
**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 11929-3:2000

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d055a83-2da2-4699-b07d-487633566cf8/iso-11929-3-2000>
*Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing
radiation measurements —*

*Part 3: Fundamentals and application to counting measurements with high
resolution gamma spectrometry, without the influence of sample treatment*



Sommaire	Page
Avant-propos.....	iii
Introduction.....	iv
1 Domaine d'application.....	1
2 Référence normative	1
3 Définitions	1
4 Symboles	3
5 Valeurs statistiques et intervalle de confiance.....	3
5.1 Principes	3
5.2 Seuil de décision.....	4
5.3 Limite de détection.....	4
5.4 Intervalle de confiance.....	5
6 Application de la présente partie de l'ISO 11929.....	5
6.1 Valeurs spécifiées.....	5
6.2 Identification des régions.....	5
6.3 Étendue du bruit de fond.....	6
6.4 Évaluation d'un mode protocole de mesure.....	6
6.5 Évaluation de résultats mesurés.....	6
6.6 Documentation.....	6
Annexe A (informative) Exemple d'application de la présente partie de l'ISO 11929.....	9
Bibliographie.....	10

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 11929-3:2000](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d055af83-2da2-4699-b07d-487655566c18/iso-11929-3-2000)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d055af83-2da2-4699-b07d-487655566c18/iso-11929-3-2000>

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.

La Norme internationale ISO 11929-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*, sous-comité 2, *Radioprotection*, groupe de travail GT 17 (précédemment GT 2), *Mesurages de la radioactivité*.

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 des rayonnements ionisants*:

- *Partie 1: Principes fondamentaux et application aux mesurages par comptage, sans l'influence du traitement d'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 de l'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*

L'annexe A de la présente partie de l'ISO 11929 est donnée uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente partie de l'ISO 11929 traite du domaine des mesurages des rayonnements ionisants pour lesquels les événements (notamment les impulsions) sont comptés par spectrométrie gamma haute résolution enregistrant une plage d'amplitudes d'impulsions (acquisition d'un spectre multi-canaux) par exemple sur les échantillons. Elle concerne exclusivement le caractère aléatoire de la désintégration radioactive et du comptage d'impulsions et ne tient pas compte des autres influences (par exemple, les influences résultant du traitement de l'échantillon, de son pesage, de son enrichissement ou de l'instabilité du dispositif de test). Elle suppose que la distance entre deux pics voisins des raies gamma ne doit pas être inférieure à quatre fois la résolution (largeur maximale de bande à mi-hauteur (FWHM)) d'un pic gamma et que le bruit de fond proche d'un pic gamma correspond presque à une ligne droite. Sinon, il convient d'utiliser l'ISO 11929-1 ou l'ISO 11929-2.

On suppose également que la durée du mesurage est courte par rapport à la demi-vie des radionucléides concernés et que l'influence du temps mort de l'instrument est négligeable. Quelles que soient les activités ou activités spécifiques à déterminer, on suppose que les facteurs de conversion des taux d'impulsions en activités ou en activités spécifiques (facteur d'étalonnage) ont été déterminés avec une précision telle que l'influence de leur incertitude de mesurage peut être ignorée.

Jusqu'à présent, l'ISO/TC 85/WG 2 s'est réuni à Berlin le 06.06.1989, à Genève le 24.01.1990, à Berlin le 11.06.1990, à Cadarache le 15.04.1991, à Petten (Pays-Bas) les 27/29.04.1992, à Rome les 19/20.04.1993, à Orlando les 10/11-10-1994 et à Albuquerque le 16.02.1996. Le projet a été approuvé comme FDIS à Vienne les 07/08.07.1997.

iTeh STANDARD PREVIEW

D'autres parties de l'ISO 11929 traitent des comptages qui prennent en compte le traitement de l'échantillon, des mesurages analogiques de taux d'impulsions et des problèmes spécifiques relatifs à l'application de la présente partie de l'ISO 11929 (par exemple dans le cas de mesurages entiers ou d'une surveillance continue des débits d'activité).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d055af83-2da2-4699-b07d-487633566cf8/iso-11929-3-2000>

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11929 définit des valeurs adaptées permettant une évaluation des capacités de détection des mesurages par spectrométrie gamma haute résolution des rayonnements ionisants, sans influence du traitement d'échantillon [1 à 11]. Dans ce but, des méthodes statistiques permettent de définir deux valeurs statistiques caractérisant des probabilités données d'erreur.

- Le seuil de décision, qui permet de décider pour chaque mesurage, avec une probabilité d'erreur donnée si les impulsions enregistrées dans une région d'intérêt du spectre comprennent ou non une contribution de l'échantillon (par exemple, un pic d'une raie gamma d'un nucléide donné).
- La limite de détection, qui spécifie la contribution minimale de l'échantillon pouvant être détectée, avec une probabilité d'erreur donnée, en utilisant le mode de mesurage en question. Elle permet donc de déterminer si une méthode de mesure telle que définie dans la présente partie de l'ISO 11929 satisfait certaines exigences et correspond à l'objectif fixé du mesurage.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de l'ISO 11929. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes des accords fondés sur la présente partie de l'ISO 11929 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

Guide BIPM/CEI/IFCC/ISO/IUPAC/IUPAP/OIML de l'expression de l'incertitude d'une mesure, Genève 1993.

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 11929, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

méthode de mesure

utilisation d'un détecteur de rayons gamma haute résolution combiné à un analyseur multi-canaux pour le mesurage de radionucléides spécifiques

3.2 échantillon

la quantité totale ou une fraction aliquote d'un matériau inactif dont la teneur en nucléides radioactifs doit être déterminée par mesurage des rayonnements ionisants

3.3 seuil de décision

la valeur critique d'un test statistique dans le but d'établir une décision entre l'hypothèse $\rho_s = \rho_0$ et l'hypothèse alternative $\rho_s > \rho_0$

NOTE Elle doit correspondre à la valeur R_n^* qui, lorsqu'elle est inférieure à la valeur déterminée R_n , est prise pour indiquer qu'il convient de rejeter l'hypothèse. Le test statistique doit être conçu pour que la probabilité de rejeter à tort l'hypothèse (erreur de première espèce) soit égale à une valeur α fixée avant le début du mesurage.

3.4 limite de détection

plus petite espérance mathématique du taux de comptage d'une surface de pic nette ou d'une région d'intérêt d'un spectre qui peut être détectée sur des probabilités données et, par conséquent, plus petite différence $\rho_n = \rho_s - \rho_0$ associée au test statistique concerné pour décider entre l'hypothèse $\rho_s = \rho_0$ et l'hypothèse alternative $\rho_s > \rho_0$ et ayant la caractéristique suivante: si en réalité $\rho_n \geq \rho$, la probabilité de ne pas rejeter à tort l'hypothèse $\rho_s = \rho_0$ (erreur de deuxième espèce) doit être, au plus, égale à la valeur β qui est fixée avant le début du mesurage

NOTE La différence entre l'utilisation du seuil de décision et de la limite de détection réside dans le fait que les valeurs mesurées doivent être comparées au seuil de décision, alors que la limite de détection doit être comparée à la valeur de référence.

3.5 intervalle de confiance

intervalle comprenant la valeur vraie de ρ_n dans au moins $(1-\gamma) \times 100$ % de tous les cas

3.6 région d'intérêt ROI

groupe de canaux consécutifs sélectionnés

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d055af83-2da2-4699-b07d-487633566cf8/iso-11929-3-2000>

NOTE La largeur d'une ROI est donnée par le nombre de canaux concernés.

3.7 surface brute

total des impulsions sommées dans une région d'intérêt, résultant des effets du bruit de fond et du rayonnement d'une transition de γ particulière provenant d'un nucléide en question de l'échantillon (contribution de l'échantillon)

3.8 bruit de fond

contribution des impulsions comptées dans une région d'intérêt, qui n'est pas due à l'énergie de transition du γ incident et qui tient compte de la diffusion élastique dans les matériaux

3.9 étendue du bruit de fond

deux régions de largeur égale des deux côtés de la région d'intérêt (voir Figure 1)

3.10 surface nette

total des impulsions intéressantes d'une région d'intérêt; elle correspond à la différence entre la surface brute et le bruit de fond de la région d'intérêt

3.11 valeur de référence

valeur liée aux exigences attachées aux procédures de mesure, dictées par des raisons scientifiques, juridiques ou autres, et qui sont spécifiées, par exemple, comme activité, activité spécifique, débit de dose, etc.

NOTE Si nécessaire, un facteur d'étalonnage peut être déterminé au moyen d'un étalon radioactif.

4 Symboles

N_0	Nombre d'impulsions du bruit de fond dans une ROI
N_s	Nombre brut d'impulsions dans une ROI
N_n	Nombre net d'impulsions dans une ROI
t	Durée du mesurage (durée de vie)
R_0	Taux de comptage du bruit de fond, $R_0 = N_0/t_0$ dans une ROI
ρ_0	Espérance mathématique de R_0
R_s	Taux de comptage brut, $R_s = N_s/t_s$ dans une ROI
ρ_s	Espérance mathématique de R_s
R_n	Taux de comptage net, différence entre les taux de comptage brut et net, $R_n = R_s - R_0$
ρ_n	Espérance mathématique de R_n
R_n^*	Seuil de décision pour le taux de comptage net R_n
ρ_n^*	Limite de détection pour l'espérance mathématique du taux de comptage net R_n
h	Résolution ou largeur maximale à mi-hauteur (FWHM) d'un pic
b	Largeur d'une région d'intérêt (en canaux)
l_1, l_2	Largeur des régions pour la détermination du bruit de fond (en canaux)
N_1, N_2	Total des comptages du bruit de fond dans l_1 et l_2 respectivement
α	Erreur de première espèce; la probabilité de rejeter l'hypothèse nulle $\rho_s = \rho_0$ et de choisir l'hypothèse alternative $\rho_s > \rho_0$ alors que l'hypothèse nulle est vraie
β	Erreur de seconde espèce; la probabilité d'accepter l'hypothèse nulle $\rho_s = \rho_0$ au lieu de choisir l'hypothèse alternative $\rho_s > \rho_0$ alors que l'hypothèse nulle est fautive
$1-\gamma$	Niveau de confiance de l'intervalle de confiance pour ρ_n
$k_{1-\alpha}$ $k_{1-\beta}$ $k_{(1-\gamma)/2}$	$\left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\}$ Quantiles de la loi normale (voir Tableau 2)

5 Valeurs statistiques et intervalle de confiance

5.1 Principes

On suppose que les impulsions enregistrées dans chaque canal du spectre multi-canaux suivent une loi de Poisson. Par conséquent, le nombre d'impulsions N d'une région d'intérêt du spectre suit une loi de Poisson avec l'espérance mathématique $\rho_s \cdot t$. Le nombre d'impulsions du bruit de fond N_0 présente également une loi de Poisson avec l'espérance mathématique $\rho_0 \cdot t$. Pour le calcul des valeurs statistiques, la loi de Poisson sera approchée par une loi normale. Pour l'évaluation du bruit de fond d'une région d'intérêt, on suppose que son espérance mathématique $\rho_0 \cdot t$ est une combinaison linéaire des espérances de N_1, N_2 . Cette hypothèse est acceptable en

raison de la proportionnalité de toutes les espérances mathématiques des nombres d'impulsions comptées dans les canaux à la durée de mesurage t , ainsi qu'en raison du principe de la superposition des impulsions nettes et dues au bruit de fond dans le spectre.

5.2 Seuil de décision

Le seuil de décision sera la valeur R_n^* qui, lorsqu'elle est inférieure à un taux de comptage net moyen mesuré R_n , est prise pour indiquer l'existence d'une contribution de l'échantillon. Sinon, on supposera dans chaque cas qu'il n'y a pas contribution de l'échantillon.

Si on observe cette règle, une mauvaise décision survient avec la probabilité α qu'il y a contribution de l'échantillon alors qu'en réalité il y a seulement un bruit de fond (erreur de première espèce).

Le seuil de décision est donné par:

$$R_n^* = k_{1-\alpha} \sqrt{\text{var}(R_n = 0)} \quad (1)$$

où $k_{1-\alpha}$ est un facteur donné dans le Tableau 2.

Les formules permettant de calculer le seuil de décision sont données dans le Tableau 1.

5.3 Limite de détection

La limite de détection correspondra à la plus petite espérance mathématique du taux de comptage net ρ_n pour laquelle une mauvaise décision survient avec la probabilité β (si la règle de décision telle qu'elle est spécifiée en 4.2 est appliquée) qu'il n'y a pas contribution de l'échantillon mais seulement un bruit de fond (erreur de deuxième espèce).

Pour vérifier si un mode opératoire de mesurage convient à l'objectif du mesurage, la limite de détection doit être comparée à une valeur de référence spécifiée (par exemple, exigences spécifiées sur la sensibilité du mode opératoire de mesurage pour des raisons scientifiques, juridiques ou autres).

Si, en réalité, $\rho_n \geq \rho_n^*$ la probabilité de se tromper en ne rejetant pas l'hypothèse $\rho_s = \rho_0$ (erreur de deuxième espèce) doit être au plus égale à une valeur β devant être fixée avant le début du mesurage.

Donc, avec α et β , la limite de détection est:

$$\rho_n^* = R_n^* + k_{1-\beta} \sqrt{\text{var}(R_n = \rho_n^*)} \quad (2)$$

$$= k_{1-\alpha} \sqrt{\text{var}(R_n = 0)} + k_{1-\beta} \sqrt{\text{var}(R_n = \rho_n^*)} \quad (3)$$

et si $\text{var}(R_n = 0) \approx \text{var}(R_n > 0)$

$$\rho_n^* = (k_{1-\alpha} + k_{1-\beta}) \sqrt{\text{var}(R_n = 0)} \quad (4)$$

Si $\alpha = \beta$, alors la limite de détection est:

$$\rho_n^* = 2 R_n^* \quad (5)$$

où $k_{1-\alpha}$, $k_{1-\beta}$ sont des facteurs donnés dans le Tableau 2.

Les formules permettant de calculer la limite de détection sont données dans le Tableau 1.

5.4 Intervalle de confiance

Par souci d'exhaustivité, sont indiquées les formules qui peuvent être utilisées avec un niveau de confiance spécifié $(1-\gamma)$ afin d'assigner un intervalle de confiance à chaque valeur mesurée. L'intervalle de confiance pour ρ_n comprend la valeur réelle de ρ_n dans au moins $(1-\gamma) \times 100$ % de tous les cas.

6 Application de la présente partie de l'ISO 11929 (voir l'annexe A)

6.1 Valeurs spécifiées

Les probabilités d'erreur α , β et le niveau de confiance $1-\gamma$ doivent être spécifiés. Les valeurs fréquemment citées sont $\alpha = \beta = \gamma = 0,025$. Dans des cas particuliers, d'autres valeurs peuvent être spécifiées, voir Tableau 2.

NOTE Si $\alpha = \beta = \gamma/2$ sont choisis et si $\text{var}(R_n)$ varie légèrement avec R_n , on obtient pour $R_n = R_n^*$ l'intervalle de confiance $R_n^* \pm k_{1-\alpha} \sqrt{\text{var}(R_n)}$, c'est-à-dire l'intervalle $(0, \rho_n^*)$. Ce choix permet d'éviter une discontinuité dans l'expression du résultat.

6.2 Identification des régions

Dans le cas d'un pic unique de localisation définie sur le spectre, et si ce pic forme une courbe de Gauss de FWHM h , il convient que la région d'intérêt soit symétrique par rapport à ce pic, avec

$$h \leq b \leq 2,5h \quad (6)$$

et

$$b \geq 4 \text{ canaux} \quad (7)$$

NOTE 1 Les régions d'intérêt de pics voisins ne doivent pas se chevaucher.

La largeur de la région de détermination du bruit de fond sera (voir Figure 1)

$$b \leq 2l \leq 10b \quad (8)$$

$$2l = l_1 + l_2 \quad (9)$$

NOTE 2 Cette région ne doit pas contenir les queues d'autres pics. La FWHM h peut être déterminée ou évaluée à partir de:

- la résolution connue du dispositif;
- un spectre type de référence mesuré dans des conditions identiques;
- des pics voisins.