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

Test code for machine tools —

Part 7: Geometric accuracy of axes of rotation

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 230-7:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 230-7:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2015, 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	v
Introduction.....	vii
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
3.1 Concepts généraux	2
3.2 Termes relatifs aux erreurs de mouvements.....	6
3.3 Conséquences de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation	8
3.4 Décomposition directionnelle de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation	10
3.5 Décomposition de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation mesurée en fonction de la fréquence de rotation	11
3.6 Termes relatifs aux diagrammes polaires de l'erreur de mouvement de l'axe	12
3.7 Termes relatifs aux centres des diagrammes polaires de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation	15
3.8 Termes relatifs aux valeurs de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation	16
3.9 Termes relatifs à l'erreur de mouvement de la structure	18
3.10 Termes relatifs au déplacement d'axe	19
4 Remarques préliminaires	19
4.1 Unités de mesure.....	19
4.2 Référence à l'ISO 230-1	20
4.3 Instruments et équipements d'essai recommandés	20
4.4 Environnement	20
4.5 Composant rotatif à soumettre à essai	20
4.6 Mise en température du composant rotatif.....	21
4.7 Essais d'erreur de mouvement de la structure	21
5 Méthodes d'essai d'erreur de mouvement pour les porte-broches des machines-outils	21
5.1 Généralités	21
5.2 Paramètres et spécifications d'essai	21
5.3 Essais de l'axe de rotation de la broche – Direction(s) de rotation sensitive(s)	22
5.4 Essais de la broche – Direction sensitive fixe	28
6 Méthodes d'essai d'erreur de mouvement pour les tables/têtes rotatives des machines-outils	33
6.1 Généralités	33
6.2 Erreur de mouvement axial	34
6.3 Erreur de mouvement radial.....	35
6.4 Erreur de mouvement d'inclinaison	37
Annexe A (informative) Description des concepts généraux.....	39
Annexe B (informative) Élimination de l'erreur d'arrondi de la sphère de référence.....	61
Annexe C (informative) Termes et définitions des propriétés de souplesse d'un axe de rotation	65
Annexe D (informative) Termes et définitions des erreurs induites par les effets thermiques associées à la rotation d'une broche et d'une table/tête rotative.....	66
Annexe E (informative) Essais de l'erreur de mouvement statique	67
Annexe F (informative) Estimation de l'incertitude de mesure pour les essais des axes de rotation	68
Annexe G (informative) Référence croisée alphabétique des termes et définitions.....	73

Annexe H (informative) Largeur de bande du capteur de déplacement linéaire et vitesse de rotation.....	76
Bibliographie	79

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 230-7:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>

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 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).

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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](#).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 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 230-7:2006), 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 quasi-statiques*
- *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 8 : Vibrations [Rapport technique]*
- *Partie 9 : Estimation de l'incertitude de mesure pour les essais des machines-outils selon la série ISO 230, équations de base [Rapport technique]*
- *Partie 10 : Détermination de la performance de mesure des systèmes de palpéage des machines-outils à commande numérique*
- *Partie 11 : Instruments de mesure compatibles avec les essais de géométrie des machines-outils [Rapport technique]*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 230-7:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>

Introduction

La présente Norme internationale a fait l'objet d'une révision établie à partir des commentaires reçus des milieux industriels et universitaires relatifs aux applications des erreurs de mouvements des axes de rotation aux tables rotatives ainsi qu'à d'autres opérations de fraisage et de perçage pour lesquelles plusieurs directions sensibles peuvent être d'importance cruciale. Dans cette révision, les termes et les définitions ont été mis à jour et les cas particuliers, dans lesquels l'harmonique de premier rang de l'erreur de mouvement radial diffère selon les directions, ont été pris en compte. L'ordre des termes a également été modifié afin de mieux mettre en évidence les concepts généraux et leurs applications. Les cas impliquant plusieurs directions sensibles ainsi que les conséquences de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation à un emplacement radial des pièces (direction sensitive 2D) sont décrits.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 230-7:2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 230-7:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>

Code d'essai des machines-outils — Partie 7: Exactitude géométrique des axes de rotation

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 230 a pour but de normaliser les méthodes de spécification et d'essai de l'exactitude géométrique des axes de rotation utilisés sur les machines-outils. Les porte-broches, têtes rotatives et tables rotatives et pivotantes des machines-outils constituent les axes de rotation, qui ont tous des mouvements non attendus dans l'espace, résultant de sources d'erreurs multiples.

La présente partie de l'ISO 230 couvre les propriétés suivantes des axes rotatifs :

- erreurs de mouvements des axes de rotation ;
- déplacements d'axes induits par la vitesse.

Les autres propriétés importantes des axes rotatifs, telles que les déplacements d'axes induits thermiquement et les déplacements d'axes induits par des variations de température ambiante, sont décrites dans l'ISO 230-3.

La présente partie de l'ISO 230 ne couvre pas les propriétés suivantes des broches :

- l'exactitude du positionnement angulaire (voir l'ISO 230-1 et l'ISO 230-2) ;
- le battement des surfaces et des composants (voir l'ISO 230-1) ;
- les spécifications des porte-outils ;
- les mesures inertielles de vibrations (voir l'ISO/TR 230-8) ;
- les mesures de bruit (voir l'ISO 230-5) ;
- l'amplitude et l'exactitude des vitesses de rotation (voir l'ISO 10791-6 et l'ISO 13041-6) ;
- les mesures ou les méthodes d'équilibrage (voir l'ISO 1940-1 et l'ISO 6103) ;
- les pertes en marche à vide (perte de puissance) ;
- les effets thermiques (voir l'ISO 230-3).

2 Références normatives

Les documents suivants, en tout ou partie, sont référencés de manière normative dans le présent document et sont indispensables à son application. 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*

3 Termes et définitions

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

NOTE L'ordre de leur présentation est conçu pour aider l'utilisateur à mieux comprendre la terminologie des axes de rotation. Les références alphabétiques croisées de ces termes sont données dans l'Annexe G.

3.1 Concepts généraux

3.1.1

porte-broche

dispositif de maintien d'un outil ou d'une pièce permettant de faire tourner l'outil ou la pièce autour d'un axe de rotation

Note 1 à l'article Une machine-outil peut avoir un ou plusieurs porte-broches.

3.1.2

table rotative

table pivotante

composant d'une machine-outil maintenant une pièce et permettant de modifier l'orientation angulaire de la pièce autour d'un axe de rotation

Note 1 à l'article Si une table rotative d'un centre d'usinage peut être utilisée pour des opérations de tournage, la table rotative peut être considérée comme un porte-broche pour ces opérations.

3.1.3

tête rotative

tête pivotante

composant d'une machine maintenant un porte-outil porte-broche et permettant de modifier l'orientation angulaire du porte-broche autour d'un axe de rotation

Note 1 à l'article Un composant de machine peut parfois combiner plusieurs axes de rotation.

3.1.4

broche

rotor

élément en rotation d'un porte-broche (ou d'une table/tête rotative)

3.1.5

logement de broche

stator

élément fixe d'un porte-broche (ou d'une table/tête rotative)

3.1.6

palier

élément d'un porte-broche (ou d'une table/tête rotative) sur lequel s'appuie le rotor, et qui permet la rotation entre le rotor et le stator

3.1.7

axe de rotation

segment de ligne autour duquel une rotation s'effectue

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.5.2]

Note 1 à l'article Voir Figure 1 a).

Note 2 à l'article Des inexactitudes des paliers et des sièges de paliers, du mouvement de la structure ou des déplacements d'axe, provoquent généralement, durant la rotation, un déplacement (dans les directions radiales et axiales) et une inclinaison de ce segment de ligne par rapport aux axes de coordonnées de référence comme illustré à la Figure 1 a) et b).

3.1.8**sens positif**

conformément à l'ISO 841, sens d'un mouvement qui engendre une augmentation de la dimension positive de la pièce

3.1.9**broche (ou table/tête rotative) parfaite**

broche ou table/tête rotative dont l'axe de rotation ne présente aucune erreur de mouvement par rapport aux axes de coordonnées de référence

3.1.10**pièce parfaite**

corps rigide présentant une surface de révolution parfaite autour d'un axe

3.1.11**point fonctionnel**

point central de l'outil de coupe ou point associé à un organe de la machine-outil où l'outil de coupe serait en contact avec la pièce en vue du retrait de matières

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.4.2]

3.1.12**ligne moyenne de l'axe**

segment de ligne droite fixe par rapport aux axes de coordonnées de référence qui représente l'emplacement moyen de l'axe de rotation

Note 1 à l'article Voir Figure 1 a).

Note 2 à l'article La ligne moyenne de l'axe est un terme utile pour décrire les variations de l'emplacement de l'axe de rotation en réponse à des variations de charge, de température ou de vitesse.

Note 3 à l'article Sauf spécification contraire, il convient de déterminer la position et l'orientation de la ligne moyenne de l'axe en connectant les centres des moindres carrés calculés pour deux ensembles de données de l'erreur de mouvement radial relevés à des emplacements séparés axialement (voir 3.4).

Note 4 à l'article L'ISO 841 définit l'axe Z de la machine comme « parallèle à la broche principale de la machine ». Ceci implique que l'axe Z de la machine est parallèle à la ligne moyenne de l'axe de la broche principale. Cependant, comme la définition de la ligne moyenne de l'axe s'applique aussi à d'autres axes de broche ou axes en rotation, les axes de rotation ne sont en général pas tous parallèles à l'axe Z de la machine. Il convient que la ligne moyenne de l'axe soit parallèle à l'axe Z de la machine seulement si elle est associée à la broche principale de la machine.

3.1.13**déplacement d'axe**

<axe de rotation> déplacement angulaire et linéaire relatif quasi statique, entre le côté de l'outil et le côté de la pièce, de la position de la ligne moyenne de l'axe suite à un changement des conditions

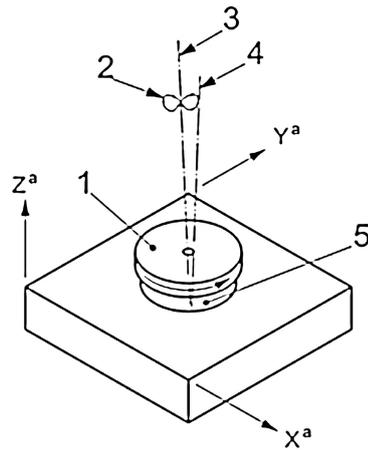
Note 1 à l'article Voir Figure 1 c).

Note 2 à l'article Les causes d'un déplacement d'axe comprennent les influences thermiques, les variations de charge ainsi que les variations de vitesse et de direction. Les mesurages de l'erreur de mouvement d'un axe de rotation sont réalisés sur une période donnée (nombre de rotations) et dans des conditions évitant le déplacement d'axe.

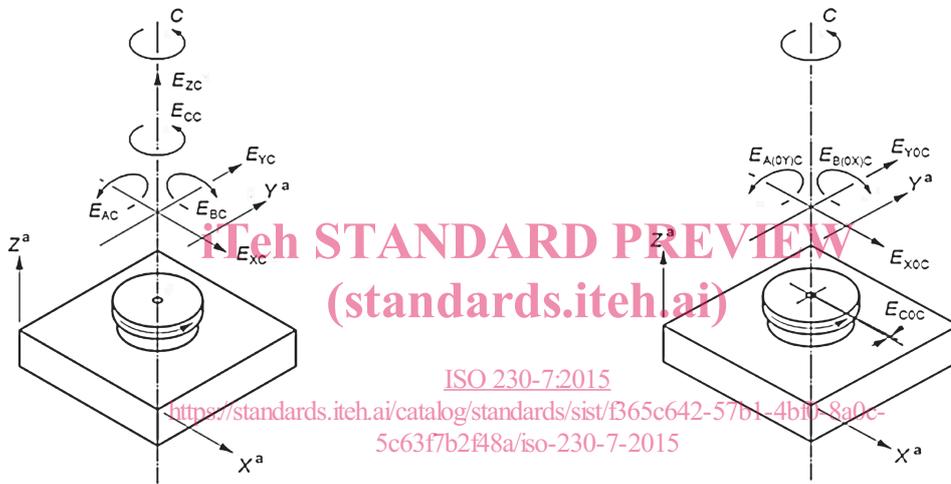
3.1.14**boucle structurelle**

assemblage de composants qui maintient la position et l'orientation relatives entre deux objets spécifiés (c'est-à-dire entre la pièce et l'outil de coupe)

Note 1 à l'article Une paire type d'objets spécifiés est constituée d'un outil de coupe et d'une pièce à usiner sur une machine-outil (par exemple, tour). Dans ce cas, la boucle structurelle comprendrait le dispositif de maintien de la pièce (par exemple, mandrin), la broche, les paliers et le logement de la broche, la poupée fixe de la machine, le banc de la machine, les glissières de la machine, les chariots ainsi que le dispositif de serrage de l'outil.



a) Axes de référence de coordonnées, axe de rotation, ligne moyenne de l'axe et erreur de mouvement d'une broche



b) Erreur de mouvements de l'axe de rotation

c) Erreurs de position et d'orientation (déplacement d'axe) de la ligne moyenne d'axe

Légende

1	broche (rotor)	E_{AC}	erreur de mouvement d'inclinaison de C autour de l'axe X
2	trajectoire de l'erreur de mouvement de l'axe de rotation à différentes positions angulaires de la broche	E_{BC}	erreur de mouvement d'inclinaison de C autour de l'axe Y
3	ligne moyenne de l'axe	E_{CC}	erreur de mouvement de positionnement angulaire de C
4	axe de rotation (à une position angulaire donnée de la broche)	E_{XoC}	erreur de la position de C dans la direction de l'axe X
5	logement de broche (stator)	E_{YoC}	erreur de la position de C dans la direction de l'axe Y
E_{Xc}	erreur de mouvement radial de C dans la direction de l'axe X	$E_{A(OY)C}$	erreur de l'orientation de C dans la direction de l'axe A ; perpendicularité de C par rapport à Y
E_{Yc}	erreur de mouvement radial de C dans la direction de l'axe Y	$E_{B(OX)C}$	erreur de l'orientation de C dans la direction de l'axe B ; perpendicularité de C par rapport à X
E_{Zc}	erreur de mouvement axial de C	E_{CoC}	zero position error of C-axis
^a	Axe de référence.		

Figure 1 — Axes de coordonnées de référence, ligne moyenne d'axe et erreur de mouvements d'un axe de rotation illustré pour une broche C ou un axe de rotation C

3.1.15**battement radial d'un axe de rotation en un point donné**

distance entre l'axe géométrique d'une pièce (ou un étalon de test) connecté à un axe rotatif et la ligne moyenne de l'axe lorsque ces deux axes ne coïncident pas

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.5.10]

3.1.16**battement d'un point fonctionnel à une section donnée**

déplacement total mesuré par un palpeur de déplacement sur une surface se déplaçant ou déplacée par rapport à une surface fixée

Note 1 à l'article Les termes « T.I.R. » [Total Indicator Reading (lecture totale)] et « F.I.M. » [Full Indicator Movement (mouvement complet du comparateur)] sont équivalents à battement.

Note 2 à l'article Le battement mesuré d'une surface en rotation comprend les erreurs de profil superficiel (forme), le battement radial de l'axe, les erreurs de mouvements de l'axe de rotation et éventuellement le mouvement de la surface par rapport à l'axe de rotation (en raison de l'excitation dynamique de la pièce à usiner) et l'erreur de mouvement de la structure.

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.9.7]

3.1.17**battement de point fixe**

déplacement total mesuré par un capteur de déplacement analysant un point sur une surface en rotation, dont le mouvement latéral par rapport au capteur est négligeable quand à la fois le capteur et la surface tournent ensemble

Note 1 à l'article Voir Figure 2 et ISO 230-1:2012, 10.2.2.

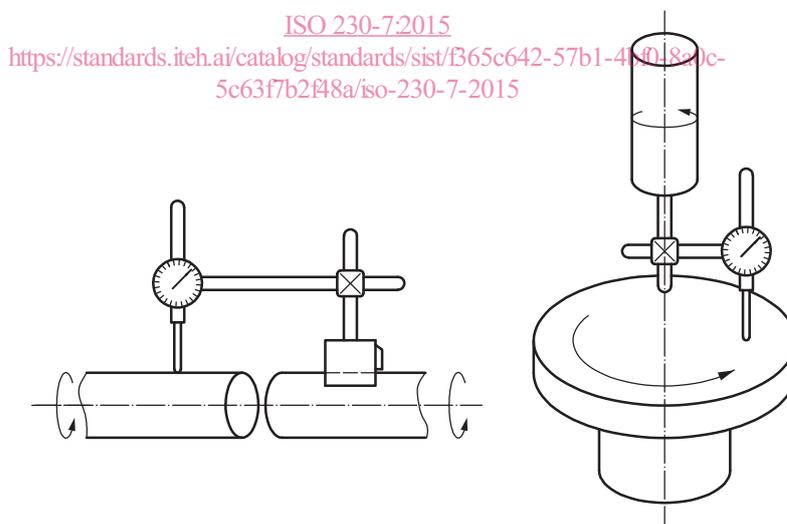


Figure 2 — Schémas d'exemples d'application pour l'utilisation d'un battement radial de point fixe (essai radial pour la concentricité et essai frontal pour le parallélisme)

3.1.18**erreur de perpendicularité entre deux lignes moyennes d'axe**

écart angulaire de 90° entre la ligne moyenne d'axe d'une composante de rotation de la machine et (en relation avec) la ligne moyenne d'axe d'une autre composante de rotation de la machine

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.6.9]

3.1.19

erreur de perpendicularité entre un axe de mouvement linéaire et une ligne moyenne d'axe

écart angulaire de 90° entre la droite de référence de la trajectoire d'un point d'une composante linéaire de déplacement et (en relation avec) la ligne moyenne d'axe d'une composante de rotation de la machine

Note 1 à l'article Le sens positif associé à l'axe de rotation est pris comme le sens positif du déplacement linéaire résultant de la règle de la main droite conformément à l'ISO 841.

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.6.8]

3.1.20

jeu
condition de rigidité nulle sur une étendue de déplacement limitée due au jeu entre les éléments de la boucle structurelle

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.3.3]

3.1.21

hystérésis
déplacement linéaire (ou angulaire) entre deux objets résultant de l'application et du retrait séquentiels des forces égales (ou moments) dans des directions opposées

Note 1 à l'article L'hystérésis est due à des mécanismes tels que des jeux de trains d'entraînement, des jeux de glissières, une déformation mécanique, le frottement et des joints avec jeu.

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.3.4]

Free STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.1.21.1

hystérésis de montage
hystérésis de différents composants dans un montage d'essai, normalement due à des jeux mécaniques

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.3.5] <http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/f365c642-57b1-4bf0-8a0c-5c63f7b2f48a/iso-230-7-2015>

3.1.21.2

hystérésis de machine
hystérésis de la structure de la machine lorsqu'elle est soumise à des charges spécifiques

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.3.6]

3.2 Termes relatifs aux erreurs de mouvements

3.2.1

erreur de mouvement de l'axe de rotation

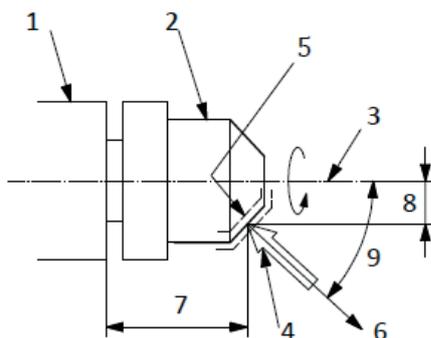
variations involontaires de position et d'orientation de l'axe de rotation par rapport à ses axes de coordonnées de référence en fonction de la position angulaire du composant rotatif

[SOURCE : ISO 230-1:2012, 3.5.4 – modifiée pour améliorer la clarté]

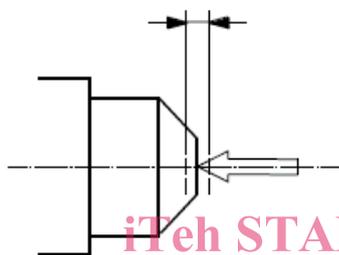
Note 1 à l'article Voir Figure 3.

Note 2 à l'article Cette erreur de mouvement peut être mesurée comme les mouvements de la surface d'une pièce d'essai parfaitement cylindrique ou sphérique dont l'axe coïncide avec l'axe de rotation.

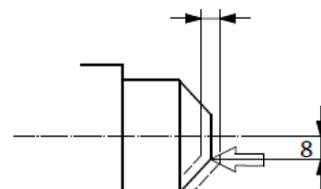
Note 3 à l'article Les erreurs de mouvements sont spécifiées par rapport aux emplacements et directions tels qu'illustré à la Figure 3 a) et ne comprennent pas les mouvements dus aux déplacements d'arbre associés à des variations de température, de charge ou de vitesse de rotation.



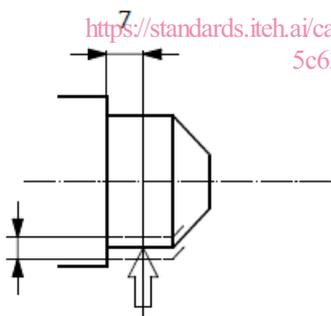
a) Cas général d'erreur de mouvement de l'axe de rotation



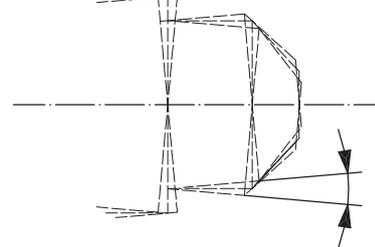
b) Erreur de mouvement axial



c) Erreur de mouvement frontal



d) Erreur de mouvement radial



e) Erreur de mouvement d'inclinaison

Légende

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| 1 broche | 6 direction sensitive |
| 2 pièce parfaite | 7 emplacement axial |
| 3 ligne moyenne d'axe | 8 emplacement radial |
| 4 capteur de déplacement | 9 angle de direction |
| 5 erreur de mouvement | |

Figure 3 — Cas général d'erreur de mouvement de l'axe de rotation et erreur de mouvements axial, frontal, radial et d'inclinaison pour une direction sensitive fixe