
**Spécification géométrique des produits
(GPS) — Vérification par la mesure des
pièces et des équipements de mesure —**

Partie 2:

**Guide pour l'estimation de l'incertitude
dans les mesures GPS, dans l'étalonnage
des équipements de mesure et dans la
vérification des produits**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4609-9260/iso-14253-2-1999>
*Geometrical product specifications (GPS) — Inspection by measurement
of workpieces and measuring equipment —*

*Part 2: Guide to the estimation of uncertainty in GPS measurement,
in calibration of measuring equipment and in product verification*



PDF – Exonération de responsabilité

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 14253-2:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999>

© ISO 1999

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax. + 41 22 734 10 79
E-mail copyright@iso.ch
Web www.iso.ch

Imprimé en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	2
3 Termes et définitions	2
4 Symboles	6
5 Concept de la méthode GUM itérative pour l'estimation de l'incertitude de mesure	7
6 Procédure pour le management de l'incertitude — PUMA	8
7 Sources d'erreurs et incertitude de mesure	13
8 Outils pour l'estimation des composantes d'incertitude, de l'incertitude-type et de l'incertitude élargie	17
9 Estimation pratique de l'incertitude — Budgétisation de l'incertitude avec PUMA	26
10 Application	30
Annexe A (informative) Exemple de budgets d'incertitude — Étalonnage d'une bague de réglage	34
Annexe B (informative) Exemple de budgets d'incertitude — Conception d'une hiérarchie de l'étalonnage	41
Annexe C (informative) Exemple de budgets d'incertitude — Mesure de circularité	66
Annexe D (informative) Relation avec la matrice GPS	72
Bibliographie	74

Avant-propos

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

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

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

Dans d'autres circonstances, en particulier lorsqu'il existe une demande urgente du marché, un comité technique peut décider de publier d'autres types de documents normatifs:

- une Spécification publiquement disponible ISO (ISO/PAS) représente un accord entre les experts dans un groupe de travail ISO et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 50 % des membres votants du comité dont relève le groupe de travail;
- une Spécification technique ISO (ISO/TS) représente un accord entre les membres d'un comité technique et est acceptée pour publication si elle est approuvée par plus de 2/3 des membres votants du comité.

Les ISO/PAS et ISO/TS font l'objet d'un nouvel examen tous les trois ans afin de décider éventuellement de leur transformation en Normes internationales. <http://www.iso.org/iso/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999>

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

L'ISO/TS 14253-2 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 213, *Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques de produits*.

L'ISO 14253 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Spécification géométrique des produits (GPS) — Vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure*:

- *Partie 1: Règles de décision pour prouver la conformité ou la non-conformité à la spécification*
- *Partie 2: Guide pour l'estimation de l'incertitude dans les mesures GPS, dans l'étalonnage des équipements de mesure et dans la vérification des produits* [Spécification technique]
- *Partie 3: Procédures pour l'évaluation de l'intégrité des valeurs de l'incertitude de mesure*

Les annexes A, B, C et D de la présente Spécification technique sont données uniquement à titre d'information.

Introduction

La présente Spécification technique est une spécification technique GPS globale (voir ISO/TR 14638:1995). Cette Spécification technique GPS globale influence les maillons 4, 5 et 6 de toutes les chaînes de normes.

Pour des informations plus détaillées concernant la relation entre cette spécification, les autres normes et la matrice GPS, voir l'annexe D.

La présente Spécification technique est développée pour venir à l'appui de l'ISO 14253-1. La présente Spécification technique établit une procédure simplifiée et itérative du concept et de la façon d'évaluer et de déterminer l'incertitude (incertitude-type et incertitude élargie) de mesure, et les recommandations pour documenter et consigner les informations relatives à l'incertitude de mesure, telles qu'elles sont données dans le «*Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*» (GUM). Dans la plupart des cas, des ressources très limitées sont seulement nécessaires pour estimer une incertitude de mesure au moyen de cette procédure simplifiée et itérative, mais cette dernière peut entraîner une légère surestimation de l'incertitude de mesure. Si une estimation plus exacte de l'incertitude de mesure est nécessaire, les procédures plus élaborées du GUM doivent être appliquées.

Cette procédure simplifiée et itérative des méthodes du GUM est destinée aux mesurages GPS, mais peut servir dans d'autres domaines de la métrologie industrielle (appliquée).

L'incertitude de mesure et le concept de prise en compte de l'incertitude de mesure étant importants pour toutes les fonctions techniques d'une société, la présente Spécification technique concerne par exemple, la fonction de management, la fonction de conception et de développement, la fonction de fabrication, la fonction d'assurance qualité, la fonction métrologie, etc.

ISO/TS 14253-2:1999

La présente Spécification technique est particulièrement importante en ce qui concerne les systèmes d'assurance qualité ISO 9000 dans lesquels il est exigé que l'incertitude de mesure soit connue [par exemple 4.11.1, 4.11.2 a) et 4.11.2 b) de l'ISO 9001:1994].

Dans la présente Spécification technique, l'incertitude sur le résultat d'un processus d'étalonnage et d'un processus de mesurage est abordée de la même façon:

- l'étalonnage est traité comme «une mesure de caractéristiques métrologiques d'un équipement de mesure ou d'un étalon»;
- la mesure est traitée comme «une mesure de caractéristiques géométriques d'une pièce».

Par conséquent, dans la plupart des cas, il n'existe pas de distinction dans le texte entre mesurage et étalonnage. Le terme «mesure» est utilisé comme synonyme des deux.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 14253-2:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999>

Spécification géométrique des produits (GPS) — Vérification par la mesure des pièces et des équipements de mesure —

Partie 2 :

Guide pour l'estimation de l'incertitude dans les mesures GPS, dans l'étalonnage des équipements de mesure et dans la vérification des produits

1 Domaine d'application

La présente Spécification technique donne des lignes directrices pour la mise en œuvre du concept de «Guide pour l'estimation de l'incertitude de mesure» (en abrégé GUM), à appliquer dans l'industrie pour l'étalonnage d'étalons et d'équipements de mesure dans le domaine GPS et la mesure des caractéristiques GPS de pièces. L'objectif est de présenter des informations complètes sur la façon d'obtenir les causes d'incertitude et de fournir la base d'une comparaison internationale des résultats de mesurages et de leurs incertitudes (relation entre le client et le fournisseur).

La présente Spécification technique vient à l'appui de l'ISO 14253-1. Cette Spécification technique et l'ISO 14253-1 sont bénéfiques à toutes les fonctions techniques d'une société dans l'interprétation des spécifications GPS (à savoir, les tolérances des caractéristiques d'une pièce et les valeurs des erreurs maximales tolérées (MPE: **Maximum Permissible Errors**) pour les caractéristiques métrologiques de l'équipement de mesure).

La présente Spécification technique introduit la procédure pour le management de l'incertitude (PUMA: **Procedure for Uncertainty Management**), qui est une procédure pratique et itérative fondée sur le GUM pour estimer l'incertitude de mesure sans modifier les concepts de base du GUM et qui est généralement destinée à être utilisée pour estimer l'incertitude de mesure et pour donner des causes d'incertitude concernant:

- des résultats unitaires de mesure;
- la comparaison de deux résultats ou plus de mesure;
- la comparaison de résultats de mesure — à partir d'une ou de plusieurs pièces ou équipements de mesure — avec des spécifications données (à savoir, les erreurs maximales tolérées (MPE) pour une caractéristique métrologique d'un instrument de mesure ou un étalon, et les limites de tolérance pour une caractéristique de pièce, etc.) pour prouver la conformité ou la non-conformité aux spécifications.

La méthode itérative est fondamentalement basée sur une stratégie de limite supérieure, à savoir la surestimation de l'incertitude à tous les niveaux, mais les itérations déterminent la quantité de surestimation. Une surestimation intentionnelle — et non une sous-estimation — est nécessaire pour empêcher la prise de mauvaises décisions sur la base de résultats de mesure. La quantité de surestimation doit être contrôlée par l'évaluation économique de la situation.

La méthode itérative est un outil pour maximiser les profits et réduire les coûts des activités métrologiques d'une société. La méthode/procédure itérative est autorégulante sur le plan économique et est également un outil permettant de modifier/réduire l'incertitude de mesure existante avec pour but de réduire le coût de la métrologie (fabrication). La méthode itérative rend possible un compromis entre le risque, l'effort et le coût dans l'estimation et la budgétisation de l'incertitude.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Spécification technique. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Spécification technique sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 1:1975, *Température normale de référence des mesures industrielles de longueur.*

ISO 4288:1996, *Spécification géométrique des produits (GPS) — État de surface: Méthode du profil — Règles et procédures pour l'évaluation de l'état de surface.*

ISO 9001:1994, *Systèmes qualité — Modèle pour l'assurance de la qualité en conception, développement, production, installations et prestations associées.*

ISO 9004-1:1994, *Management de la qualité et éléments de systèmes qualité — Partie 1: Lignes directrices.*

ISO 14253-1:1998, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Vérification par la mesure des pièces et équipements de mesure — Partie 1: Règles de décision pour prouver la conformité ou la non-conformité à la spécification.*

ISO 14253-3:—¹⁾, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Vérification par la mesure des pièces et équipements de mesure — Partie 3: Procédures pour l'évaluation de l'intégrité des valeurs de l'incertitude de mesure.*

ISO 14660-1:1999, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Termes généraux et définitions.*

Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM), 1^{re} édition, 1995.

Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie (VIM). BIPM, CEI, FICC, ISO, OIML, UICPA, UIPPA, 2^e édition, 1993.

3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Spécification technique, les termes et définitions donnés dans l'ISO 14253-1, l'ISO 14660-1, le VIM, le GUM et les suivants s'appliquent.

3.1

modèle de la boîte noire pour l'estimation de l'incertitude

méthode/modèle pour l'estimation de l'incertitude dans laquelle la valeur de sortie d'une mesure s'obtient dans la même unité que l'entrée (stimuli), plutôt que par mesure d'autres grandeurs reliées de façon fonctionnelle au mesurande

NOTE 1 Dans le modèle de la boîte noire — dans la présente Spécification technique — les composantes d'incertitude sont supposées être additives, les grandeurs d'influence sont transformées en unité du mesurande et les coefficients de sensibilité sont égaux à 1.

NOTE 2 Dans de nombreux cas, une méthode complexe de mesure peut être envisagée comme une simple boîte noire avec un stimulus entrant et un résultat sortant de la boîte noire. Lorsqu'on ouvre une boîte noire, elle peut s'avérer contenir plusieurs boîtes noires «plus petites» et/ou plusieurs boîtes transparentes.

1) À publier.

NOTE 3 La méthode d'estimation de l'incertitude reste une méthode de la boîte noire même s'il est nécessaire d'effectuer des mesures supplémentaires pour déterminer les valeurs des grandeurs d'influence afin de réaliser les corrections correspondantes.

3.2

modèle de la boîte transparente pour l'estimation de l'incertitude

méthode/modèle d'estimation d'incertitude dans laquelle la valeur d'un mesurande est obtenue par la mesure d'autres grandeurs reliées de façon fonctionnelle au mesurande

3.3

opération de mesure

évaluation d'un mesurande selon sa définition

3.4

opération de mesure fondamentale (mesure fondamentale)

opération(s) de mesure qui constitue(nt) la base pour l'évaluation de caractéristiques plus compliquées d'une pièce ou d'un équipement de mesure

NOTE Des exemples de mesure fondamentale sont:

- a) une mesure parmi plusieurs mesures individuelles de l'écart de rectitude d'un élément d'une pièce;
- b) une mesure parmi plusieurs mesures individuelles d'erreur d'indication d'un micromètre lors de la mesure de l'étendue de l'erreur d'indication.

3.5

opération globale de mesure

opération compliquée de mesure qui est évaluée sur la base de plusieurs mesures fondamentales, éventuellement différentes

NOTE Des exemples d'opération globale de mesure sont:

- a) la mesure de la rectitude d'un élément d'une pièce;
- b) l'étendue de l'erreur d'indication d'un micromètre.

3.6

incertitude élargie (d'une mesure)

U

[3.16 de l'ISO 14253-1:1998 et 2.3.5 du GUM:1995]

NOTE U (majuscule) indique toujours l'incertitude élargie de mesure.

3.7

incertitude vraie

U_A

incertitude de mesure qui serait obtenue par une estimation parfaite de l'incertitude

NOTE 1 Les incertitudes vraies sont, par nature, indéterminées.

NOTE 2 Voir également 8.8.

3.8

incertitude conventionnellement vraie — Incertitude GUM

U_C

incertitude de mesure estimée entièrement selon les procédures les plus élaborées du GUM

NOTE 1 L'incertitude conventionnellement vraie de mesure peut différer d'une incertitude de mesure estimée conformément à la présente Spécification technique.

NOTE 2 Voir également 8.8.

3.9
incertitude approchée

U_{EN}

incertitude de mesure estimée par la méthode simplifiée et itérative

NOTE 1 L'indice N indique que U_{EN} est estimée par le nombre d'itérations N . La désignation U_E peut être utilisée sans indication du nombre d'itérations, lorsqu'il n'est pas important de connaître le nombre d'itérations.

NOTE 2 Voir également 8.8.

3.10
incertitude cible (pour une mesure ou un étalonnage)

U_T

incertitude déterminée comme étant l'optimum pour l'opération de mesure

NOTE 1 L'incertitude cible est le résultat d'une décision de direction impliquant par exemple, la conception, la fabrication, le service d'assurance qualité, la commercialisation, les ventes et la distribution.

NOTE 2 L'incertitude cible est déterminée (optimisée) en tenant compte de la spécification [tolérance ou erreur maximale tolérée (MPE)], de l'aptitude du processus, des coûts, de la criticité et des exigences de 4.11.1 et 4.11.2 de l'ISO 9001:1994, 13.1 de l'ISO 9004:1994 et de l'ISO 14253-1.

NOTE 3 Voir également 8.8.

3.11
incertitude requise de mesure

U_R

incertitude requise pour un processus et une opération de mesure

NOTE Voir également 6.2. L'incertitude requise peut être spécifiée par un client, par exemple.

3.12
management de l'incertitude

processus consistant à dériver un mode opératoire de mesure adéquat à partir d'une opération de mesure et de l'incertitude cible en utilisant des techniques de budgétisation de l'incertitude

3.13
budget d'incertitude (pour une mesure ou un étalonnage)

déclaration résumant l'estimation des composantes d'incertitude qui contribuent à l'incertitude d'un résultat de mesure

NOTE 1 L'incertitude du résultat de la mesure n'est pas ambiguë uniquement lorsque le mode opératoire de mesure (y compris l'objet de mesure, le mesurande, la méthode et les conditions de mesure) est défini.

NOTE 2 Le terme «budget» est utilisé pour l'attribution de valeurs numériques aux composantes d'incertitude, à leur combinaison et leur élargissement, sur la base du mode opératoire de mesure, des conditions et hypothèses de mesure.

3.14
cause d'incertitude

x_x

source d'incertitude de mesure pour un processus de mesure

3.15
valeur limite (limite d'écart) pour une cause d'incertitude

a_{xx}

valeur absolue de la (ou des) valeur(s) extrême(s) de la cause d'incertitude, x_x

3.16
composante d'incertitude u_{xx} incertitude-type de la cause d'incertitude, xx

NOTE La méthode d'itération utilise la désignation u_{xx} pour toutes les composantes d'incertitude. Cela n'est pas cohérent avec la version actuelle du GUM qui utilise parfois la désignation s_{xx} pour les composantes d'incertitude évaluées par l'évaluation A et la désignation u_{xx} pour les composantes d'incertitude évaluées par l'évaluation B.

3.17
grandeur d'influence d'un instrument de mesure

caractéristique d'un instrument de mesure qui affecte le résultat d'une mesure effectuée par l'instrument

3.18
grandeur d'influence d'une pièce

caractéristique d'une pièce qui affecte le résultat d'une mesure effectuée sur cette pièce

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO/TS 14253-2:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/46feb90a-5671-4e66-926b-0306b7aefb0a/iso-ts-14253-2-1999>

4 Symboles

Pour les besoins de la présente Spécification technique, les symboles génériques du Tableau 1 s'appliquent.

Tableau 1 — Symboles génériques

Symbole	Description
a	valeur limite pour une distribution
a_{xx}	valeur limite pour une erreur ou une cause d'incertitude (dans l'unité du résultat de mesure — du mesurande)
a_{xx}^*	valeur limite pour une erreur ou une cause d'incertitude (dans l'unité de la grandeur d'influence)
α	coefficient de dilatation thermique linéaire
b	coefficient pour la transformation de a_{xx} en u_{xx}
C	correction (valeur)
d	résolution d'un équipement de mesure
E	module d'Young
ER	erreur (valeur d'une mesure)
G	fonction de plusieurs valeurs de mesure [$G(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots)$]
h	valeur d'hystérésis
k	facteur d'élargissement
m	nombre d'écart-types dans la moitié d'un intervalle de confiance
MR	résultat de mesure (valeur)
n	nombre de ...
N	nombre d'itérations
ν	nombre de Poisson
p	nombre de causes d'incertitude totale non corrélées
r	nombre de causes d'incertitude totale corrélées
ρ	coefficient de corrélation
TV	valeur vraie d'une mesure
u, u_i	incertitude-type (écart-type)
s_x	écart-type d'un échantillon
$s_{\bar{x}}$	écart-type d'une valeur moyenne d'un échantillon
u_C	incertitude-type composée
u_{xx}	écart-type de la cause d'incertitude xx — composante d'incertitude
U	incertitude élargie de mesure
U_A	incertitude vraie de mesure
U_C	incertitude conventionnellement vraie de mesure
U_E	incertitude approchée d'une mesure (nombre d'itérations non indiqué)
U_{EN}	incertitude approchée d'une mesure du nombre d'itérations N
U_R	incertitude requise
U_T	incertitude cible
U_V	valeur d'incertitude (non estimée selon le GUM ou la présente Spécification technique)
X	résultat de mesure (brut)
X_i	résultat de mesure (dans le modèle de la boîte transparente d'estimation de l'incertitude)
Y	résultat de mesure (corrigé)

5 Concept de la méthode GUM itérative pour l'estimation de l'incertitude de mesure

En appliquant entièrement la méthode GUM, on trouve une incertitude conventionnellement vraie de mesure, U_C .

La méthode/mode opératoire simplifié et itératif de la présente Spécification technique permet d'obtenir des incertitudes estimées de mesure, U_E , en surestimant les composantes/causes d'influence de l'incertitude ($U_E \geq U_C$). Le processus de surestimation permet de prendre en compte le «pire des cas» à la limite supérieure de chaque cause d'incertitude connue ou prévisible, ce qui assure des résultats d'estimations «par sécurité», c'est-à-dire sans sous-estimation de l'incertitude de mesure. La méthode simplifiée et itérative de la présente Spécification technique est fondée sur ce qui suit:

- toutes les causes d'incertitude sont identifiées;
- il est décidé des éventuelles corrections qui doivent être effectuées (voir 8.4.6);
- l'influence de l'incertitude du résultat de mesure à partir de chaque cause est évaluée sous forme d'incertitude-type u_{xx} , dénommée la composante d'incertitude;

NOTE Par convention dans la méthode itérative, l'influence de chaque cause doit être convertie dans l'unité du mesurande au moyen des équations/formules physiques et des coefficients de sensibilité applicables.

- un processus d'itération, PUMA (voir article 6);
- l'évaluation de chacune des composantes d'incertitude (incertitudes types) u_{xx} peut prendre place soit par l'évaluation de type A, soit par l'évaluation de type B;
- l'évaluation de type B est préférable — si possible — dans la première itération de façon à obtenir une estimation grossière de l'incertitude pour établir un aperçu et économiser des coûts;
- l'effet total de toutes les causes (dénommé incertitude-type composée) est calculé au moyen de la formule:

$$u_c = \sqrt{u_{x1}^2 + u_{x2}^2 + u_{x3}^2 + \dots + u_{xn}^2} \quad (1)$$

- la formule (1) n'est valable que pour un modèle de la boîte noire d'estimation de l'incertitude et lorsque les composantes u_{xx} sont toutes non corrélées (pour plus de détails et d'autres formules, voir 8.6 et 8.7);
- pour simplifier, les seuls coefficients de corrélation entre les causes concernées sont

$$\rho = 1, -1, 0 \quad (2)$$

- si la corrélation des composantes d'incertitude n'est pas connue, une corrélation complète est supposée, $\rho = 1$ ou -1 . Les composantes corrélées sont additionnées arithmétiquement avant d'être insérées dans la formule ci-dessus (voir 8.5 et 8.6);
- l'incertitude élargie U est calculée au moyen de la formule:

$$U = k \times u_c \quad (3)$$

où $k = 2$; k est le facteur d'élargissement (voir également 8.8);

- la méthode simplifiée et itérative consiste généralement en au moins deux itérations de l'estimation des composantes d'incertitude.
- La première itération très grossière, rapide et bon marché a pour objet d'identifier les composantes les plus importantes de l'incertitude (voir Figure 1).

- Les itérations suivantes, le cas échéant, ne consistent qu'à effectuer des estimations de «limite supérieure» plus exactes des plus importantes composantes pour abaisser l'estimation de l'incertitude (u_c et U) à un éventuel ordre de grandeur acceptable.

La méthode simplifiée et itérative peut être utilisée pour deux buts:

- a) le management de l'incertitude de mesure pour le résultat d'un processus de mesure donné (peut servir aux résultats à partir d'un processus connu de mesure ou pour comparaison de deux ou plusieurs de ces résultats), voir 6.2;
- b) le management de l'incertitude pour un processus de mesure. Développement d'un processus de mesure adéquat, à savoir $U_E \leq U_T$ (voir 6.3).

6 Procédure pour le management de l'incertitude — PUMA

6.1 Généralités

La condition préalable à la budgétisation et au management de l'incertitude est une opération de mesure clairement identifiée et définie; à savoir, le mesurande à quantifier (une caractéristique GPS d'une pièce ou une caractéristique métrologique d'un équipement de mesure de GPS). L'incertitude de mesure est une mesure de la qualité de la valeur mesurée selon les définitions d'une caractéristique GPS de la pièce ou une caractéristique métrologique de l'équipement de mesure GPS donné dans les normes GPS.

Les normes GPS définissent les «valeurs conventionnellement vraies» [voir 1.20 du VIM (1993)] des caractéristiques à mesurer par des chaînes de normes et des normes globales (voir l'ISO/TR 14638). Très souvent, les normes GPS définissent également le principe de mesure idéal — ou conventionnellement vrai — [voir 2.3 du VIM (1993)], la méthode de mesure [voir 2.4 du VIM (1993)], le mode opératoire de mesure [voir 2.5 du VIM (1993)] et les «conditions de référence» [voir 5.7 du VIM (1993)].

Les écarts par rapport aux valeurs normalisées conventionnellement vraies des caractéristiques, etc. (l'opérateur idéal) contribuent à l'incertitude de mesure.

6.2 Management de l'incertitude pour un processus donné de mesure

Le management de l'incertitude de mesure pour une opération de mesure donnée (case 1 de la Figure 1) et pour un processus de mesure existant, est illustré à la Figure 1. Le principe de mesure (case 3), la méthode de mesure (case 4), le mode opératoire de mesure (case 5) et les conditions de mesure (case 6) sont fixés et donnés ou décidés dans ce cas, et ne peuvent être modifiés. La seule tâche consiste à évaluer la conséquence sur l'incertitude de mesure. Un U_R requis peut être donné ou décidé.

En utilisant la méthode GUM itérative, la première itération ne sert qu'à l'orientation et à la recherche des causes dominantes d'incertitude. La seule chose à faire, dans le processus de management dans ce cas, est d'affiner l'estimation des causes dominantes afin d'approcher une estimation vraie des composantes d'incertitude, en évitant ainsi une surestimation trop importante, si nécessaire.

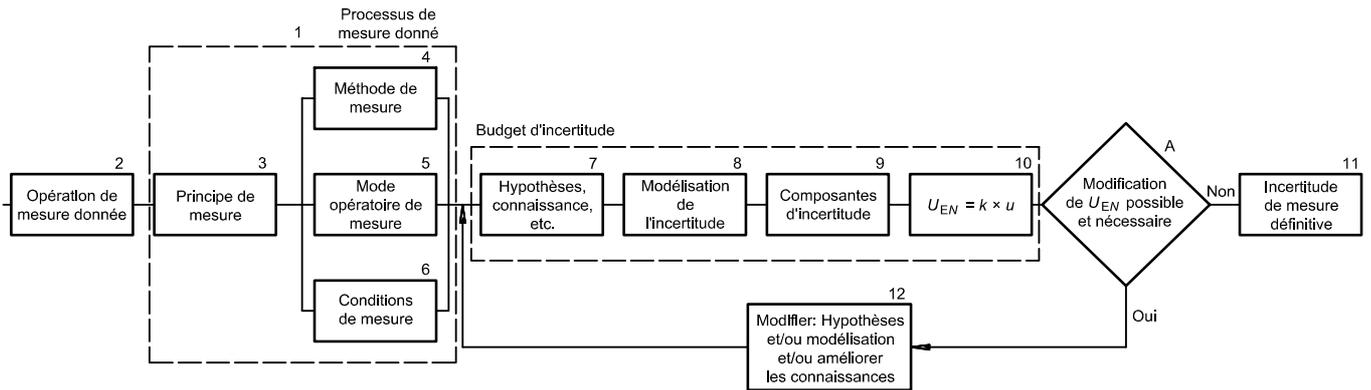


Figure 1 — Management de l'incertitude pour un résultat de mesure à partir d'un processus de mesure donné

La procédure est la suivante:

- a) effectuer la première itération de préférence sur la base d'un modèle de boîte noire du processus d'estimation d'incertitude et établir un budget d'incertitude préliminaire (cases 7 à 9) aboutissant à la première estimation grossière de l'incertitude élargie, U_{E1} (case 10). Pour des détails concernant l'estimation de l'incertitude, voir article 9. Toutes les estimations des incertitudes U_{EN} s'effectuent sous la forme d'estimations de limite supérieure;
- b) comparer la première incertitude estimée, U_{E1} , avec l'incertitude requise U_R (case A) pour l'opération de mesure réelle;
 - 1) si U_{E1} est acceptable (c'est-à-dire si $U_{E1} \leq U_R$), alors le budget d'incertitude de la première itération a prouvé que le mode opératoire de mesure donné est adapté à l'opération de mesure (case 11);
 - 2) si U_{E1} n'est pas acceptable (c'est-à-dire si $U_{E1} > U_R$), ou s'il n'y a pas d'incertitude requise, mais qu'une valeur inférieure et plus vraie est souhaitée, le processus d'itération se poursuit;
- c) avant la nouvelle itération, analyser l'ordre de grandeur relatif des causes d'incertitude. Dans de nombreux cas, quelques composantes d'incertitude dominent l'incertitude-type composée et l'incertitude élargie;
- d) modifier les hypothèses ou améliorer les connaissances au sujet des composantes d'incertitude afin d'effectuer une estimation de limite supérieure plus exacte [voir 3.5 du VIM (1993)] des composantes d'incertitude les plus importantes (dominantes) (case 12);

modifier pour un modèle plus détaillé du processus d'estimation d'incertitude ou une résolution supérieure du processus de mesure (case 12);
- e) effectuer la seconde itération du budget d'incertitude (cases 7 à 9) aboutissant à la seconde estimation, inférieure et plus exacte [voir 3.5 du VIM (1993)], de limite supérieure de la mesure d'incertitude, U_{E2} (case 10);
- f) comparer la seconde incertitude estimée, U_{E2} , (case A) avec l'incertitude requise, U_R , pour l'opération de mesure réelle;
 - 1) si U_{E2} est acceptable (c'est-à-dire si $U_{E2} \leq U_R$), alors le budget d'incertitude de la seconde itération a prouvé que le mode opératoire de mesure donné est adapté à l'opération de mesure (case 11);
 - 2) si U_{E2} n'est pas acceptable (c'est-à-dire si $U_{E2} > U_R$), ou s'il n'y a pas d'incertitude requise, mais qu'une valeur inférieure et plus exacte est souhaitée, alors une troisième (et éventuellement d'autres) itération(s) est (sont) nécessaire(s). Répéter l'analyse des causes d'incertitude [modifications additionnelles des hypothèses, amélioration des connaissances, modifications de la modélisation, etc. (case 12)], et se concentrer sur les causes d'incertitude les plus importantes actuellement;