
**Code d'essai des machines-outils —
Partie 12:
Exactitude des pièces d'essai finies**

Test code for machine tools —

Part 12: Accuracy of finished test pieces

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 230-12:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52-3373d723b5b6/iso-230-12-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 230-12:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52-3373d723b5b6/iso-230-12-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

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
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	v
Introduction	vi
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Observations préliminaires	2
4.1 Unités de mesure	2
4.2 Référence à l'ISO 230-1	2
4.3 Conditions d'usinage	2
4.4 Essais à réaliser	3
4.5 Instruments de mesure	3
4.6 Emplacement des pièces d'essai	3
4.7 Fixation des pièces d'essai	3
4.8 Matériau des pièces d'essai, outillage et paramètres de coupe	3
4.9 Usinage de pièce brute	4
4.10 Schémas	4
4.11 Informations à relever	4
4.12 Compensation par logiciel	4
5 Essais d'usinage pour évaluer l'exactitude géométrique d'une surface simple	4
5.1 Généralités	4
5.2 Usinage d'une surface cylindrique	5
5.2.1 Usinage d'un disque rotatif	5
5.2.2 Usinage du cylindre rotatif avec une avance dans le sens axial	6
5.2.3 Usinage d'une surface cylindrique par contournage circulaire	11
5.3 Essais d'usinage d'une surface plate	13
5.3.1 Dressage d'une pièce d'essai en rotation	13
5.3.2 Usinage d'une surface plate avec une pièce d'essai non rotative	15
5.3.3 Usinage frontal de surfaces multiples	17
5.3.4 Usinage sur le flanc avec un axe linéaire	19
5.3.5 Usinage par le flanc avec deux axes linéaires	21
5.4 Usinage d'une surface sphérique en rotation	23
5.4.1 Objet	23
5.4.2 Mode opératoire d'essai	23
5.4.3 Caractéristiques géométriques à mesurer	24
5.4.4 Instruments de mesure	24
5.4.5 Causes possibles d'une erreur d'usinage	24
5.4.6 Machines à soumettre à l'essai	24
5.4.7 Informations à relever	25
5.5 Fraisage par le flanc d'un tronc de cône avec interpolation cinq axes	25
5.5.1 Objet	25
5.5.2 Mode opératoire d'essai	25
5.5.3 Caractéristiques géométriques à mesurer	27
5.5.4 Instruments de mesure	27
5.5.5 Causes possibles d'une erreur d'usinage	27
5.5.6 Machines à soumettre à l'essai	27
5.6 Fraisage par le flanc d'une pyramide tronquée à coupe carrée avec interpolation sur cinq axes	27
5.6.1 Objet	27
5.6.2 Mode opératoire d'essai	28
5.6.3 Caractéristiques géométriques à mesurer	28
5.6.4 Instruments de mesure	29
5.6.5 Causes possibles d'une erreur d'usinage	29

5.6.6	Machines à soumettre à l'essai	29
6	Essais d'usinage pour évaluer la relation géométrique de caractéristiques d'usinage multiples	29
6.1	Généralités	29
6.2	Usinage de surfaces cylindriques internes et externes	29
6.2.1	Objet	29
6.2.2	Mode opératoire d'essai	30
6.2.3	Caractéristiques géométriques à mesurer	30
6.2.4	Instruments de mesure	30
6.2.5	Causes possibles d'une erreur d'usinage	30
6.2.6	Machines à soumettre à l'essai	31
6.2.7	Informations à relever	31
6.3	Usinage de trous à des positions multiples sur la pièce d'essai	31
6.3.1	Objet	31
6.3.2	Mode opératoire d'essai	31
6.3.3	Caractéristiques géométriques à mesurer	32
6.3.4	Instrument de mesure	32
6.3.5	Causes possibles d'une erreur d'usinage	32
6.3.6	Machines à soumettre à l'essai	33
6.4	Usinage de surfaces multiples avec mouvement linéaire	33
6.4.1	Usinage par le flanc de deux faces perpendiculaires entre elles	33
6.4.2	Usinage par le flanc de faces inclinées par rapport à la surface de référence	35
6.5	Caractéristiques multiples usinées avec indexage angulaire de la pièce d'essai	37
6.5.1	Alésage d'une surface cylindrique avec indexage angulaire de la pièce d'essai de 180°	37
6.5.2	Usinage d'alésages avec indexage angulaire de la pièce d'essai	40
6.5.3	Usinage d'une pièce d'essai rectangulaire en utilisant un axe linéaire unique combiné à un indexage angulaire de l'axe rotatif parallèle à l'axe de l'outil	42
6.5.4	Usinage d'une pièce d'essai rectangulaire en utilisant un axe linéaire unique combiné à un indexage angulaire de l'axe rotatif perpendiculaire à l'axe de l'outil	44
7	Essais d'usinage spéciaux	48
7.1	Généralités	48
7.2	Essais d'usinage pour évaluer la capacité à court terme	48
7.3	Essais d'usinage pour évaluer l'influence thermique	48
8	Incertitude de mesure	48
	Bibliographie	50

Avant-propos

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

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

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

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/fr/foreword.

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*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 230 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que tout retour d'information ou questions sur le présent document soit adressé à l'organisme national de normalisation de l'utilisateur. Une liste complète de ces organismes peut être consultée à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

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

Lorsqu'une machine-outil est utilisée pour usiner de manière répétée une pièce d'essai simple sur une ligne de production en série, certains utilisateurs de machines-outils souhaitent réaliser un essai de coupe sur cette pièce d'essai simple et vérifier son exactitude géométrique, dans le cadre d'essais de réception pour une machine-outil. Pour les machines usinant plusieurs types de pièces d'essai, il convient d'utiliser des pièces d'essai normalisées. L'erreur géométrique de la pièce d'essai finie peut être causée par différentes erreurs de mouvements d'une broche, d'axes linéaires, d'axes de rotation, ou d'autres composants mécaniques d'une machine-outil. Il convient de choisir un ensemble approprié d'essais d'usinage de manière à ce qu'il montre l'influence des erreurs de mouvements de la machine pour des applications d'usinage possibles d'un utilisateur de machine-outil. Le présent document spécifie un ensemble d'essai d'usinage qui peut être utilisé pour évaluer l'influence de diverses erreurs de mouvements quasi-statiques d'une machine-outil. Le présent document est destiné à fournir des exigences minimales pour évaluer l'exactitude des passes de finition de la machine.

Les pièces d'essai normalisées sont définies dans les Normes internationales spécifiques aux machines. Certaines Normes internationales spécifiques aux machines ne couvrent pas les applications d'usinage récentes. Par exemple, les centres d'usinage à cinq axes peuvent réaliser des opérations de tournage en utilisant une table rotative. La Norme internationale spécifique aux machines pour un centre d'usinage, ISO 10791-7, ne décrit aucun essai d'usinage pour l'opération de tournage. Les essais de tournage sont inclus dans l'ISO 13041-5. Le présent document décrit une famille d'essais d'usinage qui couvre des applications potentielles de divers types de machines-outils.

En général, les essais d'usinage décrits dans les normes internationales spécifiques aux machines, sous l'influence de causes multiples, ne sont pas destinés à identifier les sources d'erreurs individuelles contribuant aux erreurs mesurées des pièces d'essai usinées. À l'inverse, les essais pour identifier les erreurs de mouvements quasi-statiques décrits dans l'ISO 230-1 sont destinés à identifier les sources d'erreurs individuelles pour chaque axe de mouvement. Le présent document fournit des pièces d'essai pour les essais d'usinage afin d'isoler certaines sources d'erreurs et permettre aux fabricants/utilisateurs de choisir les pièces correspondant à leurs applications d'usinage prévues.

Les essais décrits dans le présent document peuvent être utilisés soit pour des essais de différents types de machines-outils (essai de type) soit pour des essais de machines-outils individuelles aux fins de réception.

Code d'essai des machines-outils —

Partie 12: Exactitude des pièces d'essai finies

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie des méthodes pour définir des essais d'usinage afin de fabriquer des pièces d'essai, et pour évaluer l'influence des erreurs géométriques quasi-statiques d'axes linéaires et d'axes de rotation, et l'influence de l'erreur de synchronisation d'axes multiples commandés simultanément. Bien que les erreurs géométriques quasi-statiques constituent souvent les principales causes d'erreurs géométriques de pièces d'essai finies, d'autres facteurs, par exemple, l'erreur de contournage dynamique, peuvent également avoir une importance significative.

Le présent document décrit des exemples de géométrie de pièces d'essai applicables à des machines-outils individuelles, les causes possibles d'erreur d'usinage, les écarts à mesurer et les instruments de mesure. En clarifiant les causes possibles d'une erreur d'usinage pour chaque essai d'usinage, le présent document donne des orientations aux fabricants ou utilisateurs de machines-outils de manière à pouvoir choisir des essais d'usinage appropriés pour évaluer les performances d'usinage d'une machine-outil dans des applications d'usinage spécifiées.

Les essais d'usinage destinés à évaluer l'exactitude géométrique d'une surface simple sont décrits dans l'[Article 5](#), et ceux destinés à évaluer la relation géométrique de caractéristiques d'usinage multiples sont décrits dans l'[Article 6](#). L'[Article 7](#) présente des essais d'usinage à d'autres fins: essais d'usinage pour évaluer la capacité à court terme ([7.2](#)), et essais d'usinage pour évaluer l'influence thermique ([7.3](#)).

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52-2373d723b5b6/iso-230-12-2022)

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 1101:2017, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Tolérancement géométrique — Tolérancement de forme, orientation, position et battement*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 230-1:2012 et dans l'ISO 1101:2017 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 Observations préliminaires

4.1 Unités de mesure

Dans le présent document, toutes les dimensions linéaires et tous les écarts sont exprimés en millimètres. Toutes les dimensions angulaires sont exprimées en degrés. Les écarts angulaires sont, en principe, exprimés sous forme de rapports, mais dans certains cas, les microradians ou les secondes d'arc peuvent être utilisés pour des besoins de clarification. Il convient de toujours prendre en considération la [Formule \(1\)](#):

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

Les températures sont exprimées en degrés Celsius (°C).

4.2 Référence à l'ISO 230-1

Il convient de faire référence à l'ISO 230-1, notamment, pour l'installation de la machine avant l'essai et pour l'exactitude recommandée de l'équipement de contrôle.

4.3 Conditions d'usage

En principe, les essais d'usinage décrits dans le présent document doivent être réalisés dans des conditions types d'utilisation de la machine-outil soumise à l'essai. Si aucune utilisation type n'est définie, et afin d'identifier les erreurs significatives de la machine-outil soumise à l'essai à partir de l'exactitude géométrique de la pièce d'essai finie, il convient de réaliser les essais dans les conditions suivantes:

- a) il convient que le mouvement des axes de la machine-outil soit lent et que leur comportement soit quasi-statique, c'est-à-dire sans aucune influence dynamique ni contrainte (commande) d'asservissement. Toutefois, cette condition ne s'applique pas à certaines machines-outils exécutant des essais de réalisation de pièces spécifiques (par exemple, un essai de contournage 5 axes) pour lesquelles le but de l'essai est d'évaluer les performances de la machine à une vitesse d'avance spécifiée;
- b) il convient que la machine-outil et l'outil de coupe ne soient pas influencés par des forces d'usinage importantes, ce qui est le cas pour la plupart des passes de finition;
- c) il convient que l'outil de coupe et les paramètres de coupe, c'est-à-dire l'avance, la vitesse, la géométrie de l'outil, etc., soient adaptés au matériau usiné;
- d) il convient que le matériau usiné soit uniforme, c'est-à-dire qu'il convient que ses paramètres comme la dureté et la résistance sur la surface usinée se trouvent dans la tolérance prescrite;
- e) il convient que l'outil de coupe utilisé ne soit pas usé et ne s'use pas de manière importante pendant l'usinage des pièces d'essai;
- f) pour les essais décrits dans les [Articles 5](#) et [6](#), il convient que la machine-outil ne soit influencée par aucune charge thermique, en d'autres termes, il convient que la machine-outil se trouve dans un état thermiquement stable. L'influence du changement thermique environnemental, la rotation de la broche, les axes de rotation, et le mouvement linéaire de composants, peuvent être contrôlés par les essais décrits dans l'ISO 230-3:2020. [7.3](#), qui décrit des essais d'usinage pour vérifier l'influence thermique sur l'exactitude géométrique de la pièce d'essai finie.

Bien que les erreurs géométriques quasi-statiques d'une machine-outil soient des causes majeures, il est toujours possible que d'autres facteurs, par exemple, l'erreur de contournage dynamique, puissent avoir une influence significative sur la géométrie de la pièce d'essai finie.

4.4 Essais à réaliser

Lors de l'essai d'une machine, il n'est en aucun cas 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 fabricant/fournisseur, les seuls essais correspondant aux composants et/ou aux propriétés de la machine qui l'intéressent. Ces essais doivent clairement être précisés lors de la passation de la commande. 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.

En principe, il convient de n'usiner qu'une seule pièce de chaque type aux fins de réception. En cas d'exigences spéciales, telles qu'évaluation statistique des performances de la machine-outil (voir 7.2), l'usinage de plusieurs pièces est requis.

4.5 Instruments de mesure

Les instruments de mesure indiqués dans les essais décrits dans les paragraphes suivants ne sont que des exemples. 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'un «capteur de déplacement linéaire» est mentionné, ceci peut faire référence non seulement à des comparateurs à cadran, 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, des capteurs de déplacement à échelle linéaire ou des capteurs sans contact, s'ils s'appliquent à l'essai concerné (voir l'ISO 230-1:2012, Article 4).

De la même manière, lorsqu'une «pièce de référence de perpendicularité» est mentionnée, il peut s'agir, par exemple, d'une équerre en granit, en céramique, en acier ou en fonte, d'un cylindre-équerre, d'un cube de référence ou, là encore, d'une pièce de référence spéciale.

4.6 Emplacement des pièces d'essai

Les pièces d'essai doivent être usinées à l'emplacement général où les pièces de production sont usinées. Si aucun emplacement général n'est spécifié pour la machine-outil soumise à l'essai, il convient de placer la pièce d'essai approximativement à mi-course de l'axe X, et dans des positions le long des axes Y et Z, appropriés à l'emplacement de la pièce d'essai et/ou du dispositif de fixation, et pour les longueurs d'outils, sauf indication contraire de la procédure d'essai.

4.7 Fixation des pièces d'essai

Les pièces d'essai doivent être montées convenablement sur un dispositif de fixation approprié, de manière à obtenir une stabilité maximale des outils de coupe et du dispositif de fixation. Les surfaces de montage du dispositif de fixation et de la pièce d'essai doivent être plates. Il convient d'utiliser un moyen de fixation approprié pour permettre le passage de l'outil et l'usinage sur la longueur totale d'un alésage central, par exemple. Il convient en outre de monter la pièce d'essai sur le dispositif de fixation avec des vis à tête fraisée, de sorte qu'un usinage ultérieur n'interfère pas avec les vis. D'autres méthodes sont possibles et peuvent être sélectionnées. La hauteur totale de la pièce d'essai dépend de la méthode de fixation sélectionnée. Les dispositifs de fixation utilisés pour l'usinage sont également employés, de préférence, pour les mesures.

4.8 Matériau des pièces d'essai, outillage et paramètres de coupe

Le matériau des pièces d'essai, l'outillage et les paramètres de coupe ultérieurs sont soumis à un accord entre le fabricant/le fournisseur et l'utilisateur, et doivent être consignés. Le matériau des pièces d'essai doit être spécifié par des désignations de matériau appropriées.

Les Normes Internationales spécifiques aux machines indiquent la taille des pièces d'essai. Sinon, cette taille doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant/le fournisseur et l'utilisateur.

4.9 Usinage de pièce brute

Le présent document ne spécifie pas les opérations d'ébauche. Il convient de réaliser des opérations de coupes préliminaires pour obtenir une profondeur de coupe aussi constante que possible.

4.10 Schémas

Les schémas du présent document n'illustrent qu'un exemple de montage d'essai. Le système de coordonnées, et le nom des axes, illustrés dans les schémas, ne sont également que des exemples.

4.11 Informations à relever

Pour les essais réalisés conformément aux exigences du présent document, les informations suivantes doivent être compilées de la manière la plus complète possible, et incluses dans le rapport d'essai. Les informations supplémentaires à consigner dans le rapport sont décrites dans chaque essai.

- a) matériau et désignation de la pièce d'essai;
- b) matériau, dimensions et nombre de dents de l'outil;
- c) vitesse(s) de coupe;
- d) vitesse(s) d'avance;
- e) profondeur(s) de coupe;
- f) autres paramètres de coupe, par exemple, fluide de coupe;
- g) position et orientation de la pièce d'essai dans l'espace de travail;
- h) sens de la coupe (le cas échéant);
- i) instrument et méthode de mesure;
- j) incertitude de mesure avec facteur d'élargissement $k = 2$.

4.12 Compensation par logiciel

Si des logiciels sont disponibles pour compenser les erreurs géométriques, thermiques ou dynamiques sur la base d'un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur, l'essai correspondant peut être mené avec ces compensations. Certaines compensations d'erreurs thermiques numériques sont basées sur des mesures de température de la structure de la machine, et d'autres sont basées sur des conditions de fonctionnement, par exemple, la vitesse de rotation de la broche. Une telle compensation thermique peut être utilisée, sur la base d'un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur. Lorsqu'une compensation par logiciel est utilisée, cela doit être indiqué dans le rapport d'essai.

5 Essais d'usinage pour évaluer l'exactitude géométrique d'une surface simple

5.1 Généralités

[L'Article 5](#) spécifie un ensemble d'essais d'usinage, dont l'objectif est de finir une surface simple et d'évaluer son exactitude géométrique. Le principal objectif des essais est d'observer l'influence des erreurs de mouvements quasi-statiques, ainsi que des erreurs de position et d'orientation de lignes moyennes d'axes, d'axes linéaires, d'axes de rotation, ou d'une broche.

Le présent article ne spécifie aucun essai de perçage. L'exactitude de position d'un trou percé est souvent influencée par plusieurs facteurs autres que les erreurs géométriques de la machine.

5.2 Usinage d'une surface cylindrique

5.2.1 Usinage d'un disque rotatif

5.2.1.1 Objet

Une surface cylindrique d'une pièce d'essai en rotation est usinée. Il s'agit généralement d'une opération de tournage avec un outil non rotatif. Il peut s'agir de la rectification cylindrique avec une meule rotative. La circularité de la surface cylindrique usinée est évaluée (voir [Tableau 1](#)).

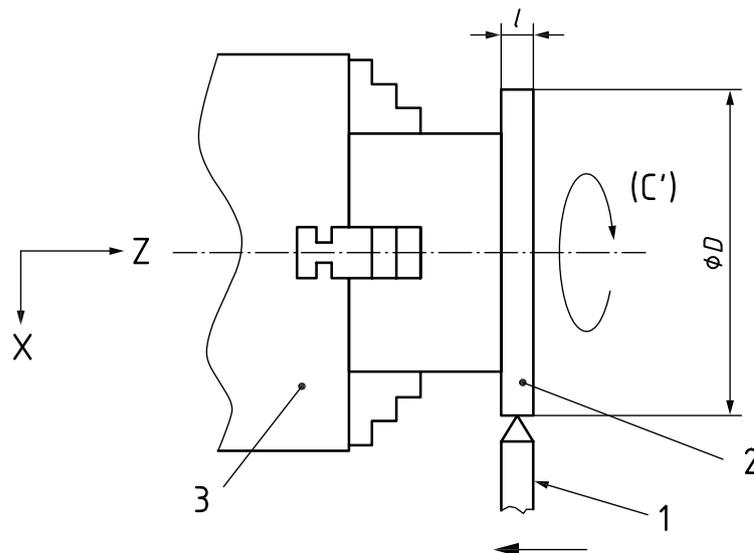
Tableau 1 — Usinage d'un disque rotatif

Entrées			Sorties	Causes principales d'erreurs d'usinage sur la Figure 1
Nombre de mouvements linéaires simultanés pendant l'usinage	Nombre de mouvements rotatifs simultanés pendant l'usinage	Type d'interpolation	Caractéristiques géométriques à mesurer	Erreur de mouvement radial de l'axe (C'), $E_{X(C')}$ Erreur de mouvement d'inclinaison de l'axe (C'), $E_{B(C')}$
1 (Z)	1 (C') ou 2, si un outil rotatif est utilisé.	—	Circularité	Erreur de mouvement radial et d'inclinaison de l'axe de broche porte-outil, si un outil rotatif est utilisé.

Les erreurs géométriques observées dans cet essai peuvent également être observées dans l'essai de [5.2.2](#). Lorsque la machine-outil soumise à l'essai est utilisée pour l'usinage non seulement de pièces annulaires fines mais également de pièces cylindriques, il convient de mener l'essai décrit en [5.2.2](#).

5.2.1.2 Mode opératoire d'essai

Une surface cylindrique d'une pièce d'essai en rotation est usinée en faisant avancer un outil non rotatif (ou une meule rotative) dans le sens axial de la broche (Z) (voir [Figure 1](#)).



Légende

- | | | | |
|---|-----------------------|-----|------------------------------------|
| 1 | outil de coupe | l | largeur de la surface cylindrique |
| 2 | pièce d'essai | D | diamètre de la surface cylindrique |
| 3 | mandrin de la machine | | |

Figure 1 — Usinage d'un disque rotatif

Il convient de choisir la largeur de la surface cylindrique l , pour l'adapter à l'instrument de mesure. La circularité doit être mesurée au centre de la largeur de la surface cylindrique.

5.2.1.3 Caractéristiques géométriques à mesurer

La circularité de la surface cylindrique finie.

5.2.1.4 Instrument de mesure

Machine de mesurage de la circularité.

5.2.1.5 Causes possibles d'une erreur d'usinage

L'erreur de mouvement radial d'une broche porte-pièce (C') est la cause principale de la circularité de la surface finie. L'erreur de mouvement d'inclinaison de la broche peut en être également la cause, et son influence est généralement proportionnelle à la distance entre la face du mandrin et la position d'usinage.

La cause de l'erreur de rectitude de mouvement de l'axe linéaire (Z) est négligeable.

Sur les machines-outils à broche d'outil rotatif, les erreurs de mouvements radial et d'inclinaison de la broche d'outil influencent le résultat de l'essai.

5.2.1.6 Machines à soumettre à l'essai

- Machines-outils de finition d'une pièce d'essai en rotation par des opérations de tournage, par exemple, machines de tournage et centres de tournage, et centre d'usinage à table rotative avec possibilité de tournage;
- machines à rectifier cylindriques.

5.2.1.7 Informations à relever

- Le diamètre nominal de la surface cylindrique finie, D ;
- la largeur de la surface cylindrique, l ;
- la distance entre la face des mâchoires du mandrin et la position d'usinage;
- la vitesse de la broche et la vitesse d'avance.

NOTE Des détails sur les paramètres d'usinage sont donnés dans les ISO 13041-6, ISO 1708 et ISO 2433.

5.2.2 Usinage du cylindre rotatif avec une avance dans le sens axial

5.2.2.1 Objet

Une surface cylindrique d'une pièce d'essai en rotation est usinée en faisant avancer un outil non rotatif dans une opération de tournage, ou une meule rotative dans une opération de rectification cylindrique, dans le sens axial de la broche (Z). Contrairement à l'essai de 5.2.1, une géométrie tridimensionnelle de la pièce d'essai finie est évaluée (voir [Tableau 2](#)).

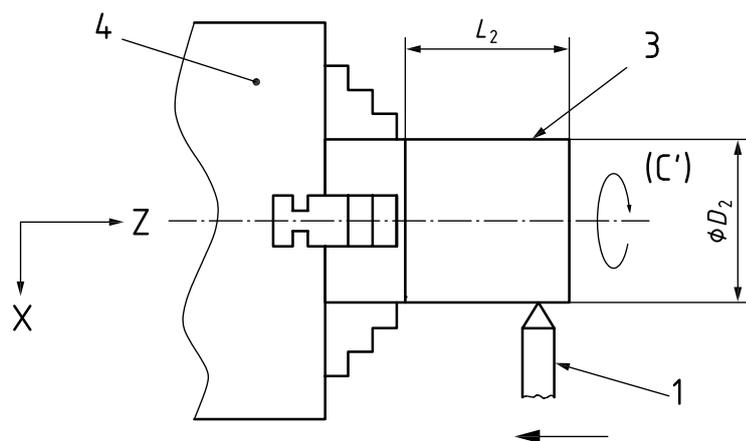
Tableau 2 — Usinage d'une surface cylindrique avec une avance dans le sens axial

Entrées			Sorties	Causes d'erreur principales d'usinage sur la Figure 2
Nombre de mouvements linéaires simultanés pendant l'usinage	Nombre de mouvements rotatifs simultanés pendant l'usinage	Type d'interpolation	Caractéristiques géométriques à mesurer	Erreur de mouvements d'inclinaison de l'axe (C'), $E_{B(C)}$.
1 (Z)	1 (C') ou 2, si un outil rotatif est utilisé.	—	Cylindricité La cylindricité peut être estimée par la circularité et la cohérence des diamètres. Circularité à différentes positions de l'axe Z	Erreur de mouvement radial de l'axe C', $E_{X(C)}$. Erreur de parallélisme des axes (C') à Z, $E_{B(0Z)(C)}$. Erreur de rectitude de mouvement de l'axe Z, E_{XZ} . Pour un outil rotatif: Erreur de mouvement radial et d'inclinaison de la broche d'outil Axe de rotation de la broche d'outil non parallèle à l'axe Z Meule conique

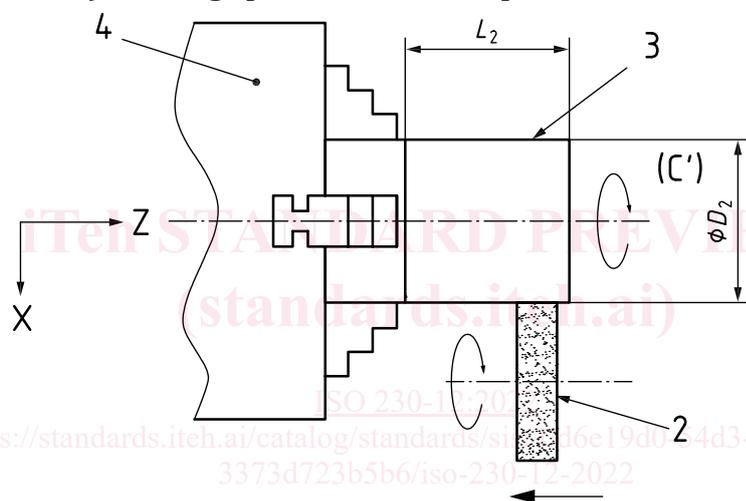
5.2.2.2 Mode opératoire d'essai [ISO 230-12:2022](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52->

Une surface cylindrique d'une pièce d'essai en rotation est tournée en faisant avancer un outil non rotatif dans le sens axial de la broche (Z) [voir [Figure 2 a](#)]. La longueur du cylindre fini, L , est généralement le diamètre de la pièce d'essai finie multipliée par 0,8 à 2,5, en fonction du serrage de la pièce d'essai ou de l'orientation de l'axe de la broche (verticale ou horizontale). La [Figure 2 b](#)) montre le montage sur une machine à rectifier cylindrique.



a) Tournage par un outil de coupe non rotatif



b) Meulage par une meule

Légende

- | | | | |
|---|-----------------------|-------|---------------------------|
| 1 | outil de coupe | D_2 | diamètre du cylindre fini |
| 2 | meule | L_2 | longueur du cylindre fini |
| 3 | pièce d'essai | | |
| 4 | mandrin de la machine | | |

Figure 2 — Usinage d'une surface cylindrique avec une avance dans le sens axial

5.2.2.3 Caractéristiques géométriques à mesurer

- La circularité de la surface cylindrique finie à deux positions axiales (Z) différentes;
- la cylindricité de la pièce d'essai finie (voir l'ISO 12180-1). La cylindricité peut être estimée par la circularité et la cohérence des diamètres usinés à des positions Z différentes.

5.2.2.4 Instruments de mesure

- Machine de mesure de la circularité;
- machine à mesurer tridimensionnelle (MMT);

— micromètre intérieur/extérieur pour mesurer la cohérence des diamètres.

5.2.2.5 Causes possibles d'une erreur d'usinage

Voir en [5.2.1.5](#) les causes de la circularité à chaque position axiale (Z).

La différence de circularité à deux positions axiales (Z) montre l'influence de l'erreur de mouvement d'inclinaison de la broche (C'). Son influence est proportionnelle à la distance entre deux positions mesurées.

L'erreur de parallélisme de l'axe linéaire (Z) et de l'axe de la broche (C') rend la pièce d'essai finie conique. Elle entraîne l'incohérence du diamètre à des positions axiales (Z) différentes, qui augmente l'erreur de cylindricité de la pièce d'essai finie. Une autre cause de l'erreur de cylindricité de la pièce d'essai finie est l'erreur de rectitude de mouvement de l'axe Z dans le sens radial (X).

Lorsqu'un outil rotatif est utilisé, des erreurs de mouvements radial et d'inclinaison de la broche d'outil, une meule conique et une broche d'outil rotatif non parallèles à l'axe Z de la machine-outil, peuvent en être la cause.

5.2.2.6 Essais analogues

Une surface cylindrique interne d'une pièce d'essai en rotation est tournée en faisant avancer un outil d'alésage non rotatif dans le sens axial de la broche (Z) (voir [Figure 3](#)). Les causes de l'erreur d'usinage sont analogues à celles de l'essai ci-dessus. Dans une opération d'alésage, les erreurs de mouvements angulaires de l'axe linéaire, par exemple, E_{BZ} , peuvent fortement influencer la cylindricité de la pièce d'essai finie en raison du décalage plus grand dans Z.

(standards.iteh.ai)

ISO 230-12:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0d6e19d0-54d3-4941-8b52-3373d723b5b6/iso-230-12-2022>