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

Partie 6:

**Principes fondamentaux et leurs
applications aux mesurages réalisés en
mode transitoire**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-55766a6f6cda/iso-11929-6>

*Part 6: Fundamentals and applications to measurements by use of
transient mode*



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 11929-6:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005>

© 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 Intervalle de confiance	9
6 Application de la présente partie de l'ISO 11929	9
6.1 Valeurs spécifiées	9
6.2 Évaluation d'une méthode de mesure	9
6.3 Évaluation des résultats de mesure	9
6.4 Documentation	10
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	16

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 11929-6 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 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

La présente partie de l'ISO 11929 donne les informations de base concernant les principes statistiques pour la détermination de la limite de détection, du seuil de décision (et les directives pour la spécification des limites de confiance) pour les mesurages des rayonnements nucléaires.

La présente partie de l'ISO 11929 s'applique pour les systèmes de vérification servant à contrôler la radioactivité cachée (contamination, produits d'activation, sources radioactives) contenue dans du matériel en mouvement tel que les véhicules, les camions, les conteneurs, les tapis roulants, etc., lors du passage au travers d'un portique, d'une frontière ou d'autres points de contrôle. L'objectif de la mesure est de détecter des marchandises ou des véhicules suspects et de les arrêter pour des inspections plus approfondies.

Alors que les précédentes parties 1 à 4 étaient élaborées pour des mesurages spécifiques de rayonnements nucléaires basés sur les principes définis par Altschuler et Pasternack [1], Nicholson [2], Currie [3], cette restriction ne s'applique pas à la présente partie ni aux parties 5, 7 et 8. La détermination des limites caractéristiques mentionnées plus haut est séparée de l'évaluation du mesurage. Par conséquent la présente partie de l'ISO 11929 est généralement applicable et peut être appliquée pour toute procédure appropriée d'évaluation de mesurage. Puisque les incertitudes de mesure jouent un rôle fondamental dans la présente partie de l'ISO 11929, l'évaluation des mesurages et la détermination des incertitudes de mesure doivent être mises en œuvre conformément au Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure.

La présente partie de l'ISO 11929, ainsi que les parties 5, 7 et 8 de l'ISO 11929 sont basées sur les méthodes statistiques Bayésiennes (voir [4] à [6] dans la Bibliographie) afin de pouvoir tenir compte de quantités incertaines et d'influences qui ne se comportent pas de manière aléatoire lors de mesurages répétés ou par comptage.

ISO 11929-6:2005

À cet effet, les méthodes statistiques Bayésiennes sont utilisées pour spécifier les valeurs statistiques suivantes, appelées limites caractéristiques.

- 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 11929-6:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005>

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

Partie 6:

Principes fondamentaux et leurs applications aux mesurages réalisés en mode transitoire

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11929 spécifie des valeurs statistiques permettant une évaluation des capacités de détection des mesurages des rayonnements ionisants en mode transitoire. Dans ce but, on utilise des méthodes statistiques Bayésiennes pour spécifier deux valeurs statistiques caractérisant des probabilités d'erreur données.

La présente partie de l'ISO 11929 traite des principes fondamentaux et de leurs applications aux mesurages réalisés en mode transitoire.

iteh STANDARD PREVIEW

2 Références normatives (standards.iteh.ai)

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

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure, 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 1 Adapté du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie:1993.

NOTE 2 La méthode définie dans le cadre de la présente partie de l'ISO 11929 est l'application de systèmes de détection de rayonnements adaptés aux mesurages de rayonnements émis par des matériaux transportés sur des véhicules, camions, bateaux, tapis roulants ou conteneurs.

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 valeur non négative et quantifie un effet de rayonnement nucléaire. L'effet n'est pas présent si la valeur du mesurande est égale à zéro. C'est une caractéristique de la présente partie de l'ISO 11929 qui peut être appliquée à tout mesurande adapté à l'indication de la présence de radioactivité dans les matériaux contrôlés.

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 mesurages 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

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

NOTE 1 La limite de détection est la plus petite valeur du mesurande qui est associée au test statistique et aux hypothèses conformément à 3.6 selon 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 .

NOTE 2 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.

3.8 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 taux de comptage du bruit de fond

taux de comptage mesuré en l'absence de radioactivité faisant l'objet de la mesure

NOTE C'est le taux de comptage dû aux sources externes, à la radioactivité contenue dans le détecteur et sa protection et le détecteur de bruit.

3.10**taux de comptage brut**

taux de comptage mesuré provenant de la radioactivité présente sur le filtre (contribution de l'échantillon) et du bruit de fond

3.11**taux de comptage net**

(pour les mesurages transitoires) taux de comptage brut moins le taux de comptage du bruit de fond, en tenant compte de l'atténuation du taux de comptage du bruit de fond apportée par l'objet mesuré

3.12**durée de mesurage**

(pour les mesurages transitoires) durée de passage de l'objet à contrôler dans la surface de détection de l'appareil

NOTE 1 La mesure débute lorsque le faisceau de lumière d'entrée est interrompu ou lorsque l'appareil reçoit le signal «départ» et s'arrête lorsque l'objet quitte le faisceau de lumière de sortie ou reçoit le signal «arrêt».

NOTE 2 L'angle d'entrée du détecteur peut être limité par un collimateur.

3.13**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.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Quantités et symboles

$\hat{\xi}$	Variable aléatoire, estimateur d'un mesurande non négatif quantifiant un phénomène physique
ξ	Valeur de l'estimateur $\hat{\xi}$; vraie valeur du mesurande
X	Variable aléatoire comme quantité de décision; estimateur du mesurande
x	Résultat de mesure de la quantité de décision X
$u(x)$	Incertitude standard du mesurande associée au résultat du mesurage x
$\tilde{u}(\xi)$	Incertitude standard de la quantité de décision X comme fonction de la vraie valeur ξ du mesurande
z	Meilleure estimation du mesurande
$u(z)$	Incertitude standard du mesurande associée à la meilleure estimation z
x^*	Seuil de décision du mesurande
ξ^*	Limite de détection du mesurande
ξ_l, ξ_u	Respectivement la limite basse et haute de l'intervalle de confiance du mesurande
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 pour 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 Tableau 1); $p = 1 - \alpha, 1 - \beta, 1 - \gamma/2$
Y_k	Quantité de sortie Y_k dérivée des résultats mesurés; ($k = 1, \dots, n$)
y_k	Estimateur de la quantité de sortie Y_k ; ($k = 1, \dots, n$)
$u(y_k)$	Incertitude standard associée à y_k
G_k	Fonction de la quantité d'entrée X_i ; ($i = 1, \dots, m$); modèle de l'évaluation; ($k = 1, \dots, n$)
X_i	Quantité d'entrée ($i = 1, \dots, m$)
x_i	Estimateur de la quantité d'entrée ($i = 1, \dots, m$)
$u(x_i, x_j)$	Covariance associée à x_i et x_j ($i, j = 1, \dots, m$)
N_0	Comptages du bruit de fond
N_g	Comptages bruts
t_0	Durée de comptage du bruit de fond
t_g	Durée de comptage du mesurage $t_g = l/v$
l	Longueur de la zone de mesure
v	Vitesse de passage
R_0	Taux de comptage du bruit de fond $R_0 = N_0/t_0$
R_g	Taux de comptage brut $R_g = N_g/t_g$
f	Facteur spécifiant la réduction du taux de comptage du bruit de fond due à la protection apportée par l'objet à mesurer.
R_n	Taux de comptage net (différence entre le taux de comptage brut et le taux de comptage du bruit de fond en tenant compte du facteur f de réduction du taux de comptage du bruit de fond due à la protection apportée par l'objet), $R_n = R_g - f \cdot R_0$
R_n^*	Seuil de décision pour le taux de comptage net R_n
ρ_n^*	Limite de détection pour l'espérance du taux de comptage net R_n
$\rho_{n,l}, \rho_{n,u}$	Respectivement la limite basse et haute de l'intervalle de confiance du taux de comptage net
$\Phi(t)$	Fonction de distribution de la distribution normale standard
$\phi(z)$	Distribution normale standard
κ	Paramètre
E	Opérateur pour la formation de l'espérance de la variable aléatoire
Var	Opérateur pour la formation de la variance de la variable aléatoire



 (standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005>

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/089658fa-5d4f-43cb-a120-529bda1e3d2e/iso-11929-6-2005>

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 prenant 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 mesures 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 de la mesure, 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 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 $\hat{\xi}$ du mesurande. L'estimateur $\hat{\xi}$, 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 $\tilde{u}(\xi)$, généralement, doit être déterminée par l'utilisateur de la présente partie de l'ISO 11929 au cours de l'évaluation de la mesure selon le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure. 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 $\tilde{u}(0)$ 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 celle de $\tilde{u}(\xi)$.

Pour la mise en place d'un modèle mathématique d'évaluation de la mesure, deux quantités physiques doivent être distinguées: les quantités d'entrée et de sortie. Les quantités de sortie Y_k ($k = 1, \dots, n$) sont vues