



**Norme  
internationale**

**ISO 2407**

**Conditions d'essai des machines à  
rectifier les surfaces de révolution  
intérieures à broche horizontale —  
Contrôle de l'exactitude**

*Test conditions for internal cylindrical grinding machines with  
horizontal spindle — Testing of accuracy*

**Quatrième édition  
2024-08**

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

[ISO 2407:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024>

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

[ISO 2407:2024](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2024

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
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>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4 Configurations de la machine</b> .....	<b>1</b>
<b>5 Remarques préliminaires</b> .....	<b>3</b>
5.1 Unités de mesure .....	3
5.2 Référence à l'ISO 230-1, ISO 230-2 et l'ISO 230-7 .....	3
5.3 Nivellement de la machine .....	3
5.4 Conditions de température .....	3
5.5 Ordre des essais .....	3
5.6 Essais à réaliser .....	3
5.7 Instruments de mesure .....	4
5.8 Compensation par logiciel .....	4
5.9 Essais d'usinage .....	4
5.10 Tolérance minimale .....	4
5.11 Schémas .....	4
<b>6 Essais géométriques</b> .....	<b>5</b>
6.1 Déplacements linéaires sur les axes .....	5
6.2 Broche porte-pièce .....	7
6.3 Broche porte-meule .....	11
6.4 Poupée porte-meule à surfacer .....	14
<b>7 Essais de positionnement</b> .....	<b>18</b>
<b>8 Essais d'usinage</b> .....	<b>23</b>
<b>Annexe A (informative) Erreurs de mouvements des axes de rotation</b> .....	<b>25</b>
<b>Annexe B (informative) Termes dans d'autres langues</b> .....	<b>30</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>31</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 (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](http://www.iso.org/directives)).

L'ISO attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'ISO ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de propriété revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'ISO n'avait pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets). L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

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 [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 39, *Machines-outils*, sous-comité SC 2, *Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal*.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 2407:1997), qui a fait l'objet d'une révision technique. Elle incorpore également l'Amendement de l'ISO 2407:1997/Amd 1:2016. Les principales modifications sont les suivantes:

- les références à la série ISO 230 ont été mises à jour;
- les essais facultatifs pour l'axe B1 ont été ajoutés;
- une nouvelle [Annexe A](#) a été ajoutée.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

# Conditions d'essai des machines à rectifier les surfaces de révolution intérieures à broche horizontale — Contrôle de l'exactitude

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie, par référence à l'ISO 230-1, à l'ISO 230-2 et à l'ISO 230-7, les essais géométriques, les essais de positionnement et les essais d'usinage des machines à rectifier les surfaces de révolution intérieures d'usage général et d'exactitude normale à broche horizontale, qu'elles soient ou non équipées d'une poupée porte-meule à surfacer. Le présent document spécifie les tolérances applicables correspondant aux essais mentionnés ci-dessus.

Le présent document ne traite que du contrôle de l'exactitude de la machine; il ne concerne ni l'examen de son fonctionnement (vibrations, bruits anormaux, points durs dans les déplacements d'organes, etc.) ni celui de ses caractéristiques (vitesses, avances), de tels examens étant, en général, effectués avant de soumettre à essai l'exactitude.

Le présent document définit la terminologie utilisée pour les principaux composants de la machine et indique la désignation des axes conformément à l'ISO 841.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 230-1:2012, *Code d'essai des machines-outils — Partie 1: Exactitude géométrique des machines fonctionnant à vide ou dans des conditions quasi-statiques*

ISO 230-2:2014, *Code d'essai des machines-outils — Partie 2: Détermination de l'exactitude et de la répétabilité de positionnement des axes à commande numérique*

ISO 230-7:2015, *Code d'essai des machines-outils — Partie 7: Exactitude géométrique des axes de rotation*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 230-1, ISO 230-2 et l'ISO 230-7 s'appliquent.

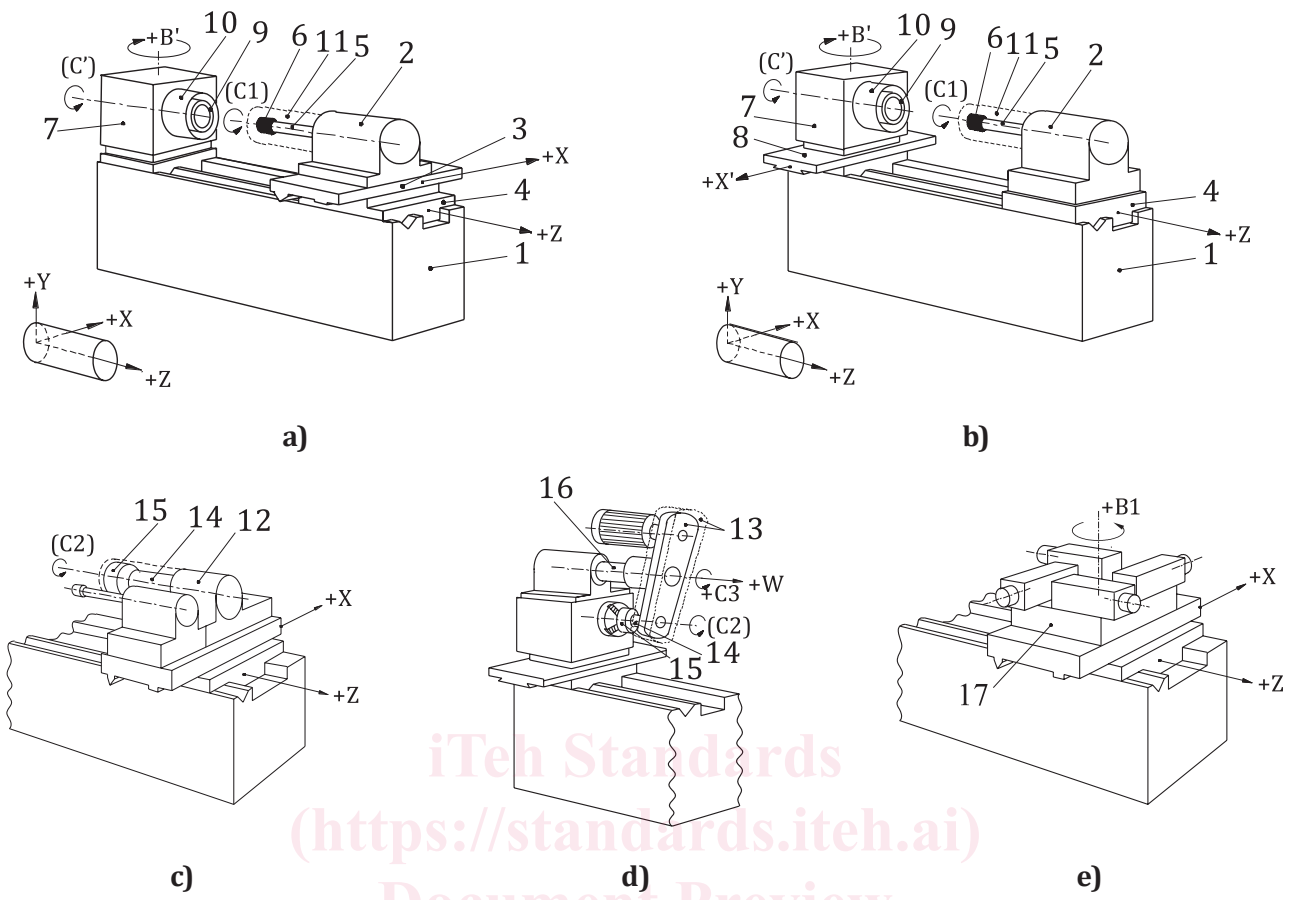
L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

## 4 Configurations de la machine

La caractéristique commune de toutes les machines à rectifier les surfaces de révolution intérieures à broche horizontale est qu'elles possèdent au moins une poupée porte-pièce horizontale et une poupée porte-meule

sur le banc et que les broches se font face. La poupée porte-pièce peut pivoter autour d'un axe vertical (axe B') pour rectifier les surfaces coniques.



**Légende**

- |   |  |
|---|--|
| 1 banc  | 10 protecteur de la pièce  |
| 2 poupée porte-meule  | 11 protecteur de meule   |
| 3 chariot transversal de poupée porte-meule (axe X)             | 12 poupée porte-meule à surfacer   |
| 4 chariot de poupée porte-meule (axe Z)                         | 13 bras pivotant (avec dispositif d'entraînement et protecteur) (axe C3) |
| 5 broche porte-meule [axe (C1)]                                 | 14 broche à surfacer [axe (C2)]  |
| 6 coulant de meule à surfacer                                   | 15 meule à surfacer  |
| 7 poupée porte-pièce (pivotante) [incluant les axes B' et (C)'] | 16 coulant de meule à surfacer (axe W)                                   |
| 8 chariot transversal de poupée porte-pièce (axe X')            | 17 axe B1  |
| 9 broche porte-pièce  |  |

**Figure 1 — Configurations de la machine**

Suivant la conception de la machine, l'une des deux poupées (poupée porte-pièce ou poupée porte-meule) peut se déplacer le long de l'axe X. La poupée porte-meule peut généralement se déplacer le long de l'axe Z [voir les Figures 1 a) et b)].

Dans certains cas, ces machines sont équipées d'une meule à surfacer. Cela peut être réalisé au moyen de la deuxième poupée porte-meule, tel que représenté à la Figure 1 c) ou par un adaptateur supplémentaire pivotant pour poupée porte-meule. Cet adaptateur est généralement monté sur la poupée porte-pièce avec un mouvement linéaire (axe W) parallèle à l'axe Z et un mouvement de pivotement (axe C3) autour de l'axe Z [voir la Figure 1 d)].

Dans certains cas, ces machines sont équipées d'un axe B1 qui est monté sur le chariot transversal de poupée porte-meule (axe X) et permet un changement d'outil rapide (2 à 4 axes). Dans certaines machines-outils, l'axe B1 est un axe rotatif de contournage [voir la [Figure 1 e](#)].

## 5 Remarques préliminaires

### 5.1 Unités de mesure

Dans le présent document, toutes les dimensions linéaires, tous les écarts et toutes les tolérances correspondantes sont exprimés en millimètres; les dimensions angulaires sont exprimées en degrés, et les écarts angulaires ainsi que les tolérances correspondantes sont exprimés sous forme de rapports mais, dans certains cas, les microradians ou les secondes d'arc sont utilisés pour des besoins de clarification. Il convient de toujours se rappeler de l'équivalences de la [Formule \(1\)](#):

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

### 5.2 Référence à l'ISO 230-1, ISO 230-2 et l'ISO 230-7

Pour l'application du présent document, la référence à l'ISO 230-1, doit être faite le cas échéant, notamment en ce qui concerne l'installation de la machine-outil avant essais, la mise en température de la broche et autres organes mobiles, la description des méthodes de mesurage, ainsi que l'exactitude recommandée pour les appareils de contrôle.

Dans la case «Observations» des essais décrits dans les [Articles 6](#) et [7](#), les instructions sont suivies d'une référence aux articles correspondants de l'ISO 230-1, de l'ISO 230-2 et de l'ISO 230-7, dans les cas où l'essai concerné est conforme aux spécifications de cette partie de la série ISO 230.

### 5.3 Nivellement de la machine

Avant de réaliser les essais sur une machine, il convient de niveler la machine conformément aux recommandations du fournisseur/fabricant (voir l'ISO 230-1:2012, 6.1).

### 5.4 Conditions de température

Les conditions de température pendant les essais doivent être spécifiés par un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur.

### 5.5 Ordre des essais

L'ordre dans lequel les essais sont présentés dans le présent document ne définit nullement l'ordre pratique des essais. Pour faciliter le montage des instruments ou le mesurage, les essais peuvent être réalisés dans n'importe quel ordre.

### 5.6 Essais à réaliser

Lors de l'essai d'une machine, il n'est pas toujours nécessaire ou possible de réaliser tous les essais décrits dans le présent document. Lorsque les essais sont requis à des fins de réception, il appartient à l'utilisateur de choisir, en accord avec le fournisseur/fabricant, les seuls essais correspondant aux composants et/ou aux propriétés de la machine qui l'intéressent. Les essais doivent être clairement précisés lors de la passation de la commande d'une machine. Une simple référence au présent document pour les essais de réception sans spécification des essais à effectuer et sans accord sur les dépenses correspondantes ne peut être considérée comme un engagement pour aucun des contractants.

## 5.7 Instruments de mesure

Les instruments de mesure indiqués dans les essais décrits dans les [Articles 6](#) et [7](#) sont des exemples uniquement. D'autres instruments, permettant de mesurer les mêmes grandeurs et ayant une incertitude de mesure égale ou inférieure, peuvent être utilisés. Il doit être fait référence à l'ISO 230-1:2012, Article 5, qui indique la relation entre les incertitudes de mesure et les tolérances.

Lorsqu'il est fait référence à un «comparateur à cadran», ceci peut faire référence non seulement à des comparateurs à levier mécanique (DTI), mais aussi à tout type de capteur de déplacement linéaire tel que des comparateurs à cadran analogiques ou numériques, des transformateurs différentiels à variation linéaire (LVDTs), des capteurs de déplacement à échelle linéaire ou des capteurs sans contact, s'ils s'appliquent à l'essai concerné.

De manière similaire, lorsqu'il est fait référence à une «règle», cela peut signifier n'importe quel type de pièce d'essai de référence de la rectitude, tel qu'une règle en granit, céramique, acier ou fonte, un bras d'une équerre, une génératrice d'une équerre cylindrique, tout trajet droit sur un cube de référence ou une pièce d'essai spéciale, dédié fabriqué pour s'adapter aux rainures T, ou d'autres références.

De la même manière, lorsqu'une «équerre» est mentionnée, cela peut signifier tout type d'artefact de référence de la perpendicularité, tel qu'une équerre en granit, ou en céramique, ou en acier ou en fonte, une équerre-cylindre, un cube de référence ou, de nouveau, un artefact spécial et dédié.

Lorsqu'il est question d'un «niveau de précision», il peut s'agir de n'importe quel type de niveau, comme les niveaux électroniques à tube à bulles, numériques et analogiques.

Des informations utiles sur les instruments de mesure sont disponibles dans l'ISO/TR 230-11.

## 5.8 Compensation par logiciel

Lorsque des logiciels intégrés permettent de compenser les écarts géométriques, de positionnement, de contournage et thermiques, il convient que leur utilisation pendant ces essais soit basée sur un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur, en tenant compte de l'utilisation prévue de la machine-outil, par exemple, si l'utilisation prévue de la machine-outil comprend ou non une compensation par logiciel pour les erreurs géométriques. Lorsque la compensation par logiciel est utilisée, cela doit être indiqué dans le rapport d'essai. Il doit être noté que, lorsqu'une compensation par logiciel est utilisée, certains axes de la machine-outil ne peuvent pas être bloqués pour les besoins de l'essai.

De précieuses informations sur la compensation numérique des erreurs géométriques sont disponibles dans l'ISO/TR 16907.

## 5.9 Essais d'usinage

Les essais d'usinage ne doivent être réalisés qu'avec des passes de finition et non des passes de dégauchissage qui provoquent des efforts de coupe importants.

## 5.10 Tolérance minimale

Par consentement mutuel, le fabricant/fournisseur et l'utilisateur peuvent établir la tolérance pour une longueur de mesure différente de celle donnée dans les essais décrits dans les [Articles 6](#) et [7](#). Il doit cependant être pris en considération que la valeur minimale de tolérance est 0,005 mm, sauf spécification contraire.

En établissant la tolérance minimale, l'incertitude de mesure associée à l'essai et l'instrument recommandé doit être prise en compte; voir [5.7](#).

## 5.11 Schémas

Pour des raisons de simplicité, les schémas des [Articles 6](#) et [7](#) ne représentent qu'un seul type de machine.

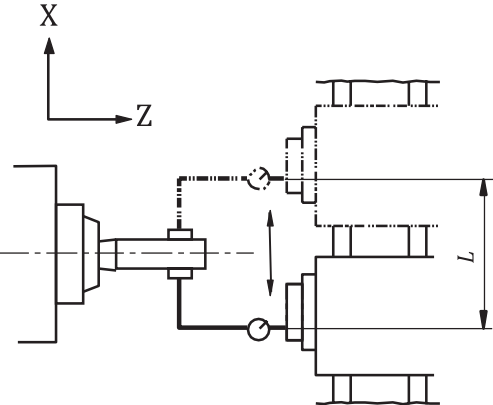


Le cas échéant, la case schémas fournit, pour chaque essai a), b) et c) identifié dans la case objet, une représentation schématique d'un montage d'essai possible, y compris l'identification du plan de coordonnées pertinent (par exemple XY, YZ, ZX).

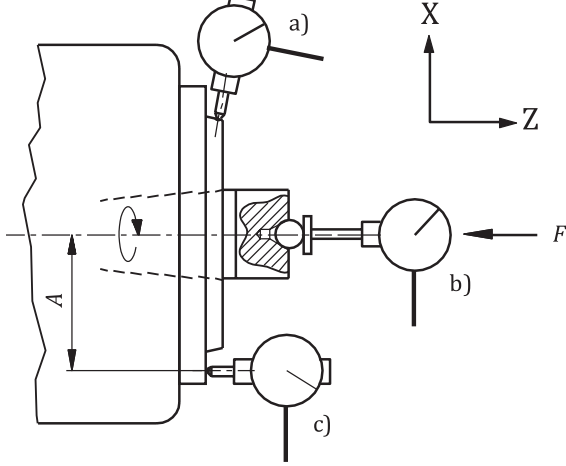
## 6 Essais géométriques

### 6.1 Déplacements linéaires sur les axes

<b>Objet</b>	<b>G1</b>
<p>Vérification de la rectitude du déplacement du chariot de la poupée porte-meule (ou de la poupée porte-pièce) sur l'axe Z:</p> <p>a) dans le plan vertical, <math>E_{YZ}</math>;</p> <p>b) dans le plan horizontal, <math>E_{XZ}</math>.</p>	
<p><b>Schéma</b></p>	
<p><b>Tolérance</b></p> <p>a) 0,015 pour une longueur de mesure de 250</p> <p>b) 0,008 pour une longueur de mesure de 250</p>	
<p><b>Résultats des mesures</b></p> <p>a) <a href="https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024">https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/b177d52c-63e4-4913-a4c1-4f2f30c0be5c/iso-2407-2024</a></p> <p>b)</p>	
<p><b>Instruments de mesure</b></p> <p>Comparateur à cadran et mandrin de contrôle ou règle ou instruments optiques</p>	
<p><b>Observations et référence à l'ISO 230-1:2012, 8.2</b></p> <p>Lorsqu'un mandrin de contrôle est utilisé, le support du comparateur à cadran doit être placé sur la partie fixe de la poupée porte-meule et le mandrin de contrôle dans la broche porte-pièce.</p> <p>Lorsqu'une règle est utilisée, le support du comparateur à cadran doit être placé sur une partie fixe de la poupée porte-meule, la touche étant en contact avec une règle placée approximativement parallèlement au déplacement sur l'axe Z.</p> <p>Lorsqu'une règle est montée sur la poupée porte-pièce, sa flèche doit être prise en compte.</p> <p>Lorsqu'une règle est utilisée pour des axes longs, elle peut être montée sur une partie fixe de la machine (par exemple, banc). Dans ce cas, des mesures de rectitude différentielles doivent être effectuées, l'une avec le mouvement de la poupée porte-meule et l'autre avec le mouvement de la poupée porte-pièce, sans déplacer la règle entre les deux séries de mesures.</p>	

<b>Objet</b>	<b>G2</b>
Vérification de la perpendicularité du déplacement du chariot transversal de la poupée porte-meule ou du chariot transversal de la poupée porte-pièce (axe X) au déplacement sur l'axe Z, $E_{B(0Z)X}$ .	
<b>Schéma</b> 	
<b>Légende</b> L distance entre les deux points palpés	
<b>Tolérance</b> 0,020/300 (0,066/1 000) où 300 est la distance entre les deux points palpés, L.	
<b>Résultats des mesures</b>	
<b>Instruments de mesure</b> Mandrin de contrôle et support de comparateur à cadran ou instruments optiques	
<b>Observations et références à l'ISO 230-1:2012, 10.3.2 et 10.3.3</b> Placer un mandrin de contrôle sur la broche porte-pièce et régler la poupée porte-pièce (axe B') de sorte que l'axe de la broche soit parallèle au déplacement sur l'axe Z. Fixer le support du comparateur à cadran sur le mandrin de contrôle, la touche du comparateur à cadran en contact avec un point de la broche porte-meule. Tourner la broche porte-pièce de 180° et déplacer l'axe X jusqu'à ce que la touche palpe de nouveau le même point. La différence entre les lectures du comparateur à cadran divisées par la distance, L, entre les deux points palpés correspond à l'erreur de perpendicularité à consigner.	

6.2 Broche porte-pièce

<p><b>Objet</b></p> <p>Vérification de la rotation de la broche porte-pièce:</p> <p>a) battement radial de la surface extérieure de centrage;</p> <p>b) erreur de mouvement axial <math>E_{Z(C)}</math>;</p> <p>c) battement frontal de la surface d'appui avant.</p>	<p><b>G3</b></p>
<p><b>Schéma</b></p>  <p><b>Légende</b></p> <p>A distance de l'axe de la broche      F force axiale</p>	
<p><b>Tolérance</b></p> <p>a) 0,005</p> <p>b) 0,005</p> <p>c) 0,010</p>	
<p><b>Résultats des mesures</b></p> <p>a)</p> <p>b)</p> <p>c)</p>	
<p><b>Instruments de mesure</b></p> <p>Comparateur à cadran pour a) et c) et comparateur à cadran avec stylet à pointe plate pour b)</p>	
<p><b>Observations et, pour a) et c), référence à l'ISO 230-1:2012, 12.5; pour b) référence à l'ISO 230-7:2015, 5.4.4</b></p> <p>Pour a), dans le cas d'un nez de broche conique, la touche du comparateur à cadran doit être placée perpendiculairement à la surface à vérifier.</p> <p>Pour b), la valeur et le sens de la force axiale, <math>F</math>, à appliquer doivent être spécifiés par le fournisseur/fabricant. Lorsque des paliers de butée précontraints sont utilisés, il n'est pas nécessaire d'appliquer une force.</p> <p>Pour c), la distance, <math>A</math>, entre le comparateur à cadran et l'axe de la broche doit être prise la plus grande possible. Voir également l'essai AR1 à l'Annexe A.</p>	