
**Détermination des limites
caractéristiques (seuil de décision, limite
de détection et extrémités de l'intervalle
de confiance) pour mesurages de
rayonnements ionisants — Principes
fondamentaux et applications**

iTeh STANDARD PREVIEW

Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the confidence interval) for measurements of ionizing radiation — Fundamentals and application

ISO 11929:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-51f80135c73a/iso-11929-2010>



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 11929:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-51f80135c73a/iso-11929-2010>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2010

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.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Grandeurs et symboles	4
5 Principes essentiels	6
5.1 Aspects généraux concernant le mesurande	6
5.2 Modèle	6
5.3 Calcul de l'incertitude-type comme fonction du mesurande	8
6 Limites et évaluations caractéristiques	10
6.1 Spécifications	10
6.2 Seuil de décision	10
6.3 Limite de détection	10
6.4 Extrémités de l'intervalle de confiance	12
6.5 Évaluation du résultat de mesurage	13
6.6 Évaluation de la procédure de mesure	14
7 Documentation	15
Annexe A (informative) Vue d'ensemble de la procédure générale	16
Annexe B (normative) Applications diverses	18
Annexe C (normative) Applications à des mesures par comptage spectrométriques	25
Annexe D (informative) Exemples d'application	38
Annexe E (informative) Fonction de distribution de la distribution normale type	50
Annexe F (informative) Notes explicatives	52
Bibliographie	60

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 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. 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 du présent document 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.

L'ISO 11929 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette première édition de l'ISO 11929 annule et remplace l'ISO 11929-1:2000, l'ISO 11929-2:2000, l'ISO 11929-3:2000, l'ISO 11929-4:2001, l'ISO 11929-5:2005, l'ISO 11929-6:2005, l'ISO 11929-7:2005 et l'ISO 11929-8:2005, qui ont fait l'objet d'une révision technique, en particulier en ce qui concerne le type de traitement statistique des données.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Introduction

Les limites spécifiées dans la présente Norme internationale, censées être fournies au moyen de tests statistiques et de probabilités spécifiées, permettent d'évaluer les possibilités de détection d'un mesurande ainsi que l'effet physique quantifié par ce mesurande, comme suit:

- le «seuil de décision» permet de décider si l'effet physique quantifié par le mesurande est présent ou non;
- la «limite de détection» indique la plus petite valeur vraie du mesurande qui peut encore être détectée par la procédure de mesurage utilisée; cela permet de décider si la procédure satisfait ou non aux exigences et si elle est donc adaptée à l'objectif de mesurage prévu;
- les «extrémités de l'intervalle de confiance» comprennent, si l'effet physique est reconnu comme présent, un intervalle de confiance comprenant la valeur vraie du mesurande avec une probabilité spécifiée.

Les limites mentionnées ci-dessus sont appelées conjointement «limites caractéristiques».

Comme l'incertitude de mesure joue un rôle important dans la présente Norme internationale, l'évaluation des mesurages et le traitement des incertitudes associées sont réalisés au moyen de procédures générales conformément au Guide ISO/CEI 98-3, voir également les Références [1, 2]. Cela permet d'établir une séparation stricte entre l'évaluation des mesurages d'une part (Article 5) et la mise en place et le calcul des limites caractéristiques d'autre part (Article 6). La présente Norme internationale est basée sur les méthodes statistiques Bayésiennes, conformément aux Références [6 à 19], afin de pouvoir tenir également compte de grandeurs incertaines et d'influences qui ne se comportent pas de manière aléatoire lors de mesurages répétés plusieurs fois ou lors de mesurages par comptage.

Des équations sont fournies pour calculer les limites caractéristiques d'un mesurande des rayonnements ionisants via «l'incertitude-type de mesure» du mesurande (appelée ci-après «incertitude-type»). Les incertitudes-types de mesure, ainsi que celles du traitement de l'échantillon, de l'étalonnage du système de mesure et autres influences, sont prises en compte. Toutefois, ces dernières incertitudes-types sont supposées être connues grâce à des recherches antérieures.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11929:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-51f80135c73a/iso-11929-2010>

Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une procédure, dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants, permettant de calculer le «seuil de décision», la «limite de détection» et les «extrémités de l'intervalle de confiance» d'un mesurande non négatif caractéristique d'un rayonnement ionisant, lorsque des mesurages par comptage avec présélection de temps ou du nombre d'impulsions sont réalisés, et que le mesurande résulte d'un taux de comptage brut et d'un taux de comptage du bruit de fond ainsi que de grandeurs supplémentaires sur la base d'un modèle d'évaluation. En particulier, le mesurande peut être le taux de comptage net défini comme étant la différence du taux de comptage brut et du taux de comptage du bruit de fond, ou l'activité nette d'un échantillon. Il peut également être influencé par l'étalonnage du système de mesure, par le traitement de l'échantillon et par d'autres facteurs.

La présente Norme internationale s'applique également, de la même manière, à:

- des mesurages par comptage d'objets en mouvement (voir B.2);
- des mesurages réalisés avec des appareils de mesure analogiques de taux de comptage à échelle linéaire (ci-après appelés ictomètres, voir B.3);
- des mesurages par comptage répétés avec des influences aléatoires (voir B.4);
- des mesurages par comptage sur filtres pendant l'accumulation de matériaux radioactifs (voir B.5);
- des mesurages par comptage spectrométriques multicanal, lorsque des raies particulières du spectre doivent être prises en considération et si aucun calcul d'ajustement, par exemple la déconvolution, ne doit être effectué (voir C.2 à C.4);
- des mesurages par comptage spectrométriques multicanal, en cas d'évaluation par des méthodes de déconvolution (voir C.5), en particulier les mesurages spectrométriques alpha et gamma (voir respectivement C.5.5 et C.5.6).

La présente Norme internationale s'applique également de manière analogue à d'autres mesurages de tout type, lorsque le même modèle d'évaluation est concerné. Dans ce sens, elle est également applicable aux mesurages réalisés avec des dosimètres albedo^[18]. D'autres exemples pratiques sont disponibles dans d'autres Normes internationales, par exemple l'ISO 18589^[21], l'ISO 9696^[22], l'ISO 9697^[23], l'ISO 9698^[24], l'ISO 9699^[25], l'ISO 10703^[26], l'ISO 7503^[27] et l'ISO 28218^[28].

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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 31-0, *Grandeurs et unités — Partie 0: Principes généraux*

ISO 31-9, *Grandeurs et unités — Partie 9: Physique atomique et nucléaire*

Guide ISO/CEI 98-3:2008, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

Guide ISO/CEI 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

ISO 3534-1, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1: Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 31-0, l'ISO 31-9, le Guide ISO/CEI 98-3, le Guide ISO/CEI 99 et l'ISO 3534-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 procédure de mesure

description détaillée d'un mesurage conformément à un ou plusieurs principes de mesure et à une méthode de mesure donnée, fondée sur un modèle de mesure et incluant tout calcul destiné à obtenir un résultat de mesure

[Guide ISO/CEI 99:2007, 2.6] <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-51f80135c73a/iso-11929-2010>

3.2 mesurande

grandeur que l'on veut mesurer

[Guide ISO/CEI 99:2007, 2.3]

NOTE Dans la présente Norme internationale, un mesurande est non négatif et quantifie un effet de rayonnements nucléaires. Cet effet n'est pas présent si la valeur vraie du mesurande est zéro. Un exemple de mesurande est l'intensité de la raie d'un spectre au-delà du bruit de fond dans un mesurage spectrométrique.

3.3 résultat d'un mesurage

ensemble de valeurs attribuées à un mesurande, complété par toute autre information pertinente disponible

[Guide ISO/CEI 99:2007, 2.9]

3.4 incertitude de mesure incertitude

paramètre non négatif qui caractérise la dispersion des valeurs attribuées à un mesurande, à partir des informations utilisées

[Guide ISO/CEI 99:2007, 2.26]

Voir également le Guide ISO/CEI 98-3.

NOTE L'incertitude d'un mesurage, dérivée selon le Guide ISO/CEI 98-3, comprend généralement plusieurs composantes. Certaines peuvent être évaluées grâce à la distribution statistique des résultats de séries de mesurages et

peuvent être caractérisées par des écarts-types expérimentaux. Les autres composantes, qui peuvent également être caractérisées par des écarts-types, sont évaluées à partir de distributions de probabilité supposées ou connues et basées sur l'expérience ainsi que sur d'autres informations.

3.5

modèle d'évaluation

ensemble de relations mathématiques entre toutes les grandeurs mesurées et les autres grandeurs impliquées dans l'évaluation de la mesure

NOTE Le modèle d'évaluation n'est pas nécessairement une fonction explicite. Il peut être également un algorithme réalisé par un code de calcul informatique.

3.6

seuil de décision

valeur de l'estimateur du mesurande telle que, quand le résultat d'une mesure réelle utilisant une procédure de mesure donnée d'un mesurande quantifiant le phénomène physique lui est supérieur, on décide que le phénomène physique est présent

NOTE 1 Le seuil de décision est défini de manière que, dans le cas où le résultat du mesurage, y , dépasse le seuil de décision, y^* , la probabilité que la valeur vraie du mesurande soit nulle est inférieure ou égale à la probabilité choisie, α .

NOTE 2 Si le résultat, y , est inférieur au seuil de décision, y^* , le résultat ne peut pas être attribué à l'effet physique; néanmoins, il ne peut être conclu qu'il est absent.

3.7

limite de détection

plus petite valeur vraie du mesurande qui garantit une probabilité spécifiée qu'il soit détectable par la méthode de mesure

NOTE Avec le seuil de décision conforme à 3.6, la limite de détection est la plus petite valeur vraie du mesurande pour laquelle la probabilité de décider de façon erronée que la valeur vraie du mesurande est nulle est égale à une valeur spécifiée, β , quand, en réalité, la valeur vraie du mesurande n'est pas nulle.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-51f80135c73a/iso-11929-2010>

3.8

extrémités de l'intervalle de confiance

valeurs qui définissent un intervalle de confiance contenant la valeur vraie du mesurande avec une probabilité spécifiée

NOTE Un intervalle de confiance est parfois appelé intervalle crédible ou intervalle bayésien. Il est caractérisé dans la présente Norme internationale pour une probabilité spécifiée ($1 - \gamma$).

3.9

meilleur estimateur de la valeur vraie du mesurande

valeur attendue de la distribution des probabilités de la valeur vraie du mesurande, étant donné le résultat expérimental et toutes les informations obtenues préalablement à la réalisation du mesurage sur le mesurande

NOTE La meilleure estimation, parmi toutes les estimations possibles du mesurande sur la base des informations données, qui est associée à l'incertitude minimale.

3.10

valeur de référence

valeur qui correspond aux exigences scientifiques, juridiques ou autres qui est censée être évaluée par la procédure de mesure

NOTE 1 La valeur de référence peut être donnée, par exemple, comme une activité, une activité spécifique ou une concentration d'activité, une activité de surface ou un débit de dose.

NOTE 2 La comparaison de la limite de détection avec une valeur de référence permet de déterminer si la procédure de mesure satisfait ou non aux exigences énoncées par la valeur de référence et de garantir qu'elle est adaptée à l'objectif du mesurage prévu. La procédure de mesure satisfait à l'exigence si la limite de détection est inférieure à la valeur de référence.

3.11

bruit de fond

effet de mesurage provoqué par des rayonnements autres que ceux occasionnés par l'objet de mesurage lui-même

EXEMPLE Sources de radiation naturelles.

3.12

comptage net

contribution due aux rayonnements éventuels d'un objet soumis au mesurage (par exemple d'une source ou d'un champ de rayonnements) sur l'effet du mesurage

3.13

comptage brut

effet du mesurage provoqué par le bruit de fond et par le comptage net

3.14

facteur d'écran

facteur décrivant la réduction du taux de comptage du bruit de fond par l'effet d'écran provoqué par l'objet du mesurage

3.15

constante de temps de relaxation

durée pendant laquelle le signal de sortie d'un ictomètre à échelle linéaire diminue pour atteindre 1/e fois la valeur de départ après l'arrêt de la séquence des impulsions d'entrée

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

3.16

bruit de fond

(mesurage spectrométrique) nombre d'événements sans intérêt dans la région d'une raie considérée du spectre

ISO 11929:2010

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/510fea70-72d2-4246-a140-5180135c73a/iso-11929-2010>

NOTE Ces événements peuvent être dus au bruit de fond provoqué par les rayonnements environnementaux et à l'échantillon lui-même (par exemple à partir d'autres raies).

4 Grandeurs et symboles

Les symboles des grandeurs auxiliaires et les symboles utilisés uniquement dans les annexes ne sont pas répertoriés. Les grandeurs physiques sont désignées par des lettres majuscules mais doivent être soigneusement distinguées de leurs valeurs, désignées par les lettres minuscules correspondantes. Voir C.5.1 et F.2.1 pour les grandeurs et symboles spéciaux relatifs à la déconvolution dans les mesurages spectrométriques et aux méthodes statistiques bayésiennes.

- m nombre de grandeurs d'entrée
- X_i grandeur d'entrée ($i = 1, \dots, m$)
- x_i estimateur de la grandeur d'entrée X_i
- $u(x_i)$ incertitude-type de la grandeur d'entrée X_i associée à l'estimateur x_i
- $h_1(x_1)$ incertitude-type $u(x_1)$, fonction de l'estimateur x_1
- Δx_i largeur de la région des valeurs possibles de la grandeur d'entrée X_i
- $u_{rel}(w)$ incertitude-type relative de la grandeur d'entrée Y_k associée à l'estimateur w
- G fonction du modèle

Y	variable aléatoire, estimateur du mesurande; également utilisé comme symbole du mesurande non négatif lui-même, qui quantifie le phénomène physique d'intérêt
\tilde{y}	valeur vraie du mesurande, si l'effet physique d'intérêt n'est pas présent, alors $\tilde{y} = 0$, sinon $\tilde{y} > 0$
y	valeur déterminée de l'estimateur Y , estimateur du mesurande, résultat du mesurage primaire du mesurande
y_j	valeurs y obtenues à partir de différents mesurages ($j = 0, 1, 2, \dots$)
$u(y)$	incertitude-type du mesurande associé au résultat du mesurage primaire y
$\tilde{u}(\tilde{y})$	incertitude-type de l'estimateur Y , fonction de la valeur vraie \tilde{y} du mesurande
\hat{y}	meilleur estimateur du mesurande
$u(\hat{y})$	incertitude-type du mesurande associé au meilleur estimateur \hat{y}
y^*	seuil de décision du mesurande
$y^\#$	limite de détection du mesurande
\tilde{y}_i	approximations de la limite de détection $y^\#$
y_r	valeur de référence du mesurande
$y^<, y^>$	limite basse et haute, respectivement, de l'intervalle de confiance du mesurande
ρ_i	taux de comptage comme grandeur d'entrée X_i
ρ_n	taux de comptage net
ρ_g	taux de comptage brut
ρ_0	taux de comptage du bruit de fond
n_i	nombre d'impulsions sommées obtenues à partir du mesurage du taux de comptage ρ_i
n_g, n_0	nombre d'impulsions sommées du comptage brut et du comptage du bruit de fond, respectivement
t_i	durée du mesurage du taux de comptage ρ_i
t_g, t_0	durée du mesurage de l'effet brut et de l'effet du bruit de fond, respectivement
r_i	estimateur du taux de comptage ρ_i
r_g, r_0	estimateur du taux de comptage brut et du taux de comptage du bruit de fond, respectivement
τ_g, τ_0	constante de temps de relaxation d'un ictomètre utilisé pour le mesurage du taux de comptage brut et du taux de comptage du bruit de fond, respectivement
α, β	probabilités de l'erreur de première et de deuxième espèces, respectivement
$1 - \gamma$	probabilité relative à l'intervalle de confiance du mesurande
k_p, k_q	quantiles d'une distribution normale type pour les probabilités p et q , respectivement (par exemple $p = 1 - \alpha$, $1 - \beta$ ou $1 - \gamma/2$)
$\Phi(t)$	fonction de distribution de la distribution normale type; $\Phi(k_p) = p$ s'applique

5 Principes essentiels

5.1 Aspects généraux concernant le mesurande

Un mesurande non négatif doit être attribué à l'effet physique à étudier pour un mesurage donné. Le mesurande doit quantifier l'effet. On considère que la valeur vraie est $\tilde{y} = 0$, si l'effet n'est pas présent dans un cas particulier.

Soit une variable aléatoire Y , un estimateur est attribué au mesurande. Le symbole Y est également utilisé ci-après pour le mesurande lui-même. La valeur y de l'estimateur Y , déterminée à partir de mesurages, est une estimation du mesurande. Elle doit être calculée comme résultat du mesurage primaire, avec l'incertitude-type primaire, $u(y)$, du mesurande associé à y . Ces deux valeurs forment le résultat complet du mesurage primaire du mesurande et sont obtenues conformément au Guide ISO/CEI 98-3 (voir également les Références [1, 2]) par l'évaluation des données de mesurage ou d'autres informations obtenues au moyen d'un modèle (d'évaluation) reliant mathématiquement toutes les grandeurs concernées (voir 5.2). En général, le fait que le mesurande soit non négatif n'est pas explicitement pris en compte dans l'évaluation. Par conséquent, y peut être négatif, surtout lorsque le mesurande s'approche de la valeur vraie $\tilde{y} = 0$. Le résultat de mesure primaire, y , diffère de la meilleure estimation, \hat{y} , du mesurande, calculée en 6.5. Avec \hat{y} , le fait que le mesurande ne puisse être négatif est pris en compte. L'incertitude-type, $u(\hat{y})$, associée à \hat{y} est inférieure à $u(y)$.

5.2 Modèle

5.2.1 Modèle général

Dans de nombreux cas, le mesurande, Y , est fonction de plusieurs grandeurs d'entrée, X_i , selon l'Équation (1):

$$Y = G(X_1, \dots, X_m) \quad (1)$$

L'Équation (1) est le modèle d'évaluation. En substituant les estimateurs, x_i , aux grandeurs d'entrée, X_i , dans la fonction modèle, G , l'Équation (1) devient le résultat de mesurage primaire, y , du mesurande:

$$y = G(x_1, \dots, x_m) \quad (2)$$

L'incertitude-type, $u(y)$, du mesurande associée au résultat du mesurage primaire, y , est calculée selon l'Équation (3) si les grandeurs d'entrée, X_i , sont mesurées de manière indépendante et si les incertitudes-types, $u(x_i)$, associées aux estimateurs, x_i , sont données:

$$u^2(y) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{\partial G}{\partial X_i} \right)^2 u^2(x_i) \quad (3)$$

Dans l'Équation (3), les estimateurs, x_i , doivent être remplacés par les grandeurs d'entrée, X_i , dans les dérivées partielles de G . La détermination des estimateurs, x_i , et des incertitudes-types associées, $u(x_i)$, ainsi que la détermination numérique ou expérimentale des dérivées partielles, s'appuient sur le Guide ISO/CEI 98-3 ou les Références [1, 2]. Pour un taux de comptage, $X_i = \rho_i$, avec le résultat de comptage donné, n_i , enregistré pendant une durée de mesurage, t_i , les spécifications, $x_i = r_i = n_i/t_i$ et $u^2(x_i) = n_i/t_i^2 = r_i/t_i$, s'appliquent (voir également F.1). Lorsque les grandeurs d'entrée ne sont pas mesurées de manière indépendante et pour des évaluations de mesure plus complexes telles que la déconvolution, voir C.5.2.

En 5.2.2, la grandeur d'entrée, X_1 , par exemple le taux de comptage brut, est considérée comme une grandeur dont la valeur, x_i , n'est pas donnée lorsqu'une valeur vraie, \tilde{y} , du mesurande, Y , est spécifiée dans le cadre du calcul du seuil de décision et de la limite de détection. De façon analogue, la grandeur d'entrée, X_2 , est attribuée de manière appropriée à l'effet du bruit de fond. Les données relatives aux autres grandeurs d'entrée sont considérées comme étant des données obtenues à partir de recherches antérieures menées de manière indépendante.

5.2.2 Modèle de mesurage des rayonnements ionisants

Dans la présente Norme internationale, le mesurande, Y , de valeur vraie, \hat{y} , caractéristique d'un échantillon de matériaux radioactifs doit être déterminé à partir du comptage de l'effet brut et du comptage de l'effet du bruit de fond obtenus avec une présélection du temps ou du nombre d'impulsions. En particulier, Y peut être le taux de comptage net, ρ_n , ou l'activité nette, A , de l'échantillon. Les symboles relatifs au comptage de l'effet brut et de l'effet du bruit de fond sont indiqués ci-après respectivement par les indices g et 0 .

Dans la présente Norme internationale, le modèle est spécifié comme suit:

$$Y = G(X_1, \dots, X_m) = (X_1 - X_2 X_3 - X_4) \cdot \frac{X_6 X_8 \dots}{X_5 X_7 \dots} = (X_1 - X_2 X_3 - X_4) \cdot W \quad (4)$$

avec

$$W = \frac{X_6 X_8 \dots}{X_5 X_7 \dots} \quad (5)$$

$X_1 = \rho_g$ est le taux de comptage brut et $X_2 = \rho_0$ est le taux de comptage du bruit de fond. Les autres grandeurs d'entrée X_i sont l'étalonnage, les grandeurs de correction ou d'influence, ou les facteurs de conversion, par exemple la probabilité d'émission ou de réponse ou, en particulier, X_3 est un facteur de protection et X_4 une grandeur supplémentaire de correction du bruit de fond. Si certaines grandeurs d'entrée ne sont pas concernées, alors $x_i = 1$ ($i = 3; i > 4$), $x_4 = 0$ et $u(x_i) = 0$ seront fixés. Pour les taux de comptage, $x_1 = r_g = n_g/t_g$ et $u^2(x_1) = n_g/t_g^2 = r_g/t_g$ ainsi que $x_2 = r_0 = n_0/t_0$ et $u^2(x_2) = n_0/t_0^2 = r_0/t_0$ s'appliquent.

(standards.iteh.ai)

En introduisant les estimateurs, x_i , dans l'Équation (4), l'estimation primaire, y , du mesurande, Y , donne le résultat suivant:

$$y = G(x_1, \dots, x_m) = (x_1 - x_2 x_3 - x_4) \cdot w = \left(r_g - r_0 x_3 - x_4 \right) \cdot w = \left(\frac{n_g}{t_g} - \frac{n_0}{t_0} x_3 - x_4 \right) \cdot w \quad (6)$$

avec

$$w = \frac{x_6 x_8 \dots}{x_5 x_7 \dots} \quad (7)$$

Avec les dérivées partielles:

$$\frac{\partial G}{\partial X_1} = W; \quad \frac{\partial G}{\partial X_2} = -X_3 W; \quad \frac{\partial G}{\partial X_3} = -X_2 W; \quad \frac{\partial G}{\partial X_4} = -W; \quad \frac{\partial G}{\partial X_i} = \pm \frac{Y}{X_i} \quad (i \geq 5), \quad (8)$$

et, en introduisant les estimateurs, x_i , w et y , l'Équation (3) conduit à l'incertitude-type $u(y)$ du mesurande associé à y :

$$u(y) = \sqrt{w^2 \cdot [u^2(x_1) + x_3^2 u^2(x_2) + x_2^2 u^2(x_3) + u^2(x_4)] + y^2 u_{\text{rel}}^2(w)} \\ = \sqrt{w^2 \cdot [r_g/t_g + x_3^2 r_0/t_0 + r_0^2 u^2(x_3) + u^2(x_4)] + y^2 u_{\text{rel}}^2(w)} \quad (9)$$

où

$$u_{\text{rel}}^2(w) = \sum_{i=5}^m \frac{u^2(x_i)}{x_i^2} \quad (10)$$

qui est la somme des carrés des incertitudes-types relatives des grandeurs X_5 à X_m . Pour $m < 5$, les valeurs $w = 1$ et $u_{\text{rel}}^2(w) = 0$ s'appliquent.

L'estimateur, x_i , et l'incertitude-type, $u(x_i)$, de X_i ($i = 3, \dots, m$) sont considérés comme connus grâce aux recherches antérieures ou comme des valeurs fondées sur l'expérience provenant d'autres informations: x_i peut être déterminé comme une valeur arithmétique moyenne et $u^2(x_i)$ comme une variance empirique (voir B.4.1). Si nécessaire, $u^2(x_i)$ peut également être calculé comme la variance d'une distribution rectangulaire des valeurs possibles de X_i d'étendue Δx_i . Cela conduit à $u^2(x_i) = (\Delta x_i)^2 / 12$.

Pour l'application de la méthode à des mesurages particuliers, y compris les mesures spectrométriques, voir les Annexes B et C.

5.3 Calcul de l'incertitude-type comme fonction du mesurande

5.3.1 Aspects généraux

Pour la mise en place et le calcul numérique du seuil de décision, en 6.2, et de la limite de détection, en 6.3, l'incertitude-type du mesurande est nécessaire en tant que fonction $\tilde{u}(\tilde{y})$ de la valeur vraie, $\tilde{y} \geq 0$, du mesurande. Cette fonction doit être déterminée de la même manière que $u(y)$ dans le cadre de l'évaluation des mesurages conformément au Guide ISO/CEI 98-3; voir également les Références [1, 2]. Dans la plupart des cas, $\tilde{u}(\tilde{y})$ doit être construite comme une racine carrée positive de la fonction de variance, $\tilde{u}^2(\tilde{y})$, calculée préalablement. Cette fonction doit être définie, unique et continue pour tous $\tilde{y} \geq 0$ et ne doit pas adopter de valeurs négatives.

Dans la plupart des cas, $\tilde{u}(\tilde{y})$ peut être spécifié de manière explicite, à condition que $u(x_1)$ soit donné comme fonction $h_1(x_1)$ de x_1 . Dans de tels cas, y doit être formellement remplacé par \tilde{y} et l'Équation (2) doit être résolue pour x_1 . Avec un \tilde{y} spécifié, la valeur x_1 peut également être calculée de manière numérique à partir de l'Équation (2); par exemple, grâce à une méthode d'itération, par laquelle on obtient x_1 comme fonction de \tilde{y} et x_2, \dots, x_m . Cette fonction doit remplacer x_1 dans l'Équation (3) et dans $u(x_1) = h_1(x_1)$, qui donne finalement $\tilde{u}(\tilde{y})$ et non $u(y)$. Dans le cas du modèle donné par l'Équation (6) et en 5.3.2, il est nécessaire de procéder de cette manière. Sinon, 5.3.3 doit être appliqué, où $\tilde{u}(\tilde{y})$ suit une approximation par interpolation à partir des données, y_i et $u(y_i)$, de plusieurs mesurages.

5.3.2 Calcul explicite

Lorsque, dans le cas du modèle donné par l'Équation (6), l'incertitude-type, $u(x_1)$, du taux de comptage brut, $X_1 = \rho_g$, est donnée comme fonction $h_1(x_1)$ de l'estimateur, $x_1 = r_g$, alors $h_1(x_1) = \sqrt{x_1/t_g}$ ou $h_1(x_1) = x_1/\sqrt{n_g}$ s'applique, si la durée de mesurage, t_g (présélection du temps), ou, respectivement, le nombre d'impulsions enregistrées, n_g (présélection du nombre d'impulsions), sont spécifiés.

La valeur y doit être formellement remplacée par \tilde{y} . Cela permet d'éliminer x_1 dans le cas général, n_g en mode présélection de temps, et t_g en mode présélection du nombre d'impulsions, dans l'Équation (9) en utilisant l'Équation (6). Ces valeurs ne sont pas disponibles lorsque \tilde{y} est spécifié. Selon l'Équation (6), cela donne, dans le cas général:

$$x_1 = \tilde{y}/w + x_2x_3 + x_4 \tag{11}$$

En remplaçant x_1 selon l'Équation (11) dans la fonction donnée, $h_1(x_1)$, c'est-à-dire avec $u^2(x_1) = h_1^2(\tilde{y}/w + x_2x_3 + x_4)$, on obtient, à partir de l'Équation (9), l'équation suivante:

$$\tilde{u}(\tilde{y}) = \sqrt{w^2 \cdot [h_1^2(\tilde{y}/w + x_2x_3 + x_4) + x_3^2u^2(x_2) + x_2^2u^2(x_3) + u^2(x_4)] + \tilde{y}^2u_{\text{rel}}^2(w)} \tag{12}$$

Avec une présélection de temps et parce que $x_1 = n_g/t_g$ et $x_2 = r_0$,

$$n_g = t_g \cdot (\tilde{y}/w + r_0 x_3 + x_4) \tag{13}$$

est obtenu à partir de l'Équation (11). Puis, avec $h_1^2(x_1) = x_1/t_g = n_g/t_g^2$ et en remplaçant n_g selon l'Équation (13) et avec $u^2(x_2) = r_0/t_0$, l'Équation (12) conduit à

$$\tilde{u}(\tilde{y}) = \sqrt{w^2 \cdot \left[(\tilde{y}/w + r_0 x_3 + x_4)/t_g + x_3^2 r_0^2/t_0 + r_0^2 u^2(x_3) + u^2(x_4) \right] + \tilde{y}^2 u_{rel}^2(w)} \tag{14}$$

Avec une présélection du nombre d'impulsions,

$$t_g = \frac{n_g}{\tilde{y}/w + r_0 x_3 + x_4} \tag{15}$$

est obtenu de manière analogue. Puis, avec $h_1^2(x_1) = x_1/t_g = n_g/t_g^2$ et en remplaçant t_g selon l'Équation (15) et avec $u^2(x_2) = r_0^2/n_0$, l'Équation (12) conduit à

$$\tilde{u}(\tilde{y}) = \sqrt{w^2 \cdot \left[(\tilde{y}/w + r_0 x_3 + x_4)^2/n_g + x_3^2 r_0^2/n_0 + r_0^2 u^2(x_3) + u^2(x_4) \right] + \tilde{y}^2 u_{rel}^2(w)} \tag{16}$$

L'Équation (22) a une solution, qui est la limite de détection, $y^\#$, si, avec une présélection de temps, la condition suivante est satisfaite:

$$k_{1-\beta} u_{rel}(w) < 1 \tag{17}$$

ou bien, avec une présélection du nombre d'impulsions, la condition suivante est satisfaite:

$$k_{1-\beta} \cdot \sqrt{\frac{1}{n_g} + u_{rel}^2(w)} < 1 \tag{18}$$

Dans le cas contraire, il se peut qu'aucune limite de détection n'existe à cause d'une incertitude trop importante des grandeurs X_5 à X_m , exprimée sommairement par $u_{rel}(w)$. Selon l'Équation (17) la condition s'applique également dans le cas de l'Équation (12) si $h_1(x_1)$ augmente pour x_1 croissant plus lentement que x_1 , c'est-à-dire si $h_1(x_1)/x_1 \rightarrow 0$ pour $x_1 \rightarrow \infty$.

5.3.3 Approximations

Il suffit souvent d'utiliser les approximations suivantes pour la fonction $\tilde{u}(\tilde{y})$, en particulier si l'incertitude-type, $u(x_1)$, n'est pas connue comme fonction $h_1(x_1)$. Une condition préalable est que les résultats de mesure, y_j , et les incertitudes-types associées, $u(y_j)$, calculées selon 5.1 et 5.2, à partir de précédents mesurages du même type, doivent déjà être disponibles ($j = 0, 1, 2, \dots$). Les mesurages doivent être effectués sur différents échantillons d'activités différentes mais, à d'autres égards, dans des conditions, autant que possible, identiques. Un des mesurages peut être un mesurage de l'effet du bruit de fond ou d'un mesurage du blanc avec $\tilde{y} = 0$ et, par exemple, $j = 0$. Puis, $y_0 = 0$ doit être déterminé et $\tilde{u}(0) = u(y_0)$. Le mesurage en cours de réalisation peut être pris comme un mesurage supplémentaire avec $j = 1$.

La fonction $\tilde{u}(\tilde{y})$ présente souvent une croissance plutôt lente. Par conséquent, l'approximation $\tilde{u}(\tilde{y}) = u(y_1)$ suffit dans certains de ces cas, surtout si le résultat de mesure primaire, y_1 , du mesurande n'est pas beaucoup plus grand que l'incertitude-type associée, $u(y_1)$.

Si seules $\tilde{u}(0) = u(y_0)$, $y_1 > 0$ et $u(y_1)$ sont connues, alors l'interpolation linéaire suivante suffit souvent:

$$\tilde{u}^2(\tilde{y}) = \tilde{u}^2(0)(1 - \tilde{y}/y_1) + u^2(y_1)\tilde{y}/y_1 \tag{19}$$