

# PROJET DE NORME INTERNATIONALE

## ISO/DIS 11929-4

ISO/TC 85/SC 2

Secrétariat: AFNOR

Début de vote:  
2019-06-18

Vote clos le:  
2019-09-10

---

---

### Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et limites de l'intervalle élargi) pour le mesurage des rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications —

#### Partie 4: Lignes directrices relatives aux applications

*Determination of the characteristic limits (decision threshold, detection limit and limits of the coverage interval) for measurements of ionizing radiation —*

*Part 4: Guidelines to applications*

ICS: 17.240

**ITeH STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
Full standard:  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe6b2156-e314-4266-b0be-0ac62d612e5c/iso-fdis-11929-4>

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.



Numéro de référence  
ISO/DIS 11929-4:2019(F)

© ISO 2019

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
(standards.iteh.ai)  
Full standard:  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe6a4a56-e314-4266-b0be-0ac62d612e5c/iso-fdis-11929-4>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2019

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Geneva  
Tél.: +41 22 749 01 11  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Website: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	viii
Introduction.....	ix
<b>1</b> <b>Domaine d'application.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b> <b>Grandeurs et symboles.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b> <b>Résumé du présent document .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b> <b>Procédures conformes à l'ISO 11929 .....</b>	<b>5</b>
<b>5.2</b> <b>Vue d'ensemble des exemples.....</b>	<b>6</b>
<b>5.3</b> <b>Stipulations générales .....</b>	<b>9</b>
<b>6</b> <b>Mesurages par comptage à incertitude faible ou modérée.....</b>	<b>9</b>
<b>6.1</b> <b>Définition de la tâche et aspects généraux.....</b>	<b>9</b>
<b>6.2</b> <b>Modèle d'évaluation et incertitude-type.....</b>	<b>10</b>
<b>6.3</b> <b>Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....</b>	<b>10</b>
<b>6.4</b> <b>Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....</b>	<b>11</b>
<b>6.4.1</b> <b>Comptage du bruit de fond.....</b>	<b>11</b>
<b>6.4.2</b> <b>Résultat primaire et son incertitude-type associée.....</b>	<b>11</b>
<b>6.4.3</b> <b>Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....</b>	<b>11</b>
<b>6.4.4</b> <b>Seuil de décision.....</b>	<b>12</b>
<b>6.4.5</b> <b>Limite de détection .....</b>	<b>12</b>
<b>6.4.6</b> <b>Limites des intervalles élargis.....</b>	<b>12</b>
<b>6.4.7</b> <b>Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....</b>	<b>13</b>
<b>6.5</b> <b>Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 .....</b>	<b>13</b>
<b>6.6</b> <b>Évaluation et explications .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b> <b>Mesurage par comptage avec un faible nombre d'impulsions.....</b>	<b>16</b>
<b>7.1</b> <b>Définition de la tâche et aspects généraux.....</b>	<b>16</b>
<b>7.2</b> <b>Modèle d'évaluation et incertitude-type.....</b>	<b>16</b>
<b>7.3</b> <b>Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....</b>	<b>17</b>
<b>7.4</b> <b>Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....</b>	<b>17</b>
<b>7.4.1</b> <b>Comptage du bruit de fond.....</b>	<b>17</b>
<b>7.4.2</b> <b>Résultat primaire et son incertitude-type associée.....</b>	<b>18</b>
<b>7.4.3</b> <b>Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....</b>	<b>18</b>
<b>7.4.4</b> <b>Seuil de décision.....</b>	<b>18</b>
<b>7.4.5</b> <b>Limite de détection .....</b>	<b>19</b>
<b>7.4.6</b> <b>Limites des intervalles élargis.....</b>	<b>19</b>
<b>7.4.7</b> <b>Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....</b>	<b>19</b>
<b>7.5</b> <b>Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 .....</b>	<b>20</b>
<b>7.6</b> <b>Évaluation et explications .....</b>	<b>21</b>
<b>7.7</b> <b>Exemple alternatif de mesurage avec un faible nombre d'impulsions.....</b>	<b>22</b>
<b>7.7.1</b> <b>Généralités.....</b>	<b>22</b>
<b>7.7.2</b> <b>Comptage du bruit de fond.....</b>	<b>22</b>
<b>7.7.3</b> <b>Résultat primaire et son incertitude-type associée.....</b>	<b>23</b>
<b>7.7.4</b> <b>Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....</b>	<b>23</b>
<b>7.7.5</b> <b>Seuil de décision.....</b>	<b>23</b>

7.7.6	Limite de détection.....	24
7.7.7	Limites des intervalles élargis.....	24
7.7.8	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	24
7.8	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	25
7.9	Évaluation de l'exemple alternatif et explications.....	26
8	<b>Mesurages par comptage avec des incertitudes élevées au numérateur du facteur d'étalonnage.....</b>	<b>27</b>
8.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	27
8.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	27
8.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	27
8.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	28
8.4.1	Comptage du bruit de fond.....	28
8.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	29
8.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	29
8.4.4	Seuil de décision.....	29
8.4.5	Limite de détection.....	30
8.4.6	Limites des intervalles élargis.....	30
8.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	30
8.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	31
8.6	Évaluation et explications.....	32
9	<b>Mesurages par comptage avec des incertitudes élevées au dénominateur du facteur d'étalonnage.....</b>	<b>33</b>
9.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	33
9.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	33
9.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	34
9.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	35
9.4.1	Comptage du bruit de fond.....	35
9.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	35
9.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	35
9.4.4	Seuil de décision.....	35
9.4.5	Limite de détection.....	36
9.4.6	Limites des intervalles élargis.....	36
9.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	36
9.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	37
9.6	Évaluation et explications.....	38
10	<b>Mesurages par comptage avec effet d'écran du bruit de fond.....</b>	<b>39</b>
10.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	39
10.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	39
10.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	39
10.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	40
10.4.1	Comptage du bruit de fond.....	40
10.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	40
10.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	41
10.4.4	Seuil de décision.....	41
10.4.5	Limite de détection.....	41
10.4.6	Limites des intervalles élargis.....	41
10.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	42
10.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	42
10.6	Évaluation et explications.....	43
11	<b>Mesurage de dédouanement par comptage.....</b>	<b>44</b>

11.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	44
11.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	45
11.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....	45
11.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....	46
11.4.1	Comptage du bruit de fond.....	46
11.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée .....	47
11.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....	47
11.4.4	Seuil de décision.....	47
11.4.5	Limite de détection .....	47
11.4.6	Limites des intervalles élargis .....	48
11.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	48
11.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 .....	48
11.6	Évaluation et explications .....	50
12	Spectrométrie gamma de l'uranium 235 avec interférence du radium 226.....	50
12.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	50
12.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	51
12.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....	53
12.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....	54
12.4.1	Comptage du bruit de fond.....	54
12.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée .....	54
12.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....	55
12.4.4	Seuil de décision.....	55
12.4.5	Limite de détection .....	56
12.4.6	Limites des intervalles élargis.....	56
12.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	56
12.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 .....	57
12.6	Évaluation et explications .....	58
13	Mesurages de type « boîte noire » .....	59
13.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	59
13.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	59
13.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....	60
13.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....	60
13.4.1	Comptage du bruit de fond.....	60
13.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée .....	61
13.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée .....	61
13.4.4	Seuil de décision.....	62
13.4.5	Limite de détection .....	62
13.4.6	Limites des intervalles élargis .....	62
13.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	62
13.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 .....	63
13.6	Évaluation et explications .....	65
14	Mesurages par comptage avec influence aléatoire inconnue du traitement de l'échantillon .....	65
14.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	65
14.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	66
14.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications .....	66
14.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 .....	67
14.4.1	Comptage du bruit de fond.....	67
14.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée .....	68

14.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	68
14.4.4	Seuil de décision.....	69
14.4.5	Limite de détection.....	69
14.4.6	Limites des intervalles élargis.....	69
14.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	70
14.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	70
14.6	Évaluation et explications.....	71
15	Mesurages par comptage avec influence connue du traitement de l'échantillon.....	72
15.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	72
15.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	73
15.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	73
15.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	74
15.4.1	Détermination de l'incertitude relative du traitement de l'échantillon.....	74
15.4.2	Comptage du bruit de fond.....	75
15.4.3	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	75
15.4.4	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	76
15.4.5	Seuil de décision.....	76
15.4.6	Limite de détection.....	76
15.4.7	Limites des intervalles élargis.....	76
15.4.8	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	77
15.5	Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.....	77
15.6	Évaluation et explications.....	78
16	Mesurage de dose avec un dosimètre individuel actif.....	79
16.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	79
16.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	79
16.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	80
16.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	81
16.4.1	Comptage du bruit de fond.....	81
16.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	81
16.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	81
16.4.4	Seuil de décision.....	81
16.4.5	Limite de détection.....	81
16.4.6	Limites des intervalles élargis.....	82
16.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	83
16.5	Documentation des résultats.....	83
16.6	Évaluation et explications.....	84
17	Mesurage du débit de dose avec un moniteur de neutrons.....	85
17.1	Définition de la tâche et aspects généraux.....	85
17.2	Modèle d'évaluation et incertitude-type.....	87
17.3	Informations disponibles, données d'entrée et spécifications.....	88
17.4	Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1.....	90
17.4.1	Comptage du bruit de fond.....	90
17.4.2	Résultat primaire et son incertitude-type associée.....	91
17.4.3	Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie supposée.....	91
17.4.4	Seuil de décision.....	91
17.4.5	Limite de détection.....	92
17.4.6	Limites des intervalles élargis.....	92
17.4.7	Meilleure estimation et son incertitude-type associée.....	93
17.5	Documentation des résultats.....	93
17.6	Évaluation et explications.....	95

<b>Annexe A</b> (informative) <b>Détermination d'un facteur d'étalonnage</b> .....	<b>96</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Calculs d'après l'ISO 11929-2</b> .....	<b>98</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>101</b>

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

Full standard:  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/fe6a4a56-e314-4266-b0be-0ac62d612e5c/iso-fdis-11929-4>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée 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. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : [www.iso.org/iso/fr/avant-propos](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires, et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette édition de l'ISO 11929-4, associée aux ISO 11929-1:2019, ISO 11929-2:2019 et ISO 11929-3:2019, annule et remplace l'ISO 11929:2010 qui a fait l'objet d'une révision technique, en particulier en ce qui concerne le type de traitement statistique des données, et a été étendue en termes de méthodologie d'évaluation de l'incertitude du Guide ISO/IEC 98-3:2009 et du Guide ISO/IEC 98-3-1:2008.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 11929 se trouve sur le site web de l'ISO.



## Introduction

Les incertitudes de mesure et les valeurs caractéristiques, c'est-à-dire les limites caractéristiques telles que le seuil de décision, la limite de détection et les limites de l'intervalle élargi pour les mesurages, ainsi que la meilleure estimation et son incertitude-type associée, sont importantes pour la métrologie en général, et pour la radioprotection en particulier. La quantification de l'incertitude associée à un résultat de mesure sert de base pour déterminer la confiance qu'une personne peut accorder à ce résultat. Le respect des limites réglementaires, des contraintes ou des valeurs de référence ne peut être démontré qu'en prenant en compte et en quantifiant la totalité des sources d'incertitude. Les limites caractéristiques servent – en définitive – de base pour décider d'accepter des résultats en tenant compte de l'incertitude.

L'ISO 11929 fournit des valeurs caractéristiques d'un mesurande non négatif de rayonnements ionisants. Elle peut s'appliquer à un large éventail de méthodes de mesure allant bien au-delà du mesurage des rayonnements ionisants.

Les limites à établir conformément à l'ISO 11929, pour les probabilités spécifiées de décisions incorrectes, permettent d'évaluer les possibilités de détection d'un mesurande ainsi que l'effet physique quantifié par ce mesurande, comme suit :

- le « seuil de décision » permet de décider si l'effet physique quantifié par le mesurande est présent ou non ;
- la « limite de détection » indique la plus petite valeur vraie du mesurande qui peut encore être détectée par la procédure de mesurage utilisée ; cela permet de décider si la procédure satisfait ou non aux exigences et si elle est donc adaptée à l'objectif de mesurage prévu ;
- les « limites de l'intervalle élargi » comprennent, si l'effet physique est reconnu comme présent, un intervalle élargi contenant la valeur vraie du mesurande avec une probabilité spécifiée.

Dans la suite du présent document, les limites mentionnées ci-dessus sont collectivement appelées « limites caractéristiques ».

NOTE Conformément au Guide ISO/IEC 99:2007 mis à jour par le JCGM 200:2012, le terme « intervalle élargi » est utilisé ici à la place de « intervalle de confiance » afin de distinguer la terminologie bayésienne de celle des statistiques conventionnelles.

Toutes les valeurs caractéristiques sont fondées sur les statistiques bayésiennes et sur le Guide ISO/IEC 98-3 pour l'expression de l'incertitude de mesure, ainsi que sur le Guide ISO/IEC 98-3-1 et le Guide ISO/IEC 98-3-2 (ci-après appelés Guide ISO/IEC 98-3, Guide ISO/IEC 98-3-1 et Guide ISO/IEC 98-3-2, respectivement). Comme l'explique en détail l'ISO 11929-2, les valeurs caractéristiques sont définies mathématiquement au moyen de moments et de quantiles de lois de probabilité des valeurs possibles des mesurandes.

Comme l'incertitude de mesure joue un rôle important dans toutes les parties de l'ISO 11929, l'évaluation des mesurages et le traitement des incertitudes associées sont réalisés au moyen de procédures générales conformément au Guide ISO/IEC 98-3 et au Guide ISO/IEC 98-3-1 ; voir aussi les références [22] à [26]. Cela permet d'établir une séparation stricte entre, d'une part, l'évaluation des mesurages et, d'autre part, la mise en place et le calcul des valeurs caractéristiques. L'ISO 11929 utilise une théorie d'incertitude de mesurage [27] à [29] reposant sur les statistiques bayésiennes (par exemple [30] à [37]) afin de pouvoir également tenir compte de ces incertitudes qui ne peuvent pas être déduites de mesurages répétés ou de mesurages par comptage. Ces dernières incertitudes ne peuvent pas être traitées par des statistiques fréquentistes.

Du fait des développements en métrologie concernant l'incertitude de mesure exposés dans le Guide ISO/IEC 98-3, l'ISO 11929:2010 a été rédigée sur la base du Guide ISO/IEC 98-3, mais en utilisant les statistiques bayésiennes et la théorie bayésienne de l'incertitude de mesure. Cette théorie sert de base bayésienne pour le Guide ISO/IEC 98-3. En outre, l'ISO 11929:2010 est fondée sur les définitions des valeurs caractéristiques [22], la proposition de norme [23] et l'article explicatif [24]. Elle a unifié et remplacé toutes les parties antérieures de l'ISO 11929 et était non seulement applicable à une grande diversité de mesurages particuliers de rayonnements ionisants, mais aussi, par analogie, à d'autres procédures de mesure. Plusieurs documents explicatifs des concepts de base de l'ISO 11929, en général, et de son application pour démontrer le respect des exigences ont par ailleurs été publiés [43, 44].

Depuis la publication du Guide ISO/IEC 98-3-1, la méthode Monte Carlo a été utilisée pour traiter de manière exhaustive et plus générale l'incertitude de mesure dans des évaluations de mesure complexes. Ce développement a incité à rédiger un supplément [25] à l'ISO 11929:2010 portant sur la méthode Monte Carlo, et à réviser l'ISO 11929:2010. L'ISO 11929 révisée repose aussi essentiellement sur les statistiques bayésiennes et peut servir de passerelle entre l'ISO 11929:2010 et le Guide ISO/IEC 98-3-1. En outre, des définitions plus générales des valeurs caractéristiques (ISO 11929-2) et le calcul des valeurs caractéristiques par la méthode Monte Carlo permettent d'aller au-delà de l'état actuel de la normalisation exposé dans l'ISO 11929:2010 car des lois de probabilité peuvent être propagées, et non plus des incertitudes. Elle est donc plus complète et élargit l'éventail des applications.

En outre, l'ISO 11929 révisée est plus explicite concernant le calcul des valeurs caractéristiques. Elle corrige également un problème de l'ISO 11929:2010 relatif aux grandeurs et influences incertaines, dont le comportement n'est pas aléatoire lorsque les mesurages sont répétés plusieurs fois. La référence [26] est une enquête fondée sur la révision. Par ailleurs, l'ISO 11929-3 fournit des conseils détaillés pour calculer les valeurs caractéristiques en cas de mesurages à plusieurs variables en utilisant des méthodes de déconvolution. Pour de tels mesurages, le Guide ISO/IEC 98-3-2 sert de base pour l'évaluation de l'incertitude.

Des formules sont fournies pour le calcul des valeurs caractéristiques d'un mesurande de rayonnement ionisant via « l'incertitude-type de mesure » du mesurande (ci-après appelée « incertitude-type ») déterminée conformément au Guide ISO/IEC 98-3, ainsi que via les fonctions de densité de probabilité (FDP) du mesurande déterminées conformément au Guide ISO/IEC 98-3-1. Les incertitudes-types ou les fonctions de densité de probabilité tiennent compte des incertitudes du mesurage réel, ainsi que de celles du traitement de l'échantillon, de l'étalonnage du système de mesure et d'autres influences. Ces dernières incertitudes sont supposées être connues grâce à des recherches antérieures.

# Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et limites de l'intervalle élargi) pour le mesurage des rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications — Partie 4 : Lignes directrices relatives aux applications

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une procédure applicable, dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants, pour le calcul du « seuil de décision », de la « limite de détection » et des « limites de l'intervalle élargi » pour un mesurage de rayonnement ionisant non négatif, lorsque des mesurages par comptage sont effectués avec une présélection du temps ou du nombre d'impulsions. Le mesurage résulte d'un taux de comptage brut et d'un taux de comptage du bruit de fond ainsi que de grandeurs supplémentaires reposant sur un modèle d'évaluation. En particulier, le mesurage peut être le taux de comptage net défini comme étant la différence du taux de comptage brut et du taux de comptage du bruit de fond, ou l'activité nette d'un échantillon. Il peut également être influencé par l'étalonnage du système de mesure, par le traitement de l'échantillon et par d'autres facteurs.

L'ISO 11929 a été scindée en quatre parties couvrant les applications élémentaires dans la Partie 1, les applications avancées reposant sur le Guide ISO/IEC 98-3-1 dans la Partie 2, les applications aux méthodes de déconvolution dans la Partie 3, et les recommandations d'application dans la Partie 4.

L'ISO 11929-1 couvre les applications de base des mesurages par comptage souvent utilisés dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants. Elle se limite aux applications pour lesquelles il est possible d'évaluer les incertitudes sur la base du Guide ISO/IEC 98-3 (JCGM 2008). L'Annexe B de l'ISO 11929-1 traite du cas particulier des mesurages répétés par comptage avec des influences aléatoires, alors que l'Annexe C de l'ISO 11929-1 couvre les mesurages avec des compteurs analogiques linéaires.

L'ISO 11929-2 étend l'ISO 11929-1 à l'évaluation des incertitudes de mesure conformément au Guide ISO/IEC 98-3-1. L'ISO 11929-2 contient également plusieurs notes explicatives concernant les aspects généraux des mesurages par comptage et les statistiques bayésiennes dans les mesurages.

L'ISO 11929-3 traite de l'évaluation des mesurages en utilisant des méthodes de déconvolution ainsi que de l'évaluation des mesurages multicanaux spectrométriques par comptage en cas d'évaluation par des méthodes de déconvolution, en particulier pour les mesurages spectrométriques alpha et gamma. Elle fournit en outre des conseils pour le traitement avec des corrélations et des covariances.

L'ISO 11929-4 fournit des recommandations pour l'application de l'ISO 11929, résume les grandes lignes de la procédure générale et présente ensuite un large éventail d'exemples numériques. Les exemples couvrent les applications élémentaires selon l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2.

L'ISO 11929 s'applique également de manière analogue à d'autres mesurages de tout type si un modèle d'évaluation similaire est concerné. D'autres exemples pratiques sont fournis dans d'autres Normes internationales (voir références [1] à [21] par exemple).

NOTE Un logiciel, baptisé UncertRadio, est disponible pour les calculs conformes aux ISO 11929-1 à ISO 11929-3. UncertRadio [41, 42] peut être téléchargé gratuitement à l'adresse: <https://www.thuenen.de/en/fi/fields-of-activity/marine-environment/coordination-centre-of-radioactivity/uncertradio/>. Le logiciel disponible en téléchargement contient un fichier d'installation qui copie tous les fichiers et dossiers à un emplacement spécifié par l'utilisateur. Après l'installation, des informations doivent être saisies concernant le CHEMIN sous Windows qui a été indiqué dans une fenêtre contextuelle au cours de l'installation. La langue anglaise peut être choisie et des informations d'aide étendue sont proposées. Un autre outil est le progiciel « metRology » [45] qui est disponible pour la programmation en langage R. Il contient les deux fonctions R « uncert » et « uncertMC » qui assurent la propagation des incertitudes conformément au GUM, soit analytiquement soit d'après la méthode Monte Carlo, respectivement. Les covariances/corrélations des grandeurs d'entrée sont incluses. L'application de ces deux fonctions dans les itérations destinées aux calculs du seuil de décision et de la limite de détection simplifie considérablement l'effort de programmation. Il est également possible de mettre en œuvre le présent document dans une feuille de calcul contenant un additif Monte Carlo ou dans d'autres logiciels de mathématique du commerce.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

EN ISO 80000-1:2013, *Grandeurs et unités — Partie 1 : Généralités*.

EN ISO/IEC 80000-2:2009, *Grandeurs et unités — Partie 2 : Signes et symboles mathématiques à employer dans les sciences de la nature et dans la technique*.

EN ISO 80000-10:2015, *Grandeurs et unités — Partie 10 : Physique atomique et nucléaire*.

Guide ISO/IEC 98-1:2009, *Incertitude de mesure — Partie 1 : Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure*, JCGM 104:2009.

Guide ISO/IEC 98-3:2009, *Incertitude de mesure — Partie 3 : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*, JCGM 100:2008.

Guide ISO/IEC 98-3-1:2008, *Évaluation des données de mesure — Supplément 1 du « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » — Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo*, JCGM 101:2008.

Guide ISO/IEC 98-3-2:2008, *Évaluation des données de mesure — Supplément 2 du « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » — Extension à un nombre quelconque de grandeurs de sortie*, JCGM 102:2011.

Guide ISO/IEC 98-4:2012, *Incertitude de mesure — Partie 4 : Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité*, JCGM 106:2012.

Guide ISO/IEC 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*, JCGM 200:2012.

ISO 3534-1, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1 : Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*.

IEC/TR 62461, *Radiation protection instrumentation — Determination of uncertainty in measurement*, Ed. 2.0, IEC 23.1.2015.

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 80000-1, l'ISO 80000-10, l'ISO/IEC Guide 98-3, l'ISO/IEC Guide 98-3-1, l'ISO/IEC 98-3-2, l'ISO/IEC Guide 99, l'ISO 3534-1, l'ISO 11929-1, l'ISO 11929-2 et l'ISO 11929-3 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes :

- ISO Online browsing platform : disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp> ;
- IEC Electropedia : disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

### 4 Grandeurs et symboles

Les grandeurs et symboles ci-après sont utilisés tout au long du présent document. Les grandeurs et symboles supplémentaires sont énumérés – si nécessaire – dans l'exemple concerné.

$m$	masse de l'échantillon d'essai
$n_M$	nombre d'essais Monte Carlo réalisés
$X_i$	grandeur d'entrée ( $i = 1, \dots, m$ )
$Y$	mesurande, grandeur d'intérêt
$G$	modèle d'évaluation établissant un lien entre les grandeurs d'entrée et le mesurande : $Y = G(X_1, \dots, X_m)$
$x_i$	valeur mesurée de la grandeur d'entrée $X_i$ , estimation de la valeur vraie $\tilde{x}_i$ de $X_i$
$\tilde{x}_i$	valeurs vraies possibles ou supposées de la grandeur d'entrée $X_i$
$u(x_i)$	incertitude-type de la grandeur d'entrée $X_i$ associée à l'estimation $x_i$
$\Delta x_i$	largeur de la région des valeurs possibles de la grandeur d'entrée $X_i$
$u_{\text{rel}}(w)$	incertitude-type relative d'une grandeur $W$ associée à l'estimation $w$
$\tilde{y}$	valeurs vraies possibles ou supposées du mesurande ; si l'effet physique d'intérêt n'est pas présent, alors $\tilde{y} = 0$ , sinon $\tilde{y} > 0$
$y$	valeur déterminée du mesurande $Y$ , estimation du mesurande, résultat du mesurage primaire du mesurande
$y_j$	valeurs $y$ obtenues à partir de différents mesurages ( $j = 0, 1, 2, \dots$ )
$u(y)$	incertitude-type du mesurande associée au résultat du mesurage primaire $y$
$\tilde{u}(\tilde{y})$	incertitude-type d'un estimateur du mesurande $Y$ , fonction d'une valeur vraie supposée $\tilde{y}$ du mesurande
$\hat{y}$	meilleure estimation du mesurande
$u(\hat{y})$	incertitude-type du mesurande associé à la meilleure estimation $\hat{y}$