

---

---

**Spécification géométrique des produits  
(GPS) — Machines à mesurer  
tridimensionnelles (MMT): Technique  
pour la détermination de l'incertitude de  
mesure —**

**Partie 4:  
Évaluation de l'incertitude de mesure  
spécifique d'une tâche à l'aide de  
simulations**

*Geometrical Product Specifications (GPS) — Coordinate measuring  
machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of  
measurement — 4:2008*

*Part 4: Evaluating task-specific measurement uncertainty using  
simulation*



**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 Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO/TS 15530-4:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbb-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbb-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2008

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

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3</b> <b>Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4</b> <b>Termes abrégés</b> .....	<b>2</b>
<b>5</b> <b>Exigences relatives aux logiciels d'évaluation des incertitudes (UES)</b> .....	<b>2</b>
<b>5.1</b> <b>Spécification du domaine d'application déclaré des logiciels UES</b> .....	<b>2</b>
<b>5.2</b> <b>Spécification des entrées pour le logiciel UES</b> .....	<b>3</b>
<b>5.3</b> <b>Documentation complémentaire sur le logiciel UES</b> .....	<b>3</b>
<b>5.4</b> <b>Conformité avec le GUM</b> .....	<b>4</b>
<b>5.5</b> <b>Utilisation des résultats du logiciel UES</b> .....	<b>4</b>
<b>Annexe A</b> (normative) <b>Liste de contrôle — Déclaration des grandeurs d'influence</b> .....	<b>5</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Éléments des logiciels d'évaluation des incertitudes (UES)</b> .....	<b>7</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Méthodes d'essai des logiciels d'évaluation des incertitudes (UES)</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Exemple descriptif — Essai physique sur une MMT individuelle</b> .....	<b>18</b>
<b>Annexe E</b> (informative) <b>Exemple descriptif — Vérification et évaluation assistées par ordinateur (CVE)</b> .....	<b>20</b>
<b>Annexe F</b> (informative) <b>Exemple descriptif — Comparaison avec des résultats de référence spécifiques</b> .....	<b>22</b>
<b>Annexe G</b> (informative) <b>Exemple descriptif — Étude statistique à long terme</b> .....	<b>24</b>
<b>Annexe H</b> (informative) <b>Relations avec la matrice GPS</b> .....	<b>25</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>26</b>

## Avant-propos

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

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

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 2/3 des membres votants du comité.

Une ISO/PAS ou ISO/TS fait l'objet d'un examen après trois ans afin de décider si elle est confirmée pour trois nouvelles années, révisée pour devenir une Norme internationale, ou annulée. Lorsqu'une ISO/PAS ou ISO/TS a été confirmée, elle fait l'objet d'un nouvel examen après trois ans qui décidera soit de sa transformation en Norme internationale soit de son annulation.

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

L'ISO/TS 15530-4 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 213, *Spécifications et vérification dimensionnelles et géométriques des produits*.

L'ISO 15530 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Spécification géométrique des produits (GPS) — Machines à mesurer tridimensionnelles (MMT): Technique pour la détermination de l'incertitude de mesure*:

- *Partie 3: Utilisation de pièces étalonnées ou des normes* [Spécification technique]
- *Partie 4: Évaluation de l'incertitude de mesure spécifique d'une tâche à l'aide de simulations* [Spécification technique]

La partie suivante est en cours d'élaboration:

- *Partie 2: Utilisation de stratégies de mesures multiples pour les artéfacts d'étalonnage* [Spécification technique]

La partie suivante est prévue:

- *Partie 1: Vue d'ensemble et généralités*

## Introduction

La présente partie de l'ISO 15530 est une Spécification technique traitant de la spécification géométrique des produits (GPS) et doit être considérée comme un document GPS général (voir l'ISO/TR 14638). Elle influence le maillon 6 de la chaîne de normes sur la taille, la distance, le rayon, l'angle, la forme, l'orientation, la position, le battement et les références.

Pour de plus amples informations sur les relations entre la présente partie de l'ISO 15530 et la matrice GPS, voir l'Annexe H.

Dans le cas des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) utilisées pour vérifier les tolérances conformément à l'ISO 14253-1, les incertitudes de mesure spécifiques d'une tâche sont prises en compte lors de la réalisation des essais de conformité/non-conformité. Si la connaissance de l'incertitude de mesure est importante, jusqu'à présent seuls quelques modes opératoires permettaient de déterminer l'incertitude de mesure spécifique d'une tâche.

Dans le cas de dispositifs de mesurage simples, cette incertitude peut être évaluée par un bilan d'incertitude conformément au *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM). Toutefois, dans le cas d'une MMT, la formulation d'un bilan d'incertitude classique n'est pas possible pour la majorité des tâches de mesure en raison de la complexité du procédé de mesurage.

D'autres méthodes conformes au GUM peuvent être utilisées afin de déterminer l'incertitude de mesure par coordonnées spécifique d'une tâche. L'une des ces méthodes, décrite dans la présente partie de l'ISO 15530, évalue l'incertitude par simulation numérique du procédé de mesurage en tenant compte des influences de l'incertitude.

Afin de faciliter la création de déclarations d'incertitude par les utilisateurs de MMT, les fournisseurs de MMT ainsi que les sociétés tierces ont développé des logiciels d'évaluation des incertitudes (ou logiciels «UES», pour *Uncertainty evaluating software*). Ces logiciels s'appuient sur un modèle mathématique du procédé de mesurage, celui-ci allant du mesurande au résultat de mesure, tout en tenant compte des grandeurs d'influence importantes.

Dans la simulation, ces influences font l'objet de variations dans leur plage de valeurs possibles ou supposées («distribution des probabilités»), et le procédé de mesurage est simulé de multiples fois à l'aide des différentes combinaisons possibles des grandeurs d'influence. L'incertitude est alors déterminée à partir de la variation du résultat final.

Ce mode opératoire est compatible avec les principes fondamentaux du GUM, reconnu et validé à l'échelle internationale. Les détails des logiciels UES sont souvent cachés derrière des codes informatiques compilés, ce qui rend difficile pour l'utilisateur l'évaluation de la fiabilité des déclarations d'incertitude calculées. C'est pourquoi la présente partie de l'ISO 15530 spécifie la terminologie et les modes opératoires d'essai applicables, afin que les fournisseurs de logiciels UES et les utilisateurs de MMT puissent communiquer et quantifier les capacités de ces logiciels.

La présente partie de l'ISO 15530 examine en premier lieu la déclaration des grandeurs d'influence. Les déclarations identifient les grandeurs d'influence, et leurs plages de valeurs, susceptibles d'être intégrées à l'évaluation des incertitudes réalisées par un logiciel UES. Par exemple, certains logiciels peuvent inclure les effets de l'utilisation de stylets multiples pendant un mesurage MMT, contrairement à d'autres qui ne le peuvent pas.

De même, certains logiciels d'évaluation des incertitudes peuvent tenir compte des effets des gradients de température dans l'espace ou des variations de température dans le temps, contrairement à d'autres qui ne le peuvent pas. L'objectif de la déclaration est de clairement identifier, pour l'utilisateur de MMT, les grandeurs d'influence et leurs plages de valeurs qui seront prises en considération par le logiciel UES dans son évaluation des incertitudes.

Ces éléments permettront à l'utilisateur de prendre des décisions avisées. L'acquisition d'un logiciel UES dont les capacités limitées n'intègrent pas certaines grandeurs d'influence présentes lors des mesurages MMT impose à l'utilisateur de procéder à l'évaluation indépendante de ces grandeurs non prises en compte et de les combiner de manière appropriée à celles évaluées par le logiciel UES afin d'obtenir une déclaration d'incertitude conforme au GUM.

La présente partie de l'ISO 15530 s'attache ensuite à identifier quatre méthodes d'essai possibles, tout en reconnaissant qu'aucune d'elles ne peut être considérée comme exhaustive dans la pratique. Chaque méthode décrite est présentée avec les points à prendre en considération, ses avantages et ses inconvénients. Un exemple descriptif est également inclus pour chacune d'elles.

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[ISO/TS 15530-4:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbb-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbb-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008>

# Spécification géométrique des produits (GPS) — Machines à mesurer tridimensionnelles (MMT): Technique pour la détermination de l'incertitude de mesure —

## Partie 4: Évaluation de l'incertitude de mesure spécifique d'une tâche à l'aide de simulations

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 15530 spécifie les exigences (applicables au fabricant et à l'utilisateur) relatives à l'utilisation de logiciels d'évaluation des incertitudes (logiciels UES) (basés sur des simulations) pour les mesurages réalisés avec des MMT. Il fournit des descriptions informatives des techniques de simulation employées pour évaluer les incertitudes de mesure spécifiques d'une tâche.

De plus, il décrit les méthodes d'essai de ce type de logiciels de simulation et répertorie les avantages et les inconvénients des diverses méthodes d'essai.

Enfin, il présente les différents modes opératoires d'essai relatifs à l'évaluation de la détermination de l'incertitude spécifique d'une tâche par simulation pour les tâches de mesurage spécifiques réalisées sur des MMT, en prenant en compte le dispositif de mesurage, l'environnement, la stratégie de mesurage ainsi que l'objet. La présente partie de l'ISO 15530 a pour objectif de décrire les modes opératoires généraux sans limitation des possibilités de mise en œuvre technique. Des lignes directrices sont fournies pour vérifier et évaluer la solution logicielle de simulation.

La présente partie de l'ISO 15530 n'est pas destinée à définir de nouveaux paramètres pour l'évaluation générale de la précision des mesurages MMT.

### 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).

ISO 10360-1:2000, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Essais de réception et de vérification périodique des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) — Partie 1: vocabulaire*

Guide ISO/CEI 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie — Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

*Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM)*. BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, IUPAP, OIML, 1<sup>re</sup> édition, 1993, corrigé et réimprimé en 1995

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 10360-1, le VIM et le GUM s'appliquent.

### 4 Termes abrégés

CVE Vérification et évaluation assistées par ordinateur

UES Logiciel d'évaluation des incertitudes (Uncertainty Evaluating Software)

NOTE Les définitions des termes associés à ces termes abrégés ne sont pas fournies. Ces termes abrégés et les phrases qui leur sont associées devraient être clairement compréhensibles dans le contexte de leur utilisation dans la présente partie de l'ISO 15530.

### 5 Exigences relatives aux logiciels d'évaluation des incertitudes (UES)

#### 5.1 Spécification du domaine d'application déclaré des logiciels UES

Le fabricant d'un logiciel d'évaluation des incertitudes (UES) doit explicitement spécifier le domaine d'application déclaré du logiciel. Cette déclaration doit inclure les spécifications suivantes:

- les types de machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) pour lesquelles le logiciel est applicable;
- tous les accessoires MMT autorisés;
- les erreurs MMT prises en compte;
- les conditions environnementales considérées pour la MMT et la pièce;
- les types de palpeurs applicables et accessoires;
- les éléments associés inclus;
- le tolérancement géométrique autorisé;
- les modes opératoires et stratégies de mesurage pris en compte;
- les effets liés à l'opérateur pris en compte;
- tout autre facteur d'influence affectant l'incertitude de mesure couverte par le logiciel UES.

Le fabricant doit notamment spécifier, par le biais de la liste de contrôle (voir Annexe A), quels facteurs contribuant à l'incertitude sont pris en compte par le logiciel.

NOTE 1 Il est supposé qu'un logiciel UES ne prend en compte que certains facteurs d'influence répertoriés ici et à l'Annexe A.

NOTE 2 La liste de contrôle de l'Annexe A inclut les catégories précédemment répertoriées.

EXEMPLE 1 Un logiciel UES peut par exemple prendre en compte:

- les écarts géométriques de la MMT;
- les écarts du système de palpation;
- les influences des gradients de température dans le temps et l'espace sur la pièce et la MMT.



Pour chaque facteur d'influence déclaré sur la liste de contrôle de l'Annexe A, le fabricant doit indiquer les plages de validité, le cas échéant. Les plages devant être spécifiées incluent (lorsqu'elles sont déclarées) les éléments suivants, mais sans s'y limiter:

- a) spectre des pièces admises (par exemple exclusion des feuilles métalliques flexibles, longueur d'arc minimale pour les cercles, angles maximum de sommet de cône, etc.);
- b) spectre des tâches admises (par exemple exclusion du balayage ou du mesurage de forme);
- c) plage de températures admises;
- d) gradients de température dans le temps admis,  $dT/dt$ ;
- e) gradients de température dans l'espace admis,  $dT/dx$ ;
- f) autres conditions environnementales admises.

EXEMPLE 2 Si la liste de contrôle indique «température non 20 °C», la plage de validité peut être définie comme suit: température homogène dans l'espace et dans le temps, dans les limites comprises entre 15 °C et 30 °C. Cette plage peut également varier en fonction de la MMT.

## 5.2 Spécification des entrées pour le logiciel UES

Le fabricant du logiciel UES doit spécifier en détail (ou référencer les documents connexes appropriés) les grandeurs d'entrée requises pour caractériser le système de mesure et le mode d'obtention de ces grandeurs.

NOTE 1 Il s'agit des valeurs utilisées par les logiciels UES pour caractériser la MMT, l'environnement, les effets de l'opérateur, etc.

EXEMPLE 1 L'une des exigences d'un logiciel UES pourrait être, par exemple, de mesurer en premier lieu les artefacts étalonnés dans certaines positions. Le logiciel peut ensuite utiliser ces données pour caractériser certains aspects du comportement de la MMT.

EXEMPLE 2 Le comportement de la MMT peut également être caractérisé par le logiciel UES au moyen de certaines valeurs MPE spécifiées. L'évaluation des effets de l'opérateur peut être réalisée à partir d'analyses de répétabilité et de reproductibilité («Gauge Repeatability and Reproducibility», ou GR&R), de l'analyse de la variance («Analysis of variance», ou ANOVA) et/ou d'un jugement expert («évaluation de type B»).

NOTE 2 Toute autre information requise (telle que le type de MMT) est incluse dans cette spécification.

## 5.3 Documentation complémentaire sur le logiciel UES

Les exigences suivantes assurent un niveau de transparence quant à la nature fondamentale du logiciel UES. L'éditeur du logiciel doit fournir:

- la documentation décrivant le mode de variation appliqué aux grandeurs d'influence (il convient que la distribution des probabilités soit documentée);
- la documentation décrivant le mode de dérivation des incertitudes à partir des exemples simulés;
- la documentation décrivant les éléments essentiels du modèle.

La transparence du modèle augmente la confiance qu'a l'utilisateur dans la déclaration d'incertitude. Il convient que la documentation du modèle et du mode opératoire soit suffisante pour permettre à l'utilisateur de fournir la preuve d'une déclaration d'incertitude conforme à la présente exigence. Il s'agit d'un point particulièrement important au regard de l'ISO 9000, qui impose que le mode opératoire utilisé pour la détermination de l'incertitude soit documenté.

#### 5.4 Conformité avec le GUM

Le fabricant doit s'assurer que la déclaration d'incertitude est conforme aux principes du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM), valides au niveau international. Cela implique la déclaration d'un niveau de confiance ou d'un facteur d'élargissement.

L'incertitude type combinée peut être indiquée en plus de l'incertitude élargie.

#### 5.5 Utilisation des résultats du logiciel UES

L'incertitude obtenue à partir d'un logiciel UES n'est applicable et cohérente que dans le cadre du domaine d'application du logiciel (5.1). Plus particulièrement, lorsqu'un logiciel UES est utilisé, l'incertitude d'une mesure doit être composée de l'incertitude évaluée par le logiciel UES et des incertitudes issues des autres grandeurs d'influence non prises en compte par le logiciel UES mais évaluées par d'autres moyens appropriés. Ces incertitudes doivent être combinées selon une méthode conforme au GUM.

NOTE L'Annexe B comporte quelques éléments informatifs sur ce point.

iTeh Standards  
(<https://standards.iteh.ai>)  
Document Preview

[ISO/TS 15530-4:2008](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbf-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b555d270-5c25-44f9-abbf-fcfdc872518d/iso-ts-15530-4-2008>

## Annexe A (normative)

### Liste de contrôle — Déclaration des grandeurs d'influence

Aucune liste de contrôle raisonnable ne peut être totalement exhaustive. Toutefois, il convient que cette liste permette d'identifier les facteurs clés d'influence en déterminant le domaine d'application du logiciel d'évaluation des incertitudes. Plusieurs listes sont également incluses dans l'ISO 15530-1<sup>1)</sup> et dans l'ISO 14253-1. Les types de MMT répertoriés ci-après sont issus de l'ISO 10360-1.

Case à cocher	Facteur d'influence	Informations complémentaires
	<b>Types de MMT (voir l'ISO 10360-1)</b>	
	MMT à portique mobile	
	MMT à portique fixe	
	MMT à colonne	
	MMT col de cygne à plateau mobile	
	MMT col de cygne à plateau fixe	
	MMT à bras horizontal mobile (trusquin)	
	MMT à bras horizontal à plateau mobile	
	MMT à bras horizontal à plateau fixe	
	MMT à portique en L	
	MMT pont	
	MMT à double support de système de palpation	
	<b>Accessoires MMT</b>	
	plateau tournant	
	<b>Erreurs MMT</b>	
	erreurs de corps rigide	
	erreurs géométriques de corps non rigide, statique	
	erreurs géométriques de machine dynamique	
	effets de chargement de pièce	
	<b>Conditions environnementales MMT</b>	
	température non 20 °C	Plage:
	compensation thermique appliquée à la MMT	Plage:
	gradients spatiaux	Jusqu'à:
	variations thermiques dans le temps	Jusqu'à:
	précision logicielle de l'algorithme	
	hystérésis	
	<b>Accessoires du système de palpation</b>	
	stylets multiples	Longueurs maximales:
	palpeurs multiples	
	système de palpation articulé	
	changement de stylet	
	changement de palpeur	

1) Prév.ue.