

NORME
INTERNATIONALE

ISO
4037-1

Première édition
1996-12-15

**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: ISO 4037-1:1996

**Caractéristiques des rayonnements et
méthodes de production**

X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and dose rate meters and for determining their response as a function of photon energy —

Part 1: Radiation characteristics and production methods

INTERNATIONAL

ISO



Numéro de référence
ISO 4037-1:1996(F)

Sommaire

Page

1	Domaine d'application	1
2	Références normatives	1
3	Définitions.....	3
4	Rayonnements X filtrés de référence, à tension constante	4
5	Rayonnements X de fluorescence.....	12
6	Rayonnements gamma émis par les radionucléides	16
7	Rayonnements de photons avec des énergies de 4 MeV à 9 MeV	19

Annexe

A	Bibliographie.....	41
---	--------------------	----

ITeCh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d635d81e-78a6-4d4e-bbc0-ee5d0c24eb81/iso-4037-1-1996>

© ISO 1996

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse

Imprimé en Suisse

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

La Norme internationale ISO 4037-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Energie nucléaire*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette première édition de l'ISO 4037-1 et l'ISO 4037-2 annule et remplace la première édition (ISO 4037:1979), dont elle constitue une révision technique.

L'ISO 4037 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *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*
- *Partie 2: Dosimétrie des rayonnements X et gamma de référence pour la radioprotection dans les gammes d'énergie allant de 8 keV à 1,3 MeV et de 4 MeV à 9 MeV.*

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 4037 est donnée uniquement à titre d'information.

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 4037-1:1996

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d635d81e-78a6-4d4e-bbc0-ee5d0c24eb81/iso-4037-1-1996>

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 4037 spécifie les caractéristiques et les méthodes de production des rayonnements X et gamma de référence pour l'étalonnage des dosimètres et des débitmètres de radioprotection aux débits de kerma dans l'air de $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ à $10 \text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$, et pour la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie des photons.

Les méthodes de production d'un groupe de rayonnements de référence pour une gamme d'énergie donnée sont définies dans quatre parties qui précisent les caractéristiques de ces rayonnements. Les quatre groupes de rayonnement de référence sont:

- dans la gamme des énergies comprises approximativement entre 7 keV et 250 keV, des rayonnements X filtrés à tension constante et les rayonnements gamma de l'américium-241;
- dans la gamme d'énergie de 8 keV à 100 keV, les rayonnements X de fluorescence;
- dans la gamme d'énergie de 600 keV à 1,3 MeV, les rayonnements gamma émis par des radioéléments;
- dans la gamme d'énergie de 4 MeV à 9 MeV, les rayonnements gamma produits par des réacteurs et des accélérateurs.

Les rayonnements de référence doivent être choisis à partir du tableau 1.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui en est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 4037. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 4037 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur à un moment donné.

ISO 197-1:1983, *Cuivre et alliages de cuivre — Termes et définitions — Partie 1: Matériaux.*

ISO 1677:1977, *Sources radioactives scellées — Généralités.*

ISO 3534-1:1993, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1: Probabilités et termes statistiques généraux.*

ISO 8963:1988, *Dosimétrie de rayonnements de référence X et gamma pour la radioprotection dans le domaine d'énergie comprise entre 8 keV et 1,3 MeV.*

ICRU Report 10b, *Physical Aspects of Irradiation*, National Bureau of Standards Handbook **85** (1964).

Tableau 1 — Liste de référence des rayonnements X et gamma avec leur énergie moyenne

Valeurs en kiloélectronvolts

Rayons X de fluorescence, énergie moyenne	Rayons X filtrés, énergie moyenne				Rayons gamma, énergie moyenne
	Série à faible débit de kerma dans l'air	Série à spectre étroit	Série à spectre large	Série à fort débit de kerma dans l'air	
8,6	8,5	8		7,5	59,5 (²⁴¹ Am)
9,9		12		13	
15,8	17	16			
17,5		20		20	
23,2		24			
25,3	26				
31	30				
37,4	48	33			
40,1		48		37	
49,1		48	45		
59,3		60	57	57	
68,8	87	65			
75,0		79			
98,4		100	104	102	
	109				
		118		122	
	149		137	146	
		164	173	147	
	185				
	211	208	208		
		250			
					662 (¹³⁷ Cs) 1 173 et 1 333 (⁶⁰ Co) 4 400 (¹² C) 6 000 (Ti) 6 130 ¹⁾ ¹⁶ O et ¹⁶ N 8 500 (Ni)

1) Lorsqu'ils sont produits par des protons d'énergie proche du seuil, voir 7.1.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 4037, les définitions suivantes s'appliquent.

3.1 énergie moyenne des photons, \bar{E} : Rapport défini par la formule:

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

où Φ_E est la dérivée de la fluence Φ_E des photons primaires d'énergie E aux énergies comprises entre E et $E + dE$ ^[1], définie par

$$\Phi_E = \frac{d\Phi(E)}{dE}$$

Dans la présente partie de l'ISO 4037, cette énergie est désignée d'une manière abrégée par «énergie moyenne».

3.2 résolution spectrale, R_E (largeur totale à mi-hauteur): Rapport, exprimé en pourcentage, défini par la formule:

$$R_E = \frac{\Delta E}{E} \times 100$$

où ΔE est la largeur du spectre à la moitié de son ordonnée maximale.

NOTE — Dans le cas où des raies de fluorescence sont présentes dans le spectre, la largeur spectrale mesurée est seulement celle du spectre continu.

Dans la présente partie de l'ISO 4037, cette définition est désignée, par abréviation, par «résolution».

3.3 couche de demi-atténuation (kerma dans l'air), CDA ou CDA_x^[2]: Épaisseur du matériau spécifié qui atténue le faisceau de rayonnement de telle sorte que le débit de kerma dans l'air est réduit à la moitié de sa valeur d'origine. Dans cette définition, l'apport de tous les rayonnements diffusés, autres que ceux pouvant être présents à l'origine dans le faisceau concerné, est considéré comme exclu.

3.4 coefficient d'homogénéité, h : Rapport entre la première et la deuxième couche de demi-atténuation (kerma dans l'air):

$$h = \frac{1^{\text{ère}} \text{ CDA}}{2^{\text{ème}} \text{ CDA}}$$

3.5 énergie efficace, E_{eff} (d'un rayonnement constitué de rayons X de différentes énergies): Énergie des rayons X monoénergétiques ayant la même CDA.

3.6 valeur de la tension crête; 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} est la valeur maximale et U_{\min} la valeur minimale entre lesquelles la tension oscille.

3.7 groupe radiogène; générateur de rayons X: Ensemble comprenant une alimentation haute tension, un tube radiogène avec son coffret de protection et des raccordements électriques haute tension.

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

3.9 moniteur (de faisceau): Instrument utilisé pour surveiller la stabilité du débit de kerma dans l'air pendant une irradiation ou pour comparer les valeurs de kerma dans l'air après des irradiations successives.

3.10 rayonnement primaire (ou faisceau): Rayonnement ou faisceau produit par le tube radiogène.

3.11 rayonnement secondaire [de fluorescence]: Rayonnement ou faisceau produit par un corps irradié.

3.12 blindage du tube radiogène: Panneau fixe ou mobile destiné à réduire l'apport de rayonnement diffusé aux faisceaux primaires ou, dans le cas de la fluorescence, secondaires.

4 Rayonnements X filtrés de référence, à tension constante

4.1 Généralités

Le présent article spécifie les caractéristiques des rayonnements de référence filtrés et la méthode par laquelle un laboratoire peut produire un rayonnement de référence spécifié.

4.1.1 Qualité du rayonnement

La qualité d'un rayonnement X filtré est caractérisée dans la présente partie de l'ISO 4037 par les paramètres suivants:

- énergie moyenne, \bar{E} , d'un faisceau, exprimé en kiloélectronvolts (keV);
- résolution, R_E , exprimée en pourcentage;
- couche de demi-atténuation (kerma dans l'air), CDA, exprimée en millimètres d'aluminium (Al) ou de cuivre (Cu);
- coefficient d'homogénéité, h .

Dans la pratique, la qualité du rayonnement obtenue dépend principalement

- de la haute tension dans le tube radiogène,
- de l'épaisseur et de la nature de la filtration totale, et
- des caractéristiques de la cible.

Afin d'assurer la production de rayonnements de référence en conformité avec les spécifications données, l'installation doit satisfaire à certaines conditions. Ces dernières sont décrites en 4.2.

4.1.2 Choix des rayonnements de référence

La présente partie de l'ISO 4037 spécifie quatre séries de rayonnements de référence (voir tableau 2), chacune de ces séries étant caractérisée par la résolution du spectre:

- une série à faibles débits de kerma dans l'air (voir figure 1);
- une série à spectres étroits (voir figure 2);

- c) une série à spectres larges (voir figure 3);
- d) une série à débits élevés de kerma dans l'air (voir figure 4).

Les spectres représentés sur les figures 1 à 4 se basent en grande partie sur des calculs théoriques^[3] et ne sont donnés qu'à titre d'exemples. Certains spectres pratiques sont également inclus et des exemples de mesures pratiques de spectres sont donnés dans les références [4], [5], [6], [7] et [8].

Il convient d'utiliser les spectres les plus étroits, c'est-à-dire ceux avec la résolution la plus grande, pour mesurer les variations de la réponse d'un instrument en fonction de l'énergie des photons, à condition que les débits de kerma dans l'air de cette série soient compatibles avec la gamme de l'instrument essayé. La série à débits élevés de kerma dans l'air convient pour déterminer les caractéristiques de saturation de certains instruments.

Les tableaux 3, 4, 5 et 6 donnent des détails sur les conditions de mise en œuvre de chacune des quatre séries. Le tableau 7 montre un exemple de filtration supplémentaire nécessaire pour produire les qualités de rayonnement des séries à débits élevés de kerma dans l'air pour des valeurs particulières de filtration fixe.

Pour les séries à faibles débits de kerma dans l'air ainsi que pour les séries à spectre étroit et à spectre large, un «laboratoire de référence» vérifiera, par analyse spectrométrique, que la valeur de l'énergie moyenne produite est dans la limite de $\pm 3\%$ et la résolution, R_E , des spectres dans la limite de $\pm 10\%$ des valeurs des tableaux 3, 4 et 5.

Pour les rayonnements de référence de ces trois séries dont les énergies moyennes sont inférieures à 30 keV, les énergies moyennes et les résolutions doivent avoir, respectivement à $\pm 5\%$ près et $\pm 15\%$ près, les valeurs indiquées dans les tableaux 3, 4 et 5.

Pour les rayonnements de référence, utilisant une filtration supplémentaire inférieure ou égale à 1 mm d'aluminium, l'angle de la cible, l'état de la cible et le trajet dans l'air influencent considérablement les valeurs des énergies moyennes, les résolutions et les CDA.

Dans le cas où le laboratoire ne dispose pas de système spectrométrique, on utilisera les caractéristiques des hautes tensions et de la filtration indiquées dans les tableaux 3, 4 et 5 et on vérifiera les rayonnements de référence produits par la méthode simple décrite en 4.3.

Tableau 2 — Spécifications des rayonnements X filtrés

Nom de la série	Résolution, R_E %	Coefficient d'homogénéité, h (valeurs approximatives)	Débits de kerma dans l'air caractéristiques ^{1) 2)} Gy·h ⁻¹
Faible débit de kerma	18 à 22	1,0	3×10^{-4} ³⁾
Spectre étroit	27 à 37	0,75 à 1,0	10^{-3} à 10^{-2} ³⁾
Spectre large	48 à 57	0,67 à 0,98	10^{-2} à 10^{-1} ³⁾
Fort débit de kerma	Non spécifiée	0,64 à 0,86	10^{-2} à 0,5

1) À une distance de 1 m du foyer, le tube débitant 1 mA.
 2) Dans les conditions de l'équilibre électronique, la valeur du kerma dans l'air est approximativement égale à la dose absorbée dans l'air.
 3) Aux énergies moyennes inférieures à 30 keV, ces valeurs peuvent être différentes.

Tableau 3 — Caractéristiques de la série à faible débit de kerma dans l'air

Énergie moyenne, \bar{E} keV	Résolution, R_E %	Tension du tube ¹⁾ kV	Filtration additionnelle ²⁾ mm				1 ^{ère} CDA ⁴⁾ mm
			Pb	Sn	Cu	Al	
8,5		10				0,3 ³⁾	0,058 Al
17	21	20				2,0 ³⁾	0,42 Al
26	21	30			0,18	4,0 ³⁾	1,46 Al
30	21	35			0,25		2,20 Al
48	22	55			1,2		0,25 Cu
60	22	70			2,5		0,49 Cu
87	22	100		2,0	0,5		1,24 Cu
109	21	125		4,0	1,0		2,04 Cu
149	18	170	1,5	3,0	1,0		3,47 Cu
185	18	210	3,5	2,0	0,5		4,54 Cu
211	18	240	5,5	2,0	0,5		5,26 Cu

1) La tension du tube est mesurée en charge.

2) À l'exception des trois énergies les plus faibles pour lesquelles la filtration inhérente recommandée est de 1 mm de béryllium, la filtration totale comprend la filtration additionnelle et la filtration inhérente ajustée à 4 mm d'aluminium (voir 4.2.3)

3) La filtration inhérente recommandée est de 1 mm de béryllium, mais d'autres valeurs peuvent être utilisées à condition que l'énergie moyenne soit à ± 5 % et la résolution à ± 15 % des valeurs données dans le tableau.

4) Les CDA sont mesurées à une distance de 1 m du foyer. La 2^{ème} CDA n'est pas spécifiée dans cette série car elle n'est pas significativement différente de la première.

ITeCh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Tableau 4 — Caractéristiques de la série à spectre étroit

Énergie moyenne, \bar{E} keV	Résolution, R_E %	Tension du tube ¹⁾ kV	Filtration additionnelle ²⁾ mm				1 ^{ère} CDA ⁴⁾ mm	2 ^{ème} CDA ⁴⁾ mm
			Pb	Sn	Cu	Al		
8	28	10				0,1 ³⁾	0,047 Al	0,052 Al
12	33	15				0,5 ³⁾	0,14 Al	0,16 Al
16	34	20				1,0 ³⁾	0,32 Al	0,37 Al
20	33	25				2,0 ³⁾	0,66 Al	0,73 Al
24	32	30				4,0 ³⁾	1,15 Al	1,30 Al
33	30	40			0,21		0,084 Cu	0,091 Cu
48	36	60			0,6		0,24 Cu	0,26 Cu
65	32	80			2,0		0,58 Cu	0,62 Cu
83	28	100			5,0		1,11 Cu	1,17 Cu
100	27	120		1,0	5,0		1,71 Cu	1,77 Cu
118	37	150		2,5			2,36 Cu	2,47 Cu
164	30	200	1,0	3,0	2,0		3,99 Cu	4,05 Cu
208	28	250	3,0	2,0			5,19 Cu	5,23 Cu
250	27	300	5,0	3,0			6,12 Cu	6,15 Cu

1) La tension du tube est mesurée en charge.

2) À l'exception des cinq énergies les plus faibles pour lesquelles la filtration inhérente recommandée est de 1 mm de béryllium, la filtration totale comprend la filtration additionnelle plus la filtration inhérente ajustée à 4 mm d'aluminium (voir 4.2.3)

3) La filtration inhérente recommandée est de 1 mm de béryllium, mais d'autres valeurs peuvent être utilisées à condition que l'énergie moyenne soit à ± 5 % et la résolution à ± 15 % des valeurs données dans le tableau.

4) Les CDA sont mesurées à une distance de 1 m du foyer.

Tableau 5 — Caractéristiques de la série à spectre large

Énergie moyenne, \bar{E} keV	Résolution, R_E %	Tension sur le tube ¹⁾ kV	Filtration additionnelle ²⁾		1 ^{ère} CDA Cu ³⁾ mm	2 ^{ème} CDA Cu ³⁾ mm
			Sn	Cu		
45	48	60		0,3	0,18	0,21
57	55	80		0,5	0,35	0,44
79	51	110		2,0	0,96	1,11
104	56	150	1,0		1,86	2,10
137	57	200	2,0		3,08	3,31
173	56	250	4,0		4,22	4,40
208	57	300	6,5		5,20	5,34

1) La tension du tube est mesurée en charge.

2) La filtration totale consiste, dans chaque cas, en la filtration additionnelle plus la filtration inhérente ajustée à 4 mm d'aluminium (voir 4.2.3).

3) Les CDA sont mesurées à une distance de 1 m du foyer.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

Tableau 6 — Caractéristiques de la série à fort débit de kerma dans l'air

Tension du tube ¹⁾ kV	1 ^{ère} CDA ³⁾ mm	
	Aluminium	Cuivre
10	0,04	
20	0,11	
30	0,35	
60	2,4	0,077
100		0,29
200		1,7
250		2,5
280 ²⁾		3,4
300		3,4

1) La tension constante est mesurée en charge.

2) Ce rayonnement de référence a été introduit comme alternative à celui de 300 kV, lorsque 300 kV ne peuvent pas être atteints dans les conditions de charge maximale.

3) Les CDA sont mesurées à une distance de 1 m du foyer.

Tableau 7 — Caractéristiques approximatives de la série à fort débit de kerma dans l'air

Tension du tube kV	Filtration additionnelle ¹⁾			Couche de demi-atténuation ²⁾				Énergie moyenne, \bar{E} keV
	mm			mm				
	Al	Cu	Air	Première		Seconde		
	Al	Cu	Air	Al	Cu	Al	Cu	
10			750	0,036	0,010	0,041	0,011	7,5
20	0,15		750	0,12	0,007	0,16	0,009	12,9
30	0,52		750	0,38	0,013	0,60	0,018	19,7
60	3,2		750	2,42	0,079	3,25	0,11	37,3
100	3,9	0,15	750	6,56	0,30	8,05	0,47	57,4
200		1,15	2 250	14,7	1,70	15,5	2,40	102
250		1,6	2 250	16,6	2,47	17,3	3,29	122
280		3,0	2 250	18,6	3,37	19,0	3,99	146
300		2,5	2 250	18,7	3,40	19,2	4,15	147

NOTE — Les valeurs figurant dans ce tableau sont tirées des tableaux B4 et B5 de Seelentag *et al.*^[5] et les spectres de la figure 4 ont été calculés en utilisant les conditions définies dans les tableaux^[3]. La longueur du parcours dans l'air employée, incluse dans la filtration additionnelle, n'est significative que pour les énergies les plus faibles. Les distributions spectrales réelles obtenues dans une installation donnée dépendent de l'angle de la cible et de sa rugosité.

1) Pour des tensions appliquées au tube supérieures à 100 kV, la filtration totale comprend la filtration additionnelle et la filtration inhérente ajustée à 4 mm d'aluminium (voir 4.2.3). Pour des tensions de 100 kV et au-dessous, les exemples donnés ci-dessus se réfèrent à une filtration inhérente d'environ 4 mm de béryllium.

2) Les CDA sont mesurées à une distance de 1 m du foyer.

iTeh STANDARD PREVIEW

Pour les séries à débits élevés de kerma dans l'air, la qualité des rayonnements de référence est spécifiée en fonction de la tension appliquée au tube radiogène et de la première couche de demi-atténuation (CDA). La méthode de production des séries de débits élevés de kerma dans l'air est décrite en 4.4.

ISO 4037-1:1996

4.2 Conditions et méthodes de production des rayonnements de référence

4.2.1 Caractéristiques des générateurs de rayons X

Les rayonnements X doivent être produits par un générateur de rayons X dont la haute tension appliquée au tube doit avoir une onde résiduelle inférieure à 10 %. Il est préférable d'utiliser un générateur de rayons X ayant une onde résiduelle la plus faible possible. Des groupes radiogènes sont disponibles sur le marché avec une onde résiduelle <1 %. Il devrait être possible d'afficher la valeur de la tension appliquée au tube à ± 1 % près.

La cible du tube radiogène doit être en tungstène, du type «réflexion» et elle doit être orientée suivant un angle au moins égal à 20° par rapport à la direction de bombardement des électrons.

Pendant l'irradiation, la valeur moyenne du potentiel du tube doit être stable dans la limite de ± 1 %.

NOTE — Les effets du vieillissement augmentant la filtration inhérente, il convient d'utiliser le tube radiogène de manière à réduire ces effets au maximum (voir 4.2.3).

4.2.2 Tension appliquée au tube

Le laboratoire de référence doit étalonner pour différentes valeurs et en condition de fonctionnement, l'équipement servant à indiquer la tension appliquée au tube. Les meilleures méthodes utilisent une chaîne de résistances étalonnée de façon appropriée ou impliquent la mesure de l'énergie maximale des photons par spectrométrie à haute résolution. Si l'étalonnage est réalisé par spectrométrie, la tension du tube doit être définie par l'intersection de l'extrapolation de la partie linéaire du spectre du côté des fortes énergies avec l'axe des énergies. La valeur conventionnellement vraie de la tension du tube doit être connue à ± 2 % près.

Pour les laboratoires ne disposant pas de ces moyens, il est encore possible de fixer la tension du tube de manière à produire l'un ou l'autre des rayonnements décrits dans les tableaux 3, 4 et 5. Ceci peut être réalisé par l'une des méthodes suivantes.

- a) Pour des rayonnements générés à des potentiels inférieurs à 116 kV (c'est-à-dire en dessous du seuil d'absorption K de l'uranium à 115,6 keV), l'appareil de mesure de la tension ou le voltmètre peut être étalonné au moyen de techniques basées sur l'excitation des rayonnements caractéristiques d'un élément choisi.
- b) On peut également utiliser la méthode décrite en 4.3, pour des tensions de tube supérieures à 116 kV. La filtration inhérente doit être déterminée comme indiqué en 4.2.3 et la filtration fixe doit être ajustée à la valeur requise au moyen d'un filtre d'aluminium additionnel (la somme des filtrations constituant ainsi la nouvelle filtration fixe). L'étalonnage de la tension du tube doit être déterminé par la couche de demi-atténuation de référence obtenue au moyen de la méthode spécifiée en 4.3.

4.2.3 Filtration

NOTE — La filtration totale est composée de la filtration fixe et de la filtration additionnelle. Pour les trois rayonnements ayant les énergies les plus faibles (avec des énergies moyennes de 8,5 keV, 17 keV et 26 keV dans la série des faibles débits de kerma dans l'air) et pour les cinq rayonnements ayant les énergies les plus faibles (avec des énergies moyennes de 8 keV, 12 keV, 16 keV, 20 keV et 24 keV pour la série de spectre étroit), la filtration fixe intègre la filtration inhérente du tube recommandée de 1 mm de béryllium (Be). Il est possible d'utiliser d'autres valeurs de filtration du tube [voir renvoi 3) des tableaux 3 et 4].

4.2.3.1 Pour tous les autres rayonnements de référence, la filtration fixe comprend:

- a) La filtration inhérente du tube à laquelle s'ajoute, le cas échéant, celle due à la chambre d'ionisation moniteur, les filtres d'aluminium qui sont ajoutés pour obtenir une filtration fixe totale équivalente à celle de 4 mm d'aluminium à 60 kV. Ces filtres d'aluminium doivent être placés après la filtration additionnelle (c'est-à-dire le plus loin possible du foyer des rayons X) de manière à éliminer au maximum les rayonnements de fluorescence de la filtration additionnelle.
- b) La filtration inhérente du tube est due aux divers éléments constitutifs (verre de l'ampoule, huile, fenêtre, etc.); elle est exprimée, pour une tension donnée, par l'épaisseur d'un filtre d'aluminium qui, en l'absence des éléments constitutifs, produirait un rayonnement ayant la même première CDA. Il est conseillé de ne pas utiliser de tube dont la filtration inhérente dépasse 3,5 mm d'aluminium.
- c) La filtration inhérente doit être contrôlée périodiquement de manière à s'assurer que cette limite n'est pas atteinte (par le vieillissement du tube) et à procéder au réglage de la filtration fixe.

4.2.3.2 La détermination de la filtration inhérente doit être faite en mesurant, avec des écrans d'aluminium à 99,9 % de pureté, la première couche de demi-atténuation du faisceau produit par le tube sans filtration additionnelle, à 60 kV, de la manière suivante.

- a) Il convient d'utiliser la méthode de mesure de la CDA conformément au Rapport ICRU 10b et la référence [9];
- b) Si un moniteur à chambre d'ionisation est utilisé pendant la mesure de la filtration inhérente, il est souhaitable de le placer entre les deux séries de collimateurs du faisceau et de le faire suivre par les écrans d'aluminium, de manière à l'empêcher de répondre aux rayonnements rétrodiffusés par les écrans.
- c) La première couche de demi-atténuation doit être déterminée au moyen d'une chambre d'ionisation dont on connaît la réponse en fonction du débit de kerma dans l'air, pour toute la gamme d'énergie concernée. Des corrections doivent être appliquées pour toute variation de réponse du détecteur due aux variations du spectre des photons lorsqu'on augmente l'épaisseur de l'absorbeur d'aluminium.
- d) Les mesures de la filtration inhérente doivent être effectuées de telle sorte que le rayonnement diffusé par les absorbeurs d'aluminium et atteignant le détecteur soit négligeable car ce rayonnement augmenterait la valeur mesurée de la CDA. Pour les rayonnements produits à des tensions supérieures à 100 kV, il convient d'effectuer une extrapolation à un champ de taille infiniment petite.
- e) Il est conseillé de placer les écrans d'aluminium à égale distance du foyer du tube radiogène et du détecteur. Le diamètre du faisceau à l'emplacement du détecteur doit être juste suffisant pour l'irradier complètement et uniformément. La distance entre les écrans d'aluminium et le détecteur doit être égale à au moins cinq fois le diamètre du faisceau au niveau du détecteur.
- f) La courbe d'atténuation dans l'aluminium doit être tracée, la première couche de demi-atténuation déterminée et on doit déduire de celle-ci la valeur de la filtration inhérente sur la base du tableau 8. Les résultats sont à arrondir au dixième de millimètre le plus proche.