
**Code d'essai des machines-outils —
Partie 11:
Instruments de mesure compatibles
avec les essais de géométrie des
machines-outils**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Test code for machine tools —

*Part 11: Measuring instruments suitable for machine tool
geometry tests*

ISO/TR 230-11:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 230-11:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva
Tél.: +41 22 749 01 11
Fax: +41 22 749 09 47
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Remarques préliminaires	5
4.1 Unités de mesure.....	5
4.2 Incertitude de l'instrument de mesure.....	5
4.2.1 Généralités.....	5
4.2.2 Facteurs environnementaux.....	7
4.2.3 Facteurs liés aux équipements de mesure.....	10
4.2.4 Facteurs liés à l'installation et au mode opératoire.....	12
4.2.5 Facteurs liés au logiciel et aux calculs.....	17
4.3 Étalonnage des équipements de mesure (ISO 10012).....	18
4.3.1 Généralités.....	18
4.3.2 Fabricant et fournisseur des instruments de mesure.....	18
4.3.3 Utilisateur des instruments de mesure.....	18
4.3.4 Incertitude de mesure.....	19
4.4 Comparaison des résultats de mesure d'instruments utilisant des principes de mesure différents.....	19
5 Description des instruments de mesure	20
6 Pièces de référence mécaniques à usage général	22
6.1 Généralités.....	22
6.2 Règle de référence.....	24
6.3 Mandrins de contrôle coniques.....	28
6.4 Mandrins entre-pointes.....	33
6.5 Équerres de référence.....	35
6.6 Cube de référence.....	37
6.7 Marbres.....	38
6.8 Sphère de référence.....	39
6.9 Règle à billes 1D.....	40
6.10 Table à billes 2D.....	42
6.11 Jauge étalon.....	43
6.12 Cale-étalon.....	44
7 Instruments de mesure de longueur et de déplacement	45
7.1 Généralités.....	45
7.2 Instruments pour déplacements linéaires de grande et moyenne ampleur.....	47
7.2.1 Interféromètre à laser.....	47
7.2.2 Échelle linéaire de référence.....	50
7.2.3 Échelle normalisée.....	51
7.3 Instruments pour déplacements linéaires de petite ampleur.....	52
7.3.1 Capteurs à contact.....	52
7.3.2 Capteurs sans contact.....	57
7.3.3 Système de palpage à contact.....	62
8 Dispositifs de mesure de rectitude	65
8.1 Généralités.....	65
8.2 Fil tendu avec dispositif de lecture optique.....	66
8.3 Interféromètre à laser avec dispositif optique de rectitude.....	68
8.4 Télescope d'alignement.....	69
8.5 Dispositif de balayage laser à deux plans.....	71
8.6 Laser d'alignement.....	72

9	Dispositifs de mesure de perpendicularité	74
9.1	Généralités.....	74
9.2	Interféromètre à laser avec dispositif optique de perpendicularité et de rectitude.....	75
9.3	Table indexable avec règle.....	76
9.4	Dispositif de balayage laser à trois plans.....	78
10	Dispositifs de mesure de planéité	79
10.1	Généralités.....	79
10.2	Équerre optique à balayage.....	80
10.3	Interféromètre à laser avec dispositif optique angulaire.....	82
10.4	Dispositif de balayage laser à un plan.....	83
11	Instruments de mesure d'angle	84
11.1	Généralités.....	84
11.2	Niveau.....	85
11.2.1	Niveau de précision.....	85
11.2.2	Niveau électronique.....	86
11.2.3	Inclinomètre.....	88
11.3	Autocollimateurs.....	89
11.3.1	Autocollimateur.....	89
11.3.2	Autocollimateurs photoélectriques.....	90
11.3.3	Autocollimateurs à laser.....	91
11.4	Interféromètre à laser avec dispositif optique angulaire.....	92
11.5	Table indexable de référence avec dispositif de lecture d'angle optique.....	93
11.6	Polygone optique avec dispositif de lecture optique.....	94
11.7	Dispositif d'indexage assisté par laser.....	95
11.8	Codeurs d'angle de référence.....	96
12	Instruments spéciaux	97
12.1	Généralités.....	97
12.2	Dispositif de lecture de position unidimensionnel.....	97
12.2.1	Barre à billes télescopique.....	97
12.2.2	Barre télescopique à billes de longue portée.....	99
12.2.3	Interféromètre à fibre optique.....	100
12.3	Dispositif de lecture de position à plusieurs dimensions.....	101
12.3.1	Échelle numérique bidimensionnelle.....	101
12.3.2	Système de traçage laser.....	102
12.3.3	Palpeur 3D pour sphères (type à contact).....	103
12.3.4	Tête de palpeur 3D, type sans contact.....	104
12.4	Autres dispositifs de lecture de position.....	106
12.4.1	Équipement de contrôle des erreurs de broche.....	106
12.4.2	Dispositif de mesure d'angle de pivotement.....	108
13	Exemples d'applications particulières des instruments	108
13.1	Mesurage de l'exactitude de rotation de la broche.....	108
13.2	Mesurages de déplacements thermiques.....	109
13.3	Ensemble de position de l'outil.....	109
13.4	Positionnement de la pièce.....	109
Annexe A (informative) Dispositifs de vérification des instruments en atelier		110
Annexe B (informative) Normes ISO et normes nationales disponibles en matière d'équipements de mesure (2015)		116
Annexe C (informative) Vigilance particulière concernant le système de support des dispositifs de mesure		117
Annexe D (informative) Tableaux de référence des facteurs contribuant à l'incertitude		119
Bibliographie		130

Avant-propos

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

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

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

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

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

Le présent document a été élaboré par le Comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 02, *Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal*.

La liste de toutes les parties de la série ISO 230 peut être consultée sur le site internet de l'ISO.

Introduction

L'objet du présent document est de fournir des informations relatives aux instruments et appareils de vérification pour les essais de machines-outils, tel que spécifié dans la série de normes ISO 230 (sauf ISO 230-5 et ISO/TR 230-8) et dans les normes spécifiques aux machines de l'ISO/TC 39/SC 2 «Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal».

Les principales parties du présent document proviennent de l'Annexe A de l'ISO 230-1:1996, ladite annexe ne figurant plus dans l'ISO 230-1. Des instruments de mesure nouvellement développés, tels que les instruments de mesure pour usages spéciaux de [l'Article 12](#), ont été ajoutés au présent document de même que les exemples d'applications particulières de [l'Article 13](#).

Le concept d'incertitude de mesure a été ajouté. Les facteurs contribuant à l'incertitude des instruments de mesure et procédures de mesure sont répertoriés à [l'Annexe D](#) afin d'améliorer la fiabilité des résultats d'essai. En outre, [l'Annexe A](#) couvre les dispositifs de vérification pour les instruments utilisés en atelier et [l'Annexe C](#) traite de l'influence des systèmes de support.

Des informations supplémentaires pour les normes ISO et nationales existantes, ayant trait aux appareils de mesure, sont incluses dans [l'Annexe B](#).

Le présent document et l'ISO 230-1:2012 couvrent ensemble l'intégralité du contenu de l'ISO 230-1:1996, avec les instruments et concepts actualisés.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO/TR 230-11:2018](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>

Code d'essai des machines-outils —

Partie 11:

Instrumentes de mesure compatibles avec les essais de géométrie des machines-outils

1 Domaine d'application

Le présent document a pour objet de documenter les caractéristiques des instruments de mesure de précision destinés aux essais d'exactitude géométrique des machines-outils fonctionnant soit à vide, soit dans des conditions quasi-statiques.

Le cas échéant, la présente norme fait référence aux Normes internationales applicables.

Les instruments de mesure pour les essais de fonctionnement des machines-outils [vibrations (ISO/TR 230-8), bruit (ISO 230-5), broutage des composants, etc.] ainsi que les instruments de vérification des autres caractéristiques des machines-outils (vitesses, avances, température) ne sont pas couverts par le présent document. De même, les instruments de mesure pour la vérification de la géométrie des pièces (dimensions, forme, etc.) ne sont pas couverts par le présent document.

Le présent document a été élaboré sous forme de liste pour faciliter la recherche et l'identification des caractéristiques de chaque instrument.

Les sources d'incertitude des instruments et des mesures sont décrites dans le présent document pour des modes opératoires de mesure plus exacts.

2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

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

3.1

étalonnage

opération qui, dans des conditions spécifiées, établit, dans un premier temps, une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes de mesure associées et, dans un second temps, utilise cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication

Note 1 à l'article: Un étalonnage peut être exprimé sous la forme d'un énoncé, d'une fonction d'étalonnage, d'un diagramme d'étalonnage, d'une courbe d'étalonnage ou d'une table d'étalonnage. Dans certains cas, il peut consister en une correction additive ou multiplicative de l'indication avec l'incertitude de mesure associée.

Note 2 à l'article: Il convient de ne pas confondre l'étalonnage avec l'ajustage d'un système de mesure, souvent appelé improprement «auto-étalonnage», ni avec la vérification de l'étalonnage.

Note 3 à l'article: La seule première étape dans la définition est souvent perçue comme étant l'étalonnage.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.39]

3.2 étendue de mesure

ensemble des valeurs des mesurandes pour lesquelles l'erreur d'un instrument de mesure est supposée comprise entre des limites spécifiées

Note 1 à l'article: L'erreur est établie par référence à une valeur conventionnellement vraie.

[SOURCE: ISO 14978:2006, 3.36]

3.3 exactitude

étroitesse de l'accord entre une valeur mesurée et une valeur vraie d'un mesurande

Note 1 à l'article: L'exactitude de mesure n'est pas une grandeur et ne s'exprime pas numériquement. Un mesurage est quelquefois dit plus exact s'il fournit une plus petite erreur de mesure.

Note 2 à l'article: Il convient de ne pas utiliser le terme «exactitude de mesure» pour la justesse de mesure et le terme «fidélité de mesure» pour l'exactitude de mesure, qui, toutefois, est liée à ces deux concepts.

Note 3 à l'article: "Exactitude de mesure" est quelquefois interprétée comme l'étroitesse de l'accord entre les valeurs mesurées qui sont attribuées au mesurande.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.13]

3.4 linéarité

degré d'insignifiance de l'écart par rapport à la relation linéaire entre le signal d'entrée et le signal de sortie^[20]

3.5 répétabilité

fidélité de mesure selon un ensemble de conditions de répétabilité

Note 1 à l'article: Ces conditions comprennent les éléments suivants:

- réduction au minimum des variations dues à l'observateur;
- même mode opératoire de mesure;
- même observateur;
- même équipement de mesure, utilisé dans les mêmes conditions;
- même lieu; et
- répétition durant une courte période de temps.

Note 2 à l'article: La répétabilité peut s'exprimer quantitativement à l'aide des caractéristiques de dispersion des indications.

3.6 réponse en fréquence

état dans lequel le rapport d'amplitude d'un signal de sortie par rapport au signal d'entrée, ainsi que le déphasage entre ces deux signaux varient en fonction de la fréquence du signal d'entrée sinusoïdal^[20]

3.7**force de mesure**

<charge> force appliquée par le palpeur d'un indicateur ou enregistreur sur l'élément mesuré

3.8**environnement de fonctionnement**

atmosphère ou environnement dans laquelle ou lequel l'objet est placé durant les essais^[20]

3.9**stabilité**

propriété d'un instrument de mesure selon laquelle celui-ci conserve ses propriétés métrologiques constantes au cours du temps

Note 1 à l'article: La stabilité d'un instrument de mesure peut être exprimée quantitativement de plusieurs façons.

EXEMPLE 1 Par la durée d'un intervalle de temps au cours duquel une propriété métrologique évolue dans une moindre mesure qu'une quantité donnée.

EXEMPLE 2 Par la variation d'une propriété au cours d'un intervalle de temps déterminé.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 4.19]

3.10**correction**

compensation d'un effet systématique connu

Note 1 à l'article: Voir le Guide ISO/CEI 98-3:2008, 3.2.3, pour une explication du concept d'effet systématique.

Note 2 à l'article: La ou les valeurs de compensation peuvent prendre différentes formes, telles que l'addition ou la multiplication par une constante, ou des valeurs multiples obtenues depuis une table.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.53]

[ISO/TR 230-11:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>

3.11**instrument de mesure**

dispositif utilisé pour faire des mesurages, seul ou associé à un ou plusieurs dispositifs annexes

Note 1 à l'article: Un instrument de mesure qui peut être utilisé seul est un système de mesure.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 3.1]

3.12**transducteur de mesure**

dispositif, employé en mesurage, qui fait correspondre à une grandeur d'entrée une grandeur de sortie selon une loi déterminée

[SOURCE: JCGM 200:2012, 3.7]

3.13**système de mesure**

ensemble d'un ou plusieurs instruments de mesure et souvent d'autres dispositifs, comprenant si nécessaire réactifs et alimentations, assemblés et adaptés pour fournir des informations destinées à obtenir des valeurs mesurées dans des intervalles spécifiés pour des grandeurs de natures spécifiées

[SOURCE: JCGM 200:2012, 3.2]

3.14

capteur

élément d'un système de mesure qui est directement soumis à l'action du phénomène, du corps ou de la substance portant la grandeur à mesurer

EXEMPLE Bobine sensible d'un thermomètre à résistance de platine, rotor d'un débitmètre à turbine, tube de Bourdon d'un manomètre, flotteur d'un appareil de mesure de niveau, récepteur photoélectrique d'un spectrophotomètre, cristal liquide thermotrope dont la couleur change en fonction de la température.

Note 1 à l'article: Dans certains domaines, le terme «détecteur» est employé pour ce concept.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 3.8]

3.15

détecteur

dispositif ou substance qui indique la présence d'un phénomène, d'un corps ou d'une substance lorsqu'une valeur de seuil d'une grandeur associée est dépassée

EXEMPLE Détecteur de fuite à halogène, papier au tournesol.

Note 1 à l'article: Dans certains domaines, le terme «détecteur» est employé pour le concept de capteur.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 3.9]

3.16

sensibilité

quotient de la variation d'une indication d'un système de mesure par la variation correspondante de la valeur de la grandeur mesurée

Note 1 à l'article: La sensibilité peut dépendre de la valeur de la grandeur mesurée.

Note 2 à l'article: La variation de la valeur de la grandeur mesurée doit être grande par rapport à la résolution.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 4.12] <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>

3.17

résolution

plus petite variation de la grandeur mesurée qui produit une variation perceptible de l'indication correspondante

Note 1 à l'article: La résolution peut dépendre, par exemple, du bruit (interne ou externe) ou du frottement. Elle peut aussi dépendre de la valeur de la grandeur mesurée.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 4.14]

3.18

dérive instrumentale

variation continue ou incrémentale dans le temps d'une indication, due à des variations des propriétés métrologiques d'un instrument de mesure

Note 1 à l'article: La dérive instrumentale n'est liée ni à une variation de la grandeur mesurée, ni à une variation d'une grandeur d'influence identifiée.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 4.21]

3.19**instrument de mesure optique**

instrument mesurant des propriétés physiques, géométriques ou matérielles sur la base de principes optiques comme la photométrie, l'interférométrie, l'optique géométrique, l'holographie ou la réfractométrie^[14]

EXEMPLE Machines de mesure à une ou plusieurs coordonnées, instruments de mesure de surface, instruments de mesure numérique pour le contrôle des machines, autocollimateurs, télescopes, instruments de mesure de profil.

3.20**erreur maximale tolérée****MPE**

<pour une caractéristique métrologique> valeur extrême d'une erreur d'une caractéristique métrologique tolérée par les spécifications, règlements, etc., pour un équipement de mesure donné

[SOURCE: ISO 14978:2006, 3.21, modifiée — Le domaine a été ajouté et «erreurs» a été changé en «erreur».]

3.21**fidélité**

étroitesse de l'accord entre les indications ou les valeurs mesurées obtenues par des mesurages répétés du même objet ou d'objets similaires dans des conditions spécifiées

Note 1 à l'article: La fidélité est en général exprimée numériquement par des caractéristiques telles que l'écart-type, la variance ou le coefficient de variation dans les conditions spécifiées.

Note 2 à l'article: Les «conditions spécifiées» peuvent être, par exemple, des conditions de répétabilité, des conditions de fidélité intermédiaire ou des conditions de reproductibilité (voir l'ISO 5725-1: 1994).

Note 3 à l'article: La fidélité sert à définir la répétabilité de mesure, la fidélité intermédiaire de mesure et la reproductibilité de mesure.

Note 4 à l'article: Le terme «fidélité de mesure» est quelquefois utilisé improprement pour désigner l'exactitude de mesure.

[SOURCE: JCGM 200:2012, 2.15]

4 Remarques préliminaires**4.1 Unités de mesure**

Les unités qui correspondent aux caractéristiques ci-dessous sont les suivantes:

- déplacement, distance et écarts linéaires: mm ou μm ;
- angles: degrés ou un rapport;
- écart angulaire: $\mu\text{m}/\text{m}$ ou " (secondes d'arc); et
- élasticité linéaire: $\mu\text{m}/\text{N}$.

4.2 Incertitude de l'instrument de mesure**4.2.1 Généralités**

L'incertitude de l'instrument de mesure est une composante de l'incertitude de mesure combinée (JCGM 200:2012, 4.24). Il convient que l'incertitude de l'instrument soit suffisamment faible pour permettre d'évaluer la performance du système. Il convient de considérer l'incertitude de mesure, y compris l'incertitude de l'instrument, conformément à l'ISO 14253-1 («règles de décision») lorsqu'elle

est utilisée pour vérifier la performance du système par rapport aux spécifications. Néanmoins, si l'incertitude de mesure est inférieure à 10 % de la limite de spécification, il est pratique courante dans l'industrie de décider de la conformité ou de la non-conformité sur la base de la valeur mesurée indiquée.

Il convient de ne pas utiliser les équipements de mesure tant qu'ils ne se sont pas stabilisés à température ambiante et qu'ils ne restent pas stables pendant le mode opératoire d'essai.

Il convient de veiller à prévenir toute perturbation des équipements due à des vibrations, à des champs magnétiques, à des perturbations électriques, etc.

Les éléments généraux contribuant à l'incertitude sont indiqués dans le [Tableau 1](#) (voir aussi l'ISO 14253-2). L'[Annexe D](#) décrit la relation entre les instruments et les facteurs contribuant à l'incertitude. Les paragraphes suivants donnent une brève explication des facteurs contribuant à l'incertitude liés aux instruments de mesure et aux modes opératoires d'installation.

Tableau 1 — Liste des facteurs contribuant à l'incertitude

1. Environnement	2. Équipement de mesure
Température absolue (4.2.2.1)	Stabilité (4.2.3.1)
Gradient spatial de température (4.2.2.2)	Qualité des repères (4.2.3.2)
Gradient temporel de température (4.2.2.2)	Coefficient de dilatation thermique (4.2.3.3)
Vibrations/bruit (4.2.2.3)	Conductivité thermique (4.2.3.4)
Humidité (4.2.2.4)	Incertitude d'étalonnage (4.2.3.5)
Contamination (4.2.2.5)	Résolution de l'échelle principale (analogique ou numérique) (4.2.3.6)
Pression ambiante (4.2.2.6)	Durée depuis le dernier étalonnage (4.2.3.7)
Composition de l'air (4.2.2.7)	Amplification, électrique ou mécanique (4.2.3.8)
Débit d'air (4.2.2.7)	Erreur de longueur d'onde (4.2.3.9)
Gravité (4.2.2.8)	Stabilité du zéro (4.2.3.10)
Interférences électromagnétiques (4.2.2.9)	Stabilité de la force de mesure/force absolue (4.2.3.11)
Pression de l'air d'alimentation (par exemple, paliers pneumatiques) (4.2.2.10)	Hystérésis (4.2.3.12)
Rayonnement thermique (4.2.2.11)	Système de palpation, rayon de la pointe, écart de forme de la pointe (4.2.3.13)
Équilibre thermique de l'instrument (4.2.2.12)	Raideur/rigidité (4.2.3.14)
	Coefficient linéaire de dilatation thermique (4.2.3.15)
	Stabilité de la température/sensibilité à la température (4.2.3.16)
	Parallaxes (4.2.3.17)
	Système d'interpolation, erreur de longueur d'onde (4.2.3.18)
	Résolution de l'interpolation (4.2.3.19)
3. Installation et mode opératoire de mesure	4. Logiciel et calculs
Erreurs de cosinus et de sinus (4.2.4.1)	Arrondissement/quantification (4.2.5.1)
Principe d'Abbe (4.2.4.2)	Algorithmes (4.2.5.2)
Sensibilité à la température (4.2.4.3)	Échantillonnage (4.2.5.3)
Raideur/rigidité (4.2.4.4)	Filtrage (4.2.5.4)
Raideur du système de palpation (4.2.4.5)	Correction d'algorithme/certification d'algorithme (4.2.5.5)
Ouverture optique (4.2.3.6)	Interpolation/extrapolation (4.2.5.6)
Interaction entre l'étalon et l'installation (4.2.4.7)	

Tableau 1 (suite)

Mise en température (4.2.4.8)	
Prétraitement (4.2.4.9)	
Nombre de mesurages (4.2.4.10)	
Ordre des mesurages (4.2.4.11)	
Durée des mesurages (4.2.4.12)	
Alignement (4.2.4.13)	
Choix de la référence — point de référence (étalon) (4.2.4.14)	
Choix de l'appareil (4.2.4.15)	
Stratégie (4.2.4.16)	
Fixation (4.2.4.17)	
Nombre de points (4.2.4.18)	
Principe et stratégie de palpage (4.2.4.19)	
Alignement du système de palpage (4.2.4.20)	
Mesurages inverses (4.2.4.21)	
Redondance multiple, isolement des erreurs (4.2.4.22)	

4.2.2 Facteurs environnementaux

4.2.2.1 Température de référence

La température de référence étalon pour les mesurages sur machines-outils est de 20 °C (voir ISO 1). Tout écart par rapport à cette température, que ce soit en termes de température absolue ou en raison de gradients de température temporels et spatiaux, entraîne une dilatation linéaire et/ou un flambage de l'équipement de mesure, de l'installation de mesure et de l'objet mesuré. Les effets des écarts de température sur la longueur sont donnés par la Formule (1).

$$\Delta L = \Delta T \times \alpha \times L \quad (1)$$

où

ΔT est l'écart de température applicable par rapport à 20 °C;

α est le coefficient de dilatation thermique du matériau;

L est la longueur effective considérée (voir ISO 14253-2:2011, 8.4.8.1).

Voir aussi 4.2.3.3 et l'ISO/TR 16015.

4.2.2.2 Gradient/variance de température

L'existence de gradients de température implique que des parties de l'environnement ne sont pas à la même température moyenne si bien que les conséquences de températures moyennes autres que 20 °C diffèrent selon les endroits d'une même pièce. Une complication supplémentaire s'ajoute lorsque ces gradients de température varient dans le temps. (voir aussi l'ISO 230-3:2007, Annexe D).

4.2.2.3 Vibrations/bruit

Les vibrations et/ou le bruit en provenance du système de machine-outil soumis à essai ou de sources extérieures engendrent un déplacement relatif entre l'instrument de mesure et la surface de la machine cible. De telles vibrations touchent également le dispositif de support de l'instrument. Le bruit acoustique excite parfois les vibrations qui affectent l'instrument (voir aussi l'ISO/TR 230-8).

4.2.2.4 Humidité

La variation de la longueur d'onde du laser résultant de la variation de l'humidité relative de l'air que le faisceau laser traverse, a un effet sur le mesurage de la longueur au moyen d'un interféromètre à laser. Par exemple, une variation de 30 % de l'humidité relative de l'air entraîne une modification de 1 $\mu\text{m}/\text{m}$ de la mesure de la longueur.

4.2.2.5 Contamination

La poussière, la rouille, l'huile, les produits chimiques et autres petites particules indésirables présents en atelier peuvent altérer la précision de contact entre l'instrument et la surface utile cible. Toute contamination de surface des pièces optiques peut avoir un effet sur la performance optique tels que les variations de polarisation, les changements de longueur d'onde, etc.

4.2.2.6 Pression ambiante

La variation de la longueur d'onde du laser résultant de la variation de la pression de l'air que le faisceau laser traverse, a un effet sur le mesurage de la longueur au moyen d'un interféromètre à laser. Par exemple, une variation de 330 Pa de la pression absolue de l'air entraîne une modification de 1 $\mu\text{m}/\text{m}$ de la mesure de la longueur.

4.2.2.7 Débit d'air/composition de l'air

Le débit et la vitesse de l'air ambiant sont d'une importance capitale dans le contrôle des variations de température et des gradients de température dans les composants de la machine. Ces caractéristiques de l'air ont également un effet sur la longueur d'onde du laser et, par conséquent, sur le mesurage de la longueur lorsqu'un interféromètre à laser est utilisé. Toute variation de la masse volumique de l'air ambiant a une influence directe sur l'unité de longueur (voir [4.2.2.4](#), [4.2.2.6](#) et également ISO 230-3:2007, Annexe D).

ISO/TR 230-11:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/99f7fc50-9b22-4155-ad12-17cc5bb34122/iso-tr-230-11-2018>

4.2.2.8 Gravité

Voir [4.2.3.14](#).

4.2.2.9 Interférences électromagnétiques

Les champs électromagnétiques induits par les installations électroniques et électriques voisines peuvent influencer l'exactitude, la stabilité et la dérive de l'instrument de mesure électronique. Les capteurs qui utilisent l'effet magnétique, comme l'échelle, le contact de fin de course et les capteurs inductifs, peuvent être influencés. Ce phénomène peut affecter le capteur lui-même, le câble de raccordement, l'amplificateur et la source d'alimentation.

4.2.2.10 Pression de l'air d'alimentation (palier pneumatique)

Les manomètres, les instruments à mouvement linéaire équipés de paliers pneumatiques fonctionnent grâce à de l'air d'alimentation sous pression en atelier. La variation de la pression de l'air peut influencer la stabilité du manomètre, le jeu des paliers pneumatiques et l'exactitude du mouvement. La teneur en eau de l'air d'alimentation peut également produire de la rouille.

4.2.2.11 Rayonnement thermique

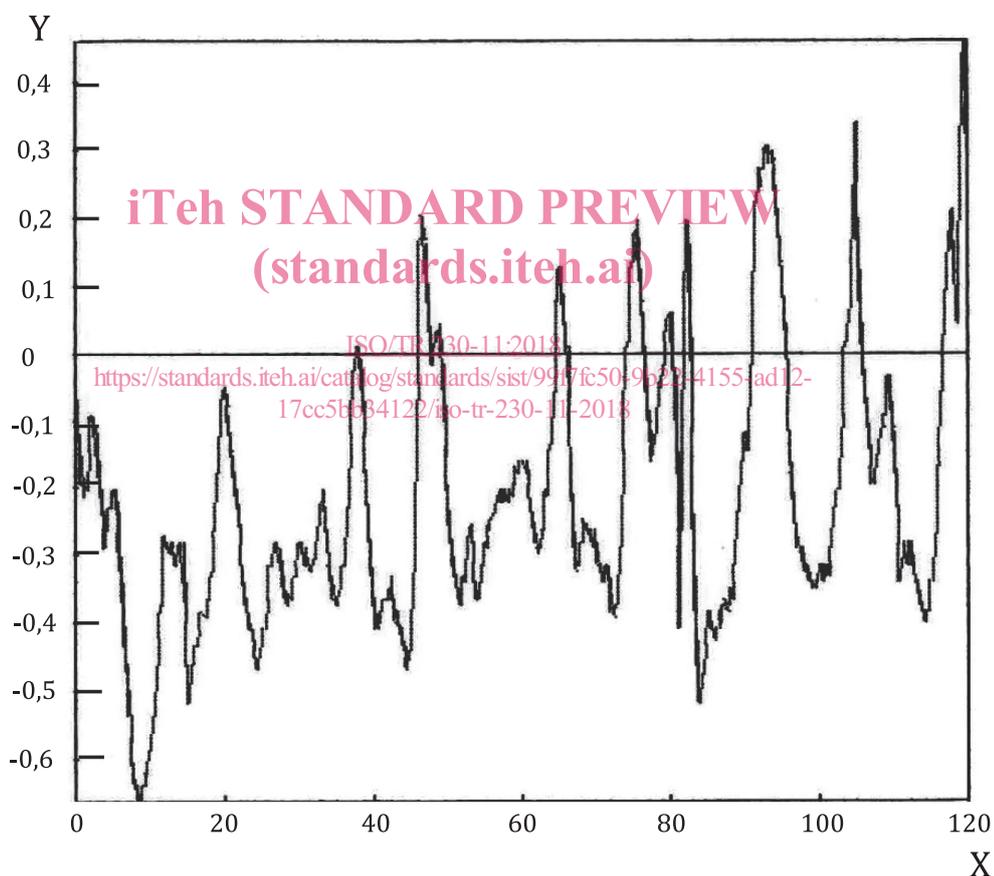
La chaleur générée par l'environnement de la machine peut avoir un effet sur l'instrument de mesure et son système de support. Il est possible de protéger l'instrument de ce rayonnement en utilisant un revêtement constitué d'un matériau réfléchissant comme une feuille d'aluminium.

4.2.2.12 Équilibre thermique de l'instrument

Il convient que la température de l'instrument positionné sur la surface cible de la machine soit aussi proche que possible de la température de la machine. Tout écart entre ces températures engendre une déformation localisée de l'instrument, des variations d'origine thermique, etc.

4.2.2.13 EVE (Erreur de Variation Environnementale)

Les variations environnementales (telles que les variations de température, variations de masse volumique de l'air, vibrations du sol) ont une incidence sur le dispositif de mesure et/ou la machine-outil soumise à essai, ce qui entraîne une erreur de variation environnementale (EVE) (voir aussi l'ISO/TR 230-9:2005, C.2.5). Il est possible de contrôler cette erreur de variation environnementale (EVE) en installant l'équipement de mesure sur la machine-outil soumise à essai et en examinant la variation de l'indication durant le temps nécessaire à la réalisation de l'essai. L'emplacement de l'essai d'EVE est sélectionné de sorte à identifier la plus grande influence de l'EVE sur l'essai géométrique concerné. La [Figure 1](#) montre un exemple d'EVE pour le mesurage d'angle au laser. Les données indiquent la variation dans les 120 secondes. La valeur d'EVE totale est d'environ 1 seconde d'arc (voir [4.2.2.2](#), [4.2.2.3](#), [4.2.2.6](#) et [4.2.2.7](#)).



Légende

X durée: 0 s à 120 s

Y écart d'angle en " (seconde d'arc)

Figure 1 — Exemple d'EVE pour le mesurage d'angle au laser