
**Revêtements métalliques et non
métalliques — Mesurage de l'épaisseur —
Méthode par rétrodiffusion des rayons bêta**

*Metallic and non-metallic coatings — Measurement of thickness — Beta
backscatter method*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-
f6927b688e14/iso-3543-2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000>

© ISO 2000

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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Termes et définitions	1
3 Principe	4
4 Appareillage	6
5 Facteurs se rapportant à l'incertitude de mesurage	6
6 Étalonnage des instruments	9
7 Mode opératoire	10
8 Incetitude de mesurage	11
9 Rapport d'essai	12
Annexe A (informative) Informations générales	13

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000>

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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 3.

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.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 3543 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 107, *Revêtements métalliques et autres revêtements inorganiques*, sous-comité SC 2, *Méthodes de contrôle et coordination des méthodes d'essai*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 3543:1981), qui a fait l'objet d'une révision technique.

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818a-f6927b688e14/iso-3543-2000)

L'annexe A de la présente Norme internationale est donnée uniquement à titre d'information.

Revêtements métalliques et non métalliques — Mesurage de l'épaisseur — Méthode par rétrodiffusion des rayons bêta

1 Domaine d'application

AVERTISSEMENT Les instruments à rétrodiffusion des rayons bêta, utilisés pour le mesurage de l'épaisseur des revêtements, utilisent un certain nombre de sources radioactives différentes. Bien que les activités de ces sources soient généralement très faibles, elles peuvent présenter un danger pour la santé si elles ne sont pas manipulées correctement. En conséquence, tous les règlements et directives de sécurité prescrits par les autorités locales ou nationales doivent être respectés.

La présente Norme internationale spécifie une méthode de mesurage non destructif de l'épaisseur des revêtements, basée sur le principe de la rétrodiffusion des rayons bêta. Elle est applicable aux revêtements métalliques ou non métalliques, que les substrats soient ou non métalliques. Pour que la présente méthode soit applicable, il faut que les numéros atomiques ou les numéros atomiques équivalents du revêtement et du substrat diffèrent d'une quantité convenable.

NOTE La méthode par rétrodiffusion des rayons bêta est de moins en moins utilisée depuis la mise en œuvre de la méthode par fluorescence X (ISO 3497). Son faible coût en fait néanmoins une méthode très utile pour de nombreuses applications. En outre, sa plage de mesures est plus large.

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

2 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions suivants s'appliquent.

2.1

désintégration radioactive

transformation nucléaire spontanée dans laquelle sont émis des particules ou un rayonnement gamma, ou dans laquelle est émis un rayonnement X consécutif à une capture électronique, ou dans laquelle le noyau subit une fission spontanée

[ISO 921:1997, définition 972]

2.2

particule bêta

électron, de charge positive ou négative, qui a été émis par un noyau atomique ou un neutron au cours d'une transformation nucléaire

[ISO 921:1997, définition 81]

2.3

isotope émetteur de rayons bêta

source émettrice de rayons bêta

émetteur de rayons bêta

matière dont les noyaux émettent des particules bêta

NOTE 1 Il est possible de classer les émetteurs de rayons bêta d'après le niveau maximal d'énergie des particules qu'ils libèrent pendant leur désintégration.

NOTE 2 Le Tableau A.1 donne la liste de quelques isotopes utilisés dans les jauges à rétrodiffusion des rayons bêta.

2.4

électronvolt

unité d'énergie égale à la variation d'énergie d'un électron qui subit une variation de potentiel de 1 V

NOTE 1 1 eV = 1,602 19 × 10⁻¹⁹ J

[ISO 921:1997, définition 393]

NOTE 2 Cette unité étant trop petite pour les énergies développées par les particules bêta, on utilise communément le mégaelectronvolt (MeV).

2.5

activité

nombre de désintégrations nucléaires spontanées qui se produisent dans une quantité donnée de matière durant un court intervalle de temps approprié, divisé par cet intervalle de temps

[ISO 921:1997, définition 23]

NOTE 1 Dans le mesurage de la rétrodiffusion des rayons bêta, une plus grande activité correspond donc à une plus grande émission de particules bêta.

NOTE 2 L'unité SI d'activité est le becquerel (Bq). L'activité d'un élément radioactif utilisé dans les jauges à rétrodiffusion des rayons bêta est généralement exprimée en microcuries (μCi) (1 μCi = 3,7 × 10⁴ Bq, ce qui représente 3,7 × 10⁴ désintégrations par seconde).

2.6

période radioactive

dans le cas d'un processus unique de désintégration radioactive, temps nécessaire pour que l'activité diminue jusqu'à la moitié de sa valeur selon ce processus

[ISO 921:1997, définition 975]

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
ISO 3543:2000
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000>

2.7

diffusion

processus dans lequel un changement de direction ou d'énergie d'une particule incidente ou d'un rayonnement incident est causé par une collision avec une particule ou un système de particules

[ISO 921:1997, définition 1085]

2.8

rétrodiffusion

diffusion ayant comme résultat le départ d'une particule d'un corps de matière par la même surface que celle par laquelle elle est entrée

NOTE Le mesurage de la rétrodiffusion peut tenir compte de certains rayonnements autres que les rayons bêta émis ou rétrodiffusés par un revêtement et un substrat. Le mot «rétrodiffusion» utilisé dans la présente Norme internationale fait référence au rayonnement total mesuré.

2.9

coefficient de rétrodiffusion (d'une substance)

R

rapport du nombre de particules rétrodiffusées par cette substance au nombre de particules y pénétrant

NOTE La valeur de *R* est indépendante de l'activité de l'isotope et de la durée du mesurage.

2.10 comptage de la rétrodiffusion

2.10.1 comptage absolu de la rétrodiffusion

X

nombre de particules bêta rétrodiffusées durant un intervalle de temps et reçues par un détecteur

NOTE X dépendra donc de l'activité de l'isotope, de la durée du mesurage, de la configuration géométrique du système de mesure et des caractéristiques du détecteur. Le comptage obtenu avec le matériau de base non revêtu est généralement désigné par X_0 et celui obtenu avec le matériau de revêtement par X_S . Pour obtenir ces valeurs, il est nécessaire de pouvoir disposer de ces matériaux en épaisseurs supérieures à l'épaisseur de saturation (voir 2.13).

2.10.2 comptage normalisé de la rétrodiffusion

X_n

grandeur indépendante de l'activité de l'isotope, de la durée du mesurage et des caractéristiques du détecteur, et définie par l'équation

$$X_n = \frac{X - X_0}{X_S - X_0}$$

où

X_0 est le comptage absolu de la rétrodiffusion de l'épaisseur de saturation du matériau de base;

X_S est le comptage absolu de la rétrodiffusion de l'épaisseur de saturation du matériau de revêtement;

X est le comptage absolu de la rétrodiffusion de l'échantillon revêtu;

chacun de ces comptages étant pris sur le même intervalle de temps

NOTE 1 La valeur de X_n est validée si elle se situe entre 0 et 1.

NOTE 2 Pour simplifier, il est souvent avantageux d'exprimer le comptage normalisé de la rétrodiffusion en pourcentage, en multipliant X_n par 100.

2.11 courbe normalisée de rétrodiffusion

courbe obtenue en portant l'épaisseur de revêtement en fonction de X_n

2.12 numéro atomique équivalent (apparent)

pour un matériau, c'est-à-dire un alliage ou un composé, numéro atomique d'un élément qui a le même coefficient de rétrodiffusion R que le matériau

2.13 épaisseur de saturation

épaisseur minimale d'un matériau au-delà de laquelle il ne se produit plus aucune modification de la rétrodiffusion

NOTE La Figure A.1 représente la courbe de l'épaisseur de saturation, s , en fonction de la masse volumique pour différents isotopes.

2.14

source scellée

source radioactive enfermée dans un boîtier scellé, ou revêtue d'une enveloppe à laquelle elle est intimement liée, ce boîtier ou cette enveloppe devant présenter une résistance suffisante pour empêcher le contact avec la matière radioactive et la dispersion de celle-ci dans les conditions d'emploi pour lesquelles elle a été conçue

[ISO 921:1997, définition 1094]

NOTE Également appelée isotope scellé.

2.15

ouverture

orifice du masque en contact avec l'éprouvette, qui détermine la forme et les dimensions de la surface sur laquelle est mesurée l'épaisseur du revêtement

NOTE Ce masque est aussi appelé platine ou platine d'ouverture ou support d'éprouvette.

2.16

géométrie de la source

disposition dans l'espace de la source, de l'ouverture et du détecteur, les uns par rapport aux autres

2.17

temps mort

période de temps durant laquelle un tube de détection Geiger-Müller reste insensible à la réception de particules bêta ultérieures

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

2.18

temps de résolution

temps de restitution des tubes de détection Geiger-Müller et autres appareils électroniques associés durant lequel le circuit de comptage reste insensible à des impulsions ultérieures

[ISO 3543:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000>

2.19

matériau de base

métal de base

matériau sur lequel les revêtements sont appliqués ou produits

[ISO 2080:1981, définition 134]

2.20

substrat

matériau sur lequel un revêtement est déposé directement

NOTE Pour un revêtement unique ou pour la première couche, le substrat est identique au matériau de base; pour les couches subséquentes, c'est la couche intermédiaire qui joue le rôle du substrat.

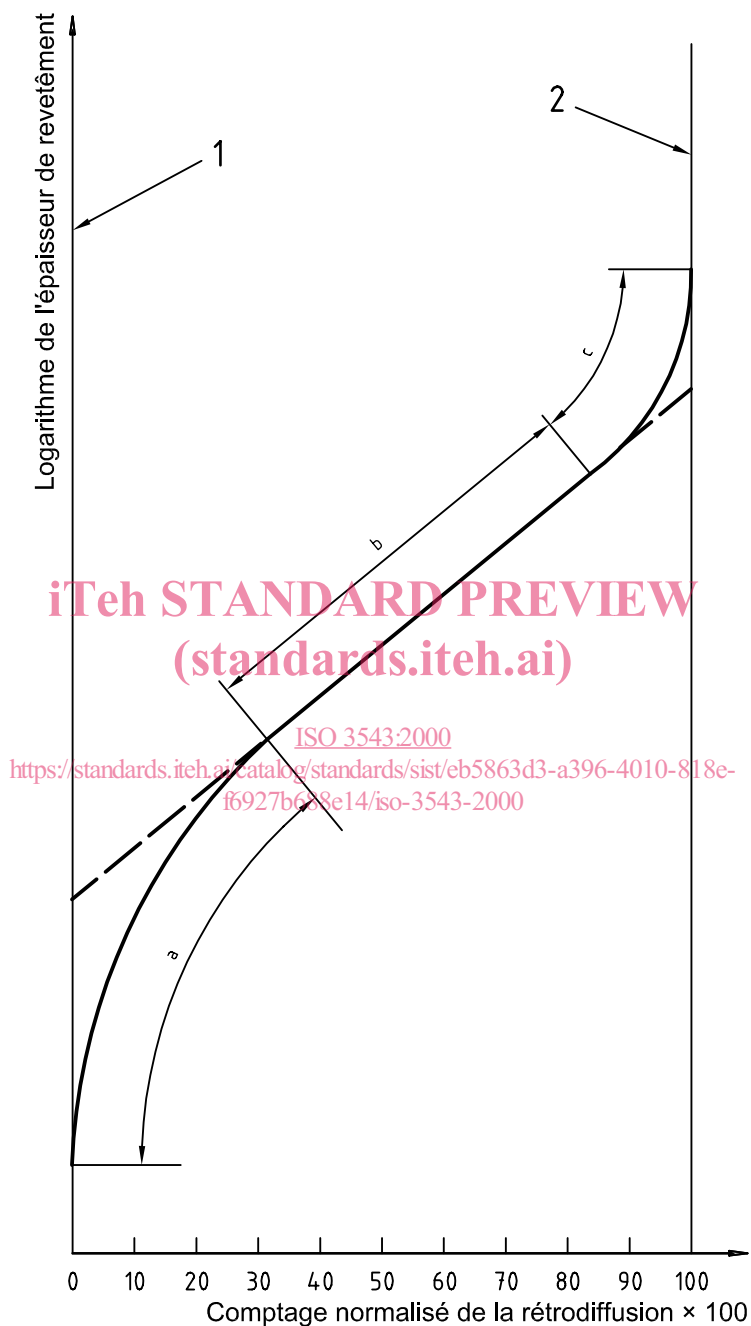
[ISO 2080:1981, définition 630]

3 Principe

Lorsque des particules bêta viennent frapper un corps, une certaine proportion d'entre elles est rétrodiffusée. L'intensité de rétrodiffusion des particules est essentiellement fonction du numéro atomique du corps.

Si le corps est recouvert d'un revêtement superficiel dont le numéro atomique est assez différent de celui du substrat, l'intensité de la rétrodiffusion se situera entre deux limites: intensité de rétrodiffusion du substrat et intensité de rétrodiffusion du revêtement. Ainsi, un appareillage de mesure approprié, notamment quant au dispositif de lecture, permet d'utiliser l'intensité de la rétrodiffusion pour mesurer la masse par unité de surface du revêtement qui, à condition que la masse volumique soit uniforme, est directement proportionnelle à l'épaisseur, c'est-à-dire l'épaisseur moyenne dans l'aire de mesure.

La courbe représentant l'épaisseur du revêtement en fonction de l'intensité de rétrodiffusion est une courbe continue qui peut se subdiviser en trois régions distinctes comme le montre la Figure 1, sur laquelle le comptage normalisé, X_n , est porté sur l'axe des x , et le logarithme de l'épaisseur du revêtement sur l'axe des y . Dans l'intervalle $0 \leq X_n \leq 0,3$, la courbe est essentiellement linéaire. Dans l'intervalle $0,3 \leq X_n \leq 0,8$, la courbe est presque logarithmique; cela implique que, dessinée sur une papier semi-logarithmique, comme sur la Figure 1, la courbe se rapproche d'une ligne droite. Dans l'intervalle $0,8 \leq X_n \leq 1$, la courbe est presque hyperbolique.



Légende

- 1 Substrat à l'épaisseur de saturation
- 2 Revêtement à l'épaisseur de saturation
- a Presque linéaire
- b Presque logarithmique
- c Presque hyperbolique

Figure 1 — Courbe normalisée type de rétrodiffusion

4 Appareillage

4.1 Jauge à rétrodiffusion des rayons bêta, comprenant

- a) une source émettrice (isotope), émettant principalement des particules bêta ayant une énergie appropriée pour l'épaisseur de revêtement à mesurer;
- b) un palpeur ou un système de mesure, ayant une gamme d'ouvertures permettant de limiter le rayonnement de particules bêta à la zone de l'éprouvette sur laquelle doit être mesurée l'épaisseur du revêtement, et contenant un détecteur capable de compter le nombre des particules rétrodiffusées, par exemple un compteur (ou tube) de Geiger-Müller;
- c) un instrument de lecture directe, sur lequel est visualisée l'intensité de la rétrodiffusion;
- d) un instrument de lecture directe, soit en unités métriques, soit sous forme numérique, proportionnel au comptage absolu ou au comptage normalisé absolu, ou à l'épaisseur de revêtement exprimée soit de façon linéaire, soit en masse par unité de surface.

5 Facteurs se rapportant à l'incertitude de mesurage

5.1 Statistique du comptage

La désintégration radioactive est de nature aléatoire. Cela implique que, durant un intervalle de temps donné, le nombre de particules bêta rétrodiffusées est variable. Cela donne naissance à des erreurs statistiques inhérentes au comptage des radiations. En conséquence, une estimation du taux de comptage, basée sur une courte durée de mesurage (par exemple 5 s), peut différer de façon appréciable d'une estimation basée sur une longue période de comptage, en particulier si le taux de comptage est faible. Pour réduire l'erreur statistique à un niveau acceptable, la durée de comptage doit être suffisamment longue pour permettre d'accumuler un nombre élevé de comptages.

ISO 3543:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-1627d88e1416-iso-3543-2000>

Pour les comptages normalement évalués, l'écart-type, σ , est très voisin de la racine carrée du comptage absolu, c'est-à-dire $\sigma = \sqrt{X}$; dans 95 % des cas, le comptage exact sera à l'intérieur de l'intervalle $X \pm 2 \sigma$. Pour estimer la précision, il est souvent utile d'exprimer l'écart-type comme un pourcentage du comptage, c'est-à-dire $100\sqrt{X} / X$ ou $100\sqrt{X}$. Ainsi, un comptage de 100 000 conduira à un résultat 10 fois plus précis que celui obtenu avec un comptage de 1 000. Si possible, la durée du comptage doit être choisie de façon à conduire à un comptage total d'environ 10 000, ce qui correspondrait à un écart-type de 1 % en raison de la nature aléatoire de la désintégration radioactive.

Les instruments à lecture directe sont également soumis à ces erreurs statistiques dues au caractère aléatoire. Toutefois, si ces instruments ne fournissent pas l'enregistrement du taux de comptage réel, une manière d'estimer la précision de la mesure est d'effectuer un grand nombre de mesurages répétitifs au même endroit du même échantillon revêtu, et de calculer l'écart-type par les méthodes conventionnelles.

NOTE La précision d'un mesurage par rétrodiffusion des rayons bêta est toujours inférieure à la précision indiquée en 5.1, étant donné qu'elle dépend d'autres facteurs répertoriés de 5.2 à 5.17.

5.2 Matières constituant le revêtement et le substrat

L'intensité de la rétrodiffusion dépendant des numéros atomiques du substrat et du revêtement, l'incertitude du mesurage dépend, dans une large mesure, de la différence entre ces numéros; avec les mêmes paramètres de mesure donc, plus la différence est grande, plus le mesurage est précis.

Pour la plupart des utilisations, il peut être établi à titre indicatif que la différence des numéros atomiques doit être d'au moins 5. Pour les matières dont le numéro atomique est inférieur à 20, cette différence peut être réduite de 25 % du numéro le plus élevé; pour les matières de numéro atomique supérieur à 50, la différence doit être d'au moins 10 % du numéro le plus élevé. La plupart des plastiques non chargés et autres matières organiques connexes (par exemple photorésistantes) sont censés avoir un numéro atomique apparent proche de 6.

NOTE Le Tableau A.2 donne les numéros atomiques de matériaux de revêtements et de substrats couramment utilisés.

5.3 Ouverture

En dépit du caractère de collimateur des sources utilisées dans les jauges à rétrodiffusion du commerce, la rétrodiffusion enregistrée par le détecteur est, en général, la somme de la rétrodiffusion causée par l'éprouvette exposée dans l'ouverture et de celle du support d'éprouvette. Il est donc avantageux d'utiliser pour l'ouverture un matériau de numéro atomique faible, et de choisir l'ouverture la plus grande possible. Des erreurs se produiront également si les bords de l'ouverture sont usés ou endommagés, ou si l'éprouvette n'entre pas bien en contact avec les bords de celle-ci.

L'aire de mesurage de l'éprouvette devant être constante pour éviter l'apparition d'une autre variable, à savoir les dimensions de l'éprouvette, l'ouverture doit être plus petite que l'aire de mesurage.

5.4 Épaisseur du revêtement

5.4.1 L'«erreur de mesure relative» dans la partie logarithmique de la courbe est presque constante et atteint sa valeur la plus faible.

5.4.2 Dans la partie linéaire, l'«erreur de mesure absolue», exprimée en masse par unité de surface ou d'épaisseur, est presque constante, ce qui signifie que plus l'épaisseur du revêtement diminue, plus l'erreur de mesure relative augmente. Pour $X_n = 0,3$ ou au voisinage de cette valeur, les erreurs relatives de la partie linéaire et de la partie logarithmique sont à peu près identiques. Cela implique que l'on peut utiliser, pour calculer l'erreur absolue pour toute la partie linéaire, l'erreur relative en ce point.

5.4.3 Dans la partie hyperbolique, l'erreur de mesure est toujours très grande puisqu'une faible variation de l'intensité de la rétrodiffusion des rayons bêta entraîne une grande variation de la valeur mesurée de l'épaisseur du revêtement.

5.5 Temps de résolution du détecteur

ISO 3543:2000

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

[f6927b688e14/iso-3543-2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/eb5863d3-a396-4010-818e-f6927b688e14/iso-3543-2000)

Par suite du temps mort (voir 2.17) du tube de Geiger-Müller, le comptage indiqué par l'instrument de mesure est toujours inférieur au nombre réel de particules bêta rétrodiffusées qui auraient autrement été mesurées. Cela ne diminue pas la précision de mesurage, à moins que le taux de comptage ne soit extrêmement élevé.

5.6 Géométrie de la source

La plus grande précision de mesure s'obtient lorsque la source est placée dans une position particulière par rapport à l'éprouvette. Cette position dépend de la collimation du faisceau de particules bêta de la source, et de l'emplacement, de la forme et des dimensions de l'ouverture. Si possible, la plus grande partie des rayonnements rétrodiffusés devrait provenir de l'éprouvette, et non pas du support. En général, l'incertitude de la mesure peut être réduite à un minimum en montant l'isotope sur la platine d'ouverture, où il peut être ajusté dans la position optimale. Le montage de la source doit se faire conformément aux instructions du fabricant.

5.7 Courbure

La présente méthode d'essai est sensible à la courbure de l'éprouvette. Toutefois, la courbe normalisée de rétrodiffusion reste la même si la surface cintrée de l'éprouvette ne dépasse pas l'ouverture du cache de plus de 50 μm , ou si l'étalonnage est effectué avec des étalons présentant la même courbure que l'éprouvette. L'utilisation de caches spécialement sélectionnés, dans lesquels l'isotope est monté dans la position optimale, permet d'obtenir des lectures à peu près identiques sur des éprouvettes cintrées ou planes. Cela permet d'utiliser des étalons plats pour effectuer les mesurages sur des éprouvettes cintrées.

La relation entre ouverture maximale et courbure de l'éprouvette dépend, dans la plupart des cas, de la conception de chaque instrument. Les meilleurs renseignements sont, pour cette raison, généralement obtenus auprès du fabricant.