
**Détermination de la limite de détection et
du seuil de décision des mesurages de
rayonnements ionisants —**

Partie 8:

**Principes fondamentaux et leur
application à la déconvolution des
spectres des mesurages de
rayonnements ionisants négligeant
l'influence de la préparation d'un
échantillon**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883b59a6-4ad8-4038-980b-9f2f062ab361/iso-11929-8-2005>

*Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing
radiation measurements —*

*Part 8: Fundamentals and application to unfolding of spectrometric
measurements without the influence of sample treatment*



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 11929-8:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883b59a6-4ad8-4038-980b-9f2f062ab361/iso-11929-8-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883b59a6-4ad8-4038-980b-9f2f062ab361/iso-11929-8-2005>

© ISO 2005

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	1
3 Termes et définitions	1
4 Quantités et symboles	3
5 Valeurs statistiques et intervalle de confiance	5
5.1 Principes	5
5.1.1 Généralités	5
5.1.2 Modèle	6
5.2 Seuil de décision	7
5.3 Limite de détection	8
5.4 Limites de confiance	8
6 Application de la présente partie de l'ISO 11929	9
6.1 Valeurs spécifiques	9
6.2 Évaluation d'une méthode de mesure	9
6.3 Évaluation des résultats de mesure	9
6.4 Documentation	9
7 Valeurs de la fonction de distribution de la distribution normale standard	10
Annexe A (informative) Exemple d'application de la présente partie de l'ISO 11929	12
Bibliographie	21

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 11929-8 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

L'ISO 11929 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Détermination de la limite de détection et du seuil de décision des mesurages de rayonnements ionisants*:

- *Partie 1: Principes fondamentaux et application aux mesurages par comptage, sans l'influence du traitement de l'échantillon*
- *Partie 2: Principes fondamentaux et application aux mesurages par comptage, avec l'influence du traitement d'échantillon*
- *Partie 3: Principes fondamentaux et application aux mesurages par comptage, par spectrométrie gamma haute résolution, sans l'influence du traitement d'échantillon*
- *Partie 4: Principes fondamentaux et leur application aux mesurages réalisés à l'aide d'ictomètres analogiques à échelle linéaire, sans l'influence du traitement d'échantillon*
- *Partie 5: Principes fondamentaux et leurs applications aux mesurages par comptage réalisés sur filtre lors d'une accumulation de radioactivité*
- *Partie 6: Principes fondamentaux et leurs applications aux mesurages réalisés en mode transitoire*
- *Partie 7: Principes fondamentaux et leurs applications générales*
- *Partie 8: Principes fondamentaux et leur application à la déconvolution des spectres des mesurages de rayonnements ionisants négligeant l'influence de la préparation d'un échantillon*

Introduction

L'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 traitent des mesurages par comptages intégrés avec et sans considération du traitement de l'échantillon. Les mesurages par spectrométrie à haute résolution qui peuvent être évalués sans déconvolution dans l'ISO 11929-3, alors que l'ISO 11929-8 traite des évaluations par déconvolution. L'ISO 11929-4 traite des mesurages utilisant des icromètres à échelle linéaire et l'ISO 11929-5 est appliquée à la surveillance de la concentration en aérosols lors des rejets de gaz, d'air ou d'effluents liquides.

Les précédentes parties 1 à 4 ont été élaborées pour des mesurages spécifiques de rayonnements nucléaires basés sur les principes définis par Altschuler et Pasternack [1], Nicholson [2], Currie [3]. L'ISO 11929-7 donne une approche statistique Bayésienne générale pour la détermination des seuils de décision, de la limite de détection et des limites de confiance en distinguant la détermination de ces quantités caractéristiques de l'évaluation du mesurage. En conséquence, l'ISO 11929-7 est de manière générale applicable et peut être transposée à toute procédure adaptée d'évaluation de mesure. Les parties 5, 6 et 7 ainsi que la présente partie de l'ISO 11929 sont basées sur les méthodes statistiques Bayésiennes (voir [5] dans la Bibliographie) pour la détermination des limites caractéristiques (voir [6] et [7] dans la Bibliographie) et de même pour la déconvolution (voir [8] dans la Bibliographie).

La présente partie de l'ISO 11929 utilise l'approche générale de l'ISO 11929-7 et décrit de manière explicite les procédures nécessaires à la détermination des seuils de décision, des limites de détection et des limites de confiance des quantités physiques qui sont dérivées de l'évaluation des mesurages par spectrométrie nucléaire en utilisant des techniques de déconvolution sans tenir compte de l'influence du traitement de l'échantillon (voir [4] dans la Bibliographie). De telles quantités existent de plusieurs manières, par exemple la surface nette d'une raie en spectrométrie gamma ou alpha.

Comme l'incertitude de mesure joue un rôle fondamental dans la présente partie de l'ISO 11929, l'évaluation des mesures et la détermination des incertitudes associées doivent être réalisées conformément au Guide ISO pour l'expression de l'incertitude de mesure.

À cet effet, les méthodes statistiques Bayésiennes sont utilisées afin de spécifier les valeurs statistiques suivantes caractérisées par des probabilités d'erreurs données:

- Le *seuil de décision*, qui permet de prendre une décision pour un mesurage, avec une probabilité d'erreur donnée de décider que le résultat de mesurage indique la présence d'un effet physique quantifié par le mesurande.
- La *limite de détection*, qui spécifie la valeur minimale du mesurande qui peut être détectée avec une probabilité d'erreur donnée lors de l'utilisation de la procédure de mesurage en question. Par conséquent cela permet, au moyen de la présente partie de l'ISO 11929, de décider si une méthode de mesure satisfait à certaines exigences et est par conséquent adaptée à l'objectif fixé du mesurage.
- Les *limites de l'intervalle de confiance*, définissant un intervalle contenant la vraie valeur du mesurande avec une probabilité donnée dans le cas où le résultat de mesurage dépasserait le seuil de décision.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11929-8:2005

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883b59a6-4ad8-4038-980b-9f2f062ab361/iso-11929-8-2005>

Détermination de la limite de détection et du seuil de décision des mesurages de rayonnements ionisants —

Partie 8:

Principes fondamentaux et leur application à la déconvolution des spectres des mesurages de rayonnements ionisants négligeant l'influence de la préparation d'un échantillon

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11929 spécifie une méthode pour la détermination des valeurs statistiques adaptées permettant une évaluation des capacités de détection des mesurages spectrométriques des rayonnements ionisants ainsi que du phénomène physique quantifié par le mesurande (par exemple la surface nette d'une raie d'un spectre alpha ou gamma) qui est déterminé par évaluation d'un spectre multicanaux par des méthodes de déconvolution. Dans ce but, on utilise des méthodes statistiques Bayésiennes pour définir les limites caractéristiques.

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 11929-3:2005, *Détermination de la limite de détection et du seuil de décision des mesurages de rayonnements ionisants — Partie 3: Principes fondamentaux et application aux mesurages par comptage, par spectrométrie gamma haute résolution, sans l'influence du traitement d'échantillon*

ISO 11929-7:2005, *Détermination de la limite de détection et du seuil de décision des mesurages de rayonnements ionisants — Partie 7: Principes fondamentaux et leurs applications générales*

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, BIPM/CEI/FICC/ISO/OIML/UICPA/UIPPA, Genève, 1995

Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie, BIPM/CEI/FICC/ISO/OIML/UICPA/UIPPA, Genève, 1993

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

méthode de mesure

toute séquence logique d'opérations décrites génériquement, utilisées lors de l'accomplissement des mesurages

NOTE Adapté du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie:1993.

3.2
mesurande

grandeur particulière soumise à mesurage

NOTE 1 Adapté du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie:1993.

NOTE 2 Dans la présente partie de l'ISO 11929, un mesurande prend une quantité non négative et quantifie un effet de rayonnement nucléaire. L'effet n'est pas présent si la valeur du mesurande est égale à zéro. La caractéristique de la présente partie de l'ISO 11929 est que le mesurande dérive d'un spectre multicanaux par des méthodes de déconvolution. Un exemple de mesurande est l'intensité de la raie d'un spectre au dessus du bruit de fond lors de mesurages spectroscopiques.

3.3
incertitude (de mesure)

paramètre associé au résultat de mesure qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent être raisonnablement attribuées au mesurande

NOTE 1 Adapté du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure:1995.

NOTE 2 L'incertitude de mesure selon le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure comprend en général plusieurs composantes. Certaines de ces composantes peuvent être évaluées d'après les distributions statistiques des résultats issus de séries de mesures et peuvent être caractérisées par des déviations standards expérimentales. Les autres composantes, qui peuvent aussi être caractérisées par des déviations standards, sont évaluées d'après des distributions de probabilités supposées ou connues, basées sur l'expérience et sur d'autres informations.

3.4
modèle mathématique d'évaluation

un ensemble de relations mathématiques entre toutes les quantités mesurées et les autres qui sont impliquées dans l'évaluation de la mesure (standards.iteh.ai)

3.5
quantité de décision

variable aléatoire permettant de décider si le phénomène physique mesuré est présent ou non

3.6
seuil de décision

valeur fixée de la quantité de décision telle que, quand le résultat de mesure d'un mesurande quantifiant le phénomène physique lui est supérieur, on décide que le phénomène physique est présent

NOTE Le seuil de décision est la valeur critique d'un test statistique pour décider entre l'hypothèse que le phénomène physique n'est pas présent et l'hypothèse alternative qu'il est présent. Quand le résultat de mesure dépasse cette valeur critique, cela indique que l'hypothèse devrait être rejetée. Ce test statistique sera tel que la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse (erreur de première espèce) est égale à une valeur donnée α .

3.7
limite de détection

la plus petite vraie valeur du mesurande qui est détectable par la méthode de mesure

NOTE La limite de détection est la plus petite valeur du mesurande qui est associée au test statistique et aux hypothèses de 3.6. Elle a les caractéristiques suivantes: si en réalité la vraie valeur est égale ou est supérieure à la limite de détection, la probabilité de ne pas rejeter à tort l'hypothèse (erreur de deuxième espèce) sera au plus égale à une valeur donnée β .

3.8
limites de confiance

valeurs qui définissent les intervalles de confiance à spécifier pour le mesurande en question, qui, si le résultat est supérieur au seuil de décision, comprend la vraie valeur du mesurande pour une probabilité donnée $(1 - \gamma)$

3.9**valeur de référence**

valeur qui correspond aux exigences scientifiques, légales ou autres dont la procédure de mesure est destinée à évaluer

EXEMPLE Une activité, une activité spécifique ou une concentration d'activité, une activité surfacique, ou un débit de dose.

4 Quantités et symboles

$\hat{\xi}$	Variable aléatoire, estimateur d'un mesurande non négatif quantifiant un phénomène physique
ξ	Vraie valeur de l'estimateur $\hat{\xi}$ du mesurande non négatif quantifiant un phénomène physique; vraie valeur du mesurande
$\tilde{u}(\xi)$	Incertitude standard de la quantité de décision X comme fonction de la vraie valeur ξ du mesurande
X	Variable aléatoire comme quantité de décision; estimateur du mesurande quantifiant un phénomène physique correspondant à une quantité de sortie
x	Résultat de mesure de la quantité de décision X
$u(x)$	Incertitude standard du mesurande associée au résultat de mesure x
z	Meilleure estimation du mesurande
$u(z)$	Incertitude standard du mesurande associée à la meilleure estimation z
x^*	Seuil de décision du mesurande ISO 11929-8:2005
ξ^*	Limite de détection du mesurande
ξ_l, ξ_u	Respectivement la limite basse et haute de l'intervalle de confiance du mesurande
i	Numéro de canal d'un spectre multicanaux obtenu lors d'un mesurage par spectrométrie; ($i = 1, \dots, m$)
ϑ	Paramètre continu (par exemple énergie ou temps) relatif aux différents canaux dans un spectre multicanaux
ϑ_i	Valeur de ϑ correspondant au canal i ; ($i = 1, \dots, m$)
t	Durée de mesurage
m	Nombre de canaux dans un spectre
N_i	Variable aléatoire indépendante d'une distribution de Poisson d'événements comptés dans un canal i durant le mesurage de durée t ; ($i = 1, \dots, m$)
n_i	Nombre d'événements comptés dans un canal i durant la durée de mesurage t ; ($i = 1, \dots, m$)
X_i	Variable aléatoire indépendante du taux d'événements comptés dans un canal i pendant un temps de mesurage t , quantités d'entrée de l'évaluation; $X_i = N_i/t$; ($i = 1, \dots, m$)
X	Matrice colonne des X_i
x_i	Taux d'événements comptés dans un canal i pendant un temps de mesurage t ; $x_i = n_i/t$; ($i = 1, \dots, m$)

ISO 11929-8:2005(F)

x	Matrice colonne des x_i
x'	Matrice colonne $x' = Ay'$
$u(x_i, x_j)$	Covariance associée à x_i et x_j
Y_k	Quantité de sortie Y_k dérivée du spectre multicanal par méthodes de déconvolution; $k = 1, \dots, n$
Y	Matrice colonne des Y_k
y_k	Estimation d'une quantité de sortie (paramètre), paramètre Y_k ; ($k = 1, \dots, n$)
$u(y_k)$	Incertitude standard de y associée à y_k
y'	Matrice colonne y après remplacement des y_1 par ξ
$H(\vartheta_i)$	Fonction représentant la densité spectrale à ϑ_i d'un spectre multicanal; $H(\vartheta_i) = \sum_{k=1}^n \Psi_k(\vartheta_i) \cdot Y_k$
p	Nombre de quantités d'entrée t_i qui ne s'ajustent pas
$\Psi_k(\vartheta)$	Fonction décrivant l'allure d'une raie individuelle et de la contribution des bruits de fond; ($k = 1, \dots, n$)
n	Nombre de quantités de sortie
v	Matrice colonne des quantités de d'entrée; $v = (x_1, \dots, x_m, t_1, \dots, t_p)$
t_i	Quantités d'entrée qui ne s'ajustent pas
$M(Y)$	Matrice colonne des $H(\vartheta_i)$
A	Matrice réponse du spectromètre
A_{ik}	Éléments de la matrice réponse A
U_x	Matrice incertitude de X
U_y	Matrice incertitude de Y
G_k	Fonction des quantités d'entrée X_i , ($i = 1, \dots, m$)
G	Matrice colonne des G_k
α	Probabilité d'erreur de première espèce; la probabilité de rejeter l'hypothèse si elle est vraie
β	Probabilité d'erreur de deuxième espèce; la probabilité d'accepter l'hypothèse si elle est fautive
$1 - \gamma$	Probabilité attribuée à l'intervalle de confiance du mesurande; probabilité que la vraie valeur du mesurande soit comprise dans cet intervalle de confiance
k_p	Quantiles d'une distribution normale standard pour une probabilité p (voir Table 1); $p = 1 - \alpha, 1 - \beta, 1 - \gamma$
E	Opérateur pour la formation de l'espérance de la variable aléatoire
Var	Opérateur pour la formation de la variance de la variable aléatoire
$diag$	Indicateur d'une matrice diagonale

5 Valeurs statistiques et intervalle de confiance

5.1 Principes

5.1.1 Généralités

Pour une tâche particulière mettant en jeu des mesures de rayonnements nucléaires, le phénomène physique particulier qui est l'objectif de la mesure doit être décrit en premier. Puis, un mesurande non négatif qui quantifie le phénomène physique doit être défini, en supposant la valeur zéro, dans un cas réel, si le phénomène n'est pas présent.

Une variable aléatoire appelée quantité de décision X doit être attribuée au mesurande. C'est aussi un estimateur du mesurande. Il faut que l'espérance EX de la quantité de décision X soit égale à la valeur vraie du mesurande. Une valeur x , de l'estimateur X , provenant des mesurages est une estimation primaire du mesurande. L'estimation primaire x du mesurande et son incertitude standard associée $u(x)$ doit être calculée comme un résultat primaire complet du mesurage, selon le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, par l'évaluation des quantités mesurées et d'autres informations utilisant un modèle mathématique de l'évaluation qui tient compte de toutes quantités pertinentes. Généralement, on ne tient pas compte du fait que le mesurande est non négatif. Alors, x peut prendre des valeurs négatives, en particulier si la vraie valeur du mesurande est proche de zéro.

NOTE Le modèle d'évaluation de la mesure n'a pas nécessairement besoin d'être donné sous la forme de formules mathématiques explicites. Il peut aussi être représenté par un algorithme ou un code de calcul (voir l'Équation 2).

Pour la détermination du seuil de décision et de la limite de détection, l'incertitude standard de la quantité de décision doit être calculée, si possible, comme une fonction $\tilde{u}(\xi)$ de la vraie valeur ξ du mesurande. Quand ce n'est pas possible, des solutions approximatives sont décrites plus bas. ξ est la valeur d'un autre estimateur non négatif du mesurande. L'estimateur ξ , par contraste avec X , utilise le fait que le mesurande est non négatif. Les limites de l'intervalle de confiance à déterminer se rapportent à cet estimateur $\hat{\xi}$ (5.4). En outre les limites de l'intervalle de confiance, l'espérance $E\hat{\xi}$ de cet estimateur comme meilleure estimation z du mesurande et de la déviation standard $[\text{Var}(\hat{\xi})]^{1/2}$ comme incertitude standard $u(z)$ associée à la meilleure estimation z du mesurande doivent être calculées (6.3).

Pour un calcul numérique du seuil de décision et de la limite de détection, on a besoin de la fonction $\tilde{u}(\xi)$ qui est l'incertitude standard associée à la quantité de décision X comme fonction de la vraie valeur ξ du mesurande. Cette fonction, généralement, doit être déterminée par l'utilisateur de la présente partie de l'ISO 11929 au cours de l'évaluation de la mesure conformément au Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure. Pour les exemples voir l'Annexe A. Souvent, cette fonction croît lentement. Il est alors justifié dans de nombreux cas d'utiliser l'approximation $\tilde{u}(\xi) = u(x)$. Cela s'applique en particulier si l'estimation primaire x du mesurande n'est pas plus grande que son incertitude standard $u(x)$ associée à x . Si la valeur x est calculée en tant que différence (phénomène net) de deux valeurs approximativement égales y_1 et y_0 obtenues par des mesures indépendantes, soit $x = y_1 - y_0$, on obtient $\tilde{u}^2(0) = u^2(y_1) + u^2(y_0)$ avec les incertitudes standards $u(y_1)$ et $u(y_0)$ associées, respectivement, à y_1 et y_0 .

Si seules $\tilde{u}^2(0)$ et $u(x)$ sont connues, une approximation par interpolation est souvent suffisante pour $x > 0$ selon:

$$\tilde{u}^2(\xi) = \tilde{u}^2(0) \cdot (1 - \xi/x) + u^2(x) \cdot \xi/x \quad (1)$$

NOTE Dans beaucoup de cas $\tilde{u}^2(\xi)$ est une fonction linéaire lentement croissante de ξ . Cela justifie les approximations mentionnées au dessus, en particulier l'interpolation linéaire de $\tilde{u}^2(\xi)$ au lieu de $\tilde{u}(\xi)$, elle-même.

Pour la mise en place d'un modèle mathématique d'évaluation de la mesure, on doit distinguer deux types de quantité physiques: les quantités d'entrée et de sortie. Les quantités de sortie Y_k ($k = 1, \dots, n$) sont vues comme étant des mesurandes (par exemple les paramètres d'une procédure de déconvolution ou d'ajustement) qui doivent être déterminées par l'évaluation de la mesure. La quantité de décision X en est une. Elles dépendent des quantités d'entrée X_i ($i = 1, \dots, m$) qui sont des quantités obtenues par des mesurages