
**Matériaux métalliques — Étalonnage des
instruments de mesure de force utilisés
pour la vérification des machines
d'essais uniaxiaux**

*Metallic materials — Calibration of force-proving instruments used for
the verification of uniaxial testing machines*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 376:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 376:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2011

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
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 Symboles et leur désignation	1
5 Principe	2
6 Caractéristiques des instruments de mesure de force	3
7 Étalonnage de l'instrument de mesure de force	3
8 Classification de l'instrument de mesure de force	8
9 Utilisation des instruments de mesure de force étalonnés	10
Annexe A (informative) Exemple de dimensions de capteurs de force et de dispositifs de chargement correspondants	11
Annexe B (informative) Informations complémentaires	18
Annexe C (informative) Incertitude de mesure de l'étalonnage et utilisation ultérieure de l'instrument de mesure de force	21
Bibliographie	30

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 376 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*, sous-comité SC 1, *Essais uniaxiaux*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition (ISO 376:2004), qui a fait l'objet d'une révision technique (pour plus de détails, voir l'Introduction). [ISO 376:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>

Introduction

Un groupe de travail ISO/TC 164/SC 1 a développé des modes opératoires pour la détermination de l'incertitude de mesure des instruments de mesure de force; ces modes opératoires ont été ajoutés à cette quatrième édition, en tant que nouvelle annexe (Annexe C).

En outre, cette quatrième édition permet la réalisation de l'étalonnage de deux manières:

- avec un mesurage réversible pour les instruments de mesure de force destinés à être utilisés avec des forces croissantes et décroissantes;
- sans mesurage réversible pour les instruments de mesure de force destinés à être utilisés uniquement pour des forces croissantes.

Dans le premier cas, c'est-à-dire lorsque les instruments de mesure de force sont destinés à être utilisés pour des mesurages réversibles, l'étalonnage doit être réalisé avec des forces croissantes et des forces décroissantes, pour déterminer l'hystérésis de l'instrument de mesure de force. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de réaliser un essai de fluage.

Dans le second cas, c'est-à-dire lorsque les instruments de mesure de force ne sont pas destinés à être utilisés pour des mesures réversibles, l'étalonnage est effectué uniquement avec des forces croissantes, mais, en complément, un essai de fluage doit être réalisé. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de déterminer l'hystérésis.

[ISO 376:2011](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 376:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>

Matériaux métalliques — Étalonnage des instruments de mesure de force utilisés pour la vérification des machines d'essais uniaxiaux

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode d'étalonnage des instruments de mesure de force utilisés pour la vérification statique des machines d'essais uniaxiaux (par exemple machines d'essai de traction/compression) et décrit une procédure de classification de ces instruments.

La présente Norme internationale s'applique aux instruments de mesure de force dans lesquels la force est déterminée par la mesure de la déformation élastique d'un élément chargé ou d'une grandeur proportionnelle à celle-ci.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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/CEI 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

3 Termes et définitions

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

3.1

instrument de mesure de force

ensemble complet allant du capteur de force jusqu'à, et y compris, l'appareil indicateur

4 Symboles et leur désignation

Les symboles et leur désignation sont donnés dans le Tableau 1.

Tableau 1 — Symboles et leur désignation

Symbole	Unité	Désignation
b	%	Erreur relative de reproductibilité avec rotation
b'	%	Erreur relative de répétabilité sans rotation
c	%	Erreur relative de fluage
F_f	N	Capacité maximale du capteur
F_N	N	Force maximale d'étalonnage
f_c	%	Erreur relative d'interpolation
f_0	%	Erreur relative du zéro
i_f	—	Indication ^a lue sur l'appareil indicateur après suppression de la force
i_o	—	Indication ^a lue sur l'appareil indicateur avant application de la force
i_{30}	—	Indication ^a lue sur l'appareil indicateur 30 s après application ou retrait de la force maximale d'étalonnage
i_{300}	—	Indication ^a lue sur l'appareil indicateur 300 s après application ou retrait de la force maximale d'étalonnage
r	N	Résolution de l'appareil indicateur
v	%	Erreur relative de réversibilité de l'instrument de mesure de force
X	—	Déformation sous force d'essai croissante
X_a	—	Valeur calculée de la déformation
X'	—	Déformation sous force d'essai décroissante
X_{max}	—	Déformation maximale pour les séries de mesures 1, 3 et 5
X_{min}	—	Déformation minimale pour les séries de mesures 1, 3 et 5
X_N	—	Déformation correspondant à la force maximale d'étalonnage
\bar{X}_r	—	Valeur moyenne des déformations avec rotation
\bar{X}_{wr}	—	Valeur moyenne des déformations sans rotation

^a Valeur de l'indication correspondant à la déformation.

5 Principe

L'étalonnage consiste à appliquer des forces connues avec précision au capteur de force et à enregistrer les indications de l'appareil indicateur, qui est considéré comme une partie intégrante de l'instrument de mesure de force.

Dans le cas d'une mesure électrique, l'appareil indicateur peut être remplacé par un autre indicateur, et il n'est pas nécessaire de réétalonner l'instrument de mesure de force si les conditions suivantes sont remplies.

- a) L'appareil indicateur initial et l'appareil indicateur de remplacement possèdent des certificats d'étalonnage, raccordables aux étalons nationaux, et qui donnent les résultats de l'étalonnage en termes d'unités électriques de base (volt, ampère). L'appareil indicateur de remplacement doit être étalonné pour un intervalle identique à, ou plus grand que, l'intervalle pour lequel il est utilisé avec l'instrument de mesure de force et la résolution de l'appareil indicateur de remplacement doit être au moins égale à la résolution de l'appareil indicateur initial lorsqu'il est utilisé avec l'instrument de mesure de force.
- b) Il convient que les unités et la source d'alimentation de l'appareil indicateur de remplacement soient respectivement de la même quantité (par exemple 5 V, 10 V) et du même type (par exemple fréquence porteuse en courant alternatif ou en courant continu).
- c) L'incertitude de chaque appareil indicateur (appareils indicateurs initial et de remplacement) ne doit pas influencer significativement l'incertitude de l'ensemble complet de l'instrument de mesure de force. Il est recommandé que l'incertitude de l'appareil indicateur de remplacement ne soit pas supérieure au 1/3 de l'incertitude du système complet (voir C.2.11).

6 Caractéristiques des instruments de mesure de force

6.1 Identification de l'instrument de mesure de force

Tous les éléments de l'instrument de mesure de force (y compris les câbles de liaison électrique) doivent être identifiés de façon individuelle et unique, par exemple par le nom du constructeur, le type et le numéro de série. Pour le capteur de force, la force maximale d'utilisation doit être mentionnée.

6.2 Application de la force

Le capteur de force et ses dispositifs de chargement doivent être conçus de façon à permettre une application axiale de la force, que ce soit en traction ou en compression.

Des exemples de dispositifs de chargement sont donnés dans l'Annexe A.

6.3 Mesurage de la déformation

Le mesurage de la déformation de l'élément chargé du capteur de force peut être fait par des moyens mécaniques, électriques, optiques ou autres, d'une exactitude et d'une stabilité appropriées.

Le type et la qualité du système de mesure de la déformation déterminent si l'instrument de mesure de force est classé uniquement pour des forces d'étalonnage spécifiques ou pour l'interpolation (voir Article 7).

En général, l'utilisation des instruments de mesure de force à comparateurs pour la mesure de la déformation est limitée aux forces pour lesquelles les instruments ont été étalonnés. Le comparateur, s'il est utilisé sur une grande course, peut comporter de grandes erreurs périodiques localisées qui engendrent une incertitude trop grande pour permettre une interpolation entre les forces d'étalonnage. Le comparateur peut être utilisé pour l'interpolation à condition que son erreur périodique ait une influence négligeable sur l'erreur d'interpolation de l'instrument de mesure de force.

ISO 376:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-1744c7e180/iso-376-2011>

7 Étalonnage de l'instrument de mesure de force

7.1 Généralités

7.1.1 Mesures préliminaires

Avant d'entreprendre l'étalonnage de l'instrument de mesure de force, s'assurer que cet instrument est apte à être étalonné. Cela peut être fait à l'aide d'essais préliminaires tels que ceux définis ci-après et donnés à titre d'exemples.

7.1.2 Essai de surcharge

Cet essai facultatif est décrit en B.1.

7.1.3 Vérification relative à l'application des forces

S'assurer

- que le système de couplage de l'instrument de mesure de force permet une application axiale de la force dans le cas où l'instrument est utilisé pour des essais de traction;
- qu'il n'y a pas d'interaction entre le capteur de force et son appui sur le banc d'étalonnage dans le cas où l'instrument est utilisé pour des essais de compression.

Un exemple de méthode pouvant être utilisée est donné en B.2.

NOTE D'autres essais peuvent être utilisés, par exemple un essai utilisant un capteur à embase plane avec une rotule ou une surface supérieure d'appui sphérique.

7.1.4 Essai sous tension variable

Cet essai est laissé au choix du service d'étalonnage. Pour les instruments de mesure de force nécessitant une source d'alimentation électrique, vérifier qu'une variation de $\pm 10\%$ de la tension nominale du secteur n'a pas d'effet significatif. Cette vérification peut être faite au moyen d'un simulateur du capteur de force ou par une autre méthode approuvée.

7.2 Résolution de l'appareil indicateur

7.2.1 Échelle analogique

L'épaisseur des traits de graduation de l'échelle doit être uniforme et la largeur de l'aiguille doit être approximativement égale à la largeur d'un trait de graduation.

La résolution, r , de l'appareil indicateur doit être obtenue à partir du rapport entre la largeur de l'aiguille et la distance entre les centres de deux graduations adjacentes de l'échelle (intervalle de l'échelle), les rapports recommandés étant 1:2, 1:5 ou 1:10, un espacement supérieur ou égal à 1,25 mm étant nécessaire pour l'estimation d'un dixième de division de l'échelle.

Un vernier de dimensions appropriées à l'échelle analogique peut être utilisé pour permettre une lecture directe d'une fraction de division de l'échelle de l'instrument.

7.2.2 Échelle numérique

La résolution est considérée être un incrément du dernier chiffre qui varie sur l'indicateur numérique.

7.2.3 Fluctuation des indications

Lorsque les indications fluctuent de plus de la valeur de la résolution précédemment calculée (avec aucune force appliquée à l'instrument), la résolution doit être jugée égale à la moitié de l'étendue de la fluctuation.

7.2.4 Unités

La résolution, r , doit être convertie en unités de force.

7.3 Force minimale

En tenant compte de l'exactitude avec laquelle la déformation de l'instrument peut être lue pendant l'étalonnage ou pendant son utilisation ultérieure lors de la vérification des machines, la force minimale appliquée à un instrument de mesure de force doit satisfaire les deux conditions suivantes:

- a) la force minimale doit être supérieure ou égale à
 - $4\,000 \times r$ pour la classe 00;
 - $2\,000 \times r$ pour la classe 0,5;
 - $1\,000 \times r$ pour la classe 1;
 - $500 \times r$ pour la classe 2;
- b) la force minimale doit être supérieure ou égale à $0,02 F_f$.

7.4 Mode opératoire d'étalonnage

7.4.1 Chargement préalable

Avant l'application des forces d'étalonnage, dans un mode donné (traction ou compression), la force maximale doit être appliquée trois fois à l'instrument. La durée d'application de chaque chargement préalable doit être comprise entre 60 s et 90 s.

7.4.2 Mode opératoire

Effectuer l'étalonnage en appliquant à l'instrument de mesure de force deux séries de forces d'étalonnage par valeurs croissantes uniquement, sans perturbation du dispositif.

Ensuite, appliquer au moins deux autres séries avec des valeurs croissantes et, si l'instrument de mesure de force doit être étalonné pour un chargement croissant/décroissant, avec des valeurs décroissantes. Entre chacune des séries complémentaires de forces, l'instrument de mesure de force doit être tourné symétriquement autour de son axe en des positions réparties d'une manière uniforme sur 360° (c'est-à-dire 0°, 120°, 240°). Dans le cas où cela n'est pas possible, il est permis d'adopter les positions suivantes: 0°, 180° et 360° (voir Figure 1).

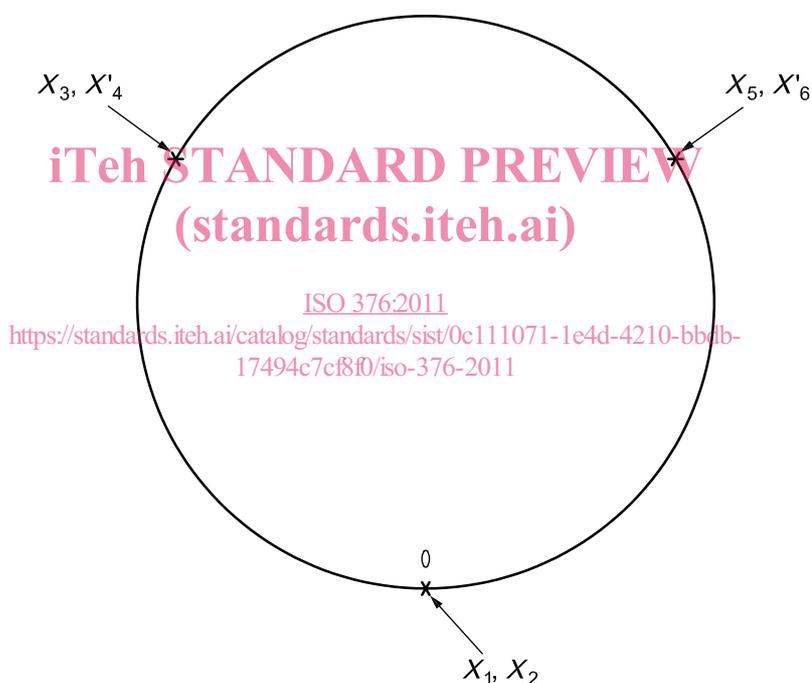


Figure 1 — Positions de l'instrument de mesure de force

Pour la détermination de la courbe d'interpolation, le nombre de forces ne doit pas être inférieur à huit, et ces forces doivent être réparties aussi uniformément que possible sur le domaine d'étalonnage. La courbe d'interpolation doit être déterminée à partir des valeurs moyennes des déformations avec rotation, \bar{X}_r , comme défini en 7.5.1.

Si l'on soupçonne une erreur périodique, il est recommandé d'éviter que les intervalles entre les forces correspondent à la périodicité de cette erreur.

Ce mode opératoire détermine seulement une valeur combinée de l'hystérésis du dispositif et du banc d'étalonnage. Une détermination précise de l'hystérésis du dispositif peut être réalisée sur des machines à poids morts. Pour les autres types de banc d'étalonnage, il convient de considérer leur hystérésis.

L'instrument de mesure de force doit être soumis à un chargement préalable, trois fois à la force maximale dans la direction selon laquelle les forces ultérieures doivent être appliquées. Lorsque la direction d'application des forces est modifiée, la force maximale doit être appliquée trois fois dans la nouvelle direction.

Les indications correspondant à une force nulle doivent être notées après un temps d'attente d'au moins 30 s après suppression totale de la force.

Entre deux séries successives de mesures, il convient d'attendre au moins 3 min.

Les instruments avec des parties amovibles doivent être démontés, comme cela est fait pour l'emballage et le transport, une fois au moins au cours de l'étalonnage. En général, ce démontage doit être effectué entre la deuxième série et la troisième série de forces d'étalonnage. La force maximale doit être appliquée à l'instrument de mesure de force au moins trois fois avant d'appliquer la série suivante de forces.

Avant de commencer l'étalonnage d'un instrument électrique de mesure de force, le signal du zéro peut être noté (voir B.3).

7.4.3 Conditions de chargement

L'intervalle de temps entre deux chargements successifs doit être aussi uniforme que possible, et aucune lecture ne doit être faite moins de 30 s après le début de la modification de force. L'étalonnage doit être réalisé à une température stable à ± 1 °C. Cette température doit être comprise entre 18 °C et 28 °C et doit être enregistrée. Il faut laisser un temps suffisant pour permettre à l'instrument de mesure de force d'atteindre une température stable.

Lorsqu'on sait que l'instrument de mesure de force n'est pas compensé thermiquement, il convient de prendre soin de s'assurer que les variations de température n'affectent pas l'étalonnage.

La mise sous tension des capteurs à jauges de déformation doit être effectuée au moins 30 min avant l'étalonnage.

ISO 376:2011

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0c111071-1e4d-4210-bbdb-17494c7cf8f0/iso-376-2011>

7.4.4 Essai de fluage

Si l'instrument de mesure de force doit être étalonné uniquement pour un chargement croissant, enregistrer sa sortie 30 s et 300 s après l'application ou la suppression de la force maximale d'étalonnage, dans chaque mode d'application de force, pour permettre la détermination de ses caractéristiques de fluage. Si un fluage est mesuré pour une force nulle, la force maximale d'étalonnage doit être maintenue pendant au moins 60 s avant sa suppression. L'essai de fluage peut être réalisé à tout moment après le chargement préalable pendant la procédure d'étalonnage.

Le certificat d'étalonnage doit comporter les informations suivantes:

- la méthode de mesure du fluage (fluage à la force maximale ou après suppression de la force);
- à quel moment a été effectuée la mesure du fluage (après chargement préalable, après la dernière série de mesurages, etc.);
- le temps pendant lequel la force a été appliquée avant suppression (pour le fluage déterminé à force nulle).

7.4.5 Détermination de la déformation

Une déformation est définie comme la différence entre la lecture sous force et la lecture sans force. Cette définition de la déformation s'applique aux lectures de sorties exprimées aussi bien en unités électriques qu'en unités de longueur.