

---

---

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

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**

ISO 11929-4:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/11929-4:2001>  
*Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing  
radiation measurements —*

*Part 4: Fundamentals and application to measurements by use of linear-  
scale analogue ratemeters, 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 11929-4:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001>

© ISO 2001

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 au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.ch](mailto:copyright@iso.ch)  
Web [www.iso.ch](http://www.iso.ch)

Imprimé en Suisse

**Sommaire**

	Page
1	1
2	1
3	2
4	3
5	5
6	6
<b>Annexe</b>	
A	8
Bibliographie.....	10

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 11929-4:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001>

## Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

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

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments de la présente partie de l'ISO 11929 peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

La Norme internationale ISO 11929-4 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 des 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 mesures 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 leur application aux mesurages d'effluents aérosols, gazeux ou liquides*

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

## Introduction

L'ISO 11929 fournit des informations de base sur les principes statistiques relatifs à la détermination de la limite de détection et du seuil de décision (ainsi que des directives permettant de spécifier un intervalle de confiance) pour les mesurages de rayonnements nucléaires s'appuyant sur les principes définis par Altschuler et Pasternack <sup>[1]</sup>, Nicholson <sup>[8]</sup>, Currie <sup>[4]</sup>.

La présente partie de l'ISO 11929 s'applique aux mesurages à l'aide d'ictomètres analogiques à échelle linéaire, ces derniers étant fréquemment utilisés pour le contrôle en routine des vêtements, des mains, des pieds, du corps, des surfaces, des filtres à air, des postes de travail, des bureaux et autres surfaces planes, des papiers de frottis et pour les autres contrôles de contamination dans les cas d'utilisation fixe d'équipements et de sources. Pour le contrôle des surfaces, ce mesurage peut être utilisé lorsque le détecteur est déplacé assez lentement pour que la surface à mesurer reste sous la surface du détecteur pour une durée équivalant à deux fois la constante de temps du circuit d'intégration dans l'équipement.

L'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 traitent des mesurages par comptage brut tenant ou non compte du traitement des échantillons. Les problèmes spécifiques qui surviennent dans le cas de mesurages spectrométriques ou de contrôle continu des effluents radioactifs sont traités dans l'ISO 11929-3 et l'ISO 11929-5.

La présente partie de l'ISO 11929 traite du mesurage des rayonnements ionisants pour lesquels les événements (notamment les impulsions) sont mesurés au moyen d'ictomètres analogiques à échelle linéaire, sans prendre en compte l'influence du traitement d'échantillon. Elle concerne exclusivement le caractère aléatoire de la désintégration radioactive et de la sommation des impulsions au moyen d'un ictomètre analogique à échelle linéaire et ne tient pas compte des autres influences (par exemple, les influences résultant du traitement, du pesage, de l'enrichissement des échantillons ou de l'instabilité de l'équipement). Elle suppose que le produit du taux d'impulsions et de la constante de temps de l'ictomètre est suffisant pour permettre l'approximation de la distribution réelle impulsion/temps par une distribution normale et que l'influence du temps mort 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 sont définis avec une précision telle que l'influence de leur incertitude sur le mesurage peut être ignorée.

Il convient de ne pas utiliser la présente partie de l'ISO 11929 pour des compteurs numériques cycliques. Le cas échéant, il convient d'appliquer l'ISO 11929-1.

Dans ce but, des méthodes statistiques Bayessienne sont utilisées pour définir des valeurs statistiques caractérisant des probabilités d'erreur données.

- Le seuil de décision, qui permet de prendre une décision pour chaque mesurage, avec une probabilité d'erreur donnée de décider si les impulsions enregistrées comprennent ou non une contribution de l'échantillon.
- 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 décider si une méthode de mesure vérifiée au moyen de la présente norme satisfait ou non à certaines exigences et correspond donc à l'objectif fixé du mesurage.
- Les limites de confiance, qui définissent l'intervalle de confiance du mesurande avec une probabilité donnée si la valeur mesurée excède le seuil de décision.

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.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11929-4:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001>

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

## Partie 4:

### Principes fondamentaux et leur application aux mesurages réalisés à l'aide d'icromètres analogiques à échelle linéaire, sans l'influence du traitement d'échantillon

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11929 a pour objet de définir des valeurs statistiques adaptées permettant une évaluation des capacités de détection des mesurages des rayonnements ionisants en utilisant des icromètres analogiques à échelle linéaire, sans l'influence du traitement d'échantillon. Dans ce but, on utilise des méthodes statistiques pour définir des valeurs statistiques caractérisant des probabilités d'erreur données.

#### 2 Termes et définitions Teh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

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

##### 2.1

[ISO 11929-4:2001](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001)

##### icromètre analogique à échelle linéaire

dispositif électronique dont le signal de sortie s'incrémente rapidement à chaque impulsion, et diminue avec une constante de temps donnée jusqu'à l'impulsion suivante

NOTE Il convient que les impulsions aient la même charge électrique, et que la constante de temps soit indépendante du taux d'impulsions.

##### 2.2

##### méthode de mesure

utilisation d'un icromètre analogique à échelle linéaire pour effectuer des mesurages de taux d'impulsions dans des conditions spécifiées

##### 2.3

##### seuil de décision

valeur critique d'un test statistique dans le but de décider entre l'hypothèse  $\rho_s = \rho_0$  et l'hypothèse alternative  $\rho_s > \rho_0$

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

##### 2.4

##### limite de détection

la 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 les caractéristiques suivantes: si en réalité  $\rho_n \geq \rho_n^*$ , 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  $\beta$  qui est définie avant le début du mesurage

## 2.5

### intervalle de confiance

l'intervalle de confiance pour  $\rho_n$  est un intervalle à spécifier pour la valeur mesurée obtenue pour  $R_n$

NOTE Cet intervalle comprend la valeur vraie de  $\rho_n$  dans au moins  $(1 - \gamma) \times 100$  % de tous les cas.

## 2.6

### échantillon

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

## 2.7

### bruit de fond

taux d'impulsions mesuré sans la radioactivité étudiée de l'échantillon

NOTE Le bruit de fond comprend le rayonnement émis par des sources externes et par le bruit de fond du détecteur.

## 2.8

### comptage brut

taux d'impulsions mesuré à partir du rayonnement de l'échantillon (contribution de l'échantillon) et du bruit de fond

## 2.9

### comptage net

(contribution de l'échantillon) différence entre le comptage brut et le bruit de fond

## 2.10

### valeur de référence

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

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

ISO 11929-4:2001

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/70761165-07fa-4674-9bae-04897ee4c001/iso-11929-4-2001>

## 3 Symboles

$R_0$	Signal de sortie de l'ictomètre dû au bruit de fond (taux d'impulsions du bruit de fond)
$\rho_0$	Espérance mathématique de $R_0$
$R_s$	Signal de sortie de l'ictomètre avec l'échantillon (taux d'impulsions du comptage brut)
$\rho_s$	Espérance mathématique de $R_s$
$R_n$	Taux de comptage net (différence entre les taux d'impulsions du comptage brut et du bruit de fond): $R_n = R_s - R_0$
$\rho_n$	Espérance mathématique de $R_n$
$R_n^*$	Seuil de décision pour le taux de comptage net $R_n$
$\rho_n^*$	Limite de détection pour l'espérance mathématique du taux de comptage net $R_n$
$s^2$	Carré de l'écart-type
$\delta^2$	Valeur d'espérance de $s^2$
$\alpha$	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
$\beta$	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 fausse

- $1 - \gamma$  Niveau de confiance de l'intervalle de confiance pour  $\rho_n$
- $\tau$  Constante de temps de l'ictomètre
- $\tau_0$  Constante de temps de la mesure de bruit de fond
- $\tau_s$  Constante de temps de la mesure d'échantillonnage
- $k_{1-\alpha}, k_{1-\beta}, k_{1-\gamma/2}$  Quantiles de la loi normale (voir Tableau 2)

## 4 Valeurs statistiques et intervalle de confiance

### 4.1 Principes

#### 4.1.1 Généralités

La définition des valeurs statistiques relatives au seuil de décision, à la limite de détection et à l'intervalle de confiance est fondée sur les variances des résultats mesurés. Ces valeurs dépendent des variances résultant des statistiques de comptage. L'instabilité de l'équipement de mesure peut normalement être négligée. En effet, elle est généralement faible par rapport aux autres influences. La contribution des statistiques de comptage peut être calculée par la formule de Poisson en combinaison avec le théorème de Campbell [2].

#### 4.1.2 Modèle

iTeh STANDARD PREVIEW

Si les instabilités de l'installation sont négligées, il est possible d'appliquer le modèle suivant:

$$\rho_n = \rho_s - \rho_0$$

ISO 11929-4:2001

Le taux d'impulsions mesuré sans échantillon,  $R_0$ , est donné par le rayonnement du bruit de fond (sources externes et activité dans le détecteur et le blindage). Le taux d'impulsions global,  $R_s$ , mesuré avec un échantillon est la somme du taux de comptage du bruit de fond et du rayonnement de l'échantillon (taux de comptage net):

$$R_s = R_0 + R_n$$

On suppose que, pour un taux d'émission radioactive constant et une constante de temps donnée, le nombre d'impulsions obtenu par comptage brut ou par une mesure indépendante du bruit de fond suit une loi de Poisson. Ainsi, les espérances mathématiques des taux de comptage  $R_0$  et  $R_s$  sont  $\rho_0$  et  $\rho_s = \rho_0 + \rho_n$  et les variances sont respectivement  $s^2(R_0) = \rho_0/2\tau$  et  $s^2(R_s) = \rho_s/2\tau$  (théorème de Campbell);  $\tau$  = constante de temps.

Le taux de comptage net  $R_n = (R_s - R_0)$  a l'espérance mathématique  $\rho_n$  et la variance

$$\text{Var}(R_n) = \text{Var}(R_0) + \text{Var}(R_s) \quad (1)$$

Pour  $\rho_n = 0$  cette variance est (avec  $\rho_s = \rho_0$ )

$$\text{Var}(R_n = 0) = \rho_0 \left( \frac{1}{\tau_0} + \frac{1}{\tau_s} \right)$$

où

$\tau_0$  est la constante de temps de la mesure de bruit de fond;

$\tau_s$  est la constante de temps de la mesure d'échantillonnage.

Dans ce cas,  $\rho_0$  et  $\rho_s$  sont des paramètres inconnus.