

PROJET  
FINAL

NORME  
INTERNATIONALE

ISO/FDIS  
17543-1

ISO/TC 39/SC 2

Secrétariat: ASI

Début de vote:  
2016-11-30

Vote clos le:  
2017-01-25

---

---

## Machines-outils — Conditions d'essai pour poupées porte-broche accessoires —

### Partie 1: Têtes accessoires pour machines à broche horizontale (axe Z horizontal)

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

*Machines tools. — Test conditions for universal spindle heads —  
Part 1: Accessory heads for machines with horizontal spindle  
(horizontal Z-axis)*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.



Numéro de référence  
ISO/FDIS 17543-1:2016(F)

© ISO 2016

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

[ISO/FDIS 17543-1](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2016, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401  
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland  
Tel. +41 22 749 01 11  
Fax +41 22 749 09 47  
copyright@iso.org  
www.iso.org

## 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>1</b>
<b>4</b> <b>Observations préliminaires</b> .....	<b>5</b>
4.1    Unités de mesure.....	5
4.2    Référence à l'ISO 230.....	5
4.3    Ordre des essais.....	5
4.4    Essais à réaliser.....	5
4.5    Instruments de mesure.....	6
4.6    Compensation par logiciel.....	6
4.6.1    Compensation du décalage de la tête.....	6
4.6.2    Compensation géométrique de la machine.....	7
4.7    Schémas.....	7
4.8    Étendue de mesure.....	7
4.9    Tolérances.....	7
<b>5</b> <b>Essais géométriques communs pour les broches de tous les types de têtes</b> .....	<b>8</b>
<b>6</b> <b>Essais géométriques pour tous les types de têtes de broche</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe A</b> (normative) <b>Vérification de l'exactitude et de la répétabilité du positionnement</b> .....	<b>27</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Essais géométriques supplémentaires pour les têtes à indexage continu à 45° (voir <a href="#">Figure 3</a>)</b> .....	<b>29</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Essais géométriques supplémentaires pour les têtes pivotantes (voir <a href="#">Figures 4</a> et <a href="#">5</a>)</b> .....	<b>36</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Essais de vérification de l'exactitude des axes de rotation de la broche</b> .....	<b>45</b>
<b>Bibliographie</b> .....	<b>48</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'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. 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](http://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.

(standards.iteh.ai)

Pour une explication de 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/iso/fr/foreword.html](http://www.iso.org/iso/fr/foreword.html)

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 39, *Machines-outils*, Sous-comité SC 2, *Conditions de réception des machines travaillant par enlèvement de métal*.

La liste de toutes les parties de la série ISO 17543 peut être consultée sur le site internet de l'ISO.

## Introduction

Les têtes de broche accessoires sont utilisées sur les machines-outils telles que les fraiseuses et aléseuses, les centres d'usinage, les machines de type portique, les centres de tournage et de fraisage verticaux, comportant une seule broche intégrée dans la tête ou le coulant, possédant des broches fixes, ou à indexage ou inclinables qui peuvent être orientées dans des directions différentes de celle de l'axe de la broche intégrée.

De la même manière que la broche intégrée, elles peuvent réaliser des opérations d'usinage multiples, comprenant le fraisage, l'alésage, le perçage, le meulage et le taraudage, ainsi que dans certains cas le changement automatique d'outil, aussi bien à partir d'un magasin que d'une unité de stockage similaire dans le cadre d'un programme d'usinage.

Le présent document spécifie plusieurs séries de modes opératoires pour des essais géométriques qui peuvent être effectués sur différents types de têtes de broche pour la comparaison, la réception, la maintenance, le réglage ou en vue de tout autre objectif.

Certains types de têtes permettent de vérifier uniquement la position résultante de la broche (comme celles fixes ou à indexage traitées en 3.2, 3.3, 3.4 et 3.7 et dans les essais G1 à G15), tandis que pour d'autres, c'est-à-dire celles à mouvement continu des deux axes rotatifs (comme celles traitées en 3.5 et 3.6) les Annexes informatives B et C permettent d'effectuer une analyse supplémentaire des positions relatives entre les axes et de vérifier aussi bien l'exactitude de leur compensation de décalage.

L'ISO 17543 (toutes les parties) établit également les tolérances ou les valeurs maximales acceptables pour les résultats d'essai correspondant aux têtes de broche à usage général et d'exactitude normale utilisées sur différents types de machines.

(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 17543-1](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

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

ISO/FDIS 17543-1

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

# Machines-outils — Conditions d'essai pour poupées porte-broche accessoires —

## Partie 1:

# Têtes accessoires pour machines à broche horizontale (axe Z horizontal)

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie, par référence à l'ISO 230-1, les essais géométriques et, par référence à l'ISO 230-2, les essais de positionnement, pour les têtes de broche accessoires utilisées sur les centres d'usinage ou les fraiseuses à commande numérique, etc., le cas échéant, avec broche horizontale (c'est-à-dire, axe Z horizontal). Les essais considérés dans le présent document peuvent également être utilisés avec des têtes à indexage manuel, le cas échéant. Les têtes de meulage ne sont pas comprises dans le domaine d'application du présent document.

Le présent document traite uniquement de la vérification de l'exactitude géométrique et de positionnement des têtes de broche accessoires et ne s'applique pas aux essais de fonctionnement de la (des) tête(s) de machine (par exemple, des vibrations, un niveau de bruit anormal, un mouvement saccadé des composants), ni aux caractéristiques de la (des) tête(s) de broche de la machine (par exemple, vitesses, alimentations et accélérations), qu'il convient généralement de vérifier séparément, ni à la vérification de la capacité d'usinage en fonctionnement. Les essais concernant l'exactitude des pièces d'essai finies sont traités dans d'autres normes ISO.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

## 2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 suivants 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:

— IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

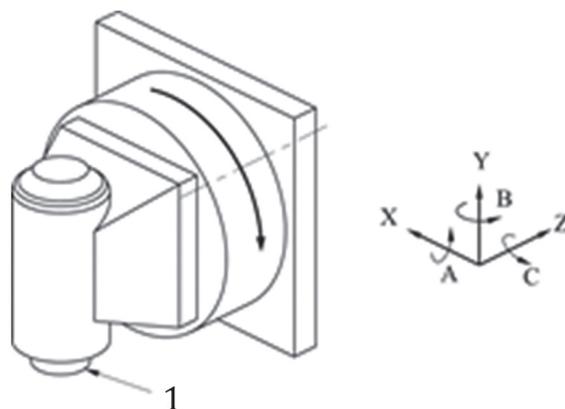
**3.1**  
**tête universelle**

tête de broche comportant une ou plusieurs broches qui sont orientées, ou qui peuvent être orientées, parallèle à plus d'un axe de coordonnées

**3.2**  
**tête à angle droit**

tête comportant une seule broche perpendiculaire à l'axe Z qui peut tourner autour de l'axe Z

Note 1 à l'article: Voir [Figure 1](#).



**Légende**  
1 broche

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

**Figure 1 — Tête à angle droit**

[ISO/FDIS 17543-1](#)

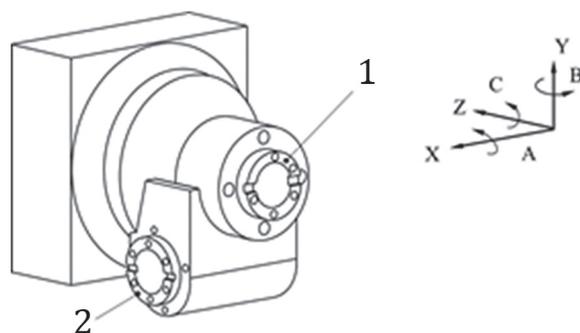
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

**3.3**  
**tête à angle droit à deux broches**

tête à angle droit ([3.2](#)), comportant deux broches situées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre, l'une parallèle à l'axe Z et l'autre perpendiculaire à l'axe Z qui peut tourner autour de l'axe Z

Note 1 à l'article: Les deux broches peuvent être coplanaires ou en biais l'une par rapport à l'autre.

Note 2 à l'article: Voir [Figure 2](#).



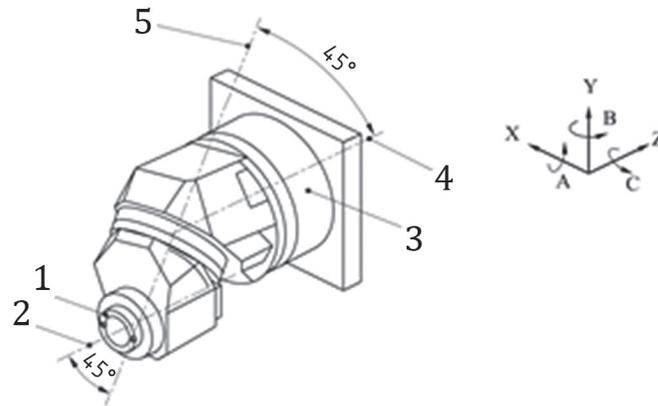
**Légende**  
1 broche longitudinale  
2 broche à angle droit

**Figure 2 — Tête à angle droit à deux broches**

**3.4****tête à indexage mécanique à 45°**

tête comportant une fonction à indexage mécanique sur un plan incliné à 45° par rapport à l'axe Z horizontal

Note 1 à l'article: Voir [Figure 3](#).

**Légende**

- 1 broche
- 2 axe S de la broche
- 3 base de la tête
- 4 axe C de la rotation de la base de la tête
- 5 axe D de rotation

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO/EDIS 17543-1  
**Figure 3 — Tête à indexage à 45°**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

**3.5****tête à indexage continu à 45°**

tête fournie avec une fonction de positionnement continu par deux axes de rotation à commande numérique, à savoir l'axe C parallèle à l'axe horizontal Z, et l'axe D sur un plan incliné à 45° par rapport à l'axe Z

Note 1 à l'article: Les essais de l'[Annexe B](#) vérifient toutes les caractéristiques géométriques (plans et axes) qui contribuent à la position angulaire résultante de la broche, en contournant les écarts de positionnement des deux axes rotatifs; ces essais peuvent également être utilisés pour une étude plus approfondie des têtes à indexage à 45° (voir [3.4](#)), si leurs mouvements et blocages le permettent.

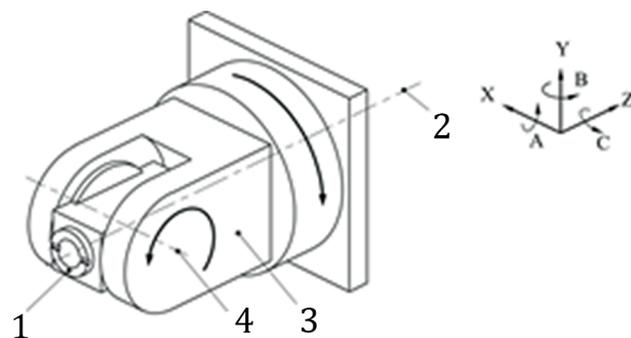
Note 2 à l'article: Voir [Figure 3](#).

**3.6****tête pivotante**

tête à deux axes à commande numérique, l'axe A et l'axe C, perpendiculaires l'un à l'autre

Note 1 à l'article: L'axe de la broche peut être coplanaire avec l'axe C (voir [Figure 4](#)) ou il peut exister un décalage intégré entre l'axe de la broche et l'axe C. (voir [Figure 5](#)).

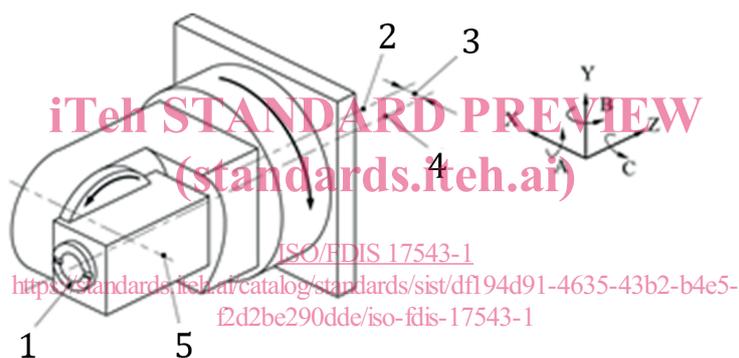
Note 2 à l'article: Les essais de l'[Annexe C](#) vérifient toutes les positions relatives entre les couples d'axes, comme A et C, la broche et A, la broche et C, et leurs décalages non souhaités.



**Légende**

- 1 broche
- 2 axe C de la rotation du chariot porte-broche
- 3 chariot porte-broche
- 4 axe A de la rotation de la tête

**Figure 4 — Tête pivotante**



**Légende**

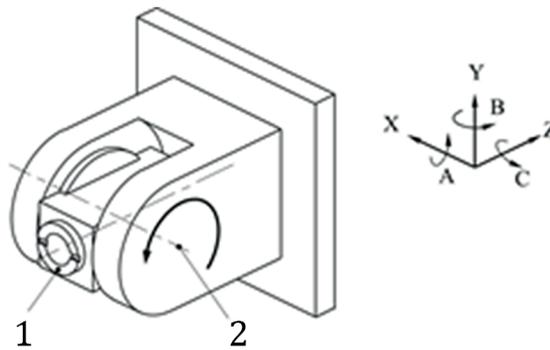
- 1 broche
- 2 axe C de la rotation du chariot porte-broche
- 3 décalage intégré
- 4 axe S de la broche
- 5 axe A de la rotation de la tête

**Figure 5 — Tête pivotante avec décalage de la broche**

**3.7 tête inclinable**

tête tournant uniquement autour de l'axe X

Note 1 à l'article: Voir [Figure 6](#).



### Légende

- 1 broche
- 2 axe A

Figure 6 — Tête inclinable

## 4 Observations préliminaires

### 4.1 Unités de mesure

Dans le présent document, toutes les dimensions linéaires, les écarts ainsi que 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 comme méthode principale, mais dans certains cas les microradians ou les secondes d'arc peuvent être utilisés pour des besoins de clarification. Il convient d'utiliser l'expression suivante pour la conversion des unités des écarts angulaires ou des tolérances.

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

### 4.2 Référence à l'ISO 230

Pour appliquer le présent document, la référence doit être faite aux ISO 230-1, ISO 230-2 et ISO 230-7 lorsque requis, en particulier pour l'installation de la machine avant essais, la mise en température de la broche et des autres composants mobiles, la description des méthodes de mesure ainsi que l'incertitude recommandée pour les équipements d'essai.

Dans la section «Observations» des essais décrits aux [Annexes A à D](#), les instructions sont précédées d'une référence au paragraphe correspondant de l'ISO 230-1 dans les cas où l'essai concerné est conforme aux spécifications de cette norme.

### 4.3 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 la vérification, les essais peuvent être réalisés dans n'importe quel ordre.

### 4.4 Essais à réaliser

Lors de l'essai d'une machine, il n'est pas toujours nécessaire ni possible d'effectuer la totalité des 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 essais relatifs au type spécifique de tête de broche et/ou aux propriétés de la tête qui présentent un intérêt. Ces essais doivent être clairement spécifiés lors de la commande soit d'une machine avec une (des) tête(s) accessoires, soit d'une

simple tête. 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.

Les essais du présent document ne vérifient que la position résultante de l'axe de la broche dans les orientations possibles de la tête et ils sont destinés à être utilisés à des fins de réception.

Les essais présentés aux [Annexes B](#) et [C](#) vérifient toutes les caractéristiques géométriques (plans et axes) qui contribuent à la position résultante de la broche, en contournant les écarts de positionnement des deux axes rotatifs; ces essais procurent un moyen technique pour une étude plus approfondie et une analyse de diagnostic sur l'exactitude des composants de la tête et de leur assemblage, à la fois sur une nouvelle tête et pendant la durée de vie d'une tête en utilisation.

## 4.5 Instruments de mesure

Les instruments de mesure indiqués dans les essais décrits dans les sections suivantes ne sont que des exemples. D'autres instruments, pouvant mesurer les mêmes grandeurs et ayant une incertitude de mesure identique ou inférieure, peuvent être utilisés. La référence doit être faite à l'ISO 230-1:2012, Article 5, qui indique la relation entre les incertitudes de mesure et les tolérances.

Lorsqu'un «comparateur» est spécifié, cela peut signifier non seulement un comparateur à cadran mais également tout type de capteur de déplacement linéaire tel que des comparateurs analogiques ou numériques (DTI), un transformateur différentiel à variation linéaire (LVDT), un appareil de vérification de déplacement à échelle linéaire ou un capteur sans contact, selon l'applicabilité à l'essai concerné (voir l'ISO 230-1:2012, Article 4).

De manière similaire, lorsqu'il est fait référence à une «règle», cela peut signifier n'importe quel type d'artefact de référence de la rectitude, tel qu'une règle en granit, ou céramique, ou acier ou fonte, un bras d'une équerre, une génératrice d'une équerre-cylindre, tout trajet droit sur un cube de référence ou un artefact spécial, 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 céramique, ou acier ou fonte, une équerre-cylindre, un cube de référence ou, de nouveau, un artefact spécial, dédié.

## 4.6 Compensation par logiciel

### 4.6.1 Compensation du décalage de la tête

La commande numérique peut compenser les décalages entre les axes, qui peuvent résulter de n'importe lequel des éléments suivants:

- la conception de la tête: par exemple, dans les têtes à deux broches à corps rigide, la broche transversale peut se trouver dans un plan différent de celui de la broche longitudinale (voir [Figure 2](#)), ou dans des têtes pivotantes avec l'axe A perpendiculaire à l'axe C, l'axe de la broche peut pivoter dans un plan ne contenant pas l'axe C (voir [Figure 5](#));
- les petites imprécisions naturelles de l'usinage et du montage des composants de la tête (voir [Figure 3](#) et [Figure 4](#)).

Dans ce second cas, les essais concernés peuvent être réalisés avec et/ou sans appliquer la compensation de décalage, en fonction de l'objectif de l'essai, et il convient que ceci soit spécifié dans le rapport d'essai pour chaque essai concerné.

Cette double option d'essai permet d'évaluer à la fois l'exactitude mécanique d'origine et l'exactitude de la compensation de décalage. L'usage prévu de la machine-outil doit être pris en compte.

#### 4.6.2 Compensation géométrique de la machine

Lorsque des équipements logiciels sont disponibles pour compenser certains écarts géométriques de la machine, il convient que les essais décrits dans le présent document soient réalisés avec ces compensations. Lorsque la compensation par logiciel est utilisée, ceci doit être indiqué dans le rapport d'essai. Il doit être noté que, lorsqu'une compensation de logiciel est utilisée, les axes ne peuvent pas être bloqués pour les besoins de l'essai.

#### 4.7 Schémas

Pour des raisons de simplicité, les schémas du présent document illustrent uniquement certains types de têtes de broche et de configurations de machines. Leur objectif principal est de montrer les mouvements à opérer et l'orientation des axes des coordonnées.

#### 4.8 Étendue de mesure

Lorsqu'un essai requière l'utilisation d'un mandrin d'essai, la longueur de mesurage est de 250 mm pour les mandrins d'essai habituels de 300 mm de long. Si une longueur de mesurage différente est requise, des mandrins d'essai de longueur adéquate doivent être fournis en conséquence.

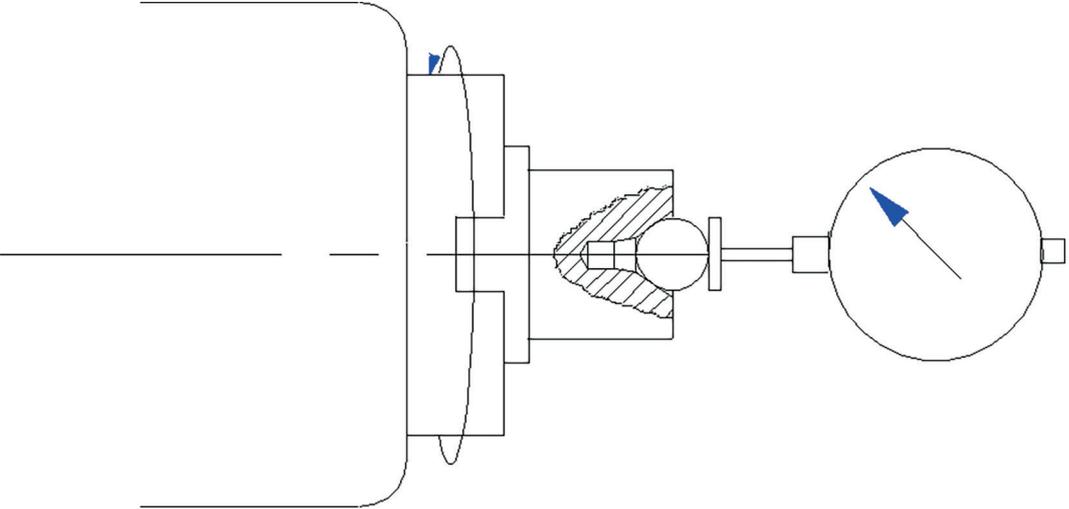
#### 4.9 Tolérances

Dans le présent document, toutes les valeurs de tolérance (voir l'ISO 230-1:2012, 4.1) sont des lignes directrices. Lorsqu'elles sont utilisées à des fins de réception, d'autres valeurs peuvent faire l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fabricant/fournisseur. Les valeurs de tolérance requises/acceptées doivent être clairement spécifiés lors de la commande de la machine.

Pour établir la tolérance pour une longueur de mesurage différente de celle donnée dans le présent document (voir l'ISO 230-1:2012, 4.1.2), il doit être pris en considération que la valeur minimale de tolérance est 0,005 mm.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/df194d91-4635-43b2-b4e5-f2d2be290dde/iso-fdis-17543-1>

5 Essais géométriques communs pour les broches de tous les types de têtes

<p><b>Objet</b> Vérification de l'erreur de mouvement axial de la broche.</p>	<p><b>G1</b></p>
<p><b>Schéma</b></p> 	
<p><b>Tolérance</b> 0,005</p>	<p><b>Écart mesuré</b></p>
<p><b>Instruments de mesure</b> Comparateur et sphère de précision avec un élément de fixation spécial.</p>	
<p><b>Observations et références à l'ISO 230-1:2012, 9.1 (voir également l'ISO 230-7)</b> Cet essai doit être réalisé sur toutes les broches en service. Voir également l'essai DR1.</p>	

<b>Objet</b>		<b>G2</b>
Vérification du battement radial du cône interne de la broche:		
a) aussi près que possible du nez de broche;		
b) à une distance de 250 mm de la première position de mesurage en a).		
<b>Schéma</b>		
<b>Tolérance</b>		<b>Écart mesuré</b>
a) 0,01		a)
b) 0,02		b)
<b>Instruments de mesure</b>		
Mandrin d'essai et comparateur.		
<b>Observations et références à l'ISO 230-1:2012, 12.5.3</b>		
Cet essai doit être réalisé sur toutes les broches en service.		

## 6 Essais géométriques pour tous les types de têtes de broche

Dans les descriptions d'essai suivantes, les schémas sont fournis pour les têtes à angle droit et les têtes à indexage à 45°. Des configurations similaires sont utilisées pour les têtes pivotantes et les têtes inclinables. La majorité des essais sont applicables à tous les types de têtes. Peu d'exceptions sont mentionnées dans les objets pertinents.