
**Radioprotection — Étalonnage
d'instruments à faible débit de dose
pour la surveillance de zone et de
l'environnement**

*Radiological protection — Low dose rate calibration of instruments
for environmental and area monitoring*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20956:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16089c07-8107-4919-ab05-63513cfc5bc8/iso-20956-2023>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20956:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16089c07-8107-4919-ab05-63513cfc5bc8/iso-20956-2023>



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	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	3
5 Méthodes d'étalonnage dans des conditions de laboratoire	3
5.1 Caractérisation du champ de rayonnement à l'aide d'une source de référence	3
5.1.1 Généralités	3
5.1.2 Mode opératoire de caractérisation du champ de rayonnement de référence	3
5.1.3 Mode opératoire de caractérisation du champ de rayonnement à une distance r	4
5.1.4 Incertitude de l'étalonnage du champ de rayonnement à l'aide de la source de référence	4
5.2 Installations au niveau du sol avec des niveaux de bruit de fond habituels	4
5.2.1 Généralités	4
5.2.2 Évaluation du débit d'équivalent de dose en utilisant l'inverse du carré de la distance	5
5.2.3 Mode opératoire d'étalonnage du détecteur	5
5.2.4 Contributions à l'incertitude d'étalonnage du détecteur	5
5.3 Installations au niveau du sol munies d'un blindage supplémentaire à des niveaux de bruit de fond inférieurs à la normale	5
5.3.1 Généralités	5
5.3.2 Description de l'installation au niveau du sol avec blindage supplémentaire	5
5.3.3 Mode opératoire d'étalonnage du détecteur	6
5.3.4 Contributions à l'incertitude d'étalonnage du détecteur	6
5.4 Installations souterraines avec des niveaux de bruit de fond ultra-faibles	6
5.4.1 Généralités	6
5.4.2 Description de l'installation	6
5.4.3 Contributions à l'incertitude d'étalonnage du détecteur	7
6 Contrôle de routine	7
6.1 Généralités	7
6.2 Description de la méthode	7
6.2.1 Introduction	7
6.2.2 Configuration de l'irradiation pour contrôle régulier	7
6.2.3 Critères pour les contrôles de routine	8
7 Étalonnage sur site	8
7.1 Généralités	8
7.2 Méthode utilisant une source radioactive portable étalonnée	8
7.2.1 Généralités	8
7.2.2 Source radioactive portable étalonnée	8
7.2.3 Mode opératoire d'étalonnage	9
7.2.4 Contributions à l'incertitude d'étalonnage du détecteur	9
7.3 Méthode utilisant un instrument étalon de référence	9
7.3.1 Généralités	9
7.3.2 Les instruments d'étalonnage	9
7.3.3 Contribution à l'incertitude	9
Annexe A (informative) Exemple d'installation au niveau du sol équipée d'un blindage supplémentaire	10
Annexe B (informative) Sites de référence pour la caractérisation de dosimètres d'environnement par rapport au bruit de fond du rayonnement ionisant ambiant	12

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20956:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16089c07-8107-4919-ab05-63513cfc5bc8/iso-20956-2023>

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 propriété 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 de tels droits de 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 www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été préparé par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

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 norme documentaire ISO 4037 est une Norme internationale pour l'étalonnage des dosimètres dans les champs de référence de rayonnements X et gamma. La plage de débits de kerma dans l'air à laquelle la norme s'applique est supérieure à $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, ce qui est presque équivalent à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ en termes de grandeurs opérationnelles. La norme ne couvre cependant pas les dosimètres aujourd'hui disponibles pour la surveillance de l'environnement qui peuvent mesurer à moins de $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. La fiabilité des équipements de surveillance de l'environnement est importante pour l'évaluation de la dose d'exposition potentielle du public en cas d'accident impliquant des rayonnements, par exemple, à un accident qui se produirait dans une centrale nucléaire ou toute installation émettant des rayonnements.

Le présent document étend le domaine d'application de l'ISO 4037 pour l'étalonnage de moniteurs de zone et de l'environnement à des débits de dose inférieurs à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ afin d'améliorer la fiabilité de la surveillance de l'environnement.

Trois méthodes d'étalonnage de détecteur sont décrites à l'Article 5 du présent document pour 3 situations différentes: les installations au niveau du sol avec des niveaux de bruit de fond normaux (voir 5.2), les installations au niveau du sol avec des niveaux de bruit de fond inférieurs à la normale (voir 5.3) et les installations souterraines avec des niveaux de bruit de fond inférieurs à la normale (voir 5.4). L'Article 6 traite des contrôles de routine tandis que l'Article 7 est consacré à l'étalonnage des dosimètres de zone et d'environnement installés à poste fixe. Ces méthodes sont fondées sur des modes opératoires d'irradiations dans l'air en champ non perturbé et simultanées, dérivés de ceux décrits dans l'ISO 29661. Le présent document étend la plage de débits de dose de l'ISO 4037-1 en dessous de $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Les composantes d'incertitude spécifiques sont décrites pour ces méthodes d'étalonnage.

ITEH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20956:2023

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/16089c07-8107-4919-ab05-63513cfc5bc8/iso-20956-2023>

Radioprotection — Étalonnage d'instruments à faible débit de dose pour la surveillance de zone et de l'environnement

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les méthodes d'étalonnage dans des conditions de laboratoire pour les dosimètres utilisés pour la surveillance de zone et de l'environnement de rayons X et gamma en relation avec les grandeurs opérationnelles de la Commission internationale des unités et des mesures de radiation (ICRU)^[1].

Le présent document étend la plage de débits de dose de l'ISO 4037-1 en dessous de $1,0 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$. Les composantes d'incertitude spécifiques sont décrites pour ces méthodes d'étalonnage.

Le présent document spécifie également la méthode de contrôle de routine des dosimètres de zone actifs. Le contrôle de routine n'est pas un étalonnage et ne remplace pas l'étalonnage; c'est une méthode simple et efficace qui permet de vérifier régulièrement que les performances de l'équipement sont maintenues sans interruption après l'étalonnage de sorte que l'étalonnage soit toujours valable.

Le présent document ne traite pas des exigences spéciales relatives à l'étalonnage des dosimètres d'environnement utilisant un spectromètre et des dosimètres passifs.

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 4037-1, *Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons — Partie 1: Caractéristiques des rayonnements et méthodes de production*

ISO 4037-2:2019, *Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons — Partie 2: Dosimétrie pour la radioprotection dans les gammes d'énergie de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV*

ISO 4037-3:2019, *Radioprotection — Rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons — Partie 3: Étalonnage des dosimètres de zone et individuels et mesurage de leur réponse en fonction de l'énergie et de l'angle d'incidence*

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

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les 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 dosimètre d'environnement

dosimètre de zone conçu pour mesurer l'équivalent de dose ambiant (débit) d'un bruit de fond radiatif naturel et de sources de rayonnements artificielles dans l'environnement

Note 1 à l'article: Les sources de rayonnements artificielles comprennent les résidus d'essais nucléaires et la dispersion accidentelle ou délibérée de radionucléides utilisés dans des applications médicales et/ou industrielles. Le bruit de fond radiatif comprend les rayonnements cosmiques et les rayonnements produits par les radio-isotopes primordiaux.

3.2 instrument étalon

instrument étalon secondaire ou autre instrument approprié dont l'étalonnage est traçable par rapport à un étalon primaire

3.3 rayonnement diffusé

rayonnement qui, pendant le passage à travers un matériau, a été dévié de sa direction d'origine ou dont l'énergie a été modifiée

3.4 débit d'équivalent de dose ambiant ultra-faible

débit d'équivalent de dose ambiant inférieur à $0,01 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$

3.5 installation à bruit de fond ultra-faible

installation d'irradiation où le bruit de fond en termes de débit d'équivalent de dose ambiant est réduit à des niveaux de débit d'équivalent de dose ambiant ultra-faibles

Note 1 à l'article: L'approche la plus prometteuse pour obtenir ces niveaux de débit d'équivalent de dose ambiant consiste à utiliser une installation souterraine profonde où le flux des rayonnements cosmiques secondaires est réduit d'au moins deux ordres de grandeur par rapport à sa valeur au niveau du sol. Pour réduire encore l'influence des radionucléides primordiaux, il convient de choisir le site d'une mine de sel.

Note 2 à l'article: L'exigence d'un débit d'équivalent de dose ambiant ultra-faible de $0,01 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ est un compromis entre la possibilité d'atteindre un débit d'équivalent de dose ambiant aussi bas et la nécessité d'obtenir un bruit de fond radiatif faible par rapport aux débits d'équivalent de dose ambiant auxquels les étalonnages sont exécutés.

3.6 cône d'ombre

matériau de blindage en forme de cône utilisé pour évaluer uniquement les *rayonnements diffusés* (3.3) provenant d'une source de rayonnement

Note 1 à l'article: Le cône d'ombre est utilisé pour bloquer les rayonnements directs provenant de la source.

Note 2 à l'article: Le cône d'ombre est un blindage en plomb en forme de cône ayant une section transversale suffisamment large pour cacher le détecteur à étalonner et suffisamment épaisse (environ 6,5 cm pour le ^{137}Cs et environ 12,5 cm pour le ^{60}Co) pour réduire les rayonnements directs d'un facteur mille ou plus. Il est installé à l'aide d'un support approximativement au centre de la distance entre la source de rayonnements gamma et l'instrument à étalonner sur l'axe central du faisceau.

3.7 débit d'équivalent de dose ambiant faible

débit d'équivalent de dose ambiant inférieur à $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$

3.8 bruit de fond inhérent

valeur indiquée due au rayonnement émis par les radionucléides intrinsèques à l'ensemble de détection ou bruit électronique du détecteur et/ou de son électronique

3.9

coefficient de variation

rapport de l'écart-type s à la moyenne arithmétique \bar{x} d'un ensemble de n mesures x_i donné par la formule suivante:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

[SOURCE: IEC 60050-394:2007, 394-40-14]

4 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente norme sont donnés dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Signification	Unité
r_0	distance entre la source et le point de mesure où est donné le débit d'équivalent de dose ambiant de référence	m
r	distance entre la source et le dosimètre lors d'un mesurage d'étalonnage	m
\dot{H}_0	débit d'équivalent de dose ambiant à r_0	Sv·h ⁻¹
\dot{H}	débit d'équivalent de dose ambiant à r	Sv·h ⁻¹

5 Méthodes d'étalonnage dans des conditions de laboratoire

5.1 Caractérisation du champ de rayonnement à l'aide d'une source de référence

5.1.1 Généralités

Une source de rayonnements gamma qui produit un débit d'équivalent de dose ambiant inférieur à 1 $\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ à la distance de référence doit être utilisée comme étalon de référence. Le mode opératoire de caractérisation doit être appliqué dans la salle d'étalonnage spécifiée dans l'ISO 4037-1. Le débit de dose, \dot{H}_0 , doit être déterminé à l'aide d'un instrument étalon.

5.1.2 Mode opératoire de caractérisation du champ de rayonnement de référence

La source de référence doit être placée à l'intérieur d'une enceinte blindée munie d'un collimateur ayant un angle d'ouverture adéquat, positionné dans une salle d'étalonnage de sorte que la contribution du rayonnement diffusé à la distance de référence soit inférieure à 5 %.

La source de référence sans collimateur peut être utilisée à condition que de courtes distances soient utilisées (<1 m) et le rayonnement diffusé doit également être inférieur à 5 % de l'équivalent de dose ambiant au point de mesure.

Des sources de référence doivent être utilisées pour établir un champ de référence à faible débit de dose au moyen d'un instrument étalonné en termes d'équivalent de dose ambiant. L'instrument étalon doit être utilisé pour obtenir le débit d'équivalent de dose, \dot{H}_0 . La distance d'étalonnage r doit être choisie de sorte que l'instrument étalon soit complètement immergé dans le cône du faisceau homogène et que le rayonnement diffusé à partir des limites de la salle (c'est-à-dire le sol, le plafond et les murs), la structure de l'irradiateur et les autres objets de diffusion contribuent à moins de 5 % au débit d'équivalent de dose ambiant en raison du champ primaire.

Il convient d'estimer la contribution du rayonnement diffusé dans la salle par le mesurage du cône d'ombre.

Les sources qui ont le même gainage et le même radionucléide que la source de référence, mais des activités différentes peuvent être étalonnées à l'aide de rapports d'activité à condition que l'activité de la source de référence soit bien connue et ait été étalonnée à l'aide d'une chambre d'ionisation de type puits.

L'instrument étalon peut également être étalonné en termes de kerma dans l'air à condition d'appliquer un coefficient de conversion approprié du kerma dans l'air en équivalent de dose ambiant.

5.1.3 Mode opératoire de caractérisation du champ de rayonnement à une distance r

Comme indiqué dans le paragraphe précédent, des sources de référence doivent être utilisées pour établir un champ de référence à faible débit de dose \dot{H}_0 à l'aide d'un instrument étalonné en termes d'équivalent de dose ambiant. L'instrument étalon doit être placé à une distance de référence r_0 de la source et utilisé pour obtenir le débit d'équivalent de dose \dot{H}_0 à cette distance. Pour les distances r autres que la distance de référence r_0 , le débit de dose \dot{H}_0 doit être calculé au moyen de la [Formule \(1\)](#) suivante:

$$\dot{H} = \dot{H}_0 \cdot \frac{r_0^2}{r^2} \quad (1)$$

La contribution à l'équivalent de dose ambiant du rayonnement diffusé tenant compte des limites de l'installation, de la structure de l'irradiateur et des autres objets de diffusion à une distance r par rapport à la valeur de référence du faisceau de photons collimaté, doit être inférieure à 5 %. Après avoir effectué les corrections d'atténuation de l'air, il convient que le débit d'équivalent de dose ambiant soit proportionnel, à 5 % près, à l'inverse du carré de la distance entre le centre de la source et celui du détecteur. Si ce n'est pas le cas, la contribution du rayonnement diffusé doit être déterminée en utilisant la technique du cône d'ombre.

5.1.4 Incertitude de l'étalonnage du champ de rayonnement à l'aide de la source de référence

L'ISO 4037-3 doit servir de référence pour estimer l'incertitude. Les composantes d'incertitude suivantes doivent au moins être prises en compte:

- l'incertitude de \dot{H}_0 mesurée avec l'instrument étalon à une distance r_0 incluant l'effet de la non-uniformité;
- l'incertitude due au rayonnement diffusé par la salle et/ou d'autres objets dans la salle;
- l'incertitude due à la fluctuation de la valeur indiquée de l'instrument/élément dans les mesurages du bruit de fond radiatif et des rayonnements gamma de la source de référence;
- l'incertitude due au positionnement de l'instrument au point de mesure.

L'incertitude de \dot{H}_0 avec l'instrument étalon peut être réduite en utilisant une chambre d'ionisation à grand volume. Lorsqu'une grande chambre d'ionisation est utilisée, il convient d'évaluer l'effet de la non-uniformité du champ d'irradiation.

Si la différence due au rayonnement diffusé r_0 a été déterminée, il convient de la corriger sauf si la différence est inférieure à 1 % de la dose de référence.

5.2 Installations au niveau du sol avec des niveaux de bruit de fond habituels

5.2.1 Généralités

La gamme d'étalonnage peut être étendue aux faibles débits d'équivalent de dose dans les installations spécifiées par l'ISO 4037-1. L'étalonnage des détecteurs est réalisé dans les mêmes conditions que celles utilisées pour étalonner le champ de rayonnement utilisant la source de référence décrite en [5.1](#). Il s'agit d'installations au niveau du sol avec un niveau de bruit de fond habituel.

5.2.2 Évaluation du débit d'équivalent de dose en utilisant l'inverse du carré de la distance

Le débit d'équivalent de dose à une distance arbitraire r peut être déterminé sur la base du débit d'équivalent de dose à la distance de référence r_0 comme décrit précédemment à l'aide de la [Formule \(1\)](#). En général, la distance de référence utilisée est $r_0 = 1$ m. La contribution du rayonnement diffusé dans la salle doit être estimée à l'aide d'un détecteur à haute sensibilité permettant de mesurer un faible débit d'équivalent de dose ambiant. L'étalonnage peut être effectué si l'effet du rayonnement diffusé dans la salle est inférieur à 5 % du débit d'équivalent de dose ambiant. La contribution du rayonnement diffusé doit être prise en compte.

5.2.3 Mode opératoire d'étalonnage du détecteur

Le mode opératoire d'étalonnage doit suivre l'ISO 4037-2:2019, Article 8. Les résultats d'étalonnage peuvent être fortement influencés par la distance source-détecteur, de sorte que la distance source-détecteur doit être déterminée avec une incertitude-type inférieure à 1 %. Il convient que le coefficient de variation de la valeur indiquée sans la source ne dépasse pas 10 % de l'équivalent de dose ambiant de référence, comme critère pour le champ d'étalonnage.

5.2.4 Contributions à l'incertitude d'étalonnage du détecteur

L'ISO 4037-3 doit servir de référence pour estimer l'incertitude de l'étalonnage du détecteur. Les contributions suivantes à l'incertitude doivent au moins être prises en compte:

- a) l'incertitude du débit d'équivalent de dose à une certaine distance déterminée par la méthode d'extrapolation avec la loi de l'inverse des carrés;
- b) l'incertitude due à la variation de la valeur indiquée du dosimètre dans les mesurages du bruit de fond radiatif et des rayonnements gamma de la source de référence.

5.3 Installations au niveau du sol munies d'un blindage supplémentaire à des niveaux de bruit de fond inférieurs à la normale

5.3.1 Généralités

Dans les installations au niveau du sol, les bruits de fond habituels en termes de débits d'équivalent de dose sont généralement compris entre $0,05 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ et $0,1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, ce qui est souvent du même ordre que le débit d'équivalent de dose auquel le dosimètre est irradié pour l'étalonnage. Dans de telles conditions, il est difficile d'effectuer un étalonnage précis en peu de temps. Une manière possible de résoudre ce problème consiste à réduire le bruit de fond en termes de débit d'équivalent de dose, ce qui peut être obtenu en blindant le volume d'irradiation dans une installation au niveau du sol, appelée installation au niveau du sol avec blindage supplémentaire.

5.3.2 Description de l'installation au niveau du sol avec blindage supplémentaire

Pour réduire le bruit de fond en termes de débit d'équivalent de dose, une grande enceinte blindée peut être utilisée, telle que celle indiquée dans l'[Annexe A](#). Un matériau à Z élevé, tel que le plomb, est efficace comme matériau de blindage. Les étalonnages doivent être réalisés dans un champ de rayonnement collimaté afin de réduire le rayonnement diffusé à l'intérieur de l'enceinte blindée. Lorsqu'un matériau à Z élevé est utilisé comme matériau de blindage, un chemisage approprié doit être installé pour absorber les rayons X caractéristiques émis par le matériau à Z élevé. Un tel chemisage peut être du cuivre, de l'étain et du cuivre, une plaque en acier inoxydable ou d'autres matériaux appropriés. Si plusieurs matériaux de blindage sont utilisés, il convient que le numéro atomique équivalent diminue du plus élevé au plus faible vers le point de mesure. Comme le montre l'illustration donnée en [Annexe A](#), l'utilisation d'une enceinte blindée peut aider à réduire sensiblement les niveaux de bruit de fond au point de mesure de jusqu'à un ordre de grandeur.