GUIDE 98-4

Première édition
2012-12-01

Version corrigée
2017-08

Incertitude de mesure —

Partie 4:
Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité

Uncertainty of measurement —

Part 4: Role of measurement uncertainty in conformity assessment

Numéro de référence
ISO/IEC GUIDE 98-4:2012(F)

© ISO/IEC 2012



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO/IEC 2012, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos v

Introduction ix

1 Domaine d'application 1

2 Références normatives 2

3 Termes et définitions 2
3.1 Termes relatifs à la probabilité 2
3.2 Termes relatifs à la métrologie 4
3.3 Termes relatifs à l'évaluation de la conformité 5

4 Conventions et notation 8

5 Limites de tolérance et intervalles de tolérance 9
5.1 Mesurages pour l'évaluation de la conformité 9
5.2 Valeurs admissibles et non admissibles : intervalles de tolérance 10
5.3 Exemples de limites de tolérance 11

6 Connaissance du mesurande 11
6.1 Probabilité et information 11
6.2 Théorème de Bayes 12
6.3 Informations synthétiques 13
6.3.1 Meilleure estimation et incertitude-type 13
6.3.2 Intervalles élargis 14

7 Probabilité de conformité à des exigences spécifiées 14
7.1 Règle générale de calcul d'une probabilité de conformité 14
7.2 Probabilités de conformité avec des fonctions de densité de probabilité normales 15
7.3 Intervalles de tolérance unilatéraux avec fonctions de densité de probabilité normales 16
7.3.1 Une seule limite de tolérance inférieure 16
7.3.2 Une seule limite de tolérance supérieure 17
7.3.3 Approche générale avec limites de tolérance uniques 17
7.4 Intervalles de tolérance bilatéraux avec fonctions de densité de probabilité normales 18
7.5 Probabilité de conformité et intervalles élargis 19
7.6 Indice de capabilité de mesurage C_m 20
7.7 Indice de capabilité de mesurage et probabilité de conformité 20

8 Intervalles d'acceptation 22
8.1 Limites d'acceptation 22
8.2 Règle de décision fondée sur une acceptation simple 22
8.3 Règles de décision fondées sur des bandes de garde 23
8.3.1 Considérations générales 23
8.3.2 Acceptation avec bande de garde 24
8.3.3 Rejet avec bande de garde 25

9 Risques client et fournisseur 27
9.1 Généralités 27
9.2 Fonctions de densité de probabilité pour le processus de production et le système de mesure 28
9.3 Résultats possibles d'un mesurage de contrôle avec une règle de décision binaire 28
9.4 Fonction de densité de probabilité jointe pour Y et Y_m 30
9.5 Calcul des risques globaux 31
9.5.1 Contexte historique 31
9.5.2 Formules générales 31
9.5.3 Cas particulier : règle de décision binaire 32
9.5.4 Détermination des limites d'acceptation 33

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

9.5.5 Approche graphique générale **37**
9.5.6 Valeur de l'incertitude de mesure réduite **38**

Annexe A (informative) **Lois de distribution normales** **39**
A.1 Fonction de densité de probabilité normale **39**
A.2 Intégrales de fonctions de densité de probabilité normales **39**
A.3 Probabilités de couverture pour des fonctions de densité de probabilité normales **40**
A.4 Densités de probabilité normales du processus et du mesurage **40**
A.4.1 Fonction de densité de probabilité a priori $g_0(\eta)$ pour le mesurande Y **40**
A.4.2 Fonction de densité de probabilité h (η_m/η) pour Y_m, étant donné une valeur $Y = \eta$ **41**
A.4.3 Fonction de densité de probabilité marginale h_0 (η_m) pour Y_m **41**
A.4.4 Fonction de densité de probabilité a posteriori (après mesurage) g (η/η_m) pour Y **42**
A.5 Calculs des risques avec des fonctions de densité de probabilité normales et une règle de décision binaire **43**

Annexe B (informative) **Connaissance a priori du mesurande** **44**
B.1 Maîtrise statistique des processus **44**
B.2 Un élément choisi de manière aléatoire dans un échantillon d'éléments soumis à mesurage **44**
B.3 Propriété positive proche d'une limite physique **47**

Annexe C (informative) **Liste des principaux symboles** **50**

Bibliographie **52**

Index alphabétique **55**

Annexe ZA (informative) **Guides ISO/IEC correspondant aux documents JCGM dont les équivalences ne sont pas indiqués dans le texte** **56**

© ISO/IEC 2012 – 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 Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Les projets de Guides adoptés par le comité ou le groupe responsable sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Guides 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.

Le Guide ISO/IEC 98-4 a été élaboré par le Groupe de travail 1 du Comité commun pour les guides en métrologie (en tant que JCGM 104:2012) et a été adopté par les comités nationaux de l'ISO et de l'IEC.

Le Guide ISO/IEC 98 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Incertitude de mesure*:

— *Partie 1: Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure*

— *Partie 3 : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

— *Partie 4: Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité*

Les parties suivantes sont prévues :

— *Partie 2 : Concepts et principes de base*

— *Partie 5 : Applications de la méthode des moindres carrés*

Le Guide ISO/IEC 98-3 a deux suppléments :

— *Supplément 1 : Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo*

— *Supplément 2 : Extension à un nombre quelconque de grandeurs de sortie*

Le supplément suivant au Guide ISO/IEC 98-3 est prévu :

— *Supplément 3 : Modélisation*

Dans la mesure où le contenu du Guide ISO/IEC 98-3:2008/Suppl.1:2011 est identique à celui du JCGM 101:2011, le symbole décimal est un point dans la version anglaise et une virgule dans la version française.

L'Annexe ZA a été ajoutée pour fournir une liste de Guides ISO/IEC et de documents élaborés sous la conduite du JCGM pour lesquels des équivalents ne sont pas donnés dans le texte.

La présente version française corrigée du GUIDE ISO/IEC 98-4:2012 inclut les corrections suivantes :
— modification de la formule de la loi normale en 3.1.4,
— Figure 14, la légende de l'abscisse du graphique a été corrigée.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Évaluation des données de mesure — Le rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité

Les droits d'auteur du présent document, élaboré sous la conduite du JCGM, appartiennent conjointement aux organisations membres du JCGM (BIPM, FICC, IEC, ILAC, ISO, UICPA, UIPPA et OIML).

Droits d'auteur

Les droits économiques et moraux attachés aux publications du JCGM font l'objet d'une protection internationale, même si des versions électroniques peuvent en être téléchargées gratuitement sur les sites internet d'une ou de plusieurs organisations membres du JCGM. Les tiers ne sont pas autorisés, sans accord écrit du JCGM, à réécrire ou à modifier ses publications, à vendre des copies au public, ni à diffuser ou à mettre en ligne ses publications. De même, le JCGM s'oppose aux altérations, ajouts et censures qui pourraient être faits à ses publications, y compris à ses titres, slogans ou logos, et ceux de ses organisations membres.

Versions faisant foi et traductions

Les seules versions qui font foi sont les versions originales des documents publiés par le JCGM, dans leur langue originale.

Les publications du JCGM peuvent faire l'objet de traductions dans d'autres langues que celles dans lesquelles le document a été publié originellement par le JCGM. L'accord du JCGM doit être obtenu avant qu'une traduction puisse être faite. Toutes les traductions doivent respecter le format, les formules et unités originaux et faisant foi (sans aucune conversion de formules ou d'unités) et faire mention de la phrase suivante (devant être traduite vers la langue de traduction):

> Tous les travaux du JCGM font l'objet de droits d'auteurs protégés internationalement. La présente traduction du document original du JCGM a été établie avec l'accord du JCGM. Le JCGM conserve l'intégralité des droits d'auteur, protégés internationalement, sur la forme et le contenu de ce document et sur ses titres, slogans ou logos. Les organisations membres du JCGM conservent également l'intégralité des droits, protégés internationalement, sur leurs titres, slogans ou logos contenus dans les publications du JCGM. La seule version qui fait foi est le document publié par le JCGM, dans la langue originale.

Le JCGM ne peut être tenu responsable de la pertinence, de l'exactitude, de l'exhaustivité ou de la qualité des informations ou documentations contenues dans quelque traduction que ce soit. Une copie de la traduction doit être adressée au JCGM au moment de la publication.

Reproduction

Les publications du JCGM peuvent être reproduites, sous réserve d'obtenir l'accord écrit du JCGM. Un exemplaire de tout document reproduit doit être adressé au JCGM et doit faire mention de la phrase suivante:

> Ce document est reproduit avec l'accord du JCGM qui conserve l'intégralité des droits d'auteur, protégés internationalement, sur la forme et le contenu de ce document et sur ses titres, slogans ou logos. Les organisations membres du JCGM conservent également l'intégralité des droits, protégés internationalement, sur leurs titres, slogans ou logos contenus dans les publications du JCGM. Les seules versions qui font foi sont les versions originales des documents publiés par le JCGM.

 © ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Exonération de responsabilité

Le JCGM et ses organisations membres ont publié le présent document afin de faciliter l'accès à l'information sur la métrologie. Ils s'efforcent de le mettre à jour régulièrement, mais ne peuvent garantir l'exactitude en tout temps et ne sauraient être tenus pour responsables d'un quelconque dommage, direct ou indirect, pouvant résulter de son utilisation. L'existence de références à des produits du commerce, quels qu'ils soient (y compris, mais non limité à, tous logiciels, données ou matériels) ou de liens vers des sites internet sur lesquels le JCGM et ses organisations membres n'ont aucun contrôle, et pour lesquels ils n'assument aucune responsabilité, ne doit pas être interprétée comme une approbation, un endossement ou une recommandation par le JCGM et ses organisations membres.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Avant-propos

En 1997, un Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM), présidé par le Directeur du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), a été formé par les sept organisations internationales qui avaient initialement préparé en 1993 le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) et le Vocabulaire international de métrologie – concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM). Le JCGM a accepté de prendre sous sa responsabilité ces deux documents élaborés par le Groupe Technique Consultatif 4 de l'ISO (TAG4).

Le Comité commun est constitué par le BIPM, avec la Commission électrotechnique internationale (IEC), la Fédération internationale de chimie clinique et de biologie médicale (FICC), l'Organisation internationale de normalisation (ISO), l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA), l'Union internationale de physique pure et appliquée (UIPPA) et l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML). Une autre organisation a rejoint ces sept organisations internationales, à savoir la Coopération internationale sur l'agrément des laboratoires d'essais (ILAC).

Le JCGM a deux Groupes de travail. Le Groupe de travail 1, « Expression de l'incertitude de mesure », a la tâche de promouvoir l'usage du GUM et de préparer des suppléments et autres documents pour en élargir le champ d'application. Le Groupe de travail 2, « Groupe de travail sur le Vocabulaire international des termes généraux et fondamentaux de métrologie (VIM) », a la tâche de réviser le VIM et d'en promouvoir l'usage. Pour plus d'informations sur l'activité du JCGM, voir www.bipm.org.

Les documents tels que le présent document sont destinés à conférer une valeur ajoutée au GUM en fournissant des lignes directrices sur des aspects de l'évaluation et de l'utilisation de l'incertitude de mesure qui ne sont pas traités explicitement dans le GUM. De telles lignes directrices seront aussi cohérentes que possible avec la base probabiliste générale du GUM.

Le présent document a été élaboré par le Groupe de travail 1 du JCGM et a bénéficié des revues détaillées effectuées par des organisations membres du JCGM et des Instituts nationaux de métrologie.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Introduction

L'évaluation de la conformité (voir 3.3.1), au sens large, désigne toute activité entreprise pour déterminer, directement ou indirectement, si un produit, un processus, un système, un individu ou un organisme applique les normes pertinentes et satisfait aux exigences spécifiées (voir 3.3.3). L'ISO/IEC 17000:2004 spécifie des termes généraux et leurs définitions relatifs à l'évaluation de la conformité, y compris l'accréditation des organismes d'évaluation de la conformité, et à l'utilisation de l'évaluation de la conformité pour faciliter le commerce.

Dans un type particulier d'évaluation de la conformité, parfois appelé inspection (voir 3.3.2), la détermination qu'un produit vérifie une exigence spécifique repose sur le mesurage comme principale source d'information. L'ISO 10576-1:2003 [22] établit des lignes directrices pour la vérification de la conformité à des limites spécifiées dans le cas où une grandeur (voir 3.2.1) est mesurée et où l'intervalle élargi obtenu (voir 3.2.7) (appelé « intervalle d'incertitude » dans l'ISO 10576-1:2003) est comparé à un intervalle de tolérance (voir 3.3.5). Le présent document étend cette approche afin d'inclure la prise en compte explicite des risques, et développe des procédures générales permettant de déterminer la conformité sur la base de résultats de mesure (voir 3.2.5), en reconnaissant le rôle central des lois de distributions de probabilité (voir 3.1.1) dans les expressions de l'incertitude et d'une information incomplète.

L'évaluation de l'incertitude de mesure est un problème technique dont la solution est traitée dans le JCGM 100:2008, Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) et ses suppléments, JCGM 101:2008, JCGM 102:2011 et JCGM 103 [3]. Le présent document suppose qu'une grandeur d'intérêt, le mesurande (voir 3.2.4), a été mesurée, le résultat de la mesure étant exprimé d'une manière compatible avec les principes décrits dans le GUM. En particulier, il est supposé que des corrections ont été appliquées pour tenir compte de tous les effets systématiques reconnus comme significatifs.

Dans l'évaluation de la conformité, un résultat de mesure est utilisé pour déterminer si un élément d'intérêt satisfait à une exigence spécifiée. L'élément peut être, par exemple, une cale étalon ou un voltmètre numérique à étalonner conformément à l'ISO/IEC 17025:2005 [23] ou vérifier conformément à l'ISO 3650 [24], ou un échantillon d'eau résiduaire industrielle. L'exigence prend généralement la forme d'une ou deux limites de tolérance (voir 3.3.4) définissant un intervalle de valeurs admissibles, appelé intervalle de tolérance (voir 3.3.5), d'une propriété mesurable de l'élément. De telles propriétés comprennent, par exemple, la longueur d'une cale étalon, l'erreur d'indication d'un voltmètre et la concentration massique de mercure dans un échantillon d'eau résiduaire. Si la valeur vraie de la propriété se situe à l'intérieur de l'intervalle de tolérance, l'élément est dit conforme, sinon, il est non conforme.

NOTE Le terme « intervalle de tolérance », tel qu'il est utilisé dans le cadre de l'évaluation de la conformité, a une signification différente de celle utilisée dans le domaine des statistiques.

En règle générale, la décision en matière de conformité d'un élément dépendra d'un certain nombre de propriétés mesurées et un ou plusieurs intervalles de tolérance peuvent être associés à chaque propriété. Il peut également y avoir plusieurs décisions possibles en ce qui concerne chaque propriété, étant donné le résultat d'un mesurage. Après avoir mesuré une grandeur particulière, par exemple, on peut décider (a) d'accepter l'élément, (b) de rejeter l'élément, (c) d'effectuer une autre mesure, et ainsi de suite. Le présent document traite d'éléments ayant une seule propriété scalaire associée à une exigence spécifiée par une ou deux limites de tolérance, et un résultat binaire dans lequel il n'existe que deux états possibles de l'élément, conforme ou non conforme, et deux décisions correspondantes possibles, acceptation ou rejet. Les concepts présentés peuvent être étendus à des problèmes décisionnels plus généraux.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Lors de l'évaluation de résultats de mesure, la connaissance des valeurs possibles d'un mesurande est, en général, codée et transmise par une fonction de densité de probabilité (voir 3.1.3) ou une approximation numérique d'une telle fonction. Une telle connaissance est souvent résumée en donnant la meilleure estimation (prise en tant que valeur mesurée (voir 3.2.6)) ainsi qu'une incertitude de mesure associée, ou un intervalle élargi qui contient la valeur du mesurande avec une probabilité de couverture indiquée (voir 3.2.8). Une évaluation de la conformité à des exigences spécifiées est donc une question de probabilité, fondée sur les informations disponibles après avoir réalisé le mesurage.

Dans un mesurage type, le mesurande d'intérêt n'est pas lui-même observable. La longueur d'une cale étalon en acier, par exemple, ne peut pas être observée directement, mais il est possible d'observer l'indication d'un micromètre dont les touches sont en contact avec les extrémités de la cale. Une telle indication transmet des informations sur la longueur de la cale au travers d'un modèle de mesure qui inclut, d'une part, les effets de grandeurs d'influence telles que la dilatation thermique et, d'autre part, l'étalonnage du micromètre. Lors d'une évaluation de la conformité, une décision du type acceptation/rejet est fondée sur les données observables (valeurs mesurées, par exemple) permettant de déduire les valeurs possibles d'un mesurande non observable [37].

En raison de l'incertitude de mesure, il existe toujours un risque de décision incorrecte concernant la conformité ou la non-conformité d'un élément à une exigence spécifiée, fondée sur la valeur mesurée d'une propriété de l'élément. De telles décisions incorrectes sont de deux types : un élément accepté comme conforme peut en réalité être non conforme, et un élément rejeté comme non conforme peut en réalité être conforme.

En définissant un intervalle d'acceptation (voir 3.3.9) des valeurs mesurées admissibles d'un mesurande, les risques de décisions incorrectes d'acceptation/rejet associées à l'incertitude de mesure peuvent être équilibrés afin de réduire autant que possible les coûts associés à de telles décisions incorrectes. Le présent document traite du problème technique associé au calcul de la probabilité de conformité (voir 3.3.7) et des probabilités des deux types de décisions incorrectes, connaissant la fonction de densité de probabilité (PDF) pour le mesurande, les limites de tolérance et les limites de l'intervalle d'acceptation.

Un intervalle d'acceptation particulier, et sa relation avec un intervalle de tolérance correspondant, sont présentés à la Figure 1.

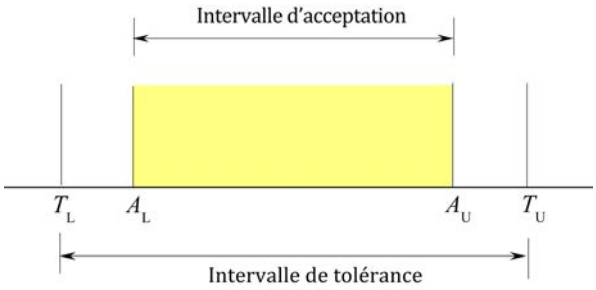


Figure 1 — Évaluation de conformité binaire lorsque les décisions sont fondées sur des valeurs mesurées. La valeur vraie d'une propriété mesurable (le mesurande) d'un élément est spécifiée comme devant se situer dans un intervalle de tolérance défini par les limites (T_L, T_U). L'élément est accepté comme conforme si la valeur mesurée de la propriété se situe à l'intérieur d'un intervalle défini par les limites d'acceptation (voir 3.3.8) (A_L, A_U) ; sinon, il est rejeté comme non conforme.

Le choix des limites de tolérance et des limites d'acceptation est une décision opérationnelle ou stratégique qui dépend des conséquences associées aux écarts par rapport à la qualité prévue du produit. Le traitement général de la nature de telles décisions ne relève pas du domaine d'application du présent document ; voir par exemple les références [14, 15, 34, 35, 36, 44].

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

Incertitude de mesure — Partie 4: Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des lignes directrices et des procédures permettant d'évaluer la conformité d'un élément (entité, objet ou système) à des exigences spécifiées. L'élément peut être, par exemple, une cale étalon, une balance d'épicerie ou un échantillon de sang. Les procédures peuvent être appliquées lorsque les conditions suivantes existent :

— l'élément se distingue par une grandeur scalaire unique (voir 3.2.1) (une propriété mesurable) définie à un niveau de détail suffisant pour être raisonnablement représentée par une valeur vraie par essence unique ;

NOTE Le GUM fournit une justification pour la non-utilisation du terme « vraie », mais celui-ci sera conservé dans le présent document lorsqu'il y a un risque d'ambiguïté ou de confusion.

— un intervalle de valeurs admissibles de la propriété est spécifié par une ou deux limites de tolérance ;

— la propriété peut être mesurée et le résultat de mesure (voir 3.2.5) exprimé de manière cohérente avec les principes du GUM, de telle sorte que la connaissance de la valeur de la propriété puisse être raisonnablement décrite par (a) une fonction de densité de probabilité (voir 3.1.3) (PDF), (b) une fonction de répartition (voir 3.1.2), (c) des approximations numériques de telles fonctions ou (d) la meilleure estimation, accompagnée d' intervalle élargi et d'une probabilité de couverture associée.

Les procédures développées dans le présent document peuvent être utilisées pour déterminer un intervalle, appelé intervalle d'acceptation, de valeurs mesurées admissibles de la propriété d'intérêt. Les limites d'acceptation peuvent être choisies de manière à répartir les risques d'accepter des éléments non conformes (risque client) ou de rejeter des éléments conformes (risque fournisseur).

Deux types de problèmes d'évaluation de la conformité sont traités. Le premier est la détermination de limites d'acceptation permettant de s'assurer que la probabilité de conformité souhaitée pour un élément unique mesuré soit atteinte. Le deuxième est la détermination de limites d'acceptation permettant d'assurer un niveau de confiance acceptable en moyenne lorsque de nombreux éléments (nominalement identiques) sont mesurés. Des lignes directrices sont fournies pour la résolution de ces problèmes.

Le présent document contient des exemples illustrant les lignes directrices fournies. Les concepts présentés peuvent être étendus à des problèmes plus généraux d'évaluation de la conformité fondés sur des mesurages d'un ensemble de mesurandes scalaires. Des documents tels que les références [19, 13] couvrent des aspects sectoriels de l'évaluation de la conformité.

L'audience du présent document comprend les responsables qualité, les membres des organisations de normalisation, les autorités d'accréditation et le personnel des laboratoires d'essais et de mesures, les organismes de contrôle, les organismes de certification, les organismes de réglementation, les universités et les chercheurs.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

2 Références normatives

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).

JCGM 100:2008, *Évaluation des données de mesure — Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*

JCGM 101:2008, *Évaluation des données de mesure — Supplément 1 au « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » — Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo*

JCGM 102:2011, *Évaluation des données de mesure — Supplément 2 au « Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure » — Extension à un nombre quelconque de grandeurs de sortie*

JCGM 200:2012, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM3)*

ISO/IEC 17000:2004, *Évaluation de la conformité — Vocabulaire et principes généraux*

ISO 3534-1:2006, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 1 : Termes statistiques généraux et termes utilisés en calcul des probabilités*

ISO 3534-2:2006, *Statistique — Vocabulaire et symboles — Partie 2 : Statistique appliquée*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les définitions données dans les JCGM 100:2010, JCGM 101:2008 et JCGM 200:2012 s'appliquent, sauf indication contraire. Certaines des définitions les plus pertinentes issues de ces documents sont données ci-après de façon succincte. Les informations supplémentaires, y compris les notes et les exemples, se trouvent dans les références normatives.

Des définitions supplémentaires sont également données, y compris des définitions prises ou adaptées d'autres sources, qui sont particulièrement importantes dans le cadre de l'évaluation de la conformité.

En ce qui concerne les définitions citant d'autres documents, une NOTE insérée avant une telle citation fait partie de l'entrée citée ; les autres NOTES sont spécifiques au présent document.

Dans le présent document, les termes « indication » et « erreur maximale tolérée (d'une indication) » sont considérés comme des grandeurs plutôt que comme des valeurs, contrairement au JCGM 200:2012.

NOTE Les citations ayant la forme [JCGM 101:2008, 3.4] renvoient aux paragraphes indiqués de la référence mentionnée.

3.1 Termes relatifs à la probabilité

3.1.1
loi de probabilité
distribution
mesure de probabilité induite par une variable aléatoire

NOTE Il existe de nombreuses représentations mathématiques équivalentes d'une distribution comprenant la fonction de répartition (voir 3.1.2), la fonction de densité de probabilité, si elle existe (voir 3.1.3), et la fonction caractéristique.

[Adaptée de l'ISO 3534-1:2006, 2.11]

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.1.2
fonction de répartition
fonction donnant, pour toute valeur ξ, la probabilité que la variable aléatoire X soit inférieure ou égale à ξ :

$$G_X(\xi) = \Pr(X \leq \xi)$$

[JCGM 101:2008, 3.2]

3.1.3
fonction de densité de probabilité
PDF
dérivée, lorsqu'elle existe, de la fonction de répartition

$$g_X(\xi) = \mathrm{d}G(\xi)/\mathrm{d}\xi$$

NOTE $g_X(\xi)\,\mathrm{d}\xi$ est la « probabilité élémentaire ».

$$g_X(\xi)\mathrm{d}\xi = \Pr(\xi < X < \xi + \mathrm{d}\xi)$$

[Adaptée du JCGM 101:2008, 3.3]

3.1.4
loi normale
loi de probabilité d'une variable aléatoire continue X ayant la fonction de densité de probabilité

$$g_X(\xi) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{\xi - \mu}{\sigma}\right)^2\right]$$

pour $-\infty < \xi < +\infty$

NOTE 1 μ est l'espérance mathématique (voir 3.1.5) et σ est l'écart-type (voir 3.1.7) de X.

NOTE 2 La loi normale est également connue en tant que loi de Gauss.

[JCGM 101:2008, 3.4]

3.1.5
espérance mathématique
pour une variable aléatoire continue X caractérisée par une fonction de densité de probabilité $g_X(\xi)$,

$$E(X) = \int_{-\infty}^{\infty} \xi g_X(\xi)\mathrm{d}\xi$$

NOTE 1 L'espérance mathématique est également connue comme la « moyenne ».

NOTE 2 Les variables aléatoires n'ont pas toutes d'espérance mathématique.

NOTE 3 L'espérance mathématique de la variable aléatoire $Z = F(X)$, pour une fonction donnée $F(X)$, est

$$E(Z) = E(F(X)) = \int_{-\infty}^{\infty} F(\xi) g_X(\xi)\mathrm{d}\xi$$

[JCGM 101:2008, 3.6]

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.1.6
variance
pour une variable aléatoire continue X caractérisée par une fonction de densité de probabilité $g_X(\xi)$,

$$V(X) = \int_{-\infty}^{\infty} [\xi - E(X)]^2 \, g_X(\xi) \mathrm{d}\xi$$

NOTE 1 Les variables aléatoires ne possèdent pas toutes une variance.

[JCGM 101:2008, 3.7]

3.1.7
écart-type
racine carrée positive de la variance

[JCGM 101:2008, 3.8]

3.2 Termes relatifs à la métrologie

3.2.1
grandeur
propriété d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance, que l'on peut exprimer quantitativement sous forme d'un nombre et d'une référence

[JCGM 200:2012, 1.1]

3.2.2
valeur d'une grandeur
valeur
ensemble d'un nombre et d'une référence constituant l'expression quantitative d'une grandeur

[JCGM 200:2012, 1.19]

3.2.3
valeur vraie
valeur vraie d'une grandeur
valeur d'une grandeur compatible avec la définition de la grandeur

[JCGM 200:2012, 2.11]

3.2.4
mesurande
grandeur que l'on veut mesurer

[JCGM 200:2012, 2.3]

NOTE Dans le présent document, le mesurande est une propriété mesurable d'un élément d'intérêt.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.2.5
résultat de mesure
résultat d'un mesurage
ensemble de valeurs attribuées à un mesurande, complété par toute autre information pertinente disponible

NOTE Un résultat de mesure peut être exprimé de différentes manières en donnant, par exemple, (a) une valeur mesurée avec une incertitude de mesure associée ; (b) un intervalle élargi pour le mesurande avec une probabilité de couverture associée ; (c) une fonction de densité de probabilité ; ou (d) une approximation numérique d'une fonction de densité de probabilité.

[JCGM 200:2012, 2.9]

3.2.6
valeur mesurée
valeur d'une grandeur représentant un résultat de mesure

NOTE Une valeur mesurée est également connue en tant qu'estimation, ou meilleure estimation, d'une grandeur.

[JCGM 200:2012, 2.10]

3.2.7
intervalle élargi
intervalle contenant l'ensemble des valeurs vraies d'un mesurande avec une probabilité déterminée, fondé sur l'information disponible

[JCGM 200:2012, 2.36]

3.2.8
probabilité de couverture
probabilité que l'ensemble des valeurs vraies d'un mesurande soit contenu à l'intérieur d'un intervalle élargi spécifié

[JCGM 200:2012, 2.37]

3.2.9
indication
valeur fournie par un instrument de mesure ou un système de mesure

NOTE 1 Une indication est souvent donnée par la position d'un pointeur pour une sortie analogique ou par un nombre affiché ou imprimé pour une sortie numérique.

NOTE 2 Une indication est également connue en tant que lecture.

[Adaptée du JCGM 200:2012, 4.1]

3.3 Termes relatifs à l'évaluation de la conformité

3.3.1
évaluation de la conformité
activité visant à déterminer si les exigences spécifiées relatives à un produit, processus, système, personne ou organisme sont respectées

[Adaptée de l'ISO/IEC 17000:2004, 2.1]

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.3.2
inspection
évaluation de la conformité par observation et jugement, accompagnés le cas échéant par des mesurages, essais ou calibrage

[Adaptée de l'ISO 3534-2:2006, 4.1.2]

NOTE Un mesurage réalisé dans le cadre de l'évaluation de la conformité est parfois appelé mesurage de contrôle.

3.3.3
exigence spécifiée
besoin ou attente formulé

NOTE Les exigences spécifiées peuvent être formulées dans des documents normatifs tels que les règlements, les normes et les spécifications techniques.

[ISO/IEC 17000:2004, 3.1]

NOTE 1 Dans le contexte d'une exigence spécifiée, le terme « attente » (expectation en anglais) n'a aucun rapport avec l'espérance mathématique (expectation en anglais) d'une variable aléatoire ; voir définition 3.1.5.

NOTE 2 Dans le présent document, une exigence spécifiée type prend la forme d'un intervalle spécifié de valeurs admissibles d'une propriété mesurable d'un élément.

EXEMPLE 1 Un échantillon d'eau résiduaire industrielle (l'élément) doit avoir une concentration massique de mercure dissous (la propriété) inférieure ou égale à 10 ng/L.

EXAMPLE 2 Une balance d'épicerie (l'élément) doit avoir une indication R (la propriété) comprise à l'intérieur de l'intervalle [999,5 g ≤ R ≤ 1 000,5 g] lorsqu'un poids-étalon de 1 kg est mesuré.

3.3.4
limite de tolérance
limite de spécification
limite supérieure ou inférieure spécifiée des valeurs admissibles d'une propriété

[Adaptée de l'ISO 3534-2:2006, 3.1.3]

3.3.5
intervalle de tolérance
intervalle comprenant les valeurs admissibles d'une propriété

[Adaptée de l'ISO 10576-1:2003, 3.5]

NOTE 1 Sauf déclaration contraire dans une spécification, les limites de tolérance font partie de l'intervalle de tolérance.

NOTE 2 Le terme « intervalle de tolérance », tel qu'il est utilisé dans le cadre de l'évaluation de la conformité, a une signification différente de celle qu'il a lorsqu'il est utilisé dans le domaine des statistiques.

NOTE 3 Un intervalle de tolérance est appelé « zone de spécification » dans l'ASME B89.7.3.1:2001 [2].

3.3.6
tolérance
tolérance spécifiée
différence entre les limites de tolérance supérieure et inférieure

3.3.7
probabilité de conformité
probabilité qu'un élément satisfasse à une exigence spécifiée

 © ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.3.8
limite d'acceptation
limite supérieure ou inférieure spécifiée des valeurs mesurées admissibles

[Adaptée de l'ISO 3534-2:2006, 3.1.6]

3.3.9
intervalle d'acceptation
intervalle comprenant les valeurs mesurées admissibles

NOTE 1 Sauf indication contraire dans une spécification, les limites de tolérance font partie de l'intervalle d'acceptation.

NOTE 2 Un intervalle d'acceptation est appelé « zone d'acceptation » dans l'ASME B89.7.3.1 [2].

3.3.10
intervalle de rejet
intervalle comprenant les valeurs mesurées non admissibles

NOTE 1 Un intervalle de rejet est appelé « zone de rejet » dans l'ASME B89.7.3.1 [2].

3.3.11
bande de garde
intervalle entre une limite de tolérance et une limite d'acceptation correspondante

NOTE La bande de garde inclut les limites.

3.3.12
règle de décision
règle documentée décrivant la manière dont l'incertitude de mesure sera prise en compte en ce qui concerne l'acceptation ou le rejet d'un élément, étant donné une exigence spécifiée et le résultat d'un mesurage

[Adaptée de l'ASME B89.7.3.1:2001 [2]

3.3.13
risque client spécifique
probabilité qu'un élément accepté particulier soit non conforme

3.3.14
risque fournisseur spécifique
probabilité qu'un élément rejeté particulier soit conforme

3.3.15
risque client global
risque client
probabilité qu'un élément non conforme soit accepté sur la base d'un résultat de mesure ultérieur

3.3.16
risque fournisseur global
risque fournisseur
probabilité qu'un élément conforme soit rejeté sur la base d'un résultat de mesure ultérieur

3.3.17
indice de capabilité de mesurage
tolérance divisée par un multiple de l'incertitude-type de mesure associée à la valeur mesurée d'une propriété d'un élément

NOTE Dans le présent document, le multiple retenu est 4 ; voir 7.6.3.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés

3.3.18
erreur maximale tolérée (d'une indication)
EMT
pour un instrument de mesure, différence maximale, autorisée par les spécifications ou les règlements, entre l'indication de l'instrument et la grandeur mesurée

NOTE 1 Lorsque plus d'une différence maximale est spécifiée, le terme « erreurs maximales tolérées » est utilisé ; par exemple, une différence négative maximale spécifiée et une différence positive maximale spécifiée.

NOTE 2 L'erreur d'indication peut être écrite sous la forme $E = R - R_0$, où R est l'indication et R_0 désigne l'indication d'un instrument de mesure idéal mesurant le même mesurande Y. Lors des essais et de la vérification d'un instrument de mesure, l'erreur d'indication est généralement évaluée en mesurant un étalon de référence étalonné

4 Conventions et notation

Pour les besoins du présent document, les conventions, la notation et la terminologie suivantes sont adoptées.

4.1 Dans le GUM, l'incertitude-type associée à une estimation y d'un mesurande Y est désignée par $u_c(y)$. L'indice « c », désignant l'incertitude-type « composée », est jugé redondant et n'est pas utilisé dans le présent document (voir JCGM 101:2008, 4.10).

4.2 Une expression écrite sous la forme $A =: B$ signifie que B est défini par A.

4.3 Lorsqu'aucune confusion n'est possible, le symbole u, plutôt que $u(y)$, sera utilisé pour simplifier la notation. L'incertitude élargie U est généralement prise comme étant $U = ku$ en utilisant un facteur d'élargissement $k = 2$; la valeur de k est indiquée explicitement lorsqu'une ambiguïté est possible.

4.4 Une propriété d'intérêt (le mesurande) est considérée comme une variable aléatoire Y ayant des valeurs possibles η. Lorsque Y est mesuré, l'évaluation des résultats de mesure aboutit à une valeur mesurée η_m, considérée comme étant une réalisation d'une variable aléatoire observable Y_m. En général, la valeur mesurée η_m s'écartera de Y d'une erreur inconnue E qui dépend des effets aléatoires et systématiques.

4.5 Un intervalle de tolérance spécifie les valeurs admissibles du mesurande Y. Une décision d'évaluation de la conformité est fondée sur la valeur mesurée η_m et sur la relation de η_m par rapport à un intervalle d'acceptation défini.

4.6 La connaissance des grandeurs Y et Y_m est codée et transmise par des fonctions de densité de probabilité conditionnelles dont la forme dépend de l'information disponible. Les fonctions de densité de probabilité conditionnelles sont écrites avec une barre verticale, l'information à droite de la barre étant considérée comme donnée. La fonction de densité de probabilité pour un mesurande Y avant mesurage est $g_{Y|I}(\eta|I)$, où le symbole I désigne une information a priori.

4.7 Après le mesurage d'une propriété d'intérêt, donnant une valeur mesurée observée η_m, la fonction de densité de probabilité a posteriori pour Y est $g_{Y|\eta_m,I}(\eta|\eta_m,I)$.

4.8 Les fonctions de densité de probabilité analogues pour les valeurs possibles η_m de la grandeur de sortie du système de mesure Y_m sont (a), $g_{Y_m|I}(\eta_m|I)$, en codant la croyance dans les valeurs mesurées possibles étant donné uniquement l'information a priori I, et (b), $g_{Y_m|\eta,I}(\eta_m|\eta,I)$, la fonction de densité de probabilité analogue lorsque, en plus de l'information a priori I, le mesurande est supposé avoir une valeur vraie donnée $Y = \eta$.

© ISO/IEC 2012 – Tous droits réservés