

NORME ISO
INTERNATIONALE **10791-10**

Deuxième édition
2022-09

**Conditions d'essai des centres
d'usinage —**

Partie 10:
**Évaluation des déformations
thermiques**

iTeh STANDARD PREVIEW
*Test conditions for machining centres —
Part 10: Evaluation of thermal distortions*
(standards.iteh.ai)

ISO 10791-10:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022>



Numéro de référence
ISO 10791-10:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 10791-10:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022>



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	iv
Introduction	v
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 Références à l'ISO 230-3	2
4.3 Instruments de mesure	2
4.4 Ordre des essais	2
4.5 Essais à réaliser	2
4.6 Schémas	2
4.7 Tolérances	2
4.8 Compensation par logiciel	3
5 Essais thermiques	3
Annexe A (informative) Essais d'usinage visant à évaluer les déformations thermiques	14
Bibliographie	44

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 10791-10:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022>

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/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 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.

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 deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10791-10:2007), qui a fait l'objet d'une révision technique.

Les principales modifications sont les suivantes:

- l'essai thermique T4 a été ajouté;
- l'[Annexe A](#) a été ajoutée.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 10791 se trouve sur le site Web de l'ISO.

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.

Introduction

Un centre d'usinage est une machine-outil à commande numérique capable de réaliser deux ou plusieurs opérations de fraisage, alésage, perçage et taraudage et sur laquelle les outils peuvent être automatiquement changés à partir d'un magasin ou d'une unité de stockage similaire dans le cadre d'un programme d'usinage. La plupart des centres d'usinage présentent des facilités pour changer automatiquement la direction dans laquelle les pièces sont présentées à l'outil (par exemple table rotative, broche inclinable et combinaison de ceux-ci).

L'objet du présent document est de fournir une information sur les essais et contrôles qui peuvent être effectués à des fins de comparaison, réception, maintenance ou autres.

L'[Annexe A](#) présente trois essais d'usinage pour évaluer les déformations thermiques des centres d'usinage.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 10791-10:2022](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022>

Conditions d'essai des centres d'usinage —

Partie 10: Évaluation des déformations thermiques

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les essais s'appliquant à l'évaluation des déformations thermiques de la structure de la machine-outil et du système de positionnement, pour les centres d'usinage à broche verticale, avec axes linéaires à commande numérique jusqu'à 5 000 mm de long pour l'axe X et jusqu'à 2 000 mm de long pour les axes Y et Z. Il s'applique également aux centres d'usinage à broche horizontale avec axes linéaires à commande numérique jusqu'à 5 000 mm de long pour l'axe X, jusqu'à 3 200 mm de long pour l'axe Y et jusqu'à 2 000 mm de long pour l'axe Z.

Le présent document spécifie quatre essais:

- l'essai d'erreur de variation de température ambiante;
- l'essai de déformation thermique due à une broche en rotation;
- l'essai de déformation thermique due au déplacement le long d'axes linéaires;
- l'essai de déformation thermique due au mouvement rotatif des composants.

Le présent document est destiné à être utilisé conjointement avec l'ISO 230-3.

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 230-3:2020, *Code d'essai des machines-outils — Partie 3: Évaluation des effets thermiques*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 230-1:2012 et l'ISO 230-3:2020 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 et tous les écarts linéaires sont exprimés en millimètres. Toutes les dimensions angulaires sont exprimées en degrés. Les écarts angulaires sont, en principe, exprimés sous forme de rapport mais, dans certains cas, les microradians ou les secondes d'arc peuvent être utilisés pour plus de clarté. Il convient de garder toujours à l'esprit l'équivalence des expressions suivantes:

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

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

4.2 Références à l'ISO 230-3

Pour l'application du présent document, il est nécessaire de se reporter à l'ISO 230-3:2020, 4.4, pour l'installation de la machine-outil avant essais, et à l'ISO 230-3:2020, Articles 5, 6, 7 et 8 pour la description des méthodes de mesure et la présentation des résultats.

4.3 Instruments de mesure

Les instruments de mesures recommandés dans le présent document ne sont donnés qu'à titre d'exemple. D'autres instruments de mesure capables de mesurer les mêmes quantités et ayant la même incertitude ou une incertitude inférieure peuvent être utilisés. Voir l'ISO 230-3:2020, 4,3.

4.4 Ordre des essais

Les essais donnés dans le présent document peuvent être réalisés de manière individuelle ou combinée. Avant chaque essai, il convient que la machine-outil soit en harmonie avec l'environnement. Ainsi, une période suffisante de refroidissement entre les essais, généralement au moins aussi longue que l'essai thermique, là où les parties de la machine-outil ont été chauffées, doit être planifiée et respectée.

4.5 Essais à réaliser

Lors de l'essai d'une machine, il n'est pas toujours nécessaire ni même 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 éléments et/ou aux propriétés de la machine-outil qui l'intéressent. Ces essais doivent être clairement précisés lors de la passation de la commande d'une machine-outil. Il est considéré que la simple référence au présent document pour les essais de réception n'engage aucun des contractants, s'il n'y a pas accord sur les essais à réaliser et sur les frais correspondants.

L'[Annexe A](#) présente trois essais d'usinage pour évaluer les déformations thermiques des centres d'usinage, qui peuvent être réalisés comme essais supplémentaires aux essais thermiques de [l'Article 5](#).

4.6 Schémas

Les schémas présentés dans les essais T1 à T4 du présent document illustrent un seul montage d'essai, pour des raisons de simplicité.

4.7 Tolérances

Il n'est pas prévu de fixer de valeurs de tolérance pour les essais décrits dans le présent document. Les valeurs de tolérance pour chaque paramètre doivent faire l'objet d'un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur.

4.8 Compensation par logiciel

Lorsque des logiciels permettent de compenser les écarts géométriques, sur la base d'un accord entre le fabricant/fournisseur et l'utilisateur, les essais appropriés peuvent être effectués avec ces compensations. Certaines compensations numériques d'erreurs thermiques s'appuient sur des mesures de température réalisées sur la structure de la machine-outil, et d'autres sont fondées sur les conditions de fonctionnement, par exemple la vitesse de rotation de la broche. Cette 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 thermiques

Objet	T1					
Vérification de l'erreur de variation de température ambiante (ETVE)						
Schéma						
Légende						
1 capteur de température d'air ambiant 2 capteur de température du palier de la broche 3 mandrin de contrôle 4 capteur de déplacement linéaire 5 dispositif de fixation 6 boulon pour fixer le dispositif de fixation <i>l</i> distance entre les positions de mesure P1 et P2 P1 position de mesure 1 P2 position de mesure 2 X1, X2, Y1, Y2, Z capteurs de déplacement linéaire						
Tolérance						
Erreur mesurée						
Paramètre	Temps	$E_{TVE}(X)$	$E_{TVE}(Y)$	$E_{TVE}(Z)$	$E_{TVE}(A)$	$E_{TVE}(B)$
	min	mm	mm	mm	mm/mm	mm/mm

Instruments de mesure

capteurs de température, capteurs de déplacement linéaire et mandrin de contrôle

Observations et références à l'ISO 230-3:2020, 5.2 et 5.3

Les essais d'erreur de variation de température ambiante (ETVE) sont destinés à identifier les effets des changements de température ambiante sur la machine-outil en respectant la déformation de la machine-outil ou de ces parties. Ils ne doivent pas être utilisés pour des comparaisons de machines.

Il convient que le fabricant/fournisseur fournisse des lignes directrices relatives à l'environnement thermique considéré comme acceptable pour que la machine-outil fonctionne avec l'exactitude spécifiée. L'utilisateur doit assurer un environnement thermique acceptable pour les essais de fonctionnement. Cependant, si l'utilisateur suit les lignes directrices fournies par le fabricant/fournisseur de la machine-outil, la responsabilité incombe au fabricant/fournisseur de la machine en ce qui concerne les performances de la machine-outil par rapport aux spécifications.

La surface d'extrémité du mandrin d'essai a besoin d'une planéité et d'une perpendicularité appropriées à l'axe du mandrin, car ces écarts influencent directement l'incertitude de mesure.

Les axes peuvent s'échauffer lorsque les axes de la machine sont en mode "SOUS-PUISSANCE" (servo-on), spécialement s'ils sont dans une direction verticale. Dans ce cas, il convient de réaliser les essais d'ETVE en mettant l'ensemble de la machine hors tension. Cet état doit être consigné dans le rapport d'essai.

$E_{TVE}(Z)$ est l'étendue maximale de déformation thermique dans la direction Z pendant la durée de la période d'essai. $E_{TVE}(Y)$ et $E_{TVE}(X)$ peuvent être déterminées de la même manière pour les deux autres directions. Pour $E_{TVE}(A)$ et $E_{TVE}(B)$, voir l'ISO 230-3:2020.

En plus des valeurs numériques des erreurs mesurées, il convient qu'une représentation graphique des résultats soit fournie conformément à l'ISO 230-3:2020, 5.4.

Les paramètres suivants doivent être relevés:

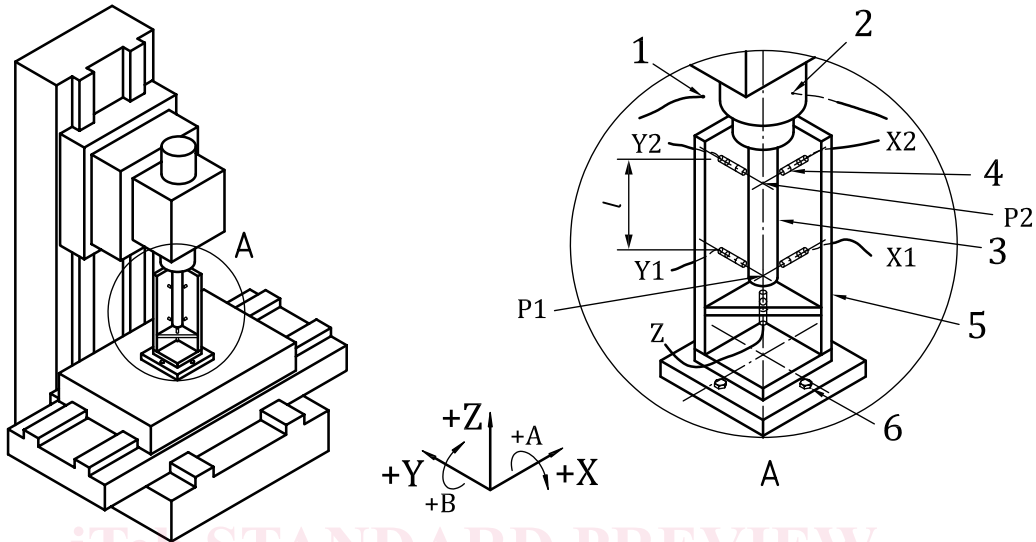
- a) marque de la machine-outil et nom du modèle;
- b) année de fabrication de la machine-outil, si disponible;
- c) numéro de série de la machine-outil;
- d) date et heure de l'essai;
- e) position du montage de mesurage;
- f) position des capteurs de température;
- g) type de capteurs;
- h) conception et matériau du mandrin de contrôle et des dispositifs de fixation;
- i) mode opératoire de compensation thermique utilisé;
- j) tout autre mode opératoire d'essai spécifique;
- k) mode opératoire de préparation de la machine avant l'essai;
- l) mode de contrôle ON ou OFF;
- m) direction positive de la déformation thermique (si différente du système de coordonnées).

Objet T2

Vérification de la déformation thermique due à la rotation des broches.

Il est impératif de réaliser un essai par broche.

Schéma



Légende

- 1 capteur de température d'air ambiant
- 2 capteur de température du palier de la broche
- 3 mandrin de contrôle
- 4 capteur de déplacement linéaire
- 5 dispositif de fixation
- 6 boulon pour fixer le dispositif de fixation
- l* distance entre les positions de mesure P1 et P2
- P1 position de mesure 1
- P2 position de mesure 2
- X1, X2, Y1, Y2, Z capteurs de déplacement linéaire

Tolérance

Erreur mesurée

	X1	Y1	Z	A	B
	mm	mm	mm	mm/mm	mm/mm
Pendant les 60 premières minutes	$d(E_{X0(C)})_{P1,60} = \dots$	$d(E_{Y0(C)})_{P1,60} = \dots$	$d(E_{Z0(C)})_{60} = \dots$	$d(E_{A0(C)})_{60} = \dots$	$d(E_{B0(C)})_{60} = \dots$
Après la fin de la période $t = \dots$	$d(E_{X0(C)})_{P1,t} = \dots$	$d(E_{Y0(C)})_{P1,t} = \dots$	$d(E_{Z0(C)})_t = \dots$	$d(E_{A0(C)})_t = \dots$	$d(E_{B0(C)})_t = \dots$
Distance, $l = \dots$					

Instruments de mesure

capteurs de température, capteurs de déplacement linéaire et mandrin d'essai

Observations et références à l'ISO 230-3:2020, 6.2

L'utilisateur et le fabricant/fournisseur doivent s'accorder sur l'utilisation d'une vitesse d'axe constante ou d'un spectre de variation de vitesse. Pour le cas d'une vitesse de la broche constante, ils doivent aussi s'accorder sur la vitesse de la broche utilisée. Pour un spectre de variation de vitesse, ils doivent s'accorder sur les vitesses de la broche et sur la durée du temps d'intervalle.

NOTE Un cycle possible du spectre de vitesse consiste en un pourcentage de la vitesse maximale de la broche pendant un intervalle de temps déterminé suivi d'un arrêt de la broche pendant un autre intervalle de temps déterminé (par exemple vitesse maximale de la broche, puis arrêt). Ce cycle se répète ensuite pour l'ensemble de l'essai. Les détails exacts du spectre de vitesse peuvent être discutés entre l'utilisateur et le fabricant/fournisseur.

L'essai doit durer 4 h plus 1 h avec la broche arrêtée.

En plus des valeurs numériques des erreurs mesurées, il convient qu'une représentation graphique des résultats soit fournie conformément à l'ISO 230-3:2020, 6.4.

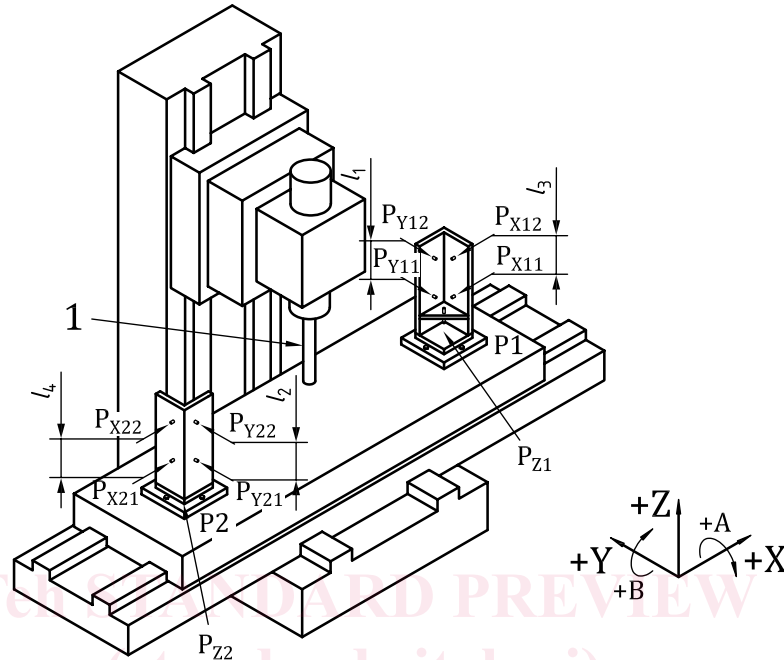
Les paramètres suivants doivent être relevés:

- a) marque de la machine-outil et nom du modèle;
- b) année de fabrication de la machine-outil, si disponible;
- c) numéro de série de la machine-outil;
- d) date et heure de l'essai;
- e) position du montage de mesure;
- f) position des capteurs de température;
- g) type de capteurs;
- h) conception et matériau du mandrin de contrôle et des dispositifs de fixation;
- i) mode opératoire de compensation thermique utilisé;
- j) tout autre mode opératoire d'essai spécifique;
- k) mode opératoire de préparation de la machine avant l'essai;
- l) régime de vitesse de la broche, par exemple, une vitesse de broche constante ou un spectre de vitesse variable (voir l'ISO 230-3:2020, 6.2);
- m) direction positive de la déformation thermique (si différente du système de coordonnées);
- n) position relative de la broche lors du mesurage.

Objet **T3**

Vérification de la déformation thermique due au mouvement des axes linéaires

Schéma



Légende

- 1 mandrin de contrôle
- l_1, l_2, l_3, l_4 distances entre les capteurs utilisés pour calculer les déformations angulaires
- $P_{X11}, P_{X12}, P_{Y11}, P_{Y12}, P_{Z1}$ capteurs de déplacement linéaire à l'emplacement P1
- $P_{X21}, P_{X22}, P_{Y21}, P_{Y22}, P_{Z2}$ capteurs de déplacement linéaire à l'emplacement P2

Tolérance

Erreur mesurée

	$d(E_{XX})_{P1}$	$d(E_{YX})_{P1}$	$d(E_{ZX})_{P1}$	$d(E_{XX})_{P2}$	$d(E_{YX})_{P2}$	$d(E_{ZX})_{P2}$
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Valeurs mesurées à t = ...						
Valeurs mesurées à t = ...						

	$d(E_{BX})_{P1}$	$d(E_{AX})_{P1}$	$d(E_{BX})_{P2}$	$d(E_{AX})_{P2}$
	mm/mm	mm/mm	mm/mm	mm/mm
Valeurs mesurées à t = ...				
Valeurs mesurées à t = ...				

Instruments de mesure

capteurs de température, capteurs de déplacement linéaire et mandrin de contrôle spécial

Observations et références à l'ISO 230-3:2020, 7.2 et 7.2.2

Dans la pratique, il convient que des vitesses d'avance différentes soient appliquées pour les axes principaux et auxiliaires.

EXEMPLE La limite pour les axes principaux est fixée à 50 % et celle pour les axes auxiliaires à 20 % de la vitesse d'avance maximale.

Le cycle d'essai doit être constitué de deux périodes: 4 h de mise en température de l'axe et 1 h de refroidissement. Il est permis d'interrompre les mesurages lorsque le changement de déformation observé pendant les dernières 60 min est inférieur à 15 % de la déformation mesurée au cours des 60 premières minutes de l'essai.

Pour chaque axe de la machine-outil, il convient que les courbes suivantes en fonction du temps soient présentées (pour l'exemple de configuration présenté dans le schéma ci-dessus):

- deux courbes de position des points visés pour l'axe X, l'une avec $d(E_{XX})_{P1}$, $d(E_{YX})_{P1}$, $d(E_{ZX})_{P1}$, et l'autre avec $d(E_{XX})_{P2}$, $d(E_{YX})_{P2}$, $d(E_{ZX})_{P2}$;
- deux courbes de rotation des points visés, pour les courbes de tangage de l'axe X, l'une avec $d(E_{BX})_{P1}$, et l'autre avec $d(E_{BX})_{P2}$;
- deux courbes de rotation des points visés, pour les courbes de roulis de l'axe X, l'une avec $d(E_{AX})_{P1}$, et l'autre avec $d(E_{AX})_{P2}$;
- courbes de la température ambiante et de la machine-outil mesurées pendant les essais en fonction du temps.

Voir l'ISO 230-3:2020, 7.2.2 pour le calcul des courbes de position et de rotation à partir des relevés des capteurs de déplacement linéaire.

Il convient de noter que les résultats sont influencés par la répétabilité du positionnement de l'axe de machine-outil soumis à essai et des axes de machine-outil déplacés pour réaliser les mesurages.

Les paramètres suivants doivent être relevés: [ISO 10791-10:2022](#)

- a) marque de la machine-outil et nom du modèle;
- b) année de fabrication de la machine-outil, si disponible;
- c) numéro de série de la machine-outil;
- d) date et heure de l'essai;
- e) position de la ligne de mesure;
- f) position du capteur de température;
- g) vitesse de déplacement;
- h) temps d'arrêt;
- i) positions des points de début et de fin;
- j) moyens et dispositifs de compensation;
- k) instruments utilisés;
- l) coefficient de dilatation thermique utilisé;
- m) modes opératoires de mise en température;
- n) température de l'objet mesuré (par exemple, transducteur de position, glissière, socle, table, tête de broche et mandrin de contrôle. Voir l'ISO 230-3, 7.2.4);

- o) direction positive de la déformation thermique en position et en rotation (si différente du système de coordonnées);
- p) la conception et le matériau du mandrin de contrôle et du dispositif de fixation;
- q) le cas échéant, les conditions de tout système d'alimentation, par exemple lubrification, hydraulique, alimentation d'air, refroidisseurs.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 10791-10:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5fb1cc22-b1e5-4bc6-86e5-eef52fdae1fb/iso-10791-10-2022>