NORME INTERNATIONALE

ISO 11929-4

Deuxième édition
2020-09

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 — Fundamentals and application —

Part 4: Guidelines to applications

Numéro de référence
ISO 11929-4:2020(F)

© ISO 2020



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **vii**
Introduction ..... **viii**
1 Domaine d'application **1**
2 Références normatives **2**
3 Termes et définitions **3**
4 Grandeurs et symboles **3**
5 Résumé du présent document **5**
5.1 Procédures conformes à l'ISO 11929 (toutes les parties) 5
5.2 Vue d'ensemble des exemples 5
5.3 Stipulations générales 8
6 Mesurages par comptage à incertitude faible ou modérée **9**
6.1 Définition de la tâche et aspects généraux 9
6.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 9
6.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 9
6.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 10
6.4.1 Comptage du bruit de fond 10
6.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 10
6.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 11
6.4.4 Seuil de décision 11
6.4.5 Limite de détection 11
6.4.6 Limites des intervalles élargis 11
6.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 12
6.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 12
6.6 Évaluation et explications 14
7 Mesurage par comptage avec un faible nombre d'impulsions **15**
7.1 Définition de la tâche et aspects généraux 15
7.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 15
7.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 15
7.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 16
7.4.1 Comptage du bruit de fond 16
7.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 16
7.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 16
7.4.4 Seuil de décision 17
7.4.5 Limite de détection 17
7.4.6 Limites des intervalles élargis 17
7.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 18
7.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 18
7.6 Évaluation et explications 19
7.7 Exemple alternatif de mesurage avec un faible nombre d'impulsions 20
7.7.1 Généralités 20
7.7.2 Comptage du bruit de fond 20
7.7.3 Résultat primaire et son incertitude-type associée 20
7.7.4 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 21
7.7.5 Seuil de décision 21
7.7.6 Limite de détection 21
7.7.7 Limites des intervalles élargis 22
7.7.8 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 22
7.8 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 22
7.9 Évaluation de l'exemple alternatif et explications 24
8 Mesurages par comptage avec des incertitudes élevées au numérateur du facteur d'étalonnage **24**

© ISO 2020 – Tous droits réservés

8.1 Définition de la tâche et aspects généraux 24
8.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 25
8.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 25
8.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 26
8.4.1 Comptage du bruit de fond 26
8.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 26
8.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 26
8.4.4 Seuil de décision 26
8.4.5 Limite de détection 27
8.4.6 Limites des intervalles élargis 27
8.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 27
8.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 27
8.6 Évaluation et explications 29

9 Mesurages par comptage avec des incertitudes élevées au dénominateur du facteur d'étalonnage 29
9.1 Définition de la tâche et aspects généraux 29
9.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 30
9.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 30
9.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 31
9.4.1 Comptage du bruit de fond 31
9.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 31
9.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 32
9.4.4 Seuil de décision 32
9.4.5 Limite de détection 32
9.4.6 Limites des intervalles élargis 32
9.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 33
9.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 33
9.6 Évaluation et explications 34

10 Mesurages par comptage avec effet d'écran du bruit de fond 35
10.1 Définition de la tâche et aspects généraux 35
10.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 35
10.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 35
10.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 36
10.4.1 Comptage du bruit de fond 36
10.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 36
10.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 36
10.4.4 Seuil de décision 37
10.4.5 Limite de détection 37
10.4.6 Limites des intervalles élargis 37
10.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 37
10.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 37
10.6 Évaluation et explications 39

11 Mesurage de dédouanement par comptage 39
11.1 Définition de la tâche et aspects généraux 39
11.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 40
11.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 41
11.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 42
11.4.1 Comptage du bruit de fond 42
11.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 42
11.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 42
11.4.4 Seuil de décision 42
11.4.5 Limite de détection 43
11.4.6 Limites des intervalles élargis 43
11.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 43
11.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 43
11.6 Évaluation et explications 45

 © ISO 2020 – Tous droits réservés

12 Spectrométrie gamma de l'uranium 235 avec interférence du radium 226 46
12.1 Définition de la tâche et aspects généraux 46
12.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 47
12.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 48
12.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 49
12.4.1 Comptage du bruit de fond 49
12.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 49
12.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 50
12.4.4 Seuil de décision 51
12.4.5 Limite de détection 51
12.4.6 Limites des intervalles élargis 51
12.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 52
12.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 52
12.6 Évaluation et explications 53

13 Mesurages de type «boîte noire» 54
13.1 Définition de la tâche et aspects généraux 54
13.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 54
13.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 55
13.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 55
13.4.1 Comptage du bruit de fond 55
13.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 56
13.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 56
13.4.4 Seuil de décision 57
13.4.5 Limite de détection 57
13.4.6 Limites des intervalles élargis 57
13.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 57
13.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 58
13.6 Évaluation et explications 59

14 Mesurages par comptage avec influence aléatoire inconnue du traitement de l'échantillon 59
14.1 Définition de la tâche et aspects généraux 59
14.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 60
14.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 60
14.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 61
14.4.1 Comptage du bruit de fond 61
14.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée 61
14.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 62
14.4.4 Seuil de décision 62
14.4.5 Limite de détection 63
14.4.6 Limites des intervalles élargis 63
14.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 63
14.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 63
14.6 Évaluation et explications 65

15 Mesurages par comptage avec influence connue du traitement de l'échantillon 65
15.1 Définition de la tâche et aspects généraux 65
15.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type 66
15.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications 67
15.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 68
15.4.1 Détermination de l'incertitude relative du traitement de l'échantillon 68
15.4.2 Comptage du bruit de fond 68
15.4.3 Résultat primaire et son incertitude-type associée 69
15.4.4 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée 69
15.4.5 Seuil de décision 69
15.4.6 Limite de détection 70
15.4.7 Limites des intervalles élargis 70
15.4.8 Meilleure estimation et son incertitude-type associée 70
15.5 Documentation des résultats obtenus d'après l'ISO 11929-1 et l'ISO 11929-2 70

© ISO 2020 – Tous droits réservés

15.6 Évaluation et explications ... 72

16 Mesurage de dose avec un dosimètre individuel actif ... 72
16.1 Définition de la tâche et aspects généraux ... 72
16.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type ... 73
16.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications ... 73
16.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques conformément à l'ISO 11929-1 ... 74
16.4.1 Comptage du bruit de fond ... 74
16.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée ... 74
16.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée ... 74
16.4.4 Seuil de décision ... 75
16.4.5 Limite de détection ... 75
16.4.6 Limites des intervalles élargis ... 75
16.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée ... 76
16.5 Évaluation et explications ... 78

17 Mesurage du débit de dose avec un moniteur de neutrons ... 78
17.1 Définition de la tâche et aspects généraux ... 78
17.2 Modèle d'évaluation et incertitude-type ... 80
17.3 Informations disponibles, données d'entrée et spécifications ... 81
17.4 Évaluation du mesurage et des limites caractéristiques ... 82
17.4.1 Comptage du bruit de fond ... 82
17.4.2 Résultat primaire et son incertitude-type associée ... 83
17.4.3 Incertitude-type en fonction d'une valeur vraie présumée ... 83
17.4.4 Seuil de décision ... 84
17.4.5 Limite de détection ... 85
17.4.6 Limites des intervalles élargis ... 85
17.4.7 Meilleure estimation et son incertitude-type associée ... 86
17.5 Documentation des résultats ... 86
17.6 Évaluation et explications ... 87

Annexe A (informative) **Détermination d'un facteur d'étalonnage ... 88**

Annexe B (informative) **Calculs selon l'ISO 11929-2 ... 94**

Bibliographie ... 97

 © ISO 2020 – Tous droits réservés

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).

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).

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.

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 seconde 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 et du Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1.

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

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

© ISO 2020 – Tous droits réservés

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.

NOTE 1 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 (toutes les parties) 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 (toutes les parties), 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 mesure 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 2 Conformément au Guide ISO/IEC 99 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 ainsi que sur le Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1 et le Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.2. 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 98-3:2008/Suppl.1 (voir aussi les références [21 à 25]). 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 (toutes les parties) utilise une théorie d'incertitude de mesurage[26 à 28] reposant sur les statistiques bayésiennes (par exemple les références [29 à 36]) 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[21], la proposition de norme[22] et l'article explicatif[23]. Elle a unifié et remplacé toutes les parties antérieures de l'ISO 11929 et était non seulement applicable à une grande

 © ISO 2020 – Tous droits réservés

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 (toutes les parties), en général, et de son application ont par ailleurs été publiés[42][43].

Depuis la publication du Guide ISO/IEC Guide 98-3:2008/Suppl.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[24] à l'ISO 11929:2010 portant sur la méthode Monte Carlo. L'ISO 11929 (toutes les parties) révisée repose aussi essentiellement sur les statistiques bayésiennes et peut servir de passerelle entre l'ISO 11929:2010 et le Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.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 (toutes les parties), révisée est plus explicite concernant le calcul des valeurs caractéristiques. La référence [25] 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 98-3:2008/Suppl.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 98-3:2008/Suppl.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 présumées être connues grâce à des recherches antérieures.

© ISO 2020 – Tous droits réservés

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 mesurande de rayonnement ionisant non négatif, lorsque des mesurages par comptage sont effectués avec une présélection du temps ou du nombre d'impulsions. Le mesurande 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 mesurande 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 l'ISO 11929-1, les applications avancées reposant sur le Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1 dans l'ISO 11929-2, les applications aux méthodes de déconvolution dans l'ISO 11929-3, et les recommandations d'application dans l'ISO 11929-4.

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 on peut évaluer les incertitudes sur la base du Guide ISO/IEC 98-3 (JCGM 2008). L'ISO 11929-1:2019, Annexe A traite du cas particulier des mesurages répétés par comptage avec des influences aléatoires, alors que l'ISO 11929-1:2019, Annexe B couvre les mesurages avec des ictomètres analogiques linéaires.

L'ISO 11929-2 étend l'ISO 11929-1 à l'évaluation des incertitudes de mesure conformément au Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.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 (toutes les parties), 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.

© ISO 2020 – Tous droits réservés

L'ISO 11929 (toutes les parties) 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 les références [1 à 20] par exemple).

NOTE Un logiciel, baptisé UncertRadio, est disponible pour les calculs conformes aux ISO 11929-1 à ISO 11929-3. UncertRadio[40][41] 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»[44] 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).

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

ISO 11929-1, *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 1: Applications élémentaires*

ISO 11929-2, *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 2: Applications avancées*

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

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

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

Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995) — Supplément 1: Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo, JCGM 101:2008*

Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.2, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995) — Supplément 2: Extension à un nombre quelconque de grandeurs de sortie, JCGM 102:2011*

Guide ISO/IEC 99, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

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

© ISO 2020 – Tous droits réservés

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 80000-1, de l'ISO 80000-10, du Guide ISO/IEC 98-3, du Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1, du Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1, du Guide ISO/IEC 99, de l'ISO 3534-1, de l'ISO 11929-1 et de l'ISO 11929-2 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 https://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 les exemples concernés.

m	masse de l'échantillon d'essai
n_{M}	nombre d'essais Monte Carlo réalisés
X_i	grandeur d'entrée $(i=1,...,m)$
Y	mesurande, grandeur d'intérêt
G	modèle d'évaluation établissant un lien entre les grandeurs d'entrée et le mesurande: $Y=G(X_1,...,X_m)$
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 présumées 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
Δx_i	largeur de la région des valeurs possibles de la grandeur d'entrée X_i
$u_{\mathrm{rel}}(w)$	incertitude-type relative d'une grandeur W associée à l'estimation w
$\tilde{y}$	valeurs vraies possibles ou présumées 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 $(j=0,1,2,...)$
$u(y)$	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 présumée $\tilde{y}$ du mesurande
$\hat{y}$	meilleure estimation du mesurande
$u(\hat{y})$	incertitude-type du mesurande associé à la meilleure estimation $\hat{y}$
y^*	seuil de décision du mesurande
$y^\#$	limite de détection du mesurande

© ISO 2020 – Tous droits réservés