

---

# Norme internationale



# 4037

---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION • МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ • ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

---

## Rayonnements X et $\gamma$ de référence pour l'étalonnage des dosimètres et débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons

*X and  $\gamma$  reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy*

**iTeh STANDARD PREVIEW**

Première édition — 1979-05-15

**(standards.iteh.ai)**

ISO 4037:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/997a1680-8f96-4bec-aa91-3a22aba8d4c1/iso-4037-1979>

---

CDU 535-34/-36 : 53.089.6

Réf. n° : ISO 4037-1979 (F)

Descripteurs : dosimètre, débitmètre d'exposition, étalonnage, rayonnement électromagnétique, matériau de référence, matériel d'essai, résultats d'essai.

Prix basé sur 32 pages

## 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 confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique correspondant. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO, participent également aux travaux.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO.

La Norme internationale ISO 4037 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, et a été soumise aux comités membres en septembre 1976.

Les comités membres des pays suivants l'ont approuvée :

Afrique du Sud, Rép. d'	Finlande	Royaume-Uni
Allemagne, R. F.	France	Suède
Autriche	Hongrie	Suisse
Belgique	Japon	Tchécoslovaquie
Brésil	Mexique	USA
Bulgarie	Pays-Bas	Yougoslavie
Canada	Pologne	
Espagne	Portugal	

Le comité membre du pays suivant l'a désapprouvée pour des raisons techniques :

Australie

<b>SOMMAIRE</b>		Page
<b>1</b>	Objet et domaine d'application . . . . .	1
<b>2</b>	Références . . . . .	3
<b>3</b>	Caractéristiques et méthodes de production des rayonnements. . . . .	3
3.1	Rayonnements X filtrés . . . . .	3
3.2	Rayonnements X de fluorescence . . . . .	8
3.3	Rayonnements gamma émis par des radionucléides . . . . .	11
	<b>Bibliographie</b> . . . . .	<b>14</b>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 4037:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/997a1680-8f96-4bec-aa91-3a22aba8d4c1/iso-4037-1979>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 4037:1979

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/997a1680-8f96-4bee-aa91-3a22aba8d4c1/iso-4037-1979>

# Rayonnements X et $\gamma$ de référence pour l'étalonnage des dosimètres et débitmètres et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 1 OBJET ET DOMAINE D'APPLICATION

La présente Norme internationale définit les rayonnements X et  $\gamma$  de référence utilisés pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres\* en radioprotection à des débits d'exposition allant de  $10^{-6} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (quelques  $\text{mR}\cdot\text{h}^{-1}$ ) à  $10^{-2} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  (de l'ordre de quelques dizaines de  $\text{R}\cdot\text{h}^{-1}$ ), et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons.

Ces rayonnements sont

- dans le domaine d'énergie de 30 keV à 250 keV, des rayonnements X continus filtrés et le rayonnement  $\gamma$  de l'américium-241;

- dans le domaine d'énergie de 8 keV à 100 keV, des rayonnements X de fluorescence;

- dans le domaine d'énergie de 600 keV à 1,3 MeV, des rayonnements gamma émis par des radioéléments.

La présente Norme internationale définit deux séries de rayonnements X et  $\gamma$  de référence, parmi lesquels chaque instance responsable pourra choisir les rayonnements nécessaires à l'étalonnage d'un instrument et à la détermination de sa réponse en fonction de l'énergie des photons. Ces séries sont indiquées dans le tableau 1. Un additif définira d'autres séries de rayonnements, en particulier pour les débits d'exposition faibles ou très élevés et pour des énergies allant jusqu'à 6 MeV.

\* Par dosimètres et débitmètres, on inclut également les exposimètres et les débitmètres d'exposition.

TABLEAU 1 – Rayonnements X et  $\gamma$  de référence

Séries à spectre étroit <sup>1)</sup>	
A	B
8,6 keV rayonnement X de fluorescence	
9,9 keV rayonnement X de fluorescence	
15,8 keV rayonnement X de fluorescence	
17,5 keV rayonnement X de fluorescence	
23,2 keV rayonnement X de fluorescence	
25,3 keV rayonnement X de fluorescence	
31,0 keV rayonnement X de fluorescence	33 keV rayonnement X continu filtré
37,4 keV rayonnement X de fluorescence	
40,1 keV rayonnement X de fluorescence	48 keV rayonnement X continu filtré
49,1 keV rayonnement X de fluorescence	
59,3 keV rayonnement X de fluorescence	
59,5 keV rayonnement $\gamma$ de l'américium-241 <sup>3)</sup>	
68,8 keV rayonnement X de fluorescence	65 keV rayonnement X continu filtré
75,0 keV rayonnement X de fluorescence	
98,4 keV rayonnement X de fluorescence	83 keV rayonnement X continu filtré
100 keV rayonnement X continu filtré	
118 keV rayonnement X continu filtré	
161 keV rayonnement X continu filtré	
205 keV rayonnement X continu filtré	
248 keV rayonnement X continu filtré	
662 keV rayonnement $\gamma$ du césium-137 <sup>3)</sup>	
1 173 keV rayonnement $\gamma$ du cobalt-60 <sup>3)</sup>	
1 333 keV rayonnement $\gamma$ du cobalt-60 <sup>3)</sup>	
Série à spectre large <sup>2)</sup>	
	45 keV rayonnement X continu filtré
	58 keV rayonnement X continu filtré
	79 keV rayonnement X continu filtré
	104 keV rayonnement X continu filtré
	134 keV rayonnement X continu filtré
	169 keV rayonnement X continu filtré
	202 keV rayonnement X continu filtré

1) Il est recommandé d'utiliser les rayonnements classés en colonne A pour des essais de réponse d'instrument en fonction de l'énergie des photons, puisque leurs spectres sont essentiellement des spectres de raie, tandis que ceux classés dans la colonne B sont des spectres à bandes d'énergie continues.

2) Ces rayonnements ne doivent être utilisés pour la détermination de la réponse en fonction de l'énergie que si les débits d'exposition des séries étroites se révèlent insuffisants.

3) Les valeurs précises des énergies sont données dans le tableau 7.

## 2 RÉFÉRENCES

ISO/TR 197/1, *Cuivres et alliages de cuivre – Termes de référence et définitions – Partie I : Matériaux.*

ISO 1677, *Sources radioactives scellées – Généralités.*

ISO 3534, *Statistique – Vocabulaire et symboles.*

Voir également la bibliographie.

## 3 CARACTÉRISTIQUES ET MÉTHODES DE PRODUCTION DES RAYONNEMENTS

### 3.1 Rayonnements X filtrés

Le présent paragraphe spécifie, d'une part, les caractéristiques des rayonnements X filtrés de référence et, d'autre part, la méthode permettant à un laboratoire de reproduire ces rayonnements.

#### 3.1.1 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables :

**3.1.1.1 énergie moyenne,  $\bar{E}$  :** Rapport donné par la formule

$$\bar{E} = \frac{\int_0^{E_{\max}} \phi_E E dE}{\int_0^{E_{\max}} \phi_E dE}$$

où  $\phi_E = \frac{d\phi(E)}{dE}$  est le quotient de la fluence  $d\phi(E)$  des photons primaires (spectre principal continu) d'énergies comprises entre  $E$  et  $E + dE$  par l'intervalle d'énergie  $dE$ .<sup>1)</sup>

**3.1.1.2 résolution,  $R_e$  :** Rapport, exprimé en pourcentage, donné par la formule

$$R_e = \frac{\Delta E}{\bar{E}} \times 100$$

où  $\Delta E$  représente la largeur de bande à mi-hauteur de l'ordonnée maximale du spectre.

Ces paramètres n'ont de sens que dans le cas où le spectre est sensiblement symétrique par rapport à l'énergie moyenne et continu (c'est-à-dire le cas où la contribution en photons du rayonnement de fluorescence est négligeable comparée au spectre continu).

**3.1.1.3 couche de demi-atténuation (exposition), CDA ou  $CDA_x$ <sup>2)</sup> :** Épaisseur d'un matériau déterminé qui atténue le faisceau de rayonnement de sorte que le débit d'exposition soit réduit à la moitié de la valeur initiale. Dans cette définition, la contribution de tout rayonnement diffusé, autre que celui qui pourrait être présent initialement dans le faisceau concerné, est considérée comme exclue.

**3.1.1.4 tension constante :** Tension dont la valeur du taux d'oscillation est inférieure ou au plus égale à 10 %.

**3.1.1.5 taux d'oscillation :** Rapport, exprimé en pourcentage, défini, pour un courant donné, par la formule

$$\frac{(U_{\max} - U_{\min})}{U_{\max}} \times 100$$

où  $U_{\max}$  et  $U_{\min}$  sont respectivement les valeurs maximale et minimale de tension de crête, entre lesquelles oscille la tension.

**3.1.1.6 groupe radiogène :** Ensemble comportant une source d'alimentation de haute tension, un tube radiogène avec ses gaines protectrices et des liaisons électriques haute tension.

**3.1.1.7 groupe radiogène à tension constante :** Groupe dont le taux maximal d'oscillation de la haute tension ne dépasse pas 10 %.

**3.1.1.8 tube radiogène :** Tube à vide destiné à la production des rayons X par bombardement de l'anode par un faisceau d'électrons accélérés sous une différence de potentiel.

**3.1.1.9 chambre (d'ionisation) témoin :** Détecteur utilisé pour vérifier la stabilité du débit d'exposition au cours d'une irradiation, ou pour comparer les expositions lors d'irradiations successives.

**3.1.2 Caractéristiques des rayonnements X de référence continus et filtrés**

#### 3.1.2.1 QUALITÉ D'UN RAYONNEMENT

La qualité d'un rayonnement X filtré est caractérisée, dans la présente Norme internationale, par les paramètres suivants :

- énergie moyenne d'un faisceau, exprimée en kiloélectronvolts (keV);
- résolution, exprimée en pourcentage;
- couche de demi-atténuation (exposition);
- coefficient d'homogénéité,  $h$ , rapport de la première à la deuxième couche de demi-atténuation (exposition).

1) Voir rapport CIUR 19 (Commission internationale des unités et des mesures radiologiques).

2) Voir rapport CIUR 17.

En pratique, la qualité du rayonnement obtenu dépend, en premier lieu,

- a) des valeurs de la haute tension aux bornes du tube radiogène;
- b) de l'épaisseur et de la nature de la filtration totale;
- c) du type et de la nature de la cible.

Pour assurer une reproduction précise des rayonnements de référence, l'installation doit satisfaire à certaines conditions. Celles-ci sont définies en 3.1.3.

### 3.1.2.2 CHOIX DES RAYONNEMENTS

La présente Norme internationale spécifie deux séries de rayonnements (voir tableau 2), chaque série étant caractérisée par la résolution du spectre :

- une série à spectre étroit (voir figure 2 à 10)<sup>1)</sup>, et
- une série à spectre large (voir figures 11 à 17)<sup>1)</sup>.

La série à spectre large ne doit être utilisée, pour les mesurages de la réponse en énergie, que si les débits d'exposition de la série à spectre étroit s'avèrent insuffisants [voir tableau 1, note 2)].

Pour toute installation de référence, on doit vérifier, par une étude spectrométrique, que les valeurs des énergies moyennes produites sont égales, à  $\pm 3\%$ , aux valeurs fixées dans le tableau 2 et que les résolutions,  $R_e$ , des spectres sont égales, à  $\pm 10\%$ , à celles qui sont fixées dans le tableau 2.

Pour les autres installations dites «rattachées», si les caractéristiques de haute tension et de filtration figurant dans le tableau 2 ont été réalisées, la concordance entre le rayonnement produit et l'un des rayonnements normalisés doit être vérifiée par une méthode simple de rattachement à l'installation de référence; cette méthode est spécifiée en 3.1.4.

### 3.1.3 Conditions et méthodes de reproduction de la qualité des rayonnements

#### 3.1.3.1 CARACTÉRISTIQUES DU GROUPE RADIOGÈNE

Les rayonnements X doivent être produits par un groupe radiogène du type à tension constante.

Pendant une irradiation, la valeur moyenne de la haute tension affichée doit être stable à  $\pm 1\%$ . L'affichage de la valeur moyenne de cette haute tension doit pouvoir être réalisé à  $\pm 1\%$ .

La cible du tube radiogène doit être en tungstène et du type «à réflexion», elle doit être orientée avec un angle de  $45^\circ$  environ, par rapport à la direction du bombardement des électrons.

NOTE — Le tube radiogène doit être utilisé de manière que tout effet dû à son vieillissement soit minimisé, cet effet accroissant la filtration inhérente.

#### 3.1.3.2 AJUSTEMENT DE LA HAUTE TENSION

Les installations de référence doivent procéder à l'étalonnage, en plusieurs points et dans les conditions d'emploi, de l'équipement utilisé pour indiquer la haute tension appliquée au tube. Les meilleures solutions consistent soit à utiliser une chaîne de résistances étalonnées, soit à mesurer, par spectrométrie, l'énergie maximale des photons. Si l'étalonnage est effectué par spectrométrie, la tension doit être déterminée par l'intersection de l'extrapolation linéaire de la partie de haute énergie du spectre avec l'axe des énergies.

Dans le cas d'une installation rattachée ne disposant pas de ces moyens, il est possible, en liaison avec une installation de référence, de régler la haute tension pour produire avec précision l'un des rayonnements du tableau 2.

Cela peut être réalisé par l'un des moyens suivants :

a) si, pour un rayonnement donné, correspondant à une haute tension particulière, la différence des valeurs de la filtration inhérente, dans le cas de l'installation de référence et dans le cas de l'installation rattachée, est reconnue comme négligeable la filtration totale, on peut procéder comme il est décrit en 3.1.4.4 et 3.1.4.5;

b) dans le cas où ces conditions ne s'appliquent pas et pour des rayonnements correspondant à des hautes tensions inférieures à 116 kV (c'est-à-dire inférieures à la discontinuité d'absorption de l'uranium à 115,6 keV), on peut procéder à l'étalonnage de l'équipement de mesurage de la tension en utilisant des techniques basées sur l'excitation du rayonnement caractéristique d'un élément choisi;

c) en variante et pour des tensions du tube supérieures à 116 kV pour lesquelles on utilise la méthode spécifiée en 3.1.4.4 et 3.1.4.5, on peut faire une détermination approximative de la tension pour un rayonnement choisi de façon que la filtration inhérente réelle ne soit pas trop éloignée des conditions précédentes. La filtration inhérente doit alors être déterminée conformément à 3.1.3.3, la filtration fixe ajustée à la valeur spécifiée grâce à un filtre additionnel en aluminium (l'ensemble étant considéré comme constituant la nouvelle filtration fixe) et la détermination de la haute tension répétée.

<sup>1)</sup> Les courbes présentées dans ces figures n'ont pas été corrigées en fonction de la réponse du détecteur et ne doivent donc pas être utilisées pour des calculs précis.

TABLEAU 2 — Conditions d'étalonnage des rayonnements X de référence filtrés

Séries	Énergie moyenne keV <sup>1)</sup>	Résolution $R_e$ %	Tension constante <sup>2)</sup> kVcp	Filtration supplémentaire mm			1 <sup>re</sup> CDA <sub>x</sub>	2 <sup>e</sup> CDA <sub>x</sub>	Coefficient d'homogénéité
				Plomb	Étain	Cuivre			
Spectre étroit	33	30	40			0,21	0,09	0,12	0,75
	48	36	60			0,6	0,24	0,29	0,83
	65	31	80			2,0	0,59	0,64	0,93
	83	28	100			5,0	1,16	1,2	0,97
	100	27	120		1,0	5,0	1,73	1,74	0,99
	118	36	150		2,5		2,4	2,58	0,93
	161	32	200	1,0	3,0	2,0	3,9	4,29	0,91
	205	30	250	3,0	2,0		5,2	5,2	1,00
248	34	300	5,0	3,0		6,2	—	—	
Spectre large	45	48	60			0,3	0,18	0,26	0,69
	58	54	80			0,5	0,35	0,52	0,67
	79	57	110			2,0	0,94	1,16	0,81
	104	56	150		1,0		1,86	2,14	0,87
	134	58	200		2,0		3,11	3,53	0,88
	169	58	250		4,0		4,3	4,38	0,98
	202	58	300		6,5		5,0	—	—

NOTE — À titre indicatif, il est noté que, pour une intensité de 10 mA et à 1 m du tube, le débit d'exposition couramment obtenu est compris entre  $2,6 \times 10^{-4} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $1 \text{ R}\cdot\text{h}^{-1}$ ) et  $2,6 \times 10^{-3} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $10 \text{ R}\cdot\text{h}^{-1}$ )<sup>4)</sup> pour les séries à spectre étroit, et entre  $2,6 \times 10^{-3} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $10 \text{ R}\cdot\text{h}^{-1}$ ) et  $2,6 \times 10^{-2} \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$  ( $100 \text{ R}\cdot\text{h}^{-1}$ )<sup>4)</sup> pour la série à spectre large.

En dehors de la partie principale du spectre dont la forme est illustrée par les figures 2 à 17, les photons d'énergies inférieures, équivalents à moins de 2 % du spectre principal, ne sont pas représentés.

1) La valeur de l'énergie moyenne adoptée à  $\pm 3\%$  est tirée des résultats d'une comparaison des spectres obtenue en France, en Allemagne et au Royaume-Uni (référence).

2) La tension constante est mesurée en charge.

3) La filtration totale comprend, dans tous les cas, la filtration fixe ajustée à 4 mm d'aluminium (voir 3.1.3.3).

4) La valeur réelle dépend des conditions particulières de l'installation.

3.1.3.3 FILTRATION

La filtration totale se compose de la filtration fixe et de la filtration additionnelle.

a) La filtration fixe comprend

La filtration inhérente du tube, plus celle due éventuellement à la chambre d'ionisation témoin, plus les filtres en aluminium que l'on ajoute pour obtenir une filtration fixe totale équivalente à celle de 4 mm d'aluminium à 60 kV. Ces filtres d'aluminium doivent toujours être placés après la filtration additionnelle (c'est-à-dire le plus loin possible du foyer de rayonnements X) pour réduire les rayonnements de fluorescence dus à celle-ci (cuivre et étain).

La filtration inhérente du tube est due aux divers éléments constitutifs (verre de l'ampoule, huile, fenêtre, etc.) et s'exprime, pour une haute tension donnée, par l'épaisseur d'un filtre en aluminium qui, en l'absence des éléments constitutifs du tube, donnerait un rayonnement de même première couche de demi-atténuation (CDA<sub>x</sub>). Il est recommandé de n'utiliser en aucun cas un tube dont la filtration inhérente dépasse 3,5 mm d'aluminium.

La filtration inhérente doit être contrôlée périodiquement afin de vérifier que cette limite n'est pas atteinte du fait du vieillissement du tube et de procéder à l'ajustement de la filtration fixe.

b) La filtration additionnelle comprend

Les filtres en plomb, en étain et en cuivre spécifiés dans le tableau 2.

Les filtres utilisés doivent, pour chaque métal retenu, avoir une épaisseur fixée à ± 5 %, être d'une pureté suffisante et d'une homogénéité aussi grande que possible (absence de bulles, soufflures, craquelures, etc.). Cela conduit à utiliser les qualités des métaux définies dans le tableau 3.

TABLEAU 3 – Caractéristiques des métaux

Métal	Qualité	Masse volumique kg/dm <sup>3</sup>
Aluminium	Pureté minimale 99,9 %	2,699 à 2,702
Cuivre <sup>1)</sup>	Pureté minimale 99,9 %	8,930 à 8,937
Étain	Pureté minimale 99,9 %	7,200
Plomb	Extra-raffiné Pureté minimale 99,9 %	11,340

1) Voir ISO/TR 197/1.

Les différents éléments entrant dans la filtration additionnelle doivent être disposés en fonction de l'ordre décroissant de leur nombre atomique en partant du foyer.

c) La filtration inhérente doit être mesurée avec des filtres absorbants en aluminium, par détermination de la première couche de demi-atténuation du faisceau produit par le tube, à 60 kV sans filtration additionnelle dans les conditions suivantes.

Si la chambre d'ionisation témoin est utilisée pendant le mesurage de la filtration inhérente, elle doit être placée entre les deux ensembles collimateurs de faisceau et doit être suivie par les filtres absorbants en aluminium disposés de façon qu'elle ne soit pas soumise au rayonnement rétrodiffusé provenant des filtres absorbants.

La première couche de demi-atténuation doit être déterminée en utilisant comme détecteur une chambre d'ionisation, dont on connaît la variation de la réponse par unité d'exposition en fonction de l'énergie du rayonnement à mesurer, de sorte que l'on puisse effectuer les corrections éventuelles nécessaires lorsque le spectre de photons se trouve modifié par toute variation de l'épaisseur des filtres absorbants en aluminium.

Le mesurage de la filtration inhérente doit être effectué de façon que le rayonnement diffusé par les filtres absorbants en aluminium qui atteint le détecteur soit négligeable.

Les filtres absorbants en aluminium doivent être placés à mi-distance entre le foyer du tube radiogène et le détecteur. Le diamètre du faisceau au niveau du détecteur doit être juste suffisant pour l'irradier complètement et uniformément. La distance des filtres absorbants en aluminium au détecteur doit être au moins égale à cinq fois le diamètre du faisceau au niveau du détecteur.

La courbe d'atténuation dans l'aluminium doit être tracée, la première couche de demi-atténuation doit être déterminée et la valeur de la filtration inhérente doit être déduite du tableau 4. Les résultats doivent être arrondis au plus proche dixième de millimètre.

TABLEAU 4 – Filtration inhérente<sup>1)</sup>

Première CDA mm d'aluminium à 60 kV	Filtration inhérente mm d'aluminium
1,15	1
1,54	1,5
1,83	2
2,11	2,5
2,35	3
2,56	3,5
2,75	4
2,94	4,5
3,08	5
3,35	6
3,56	7

1) Le tableau 4 est obtenu à partir des résultats parus dans Taylor, L.S., *Physical Foundations of Radiology*, 2<sup>e</sup> édition, 1959, ch. XII, pp. 227-257.

La valeur de la filtration inhérente, exprimée en millimètres d'aluminium, varie en fonction de l'énergie d'une manière qui dépend des éléments constitutifs de la filtration inhérente. Pour les rayonnements X filtrés, les valeurs déterminées à partir du tableau 4 à 60 kV peuvent être utilisées pour d'autres valeurs de la haute tension, puisque les changements de la filtration inhérente, exprimés en millimètres d'aluminium, sont petits en comparaison de la filtration ajoutée.

### 3.1.3.4 TEMPS D'IRRADIATION

Le temps d'irradiation doit être réglé à l'aide d'un obturateur placé entre la fenêtre de sortie du tube et le système de collimation. Les temps d'irradiation doivent être choisis supérieurs à mille fois le temps de transit de l'obturateur; sinon, une correction doit être faite pour en tenir compte.

### 3.1.3.5 UNIFORMITÉ DU CHAMP ET INFLUENCE DU RAYONNEMENT DIFFUSÉ

a) **Diamètre du champ** : Le diamètre du champ doit être juste suffisant pour irradier complètement et uniformément le détecteur au point expérimental le plus proche du foyer. Le champ peut rester inchangé sur tous les autres points expérimentaux, ou peut être réduit pour être juste suffisant pour irradier uniformément le détecteur en tous les autres points.

b) **Uniformité du champ** : Le débit d'exposition, en chaque point de mesure, ne doit pas varier de plus de 5 %, sur toute l'aire de la section transversale du volume sensible du détecteur soumis à l'essai.

c) **Influence du rayonnement diffusé** : Les essais suivants doivent être effectués pour vérifier qu'aux points expérimentaux, la contribution due au rayonnement diffusé est inférieure à 5 % du débit d'exposition total. Ces essais sont effectués à l'aide d'une chambre d'ionisation à courant du type à cavité, préalablement étalonnée sur l'installation de référence; les variations de la réponse par unité d'exposition en fonction du spectre et de l'angle d'incidence, dans la gamme d'énergie considérée, doivent être petites et connues.

— Essai 1 : Mesurer les débits d'exposition sur l'axe du faisceau, aux divers points expérimentaux généralement éloignés de plus de 50 cm du foyer du tube radiogène. Sur la base de cet essai, les débits d'exposition, après correction de l'atténuation due à l'air, doivent être proportionnels, à 5 % près, aux inverses des carrés des distances foyer-détecteur.

— Essai 2 : Pour chaque distance employée dans l'essai 1, mesurer le débit d'exposition après déplacement de la chambre dans un plan perpendiculaire à l'axe du faisceau d'une distance égale à deux fois le rayon du faisceau plus sa pénombre. Sur la base cet essai, les débits d'exposition mesurés en dehors de l'axe du faisceau doivent être inférieurs ou égaux à 5 % des débits d'exposition correspondants sur l'axe.

### 3.1.4 Méthode de rattachement d'une installation à une installation de référence

La présente méthode de rattachement est destinée à permettre, à une installation qui ne permet pas de mesurer les spectres, de déterminer les ajustements qui doivent être apportés à la haute tension pour produire un rayonnement aussi proche que possible du rayonnement de référence.

#### 3.1.4.1 PRINCIPE

Si, pour deux faisceaux de rayons X, les premières et les secondes couches de demi-atténuation dans un matériau donné sont respectivement égales soit pour le débit d'exposition, soit pour les indications d'un même détecteur, ces deux faisceaux sont sensiblement de même qualité.

NOTE — Dans la suite de 3.1, la méthode de travail spécifiée ne concerne que l'utilisation d'un même détecteur.

#### 3.1.4.2 APPAREILLAGE

Il comprend le détecteur proprement dit et la chaîne de mesure permettant une répétabilité<sup>1)</sup> d'au moins 0,3 %.

##### 3.1.4.2.1 Détecteur

Utiliser une chambre d'ionisation dont les variations de la réponse par unité d'exposition en fonction de l'énergie des photons, dans la gamme d'énergie considérée, sont petites et connues.

NOTE — Il est nécessaire d'utiliser le même détecteur dans les installations de référence et rattachées (voir 3.1.2.2).

##### 3.1.4.2.2 Chaîne de mesure des courants d'ionisation

Les courants d'ionisation peuvent être mesurés selon une méthode de zéro, telle que la méthode de compensation de Townsend (méthode de taux de charge avec compensation continue et potentiomètre linéaire).

NOTE — Il n'est pas nécessaire de préciser les valeurs des éléments constitutifs de la chaîne puisque les mesures sont relatives.

#### 3.1.4.3 FACTEURS DE CORRECTION

Les courants d'ionisation doivent être mesurés avec toutes les précautions nécessaires. En particulier, il est essentiel de s'assurer que l'on est toujours dans les conditions de saturation, et que les corrections sont faites pour tenir compte des niveaux du rayonnement ambiant, du bruit électronique, de la dérive de l'appareil de mesure et des variations des conditions atmosphériques.

Pour corriger les fluctuations du débit d'exposition, on doit utiliser une chambre témoin.

1) Voir ISO 3534.

### 3.1.4.4 MÉTHODES DE MESURAGE

a) Pour les rayonnements de référence choisis correspondant aux conditions spécifiées dans le tableau 2, utiliser l'une des deux méthodes suivantes, (1) ou (2), qui sont de précision comparable. Cependant, la méthode (2) est préférable puisqu'elle est plus rapide et ne nécessite que deux filtres.

Méthode (1) : Tracer la courbe d'atténuation

$$\lg I_d = f(d)$$

où  $I_d$  est la valeur de la grandeur choisie (par exemple débit d'exposition) transmise à travers un filtre d'épaisseur  $d$ .

Déterminer les première et seconde couches de demi-atténuation.

Méthode (2) : Déterminer le rapport,  $r_1$ , pour une seule épaisseur du filtre,  $d_1$ , au voisinage de la première CDA<sub>x</sub>, et le rapport,  $r_2$ , pour une autre épaisseur de filtre,  $d_2$ , au voisinage de la somme des première et seconde couches de demi-atténuation, à l'aide de la formule

$$r = \frac{I_d}{I_0}$$

où  $I_0$  est la valeur du débit d'exposition pour  $d = 0$ .

b) Pour toutes les conditions spécifiées dans le tableau 2, le mesurage du débit d'exposition doit être effectué sur une installation de référence, puis sur une installation rattachée, en utilisant le même détecteur. De plus, sur l'installation de référence, on doit déterminer la variation du débit d'exposition en fonction de celle de la haute tension autour des valeurs normalisées données dans le tableau 2. Les mêmes filtres doivent être utilisés sur les deux installations.

### 3.1.4.5 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS OBTENUS EN 3.1.4.4 a)

Méthode (1) – Si les valeurs de la première et de la seconde couche de demi-atténuation correspondent, avec une tolérance de  $\pm 1\%$ , à celles qui sont fixées dans le tableau 2, on peut admettre que la qualité du rayonnement de référence est conforme à la présente Norme internationale.

Dans le cas contraire, la tension utilisée dans l'installation rattachée doit être ajustée et le mesurage répété jusqu'à satisfaction du critère de  $\pm 1\%$ .

Méthode (2) – Si les valeurs des rapports  $r_1$  et  $r_2$  obtenus sur l'installation rattachée correspondent, avec une tolérance de  $\pm 1\%$ , à celles qui sont mesurées sur l'installation de référence, on peut admettre que les qualités des faisceaux des deux installations sont les mêmes.

Dans le cas contraire, la tension utilisée dans l'installation rattachée doit être ajustée et le mesurage répété jusqu'à satisfaction du critère de  $1\%$ .

## 3.2 Rayonnements X de fluorescence

### 3.2.1 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions suivantes sont applicables :

**3.2.1.1 rayonnement ou faisceau primaire :** Rayonnement ou faisceau excitateur émis par le tube radiogène.

**3.2.1.2 faisceau secondaire ou rayonnement de fluorescence :** Rayonnement ou faisceau émis par le radiateur.

**3.2.1.3 paravent anti-X :** Panneau fixe ou mobile, destiné à réduire, dans le faisceau secondaire, la contribution du rayonnement X diffusé.

### 3.2.2 Caractéristiques des rayonnements de fluorescence

#### 3.2.2.1 RAIES DE FLUORESCENCE UTILISÉES

L'étalonnage des dosimètres et débitmètres au moyen de rayonnements de fluorescence utilise les raies K de fluorescence de certains matériaux dont les énergies, en première approximation, sont données par celle de leur raie  $K_{\alpha 1}$  (voir figure 18)<sup>1)</sup>. On rend négligeable la contribution des raies  $K_{\beta}$  à l'aide de filtres secondaires dont la discontinuité d'absorption K se situe entre les raies  $K_{\alpha}$  et  $K_{\beta}$  (voir tableau 5).

#### 3.2.2.2 CARACTÉRISTIQUES

Le tableau 5 donne des détails relatifs aux radiateurs et aux filtres à utiliser pour produire les rayonnements de référence d'énergie comprise entre 8,6 keV et 100 keV, destinés à l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres.

1) Cette figure traduit simplement l'allure qualitative du spectre.