

---

---

**Code d'essai des machines-outils —  
Partie 3:  
Évaluation des effets thermiques**

*Test code for machine tools —*

*Part 3: Determination of thermal effects*

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

[ISO 230-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>



**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 230-3:2007](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2007

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

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
<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>Remarques préliminaires.....</b>	<b>5</b>
4.1    Unités de mesure.....	5
4.2    Référence à l'ISO 230-1.....	5
4.3    Instruments et équipement d'essai recommandés.....	5
4.4    État de la machine avant essai.....	6
4.5    Ordre des essais.....	6
4.6    Température de l'environnement d'essai.....	7
<b>5</b> <b>Essai d'erreur de variation de température ambiante (ETVE).....</b>	<b>7</b>
5.1    Généralités.....	7
5.2    Méthode d'essai.....	10
5.3    Interprétation des résultats.....	11
5.4    Présentation des résultats.....	14
<b>6</b> <b>Déformation thermique due à la rotation de la broche.....</b>	<b>15</b>
6.1    Généralités.....	15
6.2    Méthode d'essai.....	15
6.3    Interprétation des résultats.....	17
6.4    Présentation des résultats.....	19
<b>7</b> <b>Déformation thermique due aux déplacements linéaires des composants.....</b>	<b>19</b>
7.1    Généralités.....	19
7.2    Méthode d'essai.....	20
7.3    Présentation des résultats.....	26
<b>Annexe A (informative) Informations sur les capteurs de déplacement.....</b>	<b>30</b>
<b>Annexe B (informative) Lignes directrices sur le nombre nécessaire de capteurs de déplacement linéaire.....</b>	<b>35</b>
<b>Annexe C (informative) Lignes directrices sur l'environnement thermique des machines-outils.....</b>	<b>38</b>
<b>Annexe D (informative) Autres dispositifs et installations de mesure.....</b>	<b>41</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>45</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.

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 230-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 2, *Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 230-3:2001), qui a fait l'objet d'une révision technique.

L'ISO 230 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Code d'essai des machines-outils*:

- *Partie 1: Précision géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition*
- *Partie 2: Détermination de l'exactitude et de la répétabilité de positionnement des axes en commande numérique*
- *Partie 3: Évaluation des effets thermiques*
- *Partie 4: Essais de circularité des machines-outils à commande numérique*
- *Partie 5: Détermination de l'émission sonore*
- *Partie 6: Détermination de la précision de positionnement sur les diagonales principales et de face (Essais de déplacement en diagonale)*
- *Partie 7: Exactitude géométrique des axes de rotation*
- *Partie 9: Estimation de l'incertitude de mesure pour les essais des machines-outils selon la série ISO 230, équations de base [Rapport technique]*

La partie suivante est en cours d'élaboration:

- *Partie 8: Détermination des niveaux de vibration [Rapport technique]*

La détermination des performances de mesure d'une machine-outil fera l'objet d'une future partie 10.

## Introduction

L'ISO 230 a pour objet de normaliser des méthodes d'essai pour vérifier l'exactitude des machines-outils, à l'exception des machines-outils électriques portatives.

La présente partie de l'ISO 230 spécifie les modes opératoires d'essai destinés à déterminer les effets thermiques dus à divers apports de chaleur et engendrant une déformation de la structure d'une machine-outil ou d'un système de positionnement. Il est admis que la déformation thermoélastique limite d'une machine-outil est étroitement liée aux conditions d'utilisation. Les conditions d'essai décrites dans la présente partie de l'ISO 230 ne sont pas destinées à simuler des conditions d'utilisation normales, mais elles ont pour but de faciliter l'évaluation des performances et de déterminer les effets de l'environnement sur les performances de la machine. Par exemple, l'utilisation de fluides de refroidissement peut considérablement affecter le comportement thermique de la machine-outil. Ces essais doivent donc être considérés uniquement comme des essais préalables à la détermination du comportement thermoélastique réel de la machine-outil, si une telle détermination s'avère nécessaire dans le cadre de la caractérisation de la machine. Les essais sont destinés à mesurer les déplacements relatifs entre le composant qui maintient l'outil et le composant qui maintient la pièce à usiner, à la suite d'une dilatation ou d'une contraction thermique des principaux éléments de la structure.

Les essais spécifiés dans la présente partie de l'ISO 230 peuvent servir à contrôler différents types de machines-outils (essai de type) ou une machine-outil individuelle à des fins de réception. Lorsque des essais de réception sont prescrits, il incombe à l'utilisateur, en concertation avec le fournisseur/le fabricant, de sélectionner les essais relatifs aux caractéristiques des composants de la machine qui présentent un intérêt. Pour les essais de réception, une simple référence à la présente partie du code d'essai, sans accord sur les parties à appliquer et sur les charges appropriées, ne peut en aucun cas être considérée comme contraignante pour l'une ou l'autre des parties contractantes. Une caractéristique importante de la présente partie de l'ISO 230 est qu'elle souligne les effets thermiques environnementaux sur tous les essais de performance relatifs aux mesures de déplacement linéaire décrits dans les autres parties de l'ISO 230 (telles que l'exactitude du déplacement linéaire, la répétabilité et les essais de circularité). Les fournisseurs/les fabricants sont tenus de fournir des spécifications sur l'environnement thermique dans lequel la machine doit fonctionner avec l'exactitude spécifiée. L'utilisateur de la machine est tenu d'assurer un environnement adapté aux essais en se conformant aux lignes directrices fournies par le fournisseur/le fabricant et relatives aux conditions thermiques ou, dans le cas contraire, qu'il accepte une réduction des performances. Un exemple de lignes directrices en matière d'environnement thermique est donné dans l'Annexe C.

En cas d'incertitude ou de variation excessive des performances de la machine-outil due à un environnement thermique non conforme aux lignes directrices du fournisseur/du fabricant sur les conditions thermiques, il est prescrit d'accepter un écart par rapport à l'exactitude attendue. En cas de non-conformité de la machine aux spécifications de performance, l'analyse de l'incertitude thermique type combinée peut aider à identifier la source du problème. L'incertitude thermique type combinée est définie en 3.6 de la présente partie de l'ISO 230 ainsi que dans l'ISO/TR 16015.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 230-3:2007

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>

# Code d'essai des machines-outils —

## Partie 3: Évaluation des effets thermiques

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 230 définit trois essais qui sont

- l'essai d'erreur de variation de température ambiante (ETVE);
- l'essai pour la déformation thermique due à une broche en rotation;
- l'essai pour la déformation thermique due au déplacement le long d'axes linéaires.

Les essais de déformation thermique due au déplacement le long des axes linéaires (voir Article 7) s'appliquent uniquement aux machines à commande numérique (CN) et sont destinés à mesurer les effets de dilatation et de contraction thermiques, ainsi que la déformation angulaire de la structure. Pour des raisons pratiques, les méthodes d'essai décrites à l'Article 7 s'appliquent à des machines à axes linéaires ayant une longueur inférieure ou égale à 2 000 mm. Si ces essais sont réalisés sur des machines dont les axes dépassent 2 000 mm de long, il est recommandé de déterminer, pour les essais, une longueur représentative de 2 000 mm dans la plage normale de chaque axe.

Ces essais correspondent aux essais de dérive tels que définis dans l'ISO/TR 16015 et définissent les modes opératoires d'évaluation et d'essai détaillés de la machine-outil.

NOTE Il n'est pas prévu de fixer des valeurs de tolérance pour les essais spécifiés dans la présente partie de l'ISO 230.

### 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 1:2002, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Température normale de référence pour la spécification géométrique des produits et vérification*

ISO 230-1:1996, *Code d'essai des machines-outils — Partie 1: Précision géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions de finition*

ISO/TR 16015:2003, *Spécifications géométriques des produits (GPS) — Erreurs systématiques et contributions à l'incertitude de mesure de la longueur, dues aux influences thermiques*

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants ainsi que ceux donnés dans l'ISO/TR 16015 s'appliquent.

#### 3.1 échelle de machine

système de mesure intégré à la machine indiquant la position linéaire ou angulaire de l'axe de la machine

#### 3.2 coefficient de dilatation thermique

$\alpha$   
rapport entre la variation partielle de longueur de l'objet mesuré, ou de l'échelle de l'équipement de mesure de la longueur, et de la variation de température

NOTE Pour les besoins de la présente partie de l'ISO 230, on considère une plage de température allant de 20°C à  $T$ ; l'équation suivante est utilisée:

$$\alpha(20, T) = \frac{L_T - L_{20}}{L_{20} \cdot (T - 20)}$$

où  $L$  est la longueur de l'objet mesuré ou d'une partie de l'échelle de l'équipement de mesure de la longueur.

#### 3.3 coefficient de dilatation thermique nominal

$\alpha_n$   
valeur approximative de coefficient de dilatation thermique, pour une plage de température allant de 20°C à  $T$

#### 3.4 incertitude du coefficient de dilatation thermique

$u_\alpha$   
paramètre qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent raisonnablement être attribuées au coefficient de dilatation thermique

#### 3.5 dilatation thermique

$\Delta_E$   
variation de la longueur de l'objet mesuré, ou d'une partie de l'échelle de l'équipement de mesure de la longueur, après une variation de température

#### 3.6 dilatation thermique nominale

$\Delta_{NE}$   
estimation de la dilatation thermique de l'objet mesuré, ou d'une partie de l'échelle de l'équipement de mesure de la longueur, à partir de 20°C jusqu'à leurs températures moyennes au moment du mesurage

NOTE Cette estimation est basée sur des coefficients de dilatation thermique nominale:

$$\Delta_{NE} = \alpha_n \cdot L \cdot (T - 20)$$

#### 3.7 incertitude dans la dilatation thermique nominale due à l'incertitude de $\alpha$

$u_{\Delta_{NE}}$   
incertitude dans la dilatation thermique nominale provenant de l'incertitude du coefficient de dilatation thermique

NOTE Cette incertitude peut-être calculée par

$$u_{\Delta_{NE}} = L \cdot (T - 20) \cdot u_\alpha$$



**3.8****incertitude de longueur due à la température de mesurage** **$u_{TM}$** 

incertitude dans une mesure de longueur due à l'incertitude de la température à laquelle la longueur a été mesurée

**3.9****dilatation thermique différentielle nominale****NDE**

différence de dilatation estimée entre un objet mesuré et l'équipement d'essai due au fait que leur température est différente de 20 °C

**3.10****incertitude due à la dilatation thermique différentielle nominale** **$u_{NDE}$** 

incertitude combinée due aux incertitudes de dilatation thermique de l'objet mesuré et à celle de l'équipement d'essai

NOTE 1 Elle est calculée en prenant la racine carrée de la somme des carrés des incertitudes sur la dilatation nominale de l'objet mesuré et de l'équipement d'essai.

$$u_{NDE} = \sqrt{u_{EM}^2 + u_{ET}^2}$$

où

$u_{EM}$  est l'incertitude due à la dilatation nominale de l'objet mesuré;

$u_{ET}$  est l'incertitude due à la dilatation nominale de l'équipement d'essai.

NOTE 2 Pour l'évaluation de l'incertitude, voir ISO/TR 16015:2003, 5.3.4.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>

**3.11****erreur de variation de température ambiante****ETVE**

estimation de l'éventuelle variation de mesure maximale uniquement due aux variations de la température ambiante pendant une période quelconque pendant laquelle une mesure de performances est réalisée sur une machine-outil

EXEMPLE La notation ETVE(Z, 8 °C) indique que la valeur ETVE est obtenue le long de l'axe Z et que la valeur correspond à une variation de température ambiante de 8 °C.

NOTE Il est reconnu que la terminologie ISO impose l'utilisation du terme «écart/deviation» au lieu de «erreur/error». Toutefois, en raison de l'ancienneté du terme ETVE, le comité technique a accepté de garder le terme comme une exception à la terminologie ISO susmentionnée.

**3.12****incertitude due à l'erreur de variation de température ambiante** **$u_{ETVE}$** 

contribution de l'incertitude de mesure type des mesurages de performances menés sur une machine-outil, due aux effets des variations de température ambiante

NOTE 1 Elle est calculée en prenant la racine carrée du carré de l'ETVE divisée par 12 (voir l'ISO/TR 230-9):

$$u_{ETVE} = \sqrt{\frac{ETVE^2}{12}}$$

NOTE 2 L'essai d'environnement conformément à l'Article 5 constitue la base de l'estimation de cette incertitude pour une machine-outil.

**3.13**  
**incertitude thermique type combinée**

$u_{CT}$   
incertitude combinée des mesures de longueur due à un environnement ayant une température différente de 20 °C constants et uniformes

NOTE 1 Une description détaillée de l'estimation de l'incertitude thermique type combinée est fournie dans l'ISO/TR 16015.

NOTE 2 Il s'agit de la racine carrée de la somme des carrés de l'incertitude due à l'erreur de variation de température ambiante ( $u_{ETVE}$ ), de l'incertitude de longueur due aux mesurages de température ( $u_{TM}$ ) et de l'incertitude due à la dilatation thermique différentielle nominale ( $u_{NDE}$ ):

$$u_{CT} = \sqrt{u_{ETVE}^2 + u_{TM}^2 + u_{NDE}^2}$$

**3.14**  
**déport  $d(\alpha O \beta)_{xx,60}$**   
étendue du déplacement linéaire ou angulaire de la ligne moyenne de l'axe  $\beta$  de la broche dans la direction de  $\alpha$  pendant les premières 60 min de l'essai de déformation thermique, due à la broche en rotation

EXEMPLE La notation  $d(XOC)_{P1,60}$  indique que le déport de la ligne moyenne de l'axe C de la broche dans la direction X au point P1 (éloigné du nez de la broche) est référencée.

NOTE 1 Les notations possibles pour  $\alpha$  sont X, Y, Z, A, B. Les notations possibles pour  $\beta$  sont C, C1, A, B ou n'importe quel axe de broche. Les notations possibles pour  $xx$  sont: P1 (point P, éloigné du nez de la broche) et P2 (point P2 proche du nez de broche); le point de référence  $xx$  est omis pour les valeurs d'un déplacement linéaire dans la direction Z et de déplacements angulaires (A et B).

NOTE 2 Pour information, voir l'ISO 230-7.

**3.15**  
**déport  $d(\alpha O \beta)_{xx,t}$**   
étendue du déplacement linéaire ou angulaire de la ligne moyenne de l'axe  $\beta$  de la broche dans la direction de  $\alpha$  pendant toute la période de fonctionnement de la broche,  $t$ , de l'essai de déformation thermique due à la broche en rotation (au point  $xx$ )

ISO 230-3:2007  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>

EXEMPLE La notation  $d(XOC)_{P1,t}$  indique que le déport de la ligne moyenne de l'axe C de la broche dans la direction X au point P1 (éloigné du nez de la broche) est référencé.

NOTE 1 Les notations possibles pour  $\alpha$  sont: X, Y, Z, A, B. Les notations possibles pour  $\beta$  sont C, C1, A, B ou n'importe quel axe de broche. Les notations possibles pour  $xx$  sont: P1 (point P1, éloigné du nez de la broche) et P2 (point P2 proche du nez de la broche); le point de référence  $xx$  est omis pour les valeurs d'un déplacement linéaire dans la direction Z et de déplacements angulaires (A et B).

NOTE 2 Pour information, voir l'ISO 230-7.

**3.16**  
**déport  $d(\alpha O \gamma)_{xx,60}$**   
étendue du déplacement linéaire ou angulaire, dans la direction de  $\alpha$ , du composant de la machine déplacé le long de l'axe linéaire  $\gamma$  pendant les premières 60 min des essais de déformation thermique due au déplacement de l'axe linéaire (au point  $xx$ )

EXEMPLE La notation  $d(BOX)_{1,60}$  indique que le déport de l'axe linéaire X dans la direction B (rotation autour de  $\gamma$ ) au point P1 (point droit de la Figure 8) est référencé.

NOTE Les notations possibles pour  $\alpha$  sont: X, Y, Z, A, B. Les notations pour  $\gamma$  sont: X, X1, Y, Z, W ou n'importe quel axe linéaire. Les notations possibles pour  $xx$  sont: 1 et 2,  $xx$  pourrait être aussi exprimé avec des mots, comme gauche et droite.

**3.17****déport**  $d(\alpha O \gamma)_{xx,t}$ 

étendue du déplacement linéaire ou angulaire du composant de la machine déplacé le long de l'axe linéaire  $\gamma$  dans la direction  $\alpha$  pendant la période totale de déplacement,  $t$ , des essais de déformation thermique due au déplacement de l'axe linéaire

EXEMPLE La notation  $d(\text{BOX})_{1,t}$  indique que le déport de l'axe linéaire X dans la direction B (rotation autour de Y) au point P1 (point droit de la Figure 8) est référencé.

NOTE Les notations possibles pour  $\alpha$  sont X, Y, Z, A, B, C. Les notations possibles pour  $\gamma$  sont: X, X1, Y, Z, W ou n'importe quel axe linéaire. Les notations possibles pour  $xx$  sont: 1 et 2;  $xx$  pourrait être aussi exprimé avec des mots, comme gauche et droite.

**4 Remarques préliminaires****4.1 Unités de mesure**

Dans la présente partie de l'ISO 230, toutes les dimensions et tous les écarts linéaires sont exprimés en millimètres. Tous les angles sont exprimés en degrés. Les écarts angulaires sont, en principe, exprimés en fractions, mais les microradians ou les secondes d'arc peuvent être utilisés dans certains cas pour des raisons de clarification. Il convient toujours de se rappeler les équivalences suivantes:

$$0,010/1\ 000 = 10\ \mu\text{rad} \approx 2''$$

Les températures sont exprimées en degrés Celsius ( $^{\circ}\text{C}$ ).

**4.2 Référence à l'ISO 230-1**

Pour l'application de la présente partie de l'ISO 230, se référer à l'ISO 230-1, notamment pour ce qui concerne l'installation de la machine avant essai et l'exactitude recommandée pour les équipements d'essai.

**4.3 Instruments et équipement d'essai recommandés**

Les instruments de mesure recommandés dans le présent paragraphe sont uniquement donnés à titre d'exemple. Il est permis d'utiliser d'autres instruments capables de mesurer les mêmes grandeurs et offrant une incertitude de mesure inférieure. Les instruments et équipements d'essai suivants sont recommandés pour application des Articles 5 à 7:

- a) système de mesure de déplacement ayant une étendue, une résolution, une stabilité thermique et une incertitude de mesure adéquates (par exemple interféromètre à laser pour les déformations thermiques dues aux déplacements le long d'axes linéaires, capteurs de déplacement par contact capacitifs, inductifs ou rétractables pour les essais d'environnement et les déformations thermiques dues à des broches en rotation);
- b) capteurs de température (par exemple thermocouple, thermomètre à résistance électrique ou à semi-conducteur) offrant une résolution appropriée et une incertitude de mesure;
- c) équipement d'acquisition de données, tel qu'un enregistreur de diagramme multicanal qui surveille et trace continuellement tous les canaux, ou un système informatique qui recueille les données de tous les canaux au moins une fois toutes les 5 min<sup>1)</sup> et qui sauvegarde ces données pour une analyse ultérieure;

NOTE Si aucun système informatique n'est disponible, un traitement manuel des données est admissible.

1) Certains systèmes de compensation de température ont des cycles inférieurs à 5 min. Dans ce cas, il convient de porter la fréquence de surveillance à cinq lectures par cycle, si possible.

- d) mandrins d'essai, fabriqués de préférence en acier et conçus conformément aux spécifications de la norme spécifique à la machine ou par accord conclu entre le fournisseur/le fabricant et l'utilisateur, voir ISO 230-1:1996, Article A.3;
- e) dispositifs de fixation des capteurs de déplacement, fabriqués de préférence en acier et conçus conformément aux spécifications de la norme spécifique à la machine ou par accord conclu entre le fournisseur/le fabricant et l'utilisateur. Il est recommandé que la conception réduise au minimum les déformations locales dues à des gradients de température dans le dispositif de fixation.
- f) lors de l'évaluation des écarts angulaires, la distance entre les capteurs de déplacement doit être sélectionnée afin d'obtenir une incertitude de mesure, une résolution et une plage adéquates.

Si nécessaire et réalisable, il est admis de placer le capteur de déplacement axial (voir Figures 1, 2 et 3) directement contre le nez de la broche afin d'éliminer l'effet de dilatation thermique du mandrin d'essai.

L'exactitude à long terme de l'équipement de mesure doit être vérifiée, par exemple par des essais de dérive des transducteurs (voir A.5).

Les instruments de mesure doivent être stabilisés thermiquement avant le début des essais.

#### 4.4 État de la machine avant essai

La machine doit être entièrement assemblée et en ordre de marche conformément aux instructions du fournisseur/du fabricant qui doivent être consignées. Toutes les opérations nécessaires de nivellement, l'alignement géométrique et les contrôles fonctionnels doivent être complétés de manière satisfaisante avant le début des essais.

La machine doit être mise sous tension, tous les services auxiliaires étant en fonctionnement et les axes en position «Arrêt» sans rotation de la broche, pendant une période suffisamment longue pour stabiliser les effets d'une source de chaleur interne conformément aux spécifications du fournisseur/du fabricant ou selon les indications des instruments d'essai. La machine et les instruments de mesure doivent être protégés des courants d'air et des rayonnements extérieurs tels que ceux provenant de radiateurs aériens, du soleil, etc.

Tous les essais doivent être réalisés sur la machine à vide. Lorsque le fonctionnement de la machine implique la rotation de la pièce à usiner et de l'outil sur des broches séparées, les essais conformément aux Articles 5 et 6 doivent être réalisés pour chaque broche par rapport à un point de référence fixe commun sur la structure de la machine. Si des moyens ou des installations de compensation (matériels ou informatiques) destinés à minimiser les effets thermiques, tels que des projections d'air ou d'huile, sont disponibles sur la machine-outil, ces moyens ou installations doivent être utilisés pendant les essais et leur utilisation doit être consignée.

#### 4.5 Ordre des essais

Les essais décrits aux Articles 5 à 7 peuvent être réalisés de manière individuelle ou combinée.

## 4.6 Température de l'environnement d'essai

Conformément à l'ISO 1, tous les mesurages dimensionnels doivent être réalisés lorsque les instruments de mesure et les objets mesurés (par exemple la machine-outil) sont en équilibre thermique avec l'environnement dont la température est maintenue à 20 °C. Si la température de l'environnement est différente de 20 °C, il faut appliquer une correction pour la dilatation thermique différentielle nominale (NDE) entre le système de mesure et l'objet mesuré (la machine-outil) afin de présenter les résultats corrigés à 20 °C. Par exemple, pendant un mesurage normal de déplacement linéaire à l'aide d'un interféromètre à laser, il convient de consigner la température ambiante autour du faisceau laser et la température de l'échelle de machine. Les changements de longueur attendus pour l'interféromètre à laser (résultant de la variation de la longueur d'onde du laser en fonction de la température et de la pression ambiantes) et pour l'échelle de machine (en réponse à sa température) doivent être calculés. La différence entre ces deux dilatations longitudinales donne la valeur NDE qui sert à corriger les données brutes de mesures fournies par l'interféromètre à laser, afin de déterminer les écarts de déplacement linéaire à 20 °C. Cependant, l'exigence de corrections NDE ne s'applique pas à la présente partie de l'ISO 230, car le but de celle-ci est d'identifier le comportement de la machine lors d'éventuelles variations de la température ambiante. Les corrections NDE sont uniquement autorisées entre l'équipement d'essai et la partie de la machine où la pièce à usiner doit normalement se trouver. Il faut utiliser les corrections NDE intégrées correspondant au fonctionnement normal de la machine; les corrections NDE supplémentaires uniquement destinées aux mesurages ne doivent pas servir à corriger les déformations thermiques des échelles de machine.

## 5 Essai d'erreur de variation de température ambiante (ETVE)

### 5.1 Généralités

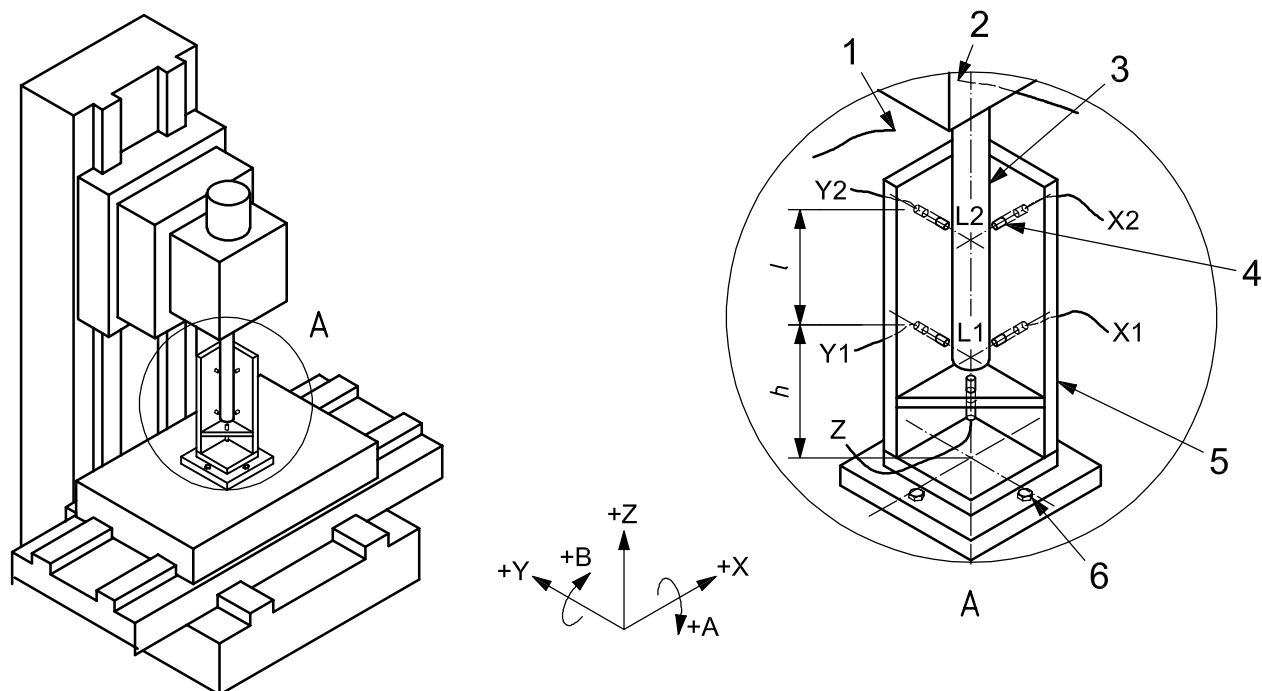
iTeh STANDARD PREVIEW

Un essai d'erreur de variation de température ambiante (ETVE) est destiné à identifier les effets des changements de température ambiante sur la machine et à évaluer l'erreur induite thermiquement pendant les autres mesurages de performances. Ce type d'essai ne doit pas être utilisé pour des comparaisons de machines. L'ETVE doit être déterminé par l'essai de départ en utilisant le mode opératoire décrit en 5.2. Si une compensation de facteurs environnementaux tels que la température et la pression de l'air, est prescrite pour le bon fonctionnement des instruments de mesure, celle-ci doit être appliquée. Si les instruments de mesure comprennent des dispositifs de correction NDE, il convient d'utiliser ces dispositifs à condition de placer le capteur de température du matériau sur la partie de machine où la pièce à usiner doit normalement se trouver. L'utilisation de tels dispositifs doit être consignée.

Il est recommandé au fournisseur/au fabricant de donner des lignes directrices sur l'environnement thermique qui peut être considéré comme acceptable pour que la machine puisse fonctionner avec l'exactitude spécifiée. Ces lignes directrices générales pourraient contenir, par exemple, des spécifications sur la température ambiante moyenne, l'amplitude et l'étendue de fréquences maximales des écarts par rapport à cette température moyenne, et sur les gradients thermiques environnementaux (voir Annexe C). L'utilisateur est tenu d'assurer un environnement thermique acceptable pour les essais de fonctionnement et de performances de la machine-outil sur le site d'installation. Toutefois, si l'utilisateur se conforme aux lignes directrices données par le fournisseur/le fabricant de la machine, la responsabilité de la conformité des performances de la machine aux spécifications incombe au fournisseur/au fabricant.

La somme des incertitudes de mesures des performances de la machine-outil dues aux effets thermiques est définie comme étant l'incertitude thermique type combinée. L'incertitude thermique type combinée,  $u_{CT}$ , peut être évaluée à l'aide de l'essai décrit, lorsque les conditions environnementales pendant le mesurage des performances et l'essai ETVE sont comparables. Elle ne doit pas dépasser une valeur convenue entre l'utilisateur et le fournisseur/le fabricant.

Une exigence dicte que les axes de la machine soient mis sous tension et en position «Arrêt» (voir 4.4). Sur certains types de machine, en particulier sur un axe vertical ou incliné, l'axe peut s'échauffer en position «Arrêt». Dans ce cas, l'essai d'ETVE peut être réalisé en mettant l'ensemble de la machine hors tension. Cet état doit être consigné dans le rapport d'essai.



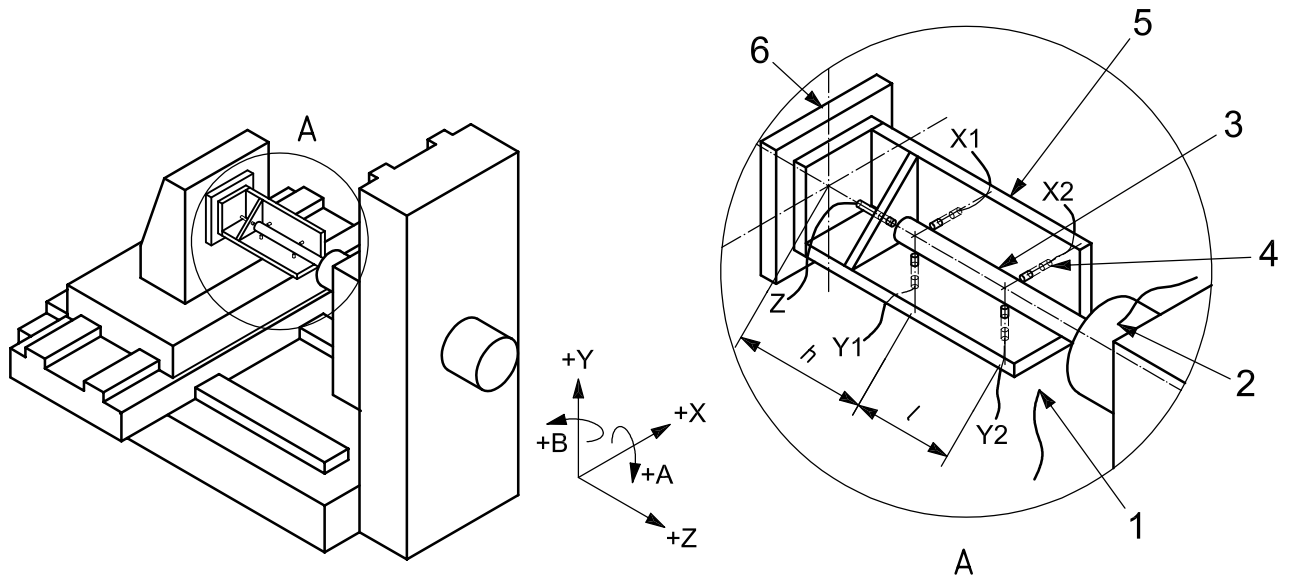
**Légende**

- 1 capteur de température de l'air ambiant
- 2 capteur de température du palier de broche
- 3 mandrin d'essai
- 4 capteurs de déplacement
- 5 dispositif de fixation
- 6 dispositif de fixation boulonné à la table

IPEI STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/4d363dce-7a27-4f44-aab3-2ad09582e10c/iso-230-3-2007>  
ISO 230-3:2007

**Figure 1 — Installation type pour essais d'ETVE et de déformation thermique de la structure due à une broche en rotation sur un centre d'usinage à broche verticale**



**Légende**

- 1 capteur de température de l'air ambiant
- 2 capteur de température du palier de broche
- 3 mandrin d'essai
- 4 capteurs de déplacement
- 5 dispositif de fixation
- 6 dispositif de fixation à la plaque porte-pièce

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 230-3:2007

**Figure 2 — Installation type pour essais d'ETVE et de déformation thermique de la structure due à une broche en rotation sur un centre d'usinage à broche horizontale**