

# NORME INTERNATIONALE

ISO  
376

Première édition  
1987-06-01



---

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION  
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION  
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

---

## 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 376:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5646eae0-76b7-4735-9bf8-30099788b689/iso-376-1987>

Numéro de référence  
ISO 376 : 1987 (F)

## 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 normalement 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.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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

La Norme internationale ISO 376 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 164, *Essais mécaniques des métaux*.

Elle annule et remplace la Recommandation ISO/R 376 : 1964, dont elle constitue une révision technique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5646cae0-76b7-4735-9bf8-30099788b689/iso-376-1987>

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

## Sommaire

	Page
1 Objet et domaine d'application .....	1
2 Principe .....	1
3 Caractéristiques des instruments de mesure de force .....	1
3.1 Identification de l'instrument de mesure de force .....	1
3.2 Application de la charge .....	1
3.3 Mesure de la déformation .....	1
4 Symboles, unités et définitions .....	1
5 Vérification de l'instrument de mesure de force .....	2
5.1 Généralités .....	2
5.2 Résolution de l'appareil indicateur .....	2
5.3 Charge minimale .....	2
5.4 Mode opératoire .....	2
5.5 Caractérisation de l'instrument de mesure de force .....	3
6 Classification de l'instrument de mesure de force .....	3
6.1 Principe de classement .....	3
6.2 Critères de classement .....	3
6.3 Certificat d'étalonnage et durée de validité .....	4
7 Utilisation des instruments de mesure de force étalonnés .....	4
<b>Annexe</b> Informations supplémentaires .....	<b>6</b>

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.itih.eu)

ISO 376:1987  
<https://standards.itih.eu/catalog/standards/sfr/36-40eac0-7607-4735-9bf8-30099788b689/iso-376-1987>

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

ISO 376:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5646eae0-76b7-4735-9bf8-30099788b689/iso-376-1987>

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

## 1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale traite de l'étalonnage des instruments de mesure de force employés pour la vérification statique des machines d'essai utilisées pour des essais uniaxiaux (par exemple essai de traction), et décrit un mode de classification de ces instruments. L'instrument de mesure de force est défini comme étant l'ensemble allant du capteur de force jusqu'à et y compris l'appareil indicateur. La présente Norme internationale s'applique généralement aux instruments de mesure de force dans lesquels la charge est déterminée par la mesure de la déformation élastique d'un élément chargé ou par la mesure d'une grandeur proportionnelle à celle-ci.

## 2 Principe

L'étalonnage consiste à appliquer à l'élément chargé des charges connues avec précision et à relever les indications du système de mesure de la déformation, ce dernier étant considéré comme partie intégrante de l'instrument de mesure de force.

Dans le cas d'une mesure électrique, l'appareil indicateur peut être remplacé par un indicateur pour lequel il a été démontré qu'il présente la même incertitude de mesure.

## 3 Caractéristiques des instruments de mesure de force

### 3.1 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 spécifique, par exemple: par le nom du constructeur, le type et le numéro de série. Pour les capteurs de force, la charge maximale d'utilisation doit être mentionnée.

### 3.2 Application de la charge

Le capteur de force doit être conçu de façon à permettre une application axiale de la charge, qu'elle soit de traction ou de compression.

### 3.3 Mesure de la déformation

La mesure de déformation de l'élément chargé du capteur de force peut être faite par des moyens mécaniques, électriques, optiques ou autres, d'une précision et d'une stabilité suffisantes.

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 charges d'étalonnage spécifiées ou pour l'interpolation (voir chapitre 6).

En général, l'utilisation des instruments de mesure de force qui ont un comparateur pour la mesure de la déformation est limitée aux forces pour lesquelles les instruments ont été étalonnés. En effet, le comparateur est utilisé sur un long déplacement et peut comporter de grandes erreurs périodiques localisées qui engendrent une incertitude trop grande pour permettre une interpolation entre les forces d'étalonnage. Il peut cependant être utilisé pour l'interpolation à condition que les caractéristiques du comparateur aient été déterminées au préalable et que son erreur périodique soit négligeable vis-à-vis de l'erreur d'interpolation de l'instrument de mesure de force.

## 4 Symboles, unités et définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les symboles, unités et définitions du tableau 1 sont applicables.

Tableau 1 — Symboles, unités et définitions

Symbole	Unité	Définition
$F_N$	N	Portée maximale de l'échelle de mesure
$F_f$	N	Capacité maximale du capteur
$X$	—	Indication <sup>1)</sup> lue sur l'appareil indicateur sous charge croissante
$\bar{X}$	—	Valeur moyenne des indications <sup>1)</sup> lues sur l'appareil indicateur
$X'$	—	Indication <sup>1)</sup> lue sur l'appareil indicateur sous charge décroissante
$X_{\max}$	—	Indication <sup>1)</sup> maximale lue sur l'appareil indicateur
$X_{\min}$	—	Indication <sup>1)</sup> minimale lue sur l'appareil indicateur
$X_a$	—	Valeur ajustée de la déformation
$X_{i0}$	—	Indication <sup>1)</sup> lue sur l'appareil indicateur avant l'application de la charge
$X_{if}$	—	Indication <sup>1)</sup> lue sur l'appareil indicateur après suppression de la charge
$X_N$	—	Indication <sup>1)</sup> lue sur l'appareil indicateur correspondant à la portée maximale
$b$	%	Erreur relative de répétabilité de l'instrument de mesure de force
$f_0$	%	Erreur relative du zéro
$f_c$	%	Erreur relative d'interpolation
$r$	—	Résolution de l'appareil indicateur
$u$	%	Erreur relative de réversibilité de l'instrument de mesure de force

1) Indication lue correspondant à la déformation.

## 5 Vérification de l'instrument de mesure de force

### 5.1 Généralités

Avant d'effectuer l'étalonnage proprement dit de l'instrument de mesure de force, il y a lieu de s'assurer que cet instrument est apte à être étalonné. Ceci peut être réalisé à l'aide d'essais préliminaires tels que ceux définis ci-après et donnés comme exemples.

#### 5.1.1 Essai de surcharge

Cet essai facultatif est décrit dans l'annexe, chapitre A.1.

#### 5.1.2 Vérification relative à l'application des charges

On doit s'assurer

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

La méthode spécifiée dans l'annexe, chapitre A.2, est un exemple de méthode pouvant être utilisée.

#### 5.1.3 Essai sous tension électrique variable

Cet essai est laissé à l'initiative du service d'étalonnage. Pour les instruments de mesure de force nécessitant une source d'alimentation électrique pour les circuits électriques associés, on vérifie qu'une variation de  $\pm 10$  % de la tension nominale du secteur n'a pas d'effet significatif. Cette vérification peut être faite soit à l'aide d'un simulateur du capteur de force soit par une méthode appropriée.

## 5.2 Résolution de l'appareil indicateur

### 5.2.1 Échelle analogique

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

La résolution  $r$  de l'appareil indicateur doit être obtenue à partir du rapport de la largeur de l'index à la distance entre les centres de deux graduations d'échelle adjacentes (intervalle d'échelle); les rapports recommandés sont 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.

### 5.2.2 Échelle numérique

La résolution est considérée comme étant un incrément du dernier chiffre pouvant varier sur l'indicateur numérique, pourvu que l'indication ne fluctue pas de plus d'un incrément quand l'instrument n'est pas chargé.

### 5.2.3 Fluctuation de l'indication

Lorsque les lectures fluctuent de plus de la valeur précédemment calculée de la résolution (avec l'instrument non chargé), la résolution est prise égale à la moitié de l'étendue de la fluctuation.

### 5.2.4 Unité

La résolution doit être convertie en unités de force.

## 5.3 Charge minimale

En prenant en compte 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 charge minimale appliquée à un instrument de mesure de force doit satisfaire les deux conditions suivantes:

- a) la charge minimale doit être supérieure ou égale à
  - $2\ 000 \times r$  pour la classe 0
  - $1\ 000 \times r$  pour la classe 1
  - $500 \times r$  pour la classe 2
- b) la charge minimale doit être supérieure ou égale à  $0,02 F_r$ .

## 5.4 Mode opératoire

### 5.4.1 Opération de précharge

Avant l'application des charges d'étalonnage, il faut appliquer trois fois au dispositif la charge maximale. La durée de chaque précharge doit être comprise entre 1 et 1 1/2 min.

### 5.4.2 Procédure

L'étalonnage doit être effectué en appliquant à l'instrument de mesure de force au moins trois séries de charges d'étalonnage par valeurs croissantes et, si nécessaire, par valeurs décroissantes. Entre chaque série de charges, l'instrument de mesure de force doit être tourné autour de son axe de façon à occuper pendant l'étalonnage au moins trois positions uniformément réparties sur  $360^\circ$  (c'est-à-dire  $0^\circ$ ,  $120^\circ$ ,  $240^\circ$ ). Dans le cas où cela ne serait pas possible, on peut prendre les trois positions suivantes:  $0^\circ$ ,  $180^\circ$  et  $360^\circ$ .

Pour la détermination de la courbe d'interpolation, le nombre de charges ne doit pas être inférieur à huit et ces charges doivent être distribuées aussi uniformément que possible sur le domaine d'étalonnage.

NOTE — Si l'on craint d'avoir une erreur périodique, il est recommandé d'éviter que les intervalles entre les charges correspondent à la périodicité de cette erreur.

Pour les instruments de mesure de force destinés à être utilisés dans les deux sens (en traction et en compression), la séquence d'étalonnage doit être la suivante:

- deux séries de charges en compression;
- trois séries de charges en traction;
- une série de charges en compression.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 376:1987

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/31099788b66781570198>

L'instrument de mesure de force doit être préalablement chargé trois fois à la charge maximale dans le sens dans lequel les charges d'essai subséquentes doivent être appliquées et de même, lorsqu'on change le sens du chargement, la charge maximale doit être appliquée trois fois dans le nouveau sens.

Au cours de l'application des charges, les indications correspondant à une charge appliquée nulle, avec un temps d'attente du retour au zéro d'au moins 30 s, doivent être notées.

Une fois au moins pendant l'étalonnage, le dispositif doit être démonté comme pour l'emballage et le transport. En général, ce démontage doit être effectué entre la deuxième et la troisième série de charges d'étalonnage; l'instrument de mesure de force est soumis trois fois à la charge maximale avant d'appliquer la série suivante de charge d'étalonnage.

Avant de commencer l'étalonnage d'un instrument de mesure de force électrique, le zéro du capteur de force peut être relevé (voir l'annexe, chapitre A.3).

#### 5.4.3 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 charge. L'étalonnage doit être effectué à une température stable à  $\pm 1$  °C; cette température doit être comprise entre 18 et 28 °C et doit être notée. Il faut attendre un temps suffisant pour permettre à l'instrument de mesure de force d'atteindre une température stable.

NOTE — Lorsqu'on sait que l'instrument de mesure de force à étalonner n'est pas compensé thermiquement, prendre soin de s'assurer que les variations thermiques n'affectent pas l'étalonnage.

Le temps de mise sous tension d'un capteur à jauges avant l'étalonnage ne doit pas être inférieur à 30 min.

#### 5.4.4 Détermination de la déformation

Une déformation est définie comme étant la différence entre une lecture sous charge et la lecture sans charge.

NOTE — Cette définition de la déformation s'applique aux lectures exprimées aussi bien en unités électriques qu'en unités de longueur.

### 5.5 Caractérisation de l'instrument de mesure de force

#### 5.5.1 Erreur relative de répétabilité, $b$

L'erreur relative de répétabilité est, pour chaque charge d'étalonnage, la différence entre les valeurs de déformation la plus forte et la plus faible, rapportée à la moyenne. Elle est calculée à l'aide de l'équation

$$b = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{\bar{X}} \times 100$$

où

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3}{3}$$

#### 5.5.2 Erreur relative d'interpolation, $f_c$

Cette erreur est déterminée à partir d'une équation du premier, deuxième ou troisième degré donnant la déformation en fonction de la charge d'étalonnage. L'équation utilisée doit être précisée dans le procès-verbal d'étalonnage:

$$f_c = \frac{\bar{X} - X_a}{X_a} \times 100$$

#### 5.5.3 Erreur relative du zéro, $f_o$

Le zéro doit être ajusté avant et relevé après chaque série d'essais. La lecture du zéro doit être effectuée environ 30 s après total déchargement.

L'erreur relative du zéro est calculée à l'aide de l'équation

$$f_o = \frac{X_{if} - X_{io}}{X_N} \times 100$$

#### 5.5.4 Erreur relative de réversibilité, $u$

Cette détermination n'est faite que sur demande. L'erreur relative de réversibilité est déterminée, pour chaque charge d'étalonnage, en faisant une vérification dans le sens des charges croissantes puis dans le sens des charges décroissantes.

La différence entre les valeurs trouvées dans le sens croissant et dans le sens décroissant permet de calculer l'erreur relative de réversibilité à l'aide de l'équation

$$u = \frac{X' - X}{X} \times 100$$

## 6 Classification de l'instrument de mesure de force

### 6.1 Principe de classement

Le domaine pour lequel l'instrument de mesure de force est classé est déterminé en considérant chaque charge d'étalonnage successivement en commençant par la charge maximale et en diminuant jusqu'à la plus faible charge d'étalonnage. Le domaine de classement cesse à la dernière charge pour laquelle les exigences de classification sont satisfaites.

L'instrument de mesure de force peut être classé

- soit pour des charges spécifiées,
- soit pour l'interpolation.

### 6.2 Critères de classement

Le domaine de classement d'un instrument de mesure de force doit au moins couvrir le domaine de 50 % à 100 % de  $F_N$ .

**6.2.1** Pour les instruments classés uniquement pour des charges spécifiées, les critères suivants sont à prendre en considération :

- l'erreur relative de répétabilité;
- l'erreur relative du zéro;
- l'erreur relative de réversibilité lorsqu'elle est prévue.

**6.2.2** Pour les instruments classés pour l'interpolation, les critères suivants sont à prendre en considération :

- l'erreur relative de répétabilité;
- l'erreur relative d'interpolation;
- l'erreur relative du zéro;
- l'erreur relative de réversibilité lorsqu'elle est prévue.

Le tableau 2 donne les valeurs de ces différents paramètres en fonction de la classe de l'instrument de mesure de force ainsi que l'incertitude des charges d'étalonnage.

**Tableau 2 — Caractéristiques des instruments de mesure de force**

Classe	Valeurs maximales admissibles de l'instrument de mesure de force (%)				Charge d'étalonnage
	Erreur relative				
	de répétabilité	d'interpolation	du zéro	de réversibilité <sup>1)</sup>	
	<i>b</i>	<i>f<sub>c</sub></i>	<i>f<sub>o</sub></i>	<i>u</i>	
0	0,10	± 0,05	± 0,05	0,15	± 0,025
1	0,20	± 0,10	± 0,10	0,30	± 0,05
2	0,40	± 0,20	± 0,20	0,50	± 0,10

1) La vérification de la réversibilité est effectuée uniquement sur demande.

**6.3 Certificat d'étalonnage et durée de validité**

**6.3.1** Lorsqu'un instrument de mesure de force a, lors de l'étalonnage, satisfait les exigences de la présente Norme internationale, l'autorité d'étalonnage doit établir un certificat comportant les informations suivantes :

- a) l'identification de tous les éléments constitutifs de l'instrument de mesure de force ainsi que des pièces annexes utilisées pour l'application des forces, et du banc d'étalonnage;
- b) le mode de sollicitation (traction-compression);
- c) l'attestation que l'instrument répond aux exigences des essais préliminaires;
- d) la classe et le domaine (ou les charges) de validité;
- e) les résultats de l'étalonnage et, lorsque cela est demandé, la courbe d'étalonnage;
- f) la température à laquelle l'étalonnage a été effectué.

**6.3.2** Dans le cadre de la présente Norme internationale, la durée de validité du certificat ne peut dépasser 26 mois.

Un instrument de mesure de force doit être de nouveau étalonné lorsqu'il a subi une surcharge supérieure à celle de l'essai de surcharge (voir l'annexe, chapitre A.1) ou une réparation.

**7 Utilisation des instruments de mesure de force étalonnés**

L'instrument doit être chargé conformément aux conditions pour lesquelles il a été étalonné. Des précautions doivent être prises pour éviter que l'instrument ne soit soumis, lors de son emploi, à des charges supérieures à la charge maximale d'étalonnage.

Les instruments classés uniquement pour des charges spécifiées ne doivent être utilisés que pour ces charges.

Les instruments classés pour l'interpolation peuvent être utilisés pour toute charge incluse dans le domaine d'interpolation.

Lorsqu'un instrument de mesure de force est utilisé à une température autre que la température d'étalonnage, la déformation de l'instrument doit être, si nécessaire, corrigée pour tout écart de température à l'aide de l'équation

$$D_t = D_e [1 + K(t - t_e)]$$

ISO 376:1987

ou <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5646cae0-76b7-4735-9bf8-30099788b689/iso-376-1987>

*D<sub>t</sub>* est la déformation à la température *t* °C;

*D<sub>e</sub>* est la déformation à la température d'étalonnage *t<sub>e</sub>* °C;

*K* est le coefficient de température de l'instrument, en degrés Celsius à la puissance moins un.

Pour les instruments en acier ne contenant pas plus de 7 % d'élément d'alliage et ne comportant pas de capteur de force à sorties électriques, la valeur *K* = 0,000 27/°C peut être utilisée.

Pour les instruments en matériau autre que l'acier, ou comportant des capteurs de force à sorties électriques, la valeur de *K* doit être déterminée expérimentalement et doit être fournie par le fabricant. La valeur utilisée doit être mentionnée dans le certificat d'étalonnage de l'instrument.

Le tableau 3 donne les corrections de déformation pour des instruments du premier type. Ces corrections ont été obtenues avec *K* = 0,000 27/°C.

NOTE — Lorsque l'instrument est en acier et lorsque la déformation est mesurée en unités de longueur, la correction de température correspond à environ 0,001 pour chaque variation de 4 °C.

La plupart des capteurs de force à sorties électriques sont compensés thermiquement.

En général, il est suffisant de mesurer la température du dispositif à 1 °C près (voir la note de 5.4.3).

**Tableau 3 — Correction de la déformation pour des variations de température d'un instrument de mesure de force en acier**

(ne comportant pas de capteur de force à sorties électriques)

Correction de la déformation (divisions)	Écart de température par rapport à la température d'étalonnage							
	1 °C	2 °C	3 °C	4 °C	5 °C	6 °C	7 °C	8 °C
	Déformations maximales auxquelles s'applique la correction (divisions)							
0,0	185	92	61	46	37	30	26	23
0,1	555	277	185	138	111	92	79	69
0,2	925	462	308	231	185	154	132	115
0,3	1 296	648	432	324	259	216	185	162
0,4	1 666	833	555	416	333	277	238	208
0,5	2 037	1 018	679	509	407	339	291	234
0,6		1 203	802	601	481	401	343	300
0,7		1 388	925	694	555	462	396	347
0,8		1 574	1 049	787	629	524	449	393
0,9		1 759	1 172	879	703	586	502	439
1,0		1 944	1 296	972	777	648	555	486
1,1		2 129	1 419	1 064	851	709	608	532
1,2			1 543	1 157	925	771	661	578
1,3			1 666	1 250	999	833	714	625
1,4			1 790	1 342	1 074	895	767	671
1,5			1 913	1 435	1 148	956	820	717
1,6			2 037	1 527	1 222	1 018	873	763
1,7			2 160	1 620	1 296	1 080	925	810
1,8				1 712	1 370	1 141	978	856
1,9				1 805	1 444	1 203	1 031	902
2,0				1 898	1 518	1 265	1 084	949
2,1				1 990	1 592	1 327	1 137	995
2,2				2 083	1 666	1 388	1 190	1 041
2,3					1 740	1 450	1 243	1 087
2,4					1 814	1 512	1 296	1 134
2,5					1 888	1 574	1 349	1 180

Si une déformation a été mesurée avec un instrument de mesure de force à une température supérieure à la température d'étalonnage et si l'on veut obtenir la déformation de l'instrument pour la température d'étalonnage, la correction de la déformation donnée dans le tableau 3 doit être déduite de la déformation mesurée.

Lorsque la mesure est faite avec un instrument de mesure de force à une température inférieure à la température d'étalonnage, la correction doit être ajoutée.

**EXEMPLE :**

température de l'instrument de mesure de force: 22 °C  
 déformation observée: 729,6 divisions  
 température d'étalonnage: 20 °C  
 écart de température: 22 - 20 = + 2 °C

Dans la colonne correspondant à l'écart de + 2 °C, la déformation la plus proche et dépassant 729,6 divisions est 833 divisions. Pour cette valeur de la déformation, le tableau 3 donne une correction de 0,4 division.

La déformation corrigée est 729,6 - 0,4 = 729,2 divisions.

STANDARD PREVIEW  
 (standards.iteh.ai)  
 https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/5646eae0-76b7-4735-9bf8-30099788bc89/iso-376-1987