

---

---

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

Partie 5:

**Principes fondamentaux et leurs  
applications aux mesurages par  
comptage réalisés sur filtres lors d'une  
accumulation de radioactivité**

ISO 11929-5:2005

<https://standards.iteh.com/en/standards/iso-11929-5-2005>  
*Determination of the detection limit and decision threshold for ionizing  
radiation measurements*

*Part 5: Fundamentals and applications to counting measurements on  
filters during accumulation of radioactive material*



**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 11929-5:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-e0b573e7db89/iso-11929-5-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-e0b573e7db89/iso-11929-5-2005>

© 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](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos .....	iv
Introduction .....	v
1 <b>Domaine d'application</b> .....	1
2 <b>Références normatives</b> .....	1
3 <b>Termes et définitions</b> .....	1
4 <b>Quantités et symboles</b> .....	3
5 <b>Valeurs statistiques et intervalle de confiance</b> .....	5
5.1 <b>Principes</b> .....	5
5.1.1 <b>Généralités</b> .....	5
5.1.2 <b>Modèle</b> .....	6
5.2 <b>Seuil de décision</b> .....	9
5.2.1 <b>Seuil de décision de la mesure de l'activité volumique</b> .....	9
5.2.2 <b>Seuil de décision de la mesure de la variation de l'activité volumique</b> .....	9
5.3 <b>Limite de détection</b> .....	10
5.3.1 <b>Généralités</b> .....	10
5.3.2 <b>Limite de détection de la mesure de l'activité volumique</b> .....	10
5.3.3 <b>Limite de détection de la mesure de la variation de l'activité volumique</b> .....	10
5.4 <b>Limites de confiance</b> .....	10
6 <b>Application de la présente partie de l'ISO 11929</b> .....	11
6.1 <b>Valeurs spécifiques</b> .....	11
6.2 <b>Évaluation d'une méthode de mesure</b> .....	11
6.3 <b>Évaluation des résultats de mesure</b> .....	11
6.4 <b>Documentation</b> .....	11
7 <b>Valeurs de la fonction de distribution de la distribution normale standard</b> .....	12
<b>Annexe A (informative) Exemple d'application de la présente partie de l'ISO 11929</b> .....	14
<b>Bibliographie</b> .....	32

## 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 11929-5 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 filtres 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

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 des limites de l'intervalle de confiance pour des mesurages des rayonnements ionisants concernant la surveillance de la concentration en aérosols lors des rejets de gaz, d'air ou d'effluents liquides.

L'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 traitent, respectivement, de l'ensemble des mesurages par comptage avec ou sans l'influence du traitement de l'échantillon. Les mesurages par spectrométrie à haute résolution sont traités dans l'ISO 11929-3. L'ISO 11929-4 traite des mesurages utilisant les icromètres à échelle linéaire, l'ISO 11929-6 des mesurages réalisés en mode transitoire, l'ISO 11929-7 des applications générales et l'ISO 11929-8 de la déconvolution des mesurages par spectrométrie.

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 <sup>[1]</sup>, Nicholson <sup>[2]</sup>, Currie <sup>[3]</sup>, cette restriction ne s'applique pas à la présente partie ni aux parties 6 à 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 des incertitudes de mesure.

La présente partie de l'ISO 11929, ainsi que les parties 6, 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.

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.

La présente partie de l'ISO 11929 concerne la surveillance de la concentration volumique ainsi que la variation de la concentration volumique de particules radioactives lors des rejets de gaz, d'air ou d'eau par comptages successifs lors de l'accumulation de particules sur un filtre. On suppose que les pertes de comptages par temps mort sont négligeables. On suppose aussi que quel que soit l'objet de la mesure, activité, activité volumique ou spécifique, les facteurs de conversion des taux de comptage en activité, activité volumique ou spécifique sont mesurés avec suffisamment d'exactitude que l'influence de leur incertitude sur la mesure est négligeable. Les débits de rejets de gaz, d'air ou d'eau ainsi que le bruit de fond sont considérés comme constants durant les mesurages.

Les mesurages par comptage sur filtres lors de l'accumulation de particules radioactives sur un filtre sont évalués selon deux mesurandes:

- la radioactivité par unité de volume (activité volumique);
- la variation de la radioactivité par unité de volume (variation de l'activité volumique).

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

[ISO 11929-5:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-e0b573e7db89/iso-11929-5-2005)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-e0b573e7db89/iso-11929-5-2005>

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

Partie 5:

## Principes fondamentaux et leurs applications aux mesurages par comptage réalisés sur filtres lors d'une accumulation de radioactivité

### 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 ainsi que du phénomène physique quantifié par le mesurande. Dans ce but, on utilise des méthodes statistiques Bayésiennes pour définir les limites caractéristiques.

La présente partie de l'ISO 11929 traite des principes fondamentaux et de leurs applications aux mesurages par comptage réalisés sur filtres lors d'une accumulation de radioactivité.

### 2 Références normatives

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-81b274c10b78/iso-11929-5:2005>

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 leurs applications générales*

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

### 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 Une méthode définie dans le cadre de la présente partie de l'ISO 11929 doit être une méthode de mesure par comptage intégré, par comptage double canal ou par comptage spectrométrique dans des conditions particulières lors de l'accumulation de particules sur un papier filtre.

#### 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.

NOTE 3 Dans la présente partie de l'ISO 11929, deux mesurandes sont à distinguer, la radioactivité par unité de volume (activité volumique) et la variation de la radioactivité par unité de volume (variation de l'activité volumique). Pour ces deux mesurandes, les limites caractéristiques sont spécifiées.

**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

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

**3.5**  
**quantité de décision**

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

**3.6**  
**séries de mesurages**

nombre de cycles de mesurage indépendants et successifs donnant des informations sur l'activité volumique et sur la tendance des résultats en fonction du temps

ISO 11929-5:2005  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-e0b573e7db89/iso-11929-5-2005>

NOTE Chaque nouveau résultat sera vérifié afin de vérifier s'il est dans la tendance ou s'il diffère de la valeur attendue.

**3.7**  
**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  $\alpha$ .

**3.8**  
**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 3.7 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  $\beta$ .

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.



**3.9****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  $(1 - \gamma)$

**3.10****échantillon**

matière radioactive absorbée sur un filtre provenant d'une quantité totale rejetée de gaz, d'air, d'eau ou seulement d'une aliquote au travers d'une dérivation et mesurée pour un cycle particulier

**3.11****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.

**3.12****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

**3.13****taux de comptage net (1)**

la différence entre le taux de comptage brut du premier cycle de mesure et du bruit de fond

**3.14****taux de comptage net (2)**

la différence entre les taux de comptage brut de deux cycles de mesures successifs

**3.15****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
$\xi$	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 $\xi$ 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
$\xi^*$	Limite de détection du mesurande

## ISO 11929-5:2005(F)

$\xi_l, \xi_u$	Respectivement la limite basse et haute de l'intervalle de confiance du mesurande
$\alpha$	Probabilité d'erreur de première espèce; la probabilité de rejeter l'hypothèse si elle est vraie
$\beta$	Probabilité d'erreur de deuxième espèce; la probabilité d'accepter l'hypothèse si elle est fausse
$1 - \gamma$	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 $x_j$ ( $i, j = 1, \dots, m$ )
E	Opérateur pour la formation de l'espérance de la variable aléatoire
Var	Opérateur pour la formation de la variance de la variable aléatoire
$\kappa$	Paramètre
$A_V$	Activité volumique
$\alpha_V$	Vraie valeur de l'activité volumique
$A^*_V$	Seuil de décision de l'activité volumique
$a^*_V$	Limite de détection de l'activité volumique
$\Delta A_V$	Variation de l'activité volumique
$\Delta \alpha_V$	Vraie valeur de la variation de l'activité volumique
$\Delta A^*_V$	Seuil de décision de la variation de l'activité volumique
$\Delta a^*_V$	Limite de détection de la variation de l'activité volumique
$N_{g,i}$	Nombre brut d'événements comptés dans le $i$ -ème cycle de mesure de durée $t$
$t$	Durée de chaque cycle de mesure
$R_{g,i}$	Taux de comptage brut mesuré pendant le $i$ -ème cycle
$\varepsilon$	Rendement de détection
$V$	Volume de gaz ou d'eau passant au travers du filtre pendant un cycle de mesure
$R_0$	Taux de comptage du bruit de fond pendant le premier cycle de mesure
$R_{n,i}$	Taux de comptage net, différence des taux de comptage brut entre le cycle de mesure $i$ et $i - 1$ ; $R_{n,i} = R_{g,i} - R_{g,i-1}$

$\overline{R_{n,i}}$	Moyenne des taux de comptage net sur $k$ cycles de mesure précédant le $i$ -ème cycle de mesure
$A_i$	Activité collectée sur le filtre pendant le $i$ -ème cycle de mesure
$\overline{A}$	Activité moyenne collectée pendant $k$ cycles de mesure
$\Phi(t)$	Fonction de distribution de la distribution normale standard
$\varphi(z)$	Distribution normale standard

## 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 vraie valeur  $\xi$  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 les 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 besoin, nécessairement, 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  $\xi$  du mesurande. Quand ce n'est pas possible, des solutions approximatives sont décrites plus bas.  $\xi$  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 (voir 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  $\xi$  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. 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 mesurages indépendants, soit  $x = y_1 - y_0$ , on obtient  $u^2(\xi) = u^2(y_1) + u^2(y_0)$  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:

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

NOTE Dans beaucoup de cas pratiques,  $\tilde{u}^2(\xi)$  est une fonction linéaire lentement croissante de  $\xi$ . 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 comme 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 obtenues par des mesurages répétés, par des quantités d'influence et des résultats de mesure ou d'évaluations antérieures (voir chapitre 4.1.2 du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure). On a donc à calculer les estimateurs  $y_k$  des quantités de sortie (mesurandes) comme des résultats de mesures et les incertitudes standard  $u(y_k)$  associées à  $y_k$ .

Le modèle d'évaluation est donné par un ensemble de relations fonctionnelles:

$$Y_k = G_k(x_1, \dots, X_m); (k = 1, \dots, n) \tag{2}$$

Les estimateurs des mesurandes  $Y_k$ , notés  $y_k$ , sont obtenus d'après l'Équation (2) en prenant les estimateurs  $x_1, \dots, x_m$  comme valeurs des  $m$  quantités  $X_1, \dots, X_m$ . Par conséquent, les estimateurs de sortie  $y_k$  et leurs incertitudes standards associées  $u(y_k)$  sont donnés par:

$$y_k = G_k(x_1, \dots, x_m); (k = 1, \dots, n) \tag{3}$$

$$u(y_k, y_l) = \sum_{i,j=1}^m \frac{\partial G_k}{\partial X_i} \cdot \frac{\partial G_l}{\partial X_j} \cdot u(x_i, x_j); (k, l = 1, \dots, n) \tag{4}$$

où  $x_i$  et  $x_j$  sont les estimateurs des  $X_i$  et  $X_j$  et  $u(x_i, x_j) = u(x_j, x_i)$  sont les covariances estimées associées avec  $x_i$  et  $x_j$ . D'après ces covariances on obtient

$$u^2(y_k) = u(y_k, y_k) \tag{5}$$

Dans les cas où les dérivées partielles ne sont pas explicitement disponibles, elles peuvent être approximées numériquement de manière suffisamment exacte en utilisant l'incertitude standard  $u(x_i)$  comme incrément de  $x_k$  par

$$\frac{\partial G_k}{\partial X_i} \approx \frac{1}{u(x_i)} \{G_k[x_1, \dots, x_i + u(x_i)/2, \dots, x_m] - G_k[x_1, \dots, x_i - u(x_i)/2, \dots, x_m]\} \tag{6}$$

**5.1.2 Modèle**

Lors de l'évaluation des mesures de filtres durant l'accumulation de matière radioactive, une quantité de sortie  $Y$  sera calculée à partir de données d'entrée  $X_i$  en utilisant le modèle général

$$Y = G(X_1, \dots, X_n) \tag{7}$$

Le modèle général de l'Équation (7) sera spécifié dans la présente partie de l'ISO 11929. On déterminera les valeurs de deux mesurandes:

- a) l'activité volumique en gaz ou en liquide  $A_V$ , et
- b) la variation de l'activité volumique en gaz ou en liquide  $\Delta A_V$ .

Les mesurages sont réalisés comme suit. Un volume  $V$  de gaz ou de liquide circule au travers d'un filtre pendant un temps  $t$ . Pendant l'accumulation de matières radioactives sur le filtre, des mesurages cycliques par comptage sont réalisés. Chaque cycle de mesure  $i$  a une durée  $t$  pendant laquelle un nombre d'événements bruts  $N_{g,i}$  est compté. Les valeurs des mesurandes  $A_V$  et  $\Delta A_V$  sont déterminées d'après ces mesures en tenant compte du facteur de calibration  $\varepsilon$ . Dans un souci de simplicité, on suppose que le facteur de calibration  $\varepsilon$  et le volume  $V$  sont déterminés avec des incertitudes négligeables.

Pour l'évaluation des mesures, en considérant les deux mesurandes, on a besoin de deux modèles différents d'évaluation qui sont décrits dans les chapitres 5.1.2.1 et 5.1.2.2.

### 5.1.2.1 Modèle pour l'évaluation de la mesure d'activité volumique

La mesurande dans ce mesurage par comptage est l'activité volumique  $A_V$  calculée d'après la différence entre les taux de comptage brut de deux mesures consécutives:

$$A_V = \frac{R_{g,i} - R_{g,i-1}}{\varepsilon \cdot V} = \frac{N_{g,i} - N_{g,i-1}}{\varepsilon \cdot V \cdot t} \quad (8)$$

où

$R_{g,i}$  est le  $i$ -ème taux de comptage brut;

$R_{g,i-1}$  est le  $(i-1)$ -ème taux de comptage brut;

$N_{g,i}$  est le nombre d'impulsions brutes comptées lors du  $i$ -ème cycle de mesure de durée  $t$ ;

$N_{g,i-1}$  est le nombre d'impulsions brutes comptées lors du  $(i-1)$ -ème cycle de mesure de durée  $t$ ;

$t$  est la durée de chaque mesure;

$\varepsilon$  est le rendement de détection; [ISO 11929-5:2005](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a364e255-478c-4ee7-8faf-)

$V$  est le volume de gaz ou d'eau passant au travers du filtre pendant le temps de mesure.

En négligeant les incertitudes de  $t$  et pour simplifier celles de  $\varepsilon$  et  $V$ , l'incertitude standard  $u(A_V)$  associée avec  $A_V$  est donnée par:

$$\tilde{u}^2(A_V) = \frac{N_{g,i} + N_{g,i-1}}{(\varepsilon \cdot V \cdot t)^2} \quad (9)$$

Pour le calcul du seuil de décision  $A_V^*$  on a besoin de l'incertitude  $\tilde{u}(0)$  de  $A_V$  pour la vraie valeur  $\alpha_V = 0$ . Pour  $\alpha_V = 0$ , on aurait  $N_{g,i} = N_{g,i-1}$ . Cela donne:

$$\tilde{u}^2(0) = \frac{2 \cdot N_{g,i-1}}{(\varepsilon \cdot V \cdot t)^2} \quad (10)$$

$\tilde{u}^2(0)$  dépend de  $N_{g,i-1}$  qui croît en même temps que l'activité déposée sur le filtre. La plus petite valeur de  $\tilde{u}^2(0)$  est:

$$\tilde{u}^2(0) = \frac{2 \cdot N_0}{(\varepsilon \cdot V \cdot t)^2} = \frac{2 \cdot R_0}{(\varepsilon \cdot V)^2 \cdot t} \quad (11)$$

avec  $N_0$  le comptage mesuré lors de la mise en place d'un filtre neuf.

Pour le calcul de la limite de détection, l'incertitude standard  $\tilde{u}(\alpha_V)$  comme fonction de la vraie valeur  $\alpha_V$  est nécessaire. Pour une vraie valeur  $\alpha_V$  du mesurande, on aurait:

$$N_{g,i} = N_{g,i-1} + \alpha_V \cdot \varepsilon \cdot V \cdot t \quad (12)$$