .....	4
6.1.2    Mesurage et/ou simulation des caractéristiques des champs de rayonnement de référence .....	5
6.1.3    Contamination par des particules bêta .....	13
6.1.4    Contamination par des photons .....	13
6.2    Caractéristiques des deux séries de champs de rayonnement bêta de référence .....	13
6.2.1    Généralités .....	13
6.2.2    Champs de rayonnement bêta de référence de la série 1 .....	13
6.2.3    Champs de rayonnement bêta de référence de la série 2 .....	14
<b>7</b> <b>Étalonnage de la source</b> .....	<b>16</b>
<b>Annexe A (normative) Substituts de tissus</b> .....	<b>17</b>
<b>Annexe B (normative) Conditions de référence et conditions normales d'essai</b> .....	<b>19</b>
<b>Annexe C (informative) Caractéristiques des sources recommandées — Exemples de construction de sources</b> .....	<b>21</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>22</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 de l'ISO 6980-1 annule et remplace l'ISO 6980-1:2006, qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- l'ajout des grandeurs  $H_p(3)$  et  $H'(3;\Omega)$ ;
- l'ajout des sources  $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$  de la série 1;
- l'ajout de champs de particules bêta «à énergie réduite» produits par des sources  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ;
- la suppression des sources  $^{14}\text{C}$ ;
- une référence à l'ISO 29661 ainsi qu'à ses termes et définitions à [l'Article 3](#).

Une liste de toutes les parties de la série ISO 6980 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

La série ISO 6980 traite de la production, de l'étalonnage et de l'utilisation de champs de rayonnement bêta de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres de dose à des fins de protection. Le présent document décrit les méthodes de production et de caractérisation du rayonnement de référence. L'ISO 6980-2 décrit les modes opératoires de détermination du débit de dose absorbée dans les tissus à une profondeur de référence, pour les champs de rayonnement bêta de référence. L'ISO 6980-3 décrit les modes opératoires pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres de dose, et la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des particules bêta et de l'angle d'incidence du rayonnement.

Pour les particules bêta, l'étalonnage et la détermination de la réponse des dosimètres et des débitmètres de dose est essentiellement un processus en trois étapes. Tout d'abord, la grandeur fondamentale caractéristique du champ de rayonnement, à savoir la dose absorbée dans les tissus à une profondeur de 0,07 mm (et, facultativement, à une profondeur de 3 mm également) dans une géométrie de «fantôme-plaque» en matériau équivalent tissu, est mesurée au niveau du point de mesure en utilisant les méthodes décrites dans l'ISO 6980-2. Ensuite, la grandeur opérationnelle appropriée est obtenue en appliquant un coefficient de conversion qui lie la grandeur mesurée (dose absorbée de référence) à la grandeur opérationnelle choisie pour la géométrie d'irradiation choisie. Enfin, le point de référence de l'appareil soumis à essai est placé au point de mesure pour étalonner le dosimètre et déterminer sa réponse. Selon le type de dosimètre soumis à essai, l'irradiation est réalisée soit sur un fantôme pour les dosimètres individuels, soit dans l'air en champ non perturbé pour les dosimètres de zone. Pour les surveillances individuelle et de zone, le présent document décrit les méthodes et les coefficients de conversion à utiliser pour la détermination de la réponse des dosimètres et des débitmètres de dose, en termes de grandeurs opérationnelles de l'ICRU, à savoir les équivalents de dose directionnels  $H'(0,07;\Omega)$  et  $H'(3;\Omega)$ , et les équivalents de dose individuels  $H_p(0,07)$  et  $H_p(3)$ .

[ISO 6980-1:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e419f7b-4c3e-46c3-8a6e-5aabcbd4c2b7/iso-6980-1-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8e419f7b-4c3e-46c3-8a6e-5aabcbd4c2b7/iso-6980-1-2022>



# Énergie nucléaire — Rayonnement bêta de référence —

## Partie 1: Méthodes de production

### 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences relatives aux champs de rayonnement bêta de référence produits par les sources radioactives à utiliser pour l'étalonnage des dosimètres de zone, des dosimètres individuels et des débitmètres de dose destinés à être utilisés pour le mesurage des grandeurs  $H_p(0,07)$ ,  $H'(0,07;\Omega)$ ,  $H_p(3)$  et  $H'(3;\Omega)$ , et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des particules bêta et de l'angle d'incidence. En dosimétrie bêta, la grandeur fondamentale est le débit de dose absorbée dans un fantôme-plaque équivalent tissu. Le présent document donne les caractéristiques des radionucléides qui ont été utilisés pour produire des champs de rayonnement bêta de référence; il donne également des exemples de construction de sources appropriées et décrit des méthodes de mesure de l'énergie maximale résiduelle des particules bêta et du débit d'équivalent de dose à une profondeur de 0,07 mm dans la sphère ICRU (Commission internationale des unités et mesures radiologiques). La plage d'énergie concernée se situe entre 0,22 MeV et 3,6 MeV en énergie bêta maximale, soit 0,06 MeV à 1,1 MeV en énergie bêta moyenne, et les débits d'équivalent de dose sont compris entre  $10 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  et au moins  $10 \text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ . Pour certaines sources, les variations du débit d'équivalent de dose en fonction de l'angle d'incidence sont également fournies. Comme le souligne toutefois le rapport ICRU 56<sup>[3]</sup>, l'équivalent de dose ambiant,  $H^*(10)$ , et l'équivalent de dose individuel,  $H_p(10)$ , utilisés pour la surveillance de zone et pour la surveillance individuelle, respectivement, dans le cas de rayonnements fortement pénétrants ne sont pas des grandeurs appropriées pour un rayonnement bêta, même pour un rayonnement capable de traverser une épaisseur de tissu de 10 mm ( $E_{\text{max}} > 2 \text{MeV}$ ).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6419f7b-4c3e-46c3-8a6e-5aabebd4c2b7/iso-6980-1-2022>  
Le présent document s'applique à deux séries de champs de rayonnement bêta de référence parmi lesquels le rayonnement nécessaire pour déterminer les caractéristiques (étalonnage, dépendance énergétique et angulaire de la réponse) d'un instrument peut être sélectionné.

Les champs de rayonnement de référence de la série 1 sont produits par des sources radioactives qui sont utilisées avec des filtres égalisateurs de faisceau conçus de façon à obtenir des débits d'équivalent de dose uniformes sur une surface étendue à une distance spécifiée. Les sources de  $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ ,  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ ,  $^{85}\text{Kr}$ ,  $^{204}\text{Tl}$  et  $^{147}\text{Pm}$  qui sont proposées produisent des débits d'équivalent de dose maximaux d'environ  $200 \text{mSv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

Les champs de rayonnement de référence de la série 2 sont produits sans interposition de filtres égalisateurs de faisceau, ce qui permet d'utiliser des sources planes de surface étendue et une plage de distances entre la source et le plan d'étalonnage. À proximité des sources ne sont produites que des zones de débit de dose uniforme relativement peu étendues, mais cette série présente l'avantage d'étendre les plages d'énergie et de débits de dose au-delà de celles de la série 1. Cette série inclut également des champs de rayonnement utilisant des absorbeurs en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) pour réduire l'énergie maximale des particules bêta. Les radionucléides utilisés sont ceux de la série 1; ces sources produisent des débits d'équivalent de dose pouvant atteindre  $10 \text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ .

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

Guide ISO/IEC 99, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'ISO 29661, du Guide ISO/IEC 99 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 équivalence aux tissus

propriété d'un matériau qui s'apparente aux propriétés d'atténuation et de diffusion de rayonnement d'un tissu ICRU

Note 1 à l'article: Voir l'[Annexe A](#); davantage d'exemples de matériaux équivalents aux tissus sont donnés dans le rapport ICRU 44<sup>[4]</sup>.

Note 2 à l'article: Des informations supplémentaires sont données dans l'ISO 6980-2:2022, 6.2.

#### 3.2 énergie bêta maximale

$E_{\max}$   
valeur la plus élevée de l'énergie de particules bêta émises par un radionucléide particulier qui peut émettre un ou plusieurs spectres continus de particules bêta d'énergies maximales différentes

#### 3.3 énergie bêta moyenne

$E_{\text{mean}}$   
énergie moyenne en fluence du spectre de particules bêta à la distance d'étalonnage, à une profondeur de tissu de 0,07 mm dans un fantôme tissu ICRU 4-éléments

#### 3.4 énergie bêta maximale résiduelle

$E_{\text{res}}$   
valeur la plus élevée de l'énergie d'un spectre de particules bêta à la distance d'étalonnage après modification par diffusion et absorption

#### 3.5 portée des particules bêta d'énergie maximale résiduelle

$R_{\text{res}}$   
portée dans un matériau absorbant d'un spectre de particules bêta d'énergie maximale résiduelle,  $E_{\text{res}}$

### 4 Exigences relatives aux champs de rayonnement bêta de référence à la distance d'étalonnage

#### 4.1 Conditions normales d'essai

Tous les étalonnages et mesurages doivent être effectués dans les conditions normales d'essai, conformément aux [Tableaux B.1](#) et [B.2](#). L'étendue des valeurs des grandeurs d'influence dans les

conditions normales d'essai est donnée dans le [Tableau B.1](#) pour les paramètres associés au rayonnement et dans le [Tableau B.2](#) pour les autres paramètres.

#### 4.2 Énergie des champs de rayonnement de référence

L'énergie du champ de rayonnement de référence est définie comme étant égale à  $E_{res}$  (voir [3.4](#) et [6.1.2](#)).

#### 4.3 Allure du spectre de particules bêta

Il convient dans l'idéal que le spectre des particules bêta résulte d'une seule branche de décroissance bêta d'un seul radionucléide. Dans la pratique, l'émission de plusieurs branches est acceptable sous réserve que toutes les branches principales aient des énergies similaires,  $E_{max}$ , à 20 % près. Dans les autres cas, les branches d'énergie inférieure doivent être atténuées par le gainage de la source ou par une filtration complémentaire afin de réduire leur taux d'émission bêta à moins de 10 % du taux de la branche principale.

#### 4.4 Uniformité du débit de dose

Il convient qu'à la distance d'étalonnage le débit de dose soit aussi uniforme que possible sur toute la surface du détecteur. Dans la mesure où les sources disponibles pour les champs de rayonnement de référence de la série 1 (voir [6.2.2](#)) ne peuvent actuellement pas produire des débits de dose élevés avec suffisamment d'uniformité si le champ de rayonnement est de grand diamètre, une autre série de champs de rayonnement bêta de référence (la série 2) est proposée (voir [6.2.3](#)). Un champ de rayonnement bêta est considéré comme uniforme sur un certain diamètre si le débit de dose ne varie pas au-delà de  $\pm 5$  % pour  $E_{res} \geq 300$  keV et au-delà de  $\pm 10$  % pour  $E_{res} < 300$  keV (voir [6.2.2](#)).

#### 4.5 Contamination par des photons

Il convient que le débit de dose photons contribuant au débit de dose total, qui est dû à la contamination du rayonnement de référence par le rayonnement gamma, le rayonnement X et le rayonnement de freinage,  $H_{photon}$ , soit inférieur à 2 % du débit de dose bêta,  $H_{beta}$ , c'est-à-dire que  $H_{photon}/H_{beta} < 0,02$ . Cette condition doit être valable pour la grandeur considérée, c'est-à-dire pour  $H_p(0,07)$ ,  $H'(0,07;\Omega)$ ,  $H_p(3)$  ou  $H'(3;\Omega)$ .

Pour la détermination de la contribution des photons et des précisions concernant l'instrument soumis à essai, voir [6.1.4](#).

#### 4.6 Variation de l'émission des particules bêta dans le temps

Le débit d'émission de particules bêta décroît dans le temps sous l'effet de la décroissance radioactive du radionucléide émetteur. Il convient que la période d'un radionucléide soit aussi longue que possible et, de préférence, supérieure à un an. La période de chacune des sources recommandées est donnée dans le [Tableau 1](#).

### 5 Radionucléides appropriés pour la production de champs de rayonnement bêta de référence

Le [Tableau 1](#) donne les caractéristiques de radionucléides émetteurs de particules bêta ayant une plage d'énergie appropriée. Il convient de choisir le radionucléide émetteur bêta parmi ceux figurant dans ce tableau. Ces radionucléides émettent un spectre continu de particules bêta dont l'énergie varie entre zéro et une valeur maximale,  $E_{max}$ , caractéristique du radionucléide considéré.

Les radionucléides utilisés comme sources doivent normalement être encapsulés avant d'être manipulés. Dans ce cas, le matériau constitutif du gainage produit un «rayonnement de freinage» et des raies X de fluorescence.

Tableau 1 — Données relatives aux radionucléides émetteurs bêta

Radionucléide	Période <sup>a</sup> jours	Énergie maximale émise <sup>ab</sup> $E_{\max}$ (valeurs approximatives) MeV	Rayonnement photonique <sup>ac</sup> (valeurs approximatives)
<sup>147</sup> Pm	958,18 (0,15)	0,224	$\gamma$ : 0,121 MeV (0,002 7 %) Raies X (Sm): 5,0 à 7,5 keV 39,5 à 46,8 keV
<sup>85</sup> Kr	3 922 (5)	0,687	$\gamma$ : 0,514 MeV (0,44 %) Raies X (Rb): 13,3 à 15,2 keV
<sup>204</sup> Tl	1 382 (4)	0,764	$\gamma$ : aucun Raies X (Hg): 8,7 à 14,8 keV 68,9 à 83,0 keV Raies X (Pb): 72,8 à 87,9 keV
<sup>90</sup> Sr/ <sup>90</sup> Y	10 559 (11)	2,279	Négligeable <sup>d</sup>
<sup>106</sup> Ru/ <sup>106</sup> Rh	371,8 (1,8)	3,546	<sup>106</sup> Rh $\gamma$ : 0,512 MeV (21 %) 0,616 MeV (0,7 %) 0,622 MeV (10 %) 0,87 MeV (0,4 %) 1,05 MeV (1,5 %) 1,13 MeV (0,4 %) 1,56 MeV (0,16 %) Raies X (Pd): 2,5 à 24,3 keV

<sup>a</sup> Les valeurs données dans cette colonne sont tirées du NDS (de l'anglais «Nuclear Data Sheets»); les valeurs entre parenthèses représentent l'incertitude-type [5][6][7][8][9].

<sup>b</sup> Les valeurs figurant dans cette colonne ne sont données qu'à titre informatif.

<sup>c</sup> Les valeurs entre parenthèses représentent les probabilités d'émission par désintégration.

<sup>d</sup> Le terme «négligeable» indique les niveaux d'émission qui n'affectent pas la détection de la radiation bêta.

## 6 Caractéristiques et mesure des sources

### 6.1 Caractéristiques fondamentales des sources de référence

#### 6.1.1 Construction des sources de référence

Pour respecter les exigences de l'Article 4, il convient que la construction des sources de référence réponde aux caractéristiques suivantes:

- il convient que la forme chimique du radionucléide soit stable dans le temps sur la plage de températures et d'humidité auxquelles la source sera utilisée et stockée;
- il convient que la construction de la source et le gainage dans lequel elle est confinée soient suffisamment solides et stables pour résister à une utilisation normale sans endommagement de la source ni fuite de radioactivité; la construction et le gainage ne doivent toutefois pas empêcher que  $E_{\text{res}}$  dépasse les valeurs minimales recommandées dans le Tableau 2;
- l'ensemble caractéristique de radionucléides figurant dans le Tableau 2 peut être complété par deux champs de rayonnement «à énergie réduite» produits par des sources <sup>90</sup>Sr/<sup>90</sup>Y. De tels champs peuvent être obtenus en plaçant devant la source des absorbeurs en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) de 3 mm ou 4 mm d'épaisseur. L'absorbeur doit mesurer au moins 20 cm de diamètre et il doit être positionné avec sa face arrière à 4 cm de la source, c'est-à-dire avec sa face avant à 3,7 mm et à 3,6 mm, respectivement pour la plaque de 3 mm et de 4 mm [10][11].

### 6.1.2 Mesurage et/ou simulation des caractéristiques des champs de rayonnement de référence

Les valeurs de l'énergie bêta maximale résiduelle,  $E_{\text{res}}$ , doivent être égales ou supérieures aux valeurs données dans le [Tableau 2](#).

**Tableau 2 — Valeur minimale de l'énergie bêta maximale résiduelle,  $E_{\text{res,min}}$ , à la distance d'étalonnage**

Radionucléide	$E_{\text{res,min}}$ MeV
$^{147}\text{Pm}$	0,13
$^{85}\text{Kr}$	0,53
$^{204}\text{Tl}$	0,53
$^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$	1,80
$^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$	2,50

Fixer une valeur minimale pour  $E_{\text{res}}$  a pour but d'éviter l'utilisation de sources ayant une auto-absorption ou/et une absorption dans la fenêtre excessives.

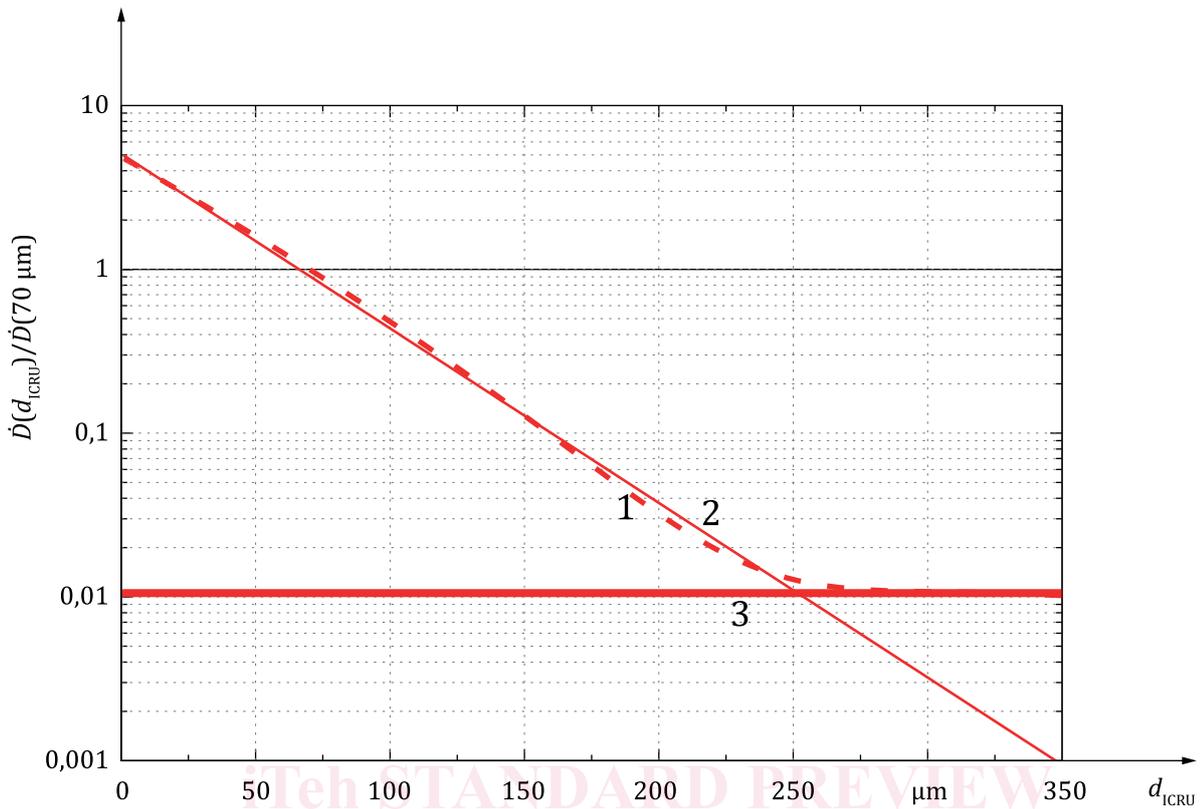
L'énergie bêta maximale résiduelle,  $E_{\text{res}}$ , doit être calculée au moyen de la [Formule \(1\)](#)<sup>[12]</sup>:

$$E_{\text{res}} = \sqrt{\left[ (0,009 \cdot 1 \cdot R_{\text{res}} + 1)^2 - 1 \right] / 22,4} \quad (1)$$

où

$E_{\text{res}}$  est exprimée en MeV et  $R_{\text{res}}$  est la portée des particules bêta d'énergie maximale résiduelle, exprimée en milligrammes par centimètre carré ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ).

$R_{\text{res}}$  doit être mesurée par un détecteur approprié (chambre à extrapolation, chambre d'ionisation à fenêtre mince, compteur Geiger-Müller, sonde phosphore sensible au bêta, etc.) qui doit être positionné à la distance d'étalonnage, sa fenêtre d'entrée faisant face à la source. Lors des mesurages, des absorbeurs de différentes épaisseurs doivent être placés juste devant le détecteur. L'absorbeur doit être constitué d'une substance équivalente au tissu, par exemple du polyméthacrylate de méthyle (PMMA), du polystyrène, du polyéthylène, du polyéthylène téréphtalate (PET) ou un matériau équivalent. Une liste de substances équivalentes aux tissus est donnée à l'[Annexe A](#). L'épaisseur de la fenêtre du détecteur utilisé pour ces déterminations doit être prise en compte lors du mesurage de  $R_{\text{res}}$ . Si la source est utilisée avec un filtre égalisateur de faisceau, et produit par conséquent un rayonnement de référence de la série 1 (voir [6.2.2](#)), ce filtre doit être en place pour le mesurage de  $R_{\text{res}}$ . Le signal délivré par le détecteur doit être déterminé en fonction de l'épaisseur (massique) de l'absorbeur et une courbe représentant le logarithme du signal en fonction de l'épaisseur (massique) de l'absorbeur, exprimée en milligrammes d'équivalent tissu par centimètre carré ( $\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) ou en micromètres ( $\mu\text{m}$ ), doit être tracée. L'épaisseur d'équivalent tissu peut être dérivée de la Formule (7) de l'ISO 6980-2.  $R_{\text{res}}$  est définie comme l'intersection de la partie linéaire extrapolée de la courbe du signal mesuré en fonction de l'épaisseur (massique) et de la droite représentant le signal de faible niveau qui correspond au bruit de fond dû aux photons résiduels. Une illustration en est donnée à la [Figure 1](#), en prenant  $^{147}\text{Pm}$  pour exemple.



**Légende**

$d_{ICRU}$  épaisseur d'équivalent tissu dans un fantôme tissu ICRU 4-éléments

$D(d_{ICRU})/D(70 \mu m)$  débit de dose à  $d_{ICRU}$  divisé par le débit de dose à 0,07 mm (70  $\mu m$ )

1  $^{147}Pm$ , 20 cm, avec filtre courbe dose-profondeur

2  $^{147}Pm$ , 20 cm, avec filtre ajustement exponentiel

3  $^{147}Pm$ , 20 cm, avec filtre contribution des photons

**Figure 1 — Illustration de la détermination de  $R_{res}$  dans le cas d'une source  $^{147}Pm$  (exemple), avec  $R_{res} = 250 \mu m = 25 mg/cm^2$**

$E_{res}$  peut également être mesurée au moyen d'un spectromètre de particules bêta utilisant, par exemple, des détecteurs à semi-conducteur Si(Li) (voir ICRU 56[3]), ou à partir de spectres obtenus par le biais de simulations Monte Carlo du transport de particules. La courbe représentant la fluence des électrons à la distance d'étalonnage en fonction de l'énergie des électrons doit être tracée en échelles linéaires.  $E_{res}$  est ensuite définie comme l'intersection de la partie linéaire extrapolée de la courbe de fluence des électrons en fonction de l'énergie des électrons et de la droite représentant le signal de faible niveau qui correspond au bruit de fond résiduel.

Les Figures 2, 3, 4 et 5 montrent des exemples de spectres de la fluence de particules bêta et de photons simulés pour les champs de rayonnement du Tableau 2. Les spectres de la fluence ont été calculés pour un transport de particules dans l'air en champ non perturbé et à différentes profondeurs dans un fantôme tissu ICRU[10][13][14][15]. Les valeurs de fluence spectrale calculées sont normalisées par rapport à une dose de  $H_p(0,07) = 1 mSv$  à la position de référence. Les distances d'étalonnage et les données relatives à la filtration sont indiquées dans le Tableau 3. Les spectres des sources  $^{90}Sr/^{90}Y$  et  $^{106}Ru/^{106}Rh$  sont majoritairement produits par des particules bêta émises par le  $^{90}Y$  et le  $^{106}Rh$ , respectivement, ceci en raison de l'enveloppe solide de scellement de la source (voir le Tableau C.1). Une étude de plusieurs spectres de particules bêta calculés figure dans le rapport ICRU 56[3]. Ces spectres couvrent l'émission de rayonnements X, gamma et de freinage pour les champs de rayonnement du Tableau 2.

Les Figures 6 et 7 montrent les profils de dose simulés aux profondeurs de 0,07 mm et de 3 mm, respectivement, dans un fantôme tissu ICRU pour plusieurs géométries des champs de rayonnement