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

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

Nuclear energy — Reference beta-particle radiation —

*Part 3: Calibration of area and personal dosemeters and the
determination of their response as a function of beta radiation energy
and angle of incidence*



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

[ISO 6980-3:2023](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/040f8605-255b-4d4a-b376-743f2dab0ab6/iso-6980-3-2023)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/040f8605-255b-4d4a-b376-743f2dab0ab6/iso-6980-3-2023>



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
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; conditions de référence et conditions normales d'essai	3
5 Modes opératoires applicables à tous les dosimètres de zone et individuels	4
5.1 Principes généraux	4
5.1.1 Choix des sources et propriétés des rayonnements	4
5.1.2 Débit de dose absorbée de référence	5
5.1.3 Coefficients de conversion	5
5.1.4 Conditions de référence et conditions normales d'essai	6
5.1.5 Variation des grandeurs d'influence	6
5.1.6 Point de mesure et point de référence	6
5.1.7 Axes de rotation	7
5.1.8 État du dosimètre à étalonner	7
5.1.9 Influence de la contribution des photons	7
5.2 Détermination du coefficient d'étalonnage et du facteur de correction	7
5.2.1 Détermination du débit de dose de référence par un instrument étalon	7
5.2.2 Détermination du coefficient d'étalonnage de référence et du facteur de correction de la réponse non linéaire	7
5.2.3 Détermination du facteur de correction pour l'énergie des particules bêta et l'angle d'incidence du rayonnement, $k_{E,\alpha}$	8
6 Modes opératoires pour dosimètres de zone	9
6.1 Principes généraux	9
6.2 Grandeur à mesurer	9
7 Modes opératoires pour dosimètres individuels	9
7.1 Principes généraux	9
7.2 Grandeur à mesurer	9
7.3 Conditions expérimentales	9
7.3.1 Utilisation des fantômes	9
7.3.2 Considérations d'ordre géométrique concernant les faisceaux divergents	10
7.3.3 Irradiation simultanée de plusieurs dosimètres	10
8 Incertitudes	11
9 Rapport sur les résultats conformément à l'ISO 17025	12
Annexe A (normative) Conditions de référence et conditions normales d'essai	13
Annexe B (informative) Coefficients de conversion pour quelques champs de rayonnement bêta de référence	15
Bibliographie	21

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'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse www.iso.org/brevets. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de brevet.

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 www.iso.org/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 troisième édition de l'ISO 6980-3 annule et remplace l'ISO 6980-3:2022, dont elle constitue une révision mineure.

Les principales modifications sont les suivantes:

- modifications rédactionnelles dans l'ensemble du document.

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.

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 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. L'ISO 6980-1 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.

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 individuelles 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 $H_p(3)$.

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

<https://standards.iteh.ai>
ISO 6980-3:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/040f8605-255b-4d4a-b376-743f2dab0ab6/iso-6980-3-2023>

Énergie nucléaire — Rayonnement bêta de référence —

Partie 3:

Étalonnage des dosimètres individuels et des dosimètres de zone et détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des particules bêta et de l'angle d'incidence du rayonnement bêta

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les modes opératoires pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres de dose, et la détermination de leur réponse en termes de grandeurs opérationnelles utilisées à des fins de radioprotection et définies par la Commission internationale des unités et mesures radiologiques (ICRU, de l'anglais «International Commission on Radiation Units and Measurements»). Comme le souligne toutefois le rapport ICRU 56^[2], l'équivalent de dose ambiant, $H^*(10)$, et l'équivalent de dose individuel, $H_p(10)$, utilisés respectivement pour la surveillance de zone et pour la surveillance individuelle 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 ($E_{\max} > 2$ MeV).

Le présent document constitue un guide pour tout organisme procédant à l'étalonnage de dosimètres et de débitmètres de dose à des niveaux de dose de radioprotection en utilisant un rayonnement bêta de référence, et déterminant leur réponse en fonction de l'énergie des particules bêta et de l'angle d'incidence du rayonnement. Ces mesurages peuvent faire partie d'un essai de type au cours duquel les effets d'autres grandeurs d'influence sur la réponse sont examinés. Le présent document ne traite pas de l'étalonnage in situ des dosimètres de zone à poste fixe. Le terme «dosimètre» est un terme générique utilisé pour désigner tout dosimètre ou débitmètre de dose destiné à la surveillance individuelle ou de zone. Outre la description des modes opératoires d'étalonnage, le présent document comprend des recommandations pour les fantômes qu'il y a lieu d'utiliser et la méthode de détermination de coefficients de conversion appropriés. Des recommandations sont fournies concernant l'expression des incertitudes de mesure et la préparation des enregistrements et des certificats d'étalonnage.

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 6980-1, *Énergie nucléaire — Rayonnement bêta de référence — Partie 1: Méthodes de production*

ISO 6980-2, *Énergie nucléaire — Rayonnement bêta de référence — Partie 2: Concepts d'étalonnage en relation avec les grandeurs fondamentales caractérisant le champ de rayonnement*

ISO/IEC 17025:2017, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

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 les définitions de l'ISO 29661 et 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 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

3.2 énergie bêta moyenne

E_{moy}

énergie moyenne en fluence du spectre de particules bêta à la distance d'étalonnage dans l'air en champ non perturbé

3.3 énergie bêta maximale résiduelle

E_{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

3.4 dose absorbée de référence

D_R

dose absorbée dans les tissus, $D_t(0,07)$, dans un fantôme-plaque de tissu ICRU 4-éléments, le fantôme étant orienté de sorte que la normale à sa surface coïncide avec la direction (moyenne) du rayonnement incident

Note 1 à l'article: La dose absorbée dans les tissus, $D_t(0,07)$, est définie dans le rapport ICRU 51^[4] comme la dose absorbée individuelle, $D_p(0,07)$. Pour les besoins du présent document, cette définition est étendue à un fantôme-plaque.

Note 2 à l'article: Il est considéré que le matériau constituant la partie arrière de la chambre à extrapolation utilisé pour le mesurage du champ de rayonnement bêta approxime avec une exactitude suffisante le fantôme-plaque^{[7][8]}.

Note 3 à l'article: $H_p(0,07)$ est obtenu en multipliant la dose absorbée dans les tissus à une profondeur de 0,07 mm, $D_t(0,07) = D_R$, par le coefficient de conversion 1 Sv Gy^{-1} , voir l'ISO 6980-3:2023, 5.2.2.2 [Formule (3)].

3.5 dose absorbée de référence due aux particules bêta

$D_{R\beta}$

dose absorbée de référence, D_R (3.4), à une profondeur de 0,07 mm, uniquement due à des particules bêta

Note 1 à l'article: En première approximation, le rapport $D_{R\beta}/D_R$ est donné par la correction du rayonnement de freinage k_{br} (voir l'ISO 6980-2:2023, D.3).

3.6 coefficient d'étalonnage de référence

N_0
coefficient d'étalonnage pour une valeur de référence, $H_{t,0}$, de la grandeur à mesurer, $M_{r,0}$ étant la valeur indiquée:

$$N_0 = \frac{H_{t,0}}{M_{r,0}}$$

Note 1 à l'article: Cette définition revêt une importance particulière pour les dosimètres à réponse non linéaire.

3.7 facteur de correction pour l'énergie des particules bêta et l'angle d'incidence du rayonnement

$k_{E,\alpha}$
facteur de correction pour l'énergie bêta moyenne, E , et l'angle moyen, α , d'incidence du rayonnement bêta

Note 1 à l'article: α représente l'angle d'incidence par rapport à l'axe de la source. En raison de leur diffusion, les électrons ont une très large plage d'angles d'incidence et α peut être considéré comme une moyenne représentative des angles d'incidence de l'ensemble des électrons. α est l'angle compris entre la direction de référence de la source et la direction du rayonnement incident émanant de la source.

4 Symboles et abréviations; conditions de référence et conditions normales d'essai

Une liste de symboles et d'abréviations est donnée dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles et abréviations

Symbole	Signification	Unité
α	angle (moyen) d'incidence du rayonnement bêta dans les conditions d'étalonnage	deg
Ω	direction du vecteur rayon de la sphère ICRU	deg
D	dose absorbée	Gy
D_R	dose absorbée de référence	Gy
\dot{D}_R	débit de dose absorbée de référence	Gy·h ⁻¹
$D_{R\beta}$	dose absorbée de référence due aux particules bêta	Gy
$\dot{D}_{R\beta}$	débit de dose absorbée de référence due aux particules bêta	Gy·h ⁻¹
E_{moy}	énergie bêta moyenne	keV
E_{max}	énergie cinétique maximale d'un spectre de particules bêta	keV
E_{res}	énergie maximale résiduelle d'un spectre de particules bêta	keV
H	équivalent de dose	Sv
$H^*(10)$	équivalent de dose ambiant	Sv
$\dot{H}^*(10)$	débit d'équivalent de dose ambiant	Sv·h ⁻¹
$H'(0,07;\Omega)$	équivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm mesurée dans la direction Ω	Sv
$\dot{H}'(0,07;\Omega)$	débit d'équivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm mesurée dans la direction Ω	Sv·h ⁻¹
$H'(3;\Omega)$	équivalent de dose directionnel à une profondeur de 3 mm mesurée dans la direction Ω	Sv
$\dot{H}'(3;\Omega)$	débit d'équivalent de dose directionnel à une profondeur de 3 mm mesurée dans la direction Ω	Sv·h ⁻¹
$H_p(0,07)$	équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_p(3)$	équivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv

Tableau 1 (suite)

Symbole	Signification	Unité
h_D	coefficient de conversion de dose absorbée, D_R , en équivalent de dose, H	Sv Gy ⁻¹
$h'_D(0,07;E,\alpha)$	coefficient de conversion de D_R en $H'(0,07)$ pour l'angle, α , et l'énergie, E	Sv Gy ⁻¹
$h_{p,D}(0,07;E,\alpha)$	coefficient de conversion de D_R en $H_p(0,07)$ pour l'angle, α , et l'énergie, E	Sv Gy ⁻¹
$h'_D(3;E,\alpha)$	coefficient de conversion de D_R en $H'(3)$ pour l'angle, α , et l'énergie, E	Sv Gy ⁻¹
$h_{p,D}(3;E,\alpha)$	coefficient de conversion de D_R en $H_p(3)$ pour l'angle, α , et l'énergie, E	Sv Gy ⁻¹
H_t	valeur conventionnellement vraie de H	Sv
$H_{t,0}$	valeur conventionnellement vraie de H dans les conditions de référence	Sv
H'_t	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose directionnel	Sv
$H'_t(0,07;\Omega)$	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose directionnel à une profondeur de 0,07 mm mesurée dans la direction Ω	Sv
$H'_t(3;\Omega)$	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose directionnel à une profondeur de 3 mm mesurée dans la direction Ω	Sv
$H_{p,t}$	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel	Sv
$H_{p,t}(0,07)$	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel à une profondeur de 0,07 mm	Sv
$H_{p,t}(3)$	valeur conventionnellement vraie de l'équivalent de dose individuel à une profondeur de 3 mm	Sv
k_n	facteur de correction de réponse non linéaire	—
$k_{E,\alpha}$	facteur de correction pour l'énergie des particules bêta et l'angle d'incidence du rayonnement	—
M	valeur indiquée	Sv
M_r	valeur indiquée dans les conditions de référence	Sv
$M_{r,0}$	valeur indiquée dans les conditions de référence pour une valeur de référence de H	Sv
N	coefficient d'étalonnage	—
N_0	coefficient d'étalonnage de référence	—
R	réponse	—

Les conditions de référence et les conditions normales d'essai sont telles qu'indiquées à l'Annexe A.

5 Modes opératoires applicables à tous les dosimètres de zone et individuels

5.1 Principes généraux

5.1.1 Choix des sources et propriétés des rayonnements

L'ISO 6980-1 spécifie deux séries de sources de rayonnement de référence. Les sources de la série 1 sont utilisées avec des filtres égalisateurs de faisceau pour produire un débit de dose uniforme sur une zone d'environ 15 cm de diamètre, par exemple pour l'étalonnage d'un dosimètre de surveillance de zone ou de plusieurs dosimètres individuels simultanément. Les distances d'étalonnage, les distances de mise en place des filtres ainsi que les types de filtres sont spécifiés dans l'ISO 6980-1 et doivent être utilisés conformément à celle-ci. Tout écart par rapport à ces spécifications doit être exclu.

Le rayonnement de référence de la série 2 peut être produit sans recourir à des filtres égalisateurs de faisceau; son avantage réside dans l'extension des plages d'énergie et de débits de dose au-delà de celles de la série 1. La série à laquelle appartient le rayonnement de référence ainsi que la distance source-détecteur qui ont été utilisées pour les étalonnages et la détermination des réponses doivent être spécifiées.

Bien qu'il soit admis d'utiliser des sources et des géométries particulières pour procéder à des étalonnages avec des champs de rayonnement bêta, les laboratoires d'étalonnage secondaire doivent au minimum disposer d'une source $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ de la série 1. Ces sources étalons permettent d'obtenir des résultats cohérents et reproductibles et d'effectuer une comparaison des résultats obtenus par différents laboratoires.

La dosimétrie réalisée dans ces champs de rayonnement doit l'être conformément à l'ISO 6980-2.

Les champs de rayonnement bêta produits par tous ces radionucléides, à l'exception de $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$, sont pratiquement exempts de rayonnement photonique, à l'exception du rayonnement de freinage généré dans les matières environnantes ou dans la source même des particules bêta. Les radionucléides $^{106}\text{Ru}/^{106}\text{Rh}$ sont utilisés en raison de l'énergie maximale élevée des particules bêta émises. Seules les sources de particules bêta à faible auto-absorption et à gainage mince peuvent respecter les spécifications figurant dans l'ISO 6980-1, puisqu'il est nécessaire que l'énergie maximale des particules bêta à la distance d'étalonnage, E_{res} (énergie bêta maximale résiduelle), soit supérieure à une valeur de E_{res} spécifiée.

5.1.2 Débit de dose absorbée de référence

La grandeur de base en dosimétrie bêta, c'est-à-dire le débit de dose absorbée dans les tissus lié à des particules bêta, $\dot{D}_{\text{R}\beta}$, est déterminée conformément à l'ISO 6980-2:2023, 7.2. À partir de cette grandeur, le débit de dose absorbée de référence, \dot{D}_{R} , est obtenu (voir également l'ISO 6980-2:2023, 3.11 et 3.12) tel que donné par la [Formule \(1\)](#):

$$\dot{D}_{\text{R}} = \frac{\dot{D}_{\text{R}\beta}}{k_{\text{br}}} \quad (1)$$

5.1.3 Coefficients de conversion

5.1.3.1 Grandeurs générales d'équivalent de dose

Conformément à l'ISO 29661:2012, 3.2.2, il est nécessaire de calculer l'équivalent de dose, $H(d; \text{source}; \alpha)$, où H est équivalent à H' et à H_{p} et d est la profondeur de 0,07 mm ou 3 mm pour le rayonnement bêta, à partir de la dose absorbée de référence, D_{R} , en utilisant le coefficient de conversion de la dose absorbée en équivalent de dose, $h_{\text{D}}(d; \text{source}; \alpha)$. Il est nécessaire de déterminer la dose absorbée de référence, D_{R} , dans un fantôme-plaque à une profondeur de 0,07 mm et à un angle d'incidence, α , de 0° entre la source et l'orientation de référence du fantôme-plaque à la distance du point de mesure. En raison de la diffusion des particules bêta dans l'air et à l'intérieur des filtres égalisateurs de faisceau (facultatifs), tous les champs de rayonnement bêta sont en réalité loin d'être unidirectionnels. Par conséquent, l'angle α mentionné précédemment n'est que l'angle moyen d'une distribution inconnue.

Il est nécessaire de déterminer $h_{\text{D}}(d; \text{source}; \alpha)$ séparément pour chaque champ de rayonnement (défini par le type de source de rayonnement, le porte-source et les structures environnantes) et pour chaque distance. La valeur de $h_{\text{D}}(d; \text{source}; \alpha)$ dépend également du fantôme utilisé.

Par conséquent, il n'est pas possible de fournir un tableau générique des coefficients de conversion qui s'appliquerait à tous les cas de figure. Il est nécessaire d'effectuer des mesurages et/ou des simulations du transport de rayonnements pour chaque type de champ de rayonnement.

5.1.3.2 Détermination des coefficients de conversion

Il est possible de déterminer les coefficients de conversion $h_{\text{pD}}(d; \text{source}; \alpha)$ pour le fantôme-plaque avec le même instrument que celui utilisé pour le mesurage de la dose absorbée de référence, D_{R} . Pour d'autres fantômes et d'autres grandeurs, la méthode la plus aboutie à ce jour est celle des simulations Monte Carlo du transport de particules. À titre d'exemple, des champs de rayonnement bêta de référence générés par l'étalon bêta secondaire 2, BSS 2^{[5][6]}, ont été déterminés et sont librement accessibles^[3]. De même, des valeurs de coefficients de conversion $h_{\text{D}}(d; \text{source}; \alpha)$ ont été déterminées pour les champs de rayonnement bêta générés par le BSS 2 pour la grandeur $H_{\text{p}}(0,07)$ (concerne le fantôme-plaque et le