
**Matériaux métalliques — Étalonnage
et vérification des machines pour
essais statiques uniaxiaux —**

Partie 1:

**Machines d'essai de traction/
compression — Étalonnage et
vérification du système de mesure de
force**

ISO 7500-1:2018
*Metallic materials — Calibration and verification of static uniaxial
testing machines*
*Part 1: Tension/compression testing machines — Calibration and
verification of the force-measuring system*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bec6d01d-d742-499e-b817-7f9507df920/iso-7500-1-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 7500-1:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/bec6d01d-d742-499e-b817-7ff9507df920/iso-7500-1-2018>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en oeuvre, 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
CP 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Symboles	2
5 Inspection générale de la machine d'essai	3
6 Étalonnage du système de mesure de force de la machine d'essai	3
6.1 Généralités.....	3
6.2 Détermination de la résolution.....	4
6.2.1 Échelle analogique.....	4
6.2.2 Échelle numérique.....	4
6.2.3 Fluctuation des indications.....	4
6.2.4 Unité.....	5
6.3 Vérification préalable de la résolution relative de l'appareil indicateur de force.....	5
6.4 Mode opératoire d'étalonnage.....	5
6.4.1 Alignement de l'instrument de mesure de force.....	5
6.4.2 Compensation des températures.....	5
6.4.3 Mise en condition de la machine d'essai.....	6
6.4.4 Mode opératoire.....	6
6.4.5 Application des paliers de force.....	6
6.4.6 Vérification des dispositifs accessoires.....	7
6.4.7 Vérification de l'influence des différences des positions du piston.....	7
6.4.8 Détermination de l'erreur relative de réversibilité.....	7
6.5 Évaluation de l'appareil indicateur de force.....	8
6.5.1 Erreur relative d'indication.....	8
6.5.2 Erreur relative de répétabilité.....	9
6.5.3 Concordance entre deux instruments de mesure de force.....	9
7 Classe de l'échelle de la machine d'essai	10
8 Rapport de vérification	10
8.1 Informations générales.....	10
8.2 Résultats de la vérification.....	11
9 Intervalles entre vérifications	11
Annexe A (normative) Inspection générale de la machine d'essai	12
Annexe B (informative) Inspection des plateaux de chargement des machines d'essai de compression	13
Annexe C (informative) Incertitude des résultats d'étalonnage du système de mesure de force	14
Bibliographie	18

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.

(standards.iteh.ai)

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 le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/164, *Essais mécaniques des métaux*, SC 1 *Essais uniaxiaux*

Cette cinquième édition annule et remplace la quatrième édition (ISO 7500-1:2015), dont elle constitue une révision mineure. Les modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

— Les définitions de ΔF , Δm , Δg , E , E' , U , et U dans le [Tableau 1](#) ont fait l'objet d'une révision éditoriale.

Une liste de l'ensemble des parties de la série de l'ISO 7500 peut être trouvée sur le site de l'ISO.

Matériaux métalliques — Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux —

Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Étalonnage et vérification du système de mesure de force

1 Domaine d'application

Ce document spécifie l'étalonnage et la vérification des machines d'essai de traction/compression.

La vérification consiste en:

- une inspection générale de la machine d'essai, y compris ses accessoires pour l'application des forces;
- un étalonnage du système de mesure de force.
- une confirmation que les propriétés de la machine d'essai concernant ses performances atteignent les limites indiquées pour une classe spécifiée.

NOTE Ce document traite de l'étalonnage et de la vérification statique des systèmes de mesure de force. Les valeurs d'étalonnage ne sont pas nécessairement valables pour les applications d'essais dynamiques ou à grande vitesse. La bibliographie donne des informations complémentaires sur les effets dynamiques.

ATTENTION — Certains des essais spécifiés dans ce document impliquent l'utilisation de processus qui peuvent conduire à une situation dangereuse.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 376, *Matériaux métalliques — Étalonnage des instruments de mesure de force utilisés pour la vérification des machines d'essais uniaxiaux*

3 Termes et définitions

Pour les besoins de ce document, les termes et les définitions suivantes s'appliquent.

L'ISO et le CEI maintiennent des bases de données terminologiques pour l'utilisation en normalisation disponibles aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

3.1 étalonnage

opération qui établit une relation entre les valeurs de force (avec les incertitudes associées) indiquées par la machine d'essai et celles mesurées par un ou plusieurs instruments de mesure de force

**3.2
vérification**

confirmation, fondée sur une analyse des mesures en conformité avec ce document, que les propriétés de la machine d'essai concernant ses performances atteignent les limites indiquées pour une classe spécifiée

4 Symboles

Les symboles et leur signification sont donnés dans le [Tableau 1](#).

Tableau 1 — Symboles et leur signification

Symbole	Unité	Signification
a	%	résolution relative de l'appareil indicateur de force de la machine d'essai
a_F	%	résolution relative de l'indicateur de force de la machine d'essai à la force appliquée
a_Z	%	résolution relative de l'indicateur de force de la machine d'essai sans force appliquée (force zéro)
b	%	erreur relative de répétabilité du système de mesure de force de la machine d'essai
b_{al}	%	valeur de b admissible pour une classe donnée
ΔF	N	erreur de la force
Δm	kg	erreur de la masse
Δg	m/s ²	erreur de l'accélération due à la gravité
E	%	erreur relative moyenne estimée des incréments de force
E'	%	erreur relative moyenne estimée des décrets de force
f_0	%	erreur relative du zéro du système de mesure de force de la machine d'essai
F	N	force de référence indiquée par l'instrument de mesure de force sous force d'essai croissante
F'	N	force de référence indiquée par l'instrument de mesure de force sous force d'essai décroissante
F_c	N	force de référence indiquée par l'instrument de mesure de force sous force d'essai croissante, pour la série complémentaire de mesures pour la plus petite échelle utilisée
F_i	N	force lue sur l'appareil indicateur de force de la machine d'essai à vérifier, sous force d'essai croissante
F'_i	N	force lue sur l'appareil indicateur de force de la machine d'essai à vérifier, sous force d'essai décroissante
\bar{F}_i, \bar{F}	N	moyenne arithmétique de plusieurs mesures de F_i et de F pour le même palier de force
F_{ic}	N	force lue sur l'appareil indicateur de force de la machine d'essai à vérifier, sous force d'essai croissante, pour la série complémentaire de mesures pour la plus petite échelle utilisée
F_{i0}	N	indication résiduelle de l'appareil indicateur de force de la machine d'essai à vérifier après déchargement
F_N	N	portée maximale de l'échelle de mesure de l'appareil indicateur de force de la machine d'essai
g	m/s ²	accélération locale due à la pesanteur
k		facteur d'élargissement utilisé pour calculer l'incertitude élargie à partir de l'incertitude combinée
m	kg	masse du poids-mort utilisé pour produire une force d'étalonnage
q	%	erreur relative moyenne d'indication du système de mesure de force de la machine d'essai
q_i	%	i -ème mesure de l'erreur relative d'indication du système de mesure de force de la machine d'essai
q_{al}	%	valeur admissible de q pour une classe donnée

Tableau 1 (suite)

Symbole	Unité	Signification
q_{\max}	%	valeur maximale de q pour chaque point d'étalonnage
q_{\min}	%	valeur minimale de q pour chaque point d'étalonnage
q_{T1}	%	erreur d'indication relative déterminée à un point de croisement utilisant l'instrument de mesure de force 1
q_{T2}	%	erreur d'indication relative déterminée à un point de croisement utilisant l'instrument de mesure de force 2
r	N	résolution de l'appareil indicateur de force de la machine d'essai
u_c	%	incertitude combinée
u_i	%	composante de l'incertitude
u_{rep}	%	composante de l'incertitude liée à la répétabilité
u_{res}	%	composante de l'incertitude liée à la résolution
u_{std}	%	composante de l'incertitude liée au système d'étalonnage utilisé
U	%	incertitude étendue des incréments de force
U'	%	incertitude étendue de réversibilité des décréments de force
U_{T1}	%	incertitude étendue en utilisant un instrument de mesure de force 1 à un point de croisement
U_{T2}	%	incertitude étendue en utilisant un instrument de mesure de force 2 à un point de croisement
v	%	erreur relative de réversibilité du système de mesure de force de la machine d'essai
ρ_{air}	kg/m ³	masse volumique de l'air
ρ_m	kg/m ³	masse volumique des poids morts

ISO 7500-1:2018

5 Inspection générale de la machine d'essai

L'étalonnage de la machine d'essai ne doit être réalisé que si la machine est en bon état de fonctionnement. Dans ce but, une inspection générale de la machine d'essai doit être effectuée avant l'étalonnage du système de mesure de force de la machine comme indiqué dans l'[Annexe A](#).

NOTE Les bonnes pratiques métrologiques nécessitent d'effectuer un étalonnage avant toute opération de maintenance ou de réglage de la machine d'essai pour déterminer la condition "en l'état" de la machine.

Des informations sur l'inspection des plateaux de chargement sont fournies à l'[Annexe B](#). L'incertitude des résultats d'étalonnage est discutée à l'[Annexe C](#).

6 Étalonnage du système de mesure de force de la machine d'essai

6.1 Généralités

Cet étalonnage doit être effectué pour chaque échelle de force utilisée et avec tous les appareils indicateurs de force employés. Tous les dispositifs accessoires (par exemple aiguille suiveuse, enregistreur) qui peuvent avoir une influence sur le système de mesure de force doivent être vérifiés conformément à [6.4.6](#), lorsqu'ils sont utilisés.

Lorsque la machine d'essai comporte plusieurs systèmes de mesure de force, chaque système doit être considéré comme une machine d'essai particulière. Le même mode opératoire doit être suivi pour les machines hydrauliques à double piston.

L'étalonnage doit être effectué à l'aide d'instruments de mesure de force, avec l'exception suivante. Lorsque la force à vérifier est inférieure à la limite inférieure du dispositif de mesure de force de plus petite capacité, utilisé pour l'étalonnage, utiliser des masses connues.

Lorsqu'on doit utiliser plus d'un instrument de mesure de force pour l'étalonnage d'une échelle de force, la force maximale appliquée au dispositif de plus faibles forces doit être égale à la force minimale appliquée à l'instrument de mesure de force de capacité supérieure. Lorsqu'un jeu de masses connues est utilisé pour vérifier les forces, le jeu doit être considéré comme un seul instrument de mesure de force.

L'étalonnage peut être réalisé avec des forces indiquées, F_i , constantes ou l'étalonnage peut être effectué avec des forces, F de référence constantes. L'étalonnage peut être effectué avec une force croissant lentement pour des niveaux de force croissants ou une force décroissant lentement pour des niveaux de force décroissants

NOTE Le mot «constante» signifie qu'on utilise la même valeur de F_i (ou de F) pour les trois séries de mesures (voir 6.4.5).

Les instruments utilisés pour l'étalonnage doivent avoir un raccordement certifié au système international d'unités.

L'instrument de mesure de force doit répondre aux prescriptions spécifiées dans l'ISO 376. La classe de l'instrument doit être égale à ou meilleure que la classe pour laquelle la machine doit être étalonnée. Dans le cas des poids morts, l'erreur relative de la force engendrée par ces poids doit être contenue dans la fourchette $\pm 0,1$ %.

La formule exacte donnant la force, F , en newtons, engendrée par des poids morts de masse m , en kilogrammes, est donnée par la [Formule \(1\)](#):

$$F = mg_n \left(1 - \frac{\rho_{\text{air}}}{\rho_m} \right) \quad (1)$$

Cette force peut être calculée en utilisant la [Formule \(2\)](#).

$$F = mg \quad (2)$$

L'erreur relative de la force peut être calculée à partir des erreurs relatives de la masse et de l'accélération liées à la pesanteur en utilisant la [Formule \(3\)](#):

$$\frac{\Delta F}{F} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta g}{g} \quad (3)$$

6.2 Détermination de la résolution

6.2.1 Échelle analogique

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

La résolution, r , de l'indicateur doit être obtenue à partir du rapport de la largeur de l'aiguille suiveuse à la distance entre centres de deux graduations adjacentes de l'échelle (intervalle d'échelle) multiplié par la valeur de la force que représente un intervalle d'échelle. Les rapports recommandés sont 1:2, 1:5 ou 1:10, un espacement supérieur ou égal à 2,5 mm étant nécessaire pour la détermination d'un dixième d'une division de l'échelle.

6.2.2 Échelle numérique

La résolution est considérée comme étant un incrément du nombre sur l'indicateur numérique.

6.2.3 Fluctuation des indications

Lorsque les indications varient de plus de la valeur précédemment calculée de la résolution (avec l'étalonnage de l'instrument de mesure de force non chargé et le moteur et/ou le mécanisme

d'entraînement et les commandes en fonctionnement pour déterminer la somme du bruit électrique total), cette résolution, r , est prise égale à la moitié de l'étendue de la fluctuation plus une unité.

NOTE 1 Ceci ne détermine que la résolution due au bruit du système et ne tient pas compte des erreurs de commande, c'est-à-dire dans le cas des machines hydrauliques.

NOTE 2 Pour les machines à choix automatique d'échelle, la résolution de l'appareil indicateur varie en fonction du changement de la résolution ou du gain du système.

6.2.4 Unité

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

6.3 Vérification préalable de la résolution relative de l'appareil indicateur de force

La résolution relative, a , de l'appareil indicateur de force est définie par la relation donnée dans la [Formule \(4\)](#):

$$a = \frac{r}{F_i} \times 100 \quad (4)$$

où

r est la résolution définie en [6.2](#);

F_i est la force indiquée par l'indicateur de force de la machine d'essai.

La résolution relative doit être déterminée à chaque point d'étalonnage et ne doit pas dépasser les valeurs données dans le [Tableau 2](#) pour la classe de la machine vérifiée.

ISO 7500-1:2018

6.4 Mode opératoire d'étalonnage

<http://www.iso.org/standards/sist/bec6d01d-d742-499e-b817-7f9507df920/iso-7500-1-2018>

6.4.1 Alignement de l'instrument de mesure de force

Monter les instruments de mesure de force de traction dans la machine de manière à minimiser les effets de flexion (voir ISO 376). Pour l'alignement d'un instrument de mesure de force en compression, monter un plateau avec une embase sphérique sur l'instrument si la machine n'est pas pourvue d'une rotule incorporée.

Pour l'étalonnage en mode de traction/compression des systèmes d'essai qui n'utilisent pas de plaques de compression pour les essais, le dispositif de mesure de force peut être fixé à la machine d'essai avec des goujons filetés. Dans ce cas, le dispositif de mesure de force doit être étalonné d'une façon similaire (c'est-à-dire avec des goujons filetés) et une rotation de l'instrument de mesure de force d'un angle de 120° est requise entre chaque série de mesures pendant la vérification de la machine d'essai.

Si la machine comporte deux zones de travail avec une application commune de la force et un dispositif indicateur commun, un étalonnage peut être réalisé de façon que, par exemple, la compression dans la zone de travail supérieure soit égale à la traction dans la zone de travail inférieure, et vice versa. Il convient que le certificat comporte un commentaire approprié.

6.4.2 Compensation des températures

L'étalonnage doit être réalisé à une température ambiante comprise entre 10 °C et 35 °C. La température à laquelle l'étalonnage est réalisé doit être notée dans le rapport de vérification.

Un temps suffisant doit être alloué pour que l'instrument de mesure de force atteigne une période stable de température. La température de l'instrument de mesure de force ne doit pas varier de plus de ± 2 °C pendant chaque opération d'étalonnage. Si nécessaire, des corrections de température doivent être appliquées aux lectures (voir ISO 376).

6.4.3 Mise en condition de la machine d'essai

Immédiatement avant la procédure d'étalonnage, la machine, avec l'instrument de mesure de force mis en place, doit être chargée au moins trois fois entre la force zéro et la force maximale à mesurer.

6.4.4 Mode opératoire

Utiliser l'une ou l'autre des méthodes suivantes:

- a) une force nominale, F_i , indiquée par l'appareil indicateur de force de la machine est appliquée par la machine et la force réelle, F , indiquée par l'instrument de mesure de force est notée;
- b) une force de référence nominale, F , indiquée par l'instrument de mesure de force est appliquée par la machine et la force, F_i , indiquée par l'appareil indicateur de force de la machine est notée.

Le mot nominal implique qu'il n'est pas nécessaire de répéter les valeurs exactes de la force dans chaque série de mesures, cependant il convient qu'elles soient approximativement les mêmes.

6.4.5 Application des paliers de force

On doit effectuer trois séries de mesures sous force croissante. Pour les machines appliquant au plus cinq paliers de force, chaque valeur de l'erreur relative ne doit pas dépasser les valeurs données dans le [Tableau 2](#) pour une classe donnée. Pour les machines appliquant plus de cinq paliers de force, chaque série de mesures doit comporter au moins cinq paliers de force à peu près régulièrement espacés entre 20 % et 100 % de l'étendue maximale de l'échelle.

Si un étalonnage est réalisé à des forces inférieures à 20 % de la limite supérieure de l'étendue, des mesures supplémentaires de la force doivent être réalisées. Cinq forces d'étalonnage différentes ou plus doivent être choisies pour chaque dizaine inférieure à 20 % de la limite supérieure de l'échelle de telle façon que le rapport entre 2 forces d'étalonnage adjacentes soit inférieur ou égal à 2, par exemple approximativement 10 %, 7 %, 4 %, 2 %, 1 %, 0,7 %, 0,4 %, 0,2 % et 0,1 % de l'échelle en descendant jusqu'à la limite inférieure d'étalonnage incluse. La plus petite décade n'est pas nécessairement une décade complète et n'exige pas 5 points d'étalonnage.

La limite inférieure de l'étendue ne doit pas être inférieure à la résolution, r , multipliée par:

- 400 pour la classe 0,5;
- 200 pour la classe 1;
- 100 pour la classe 2;
- 67 pour la classe 3.

Pour les machines d'essai munies d'appareils indicateurs à choix automatique d'échelle, au moins deux niveaux de force doivent être appliqués sur chaque partie de l'échelle pour laquelle la résolution ne change pas.

L'instrument de mesure de force peut être tourné d'un angle de 120° avant que chaque série de mesures et un cycle de pré chargement soient entrepris.

Pour chaque palier de force, l'erreur relative d'indication et l'erreur relative de répétabilité du système de mesure de force de la machine d'essai doivent être calculées (voir [6.5](#)).

Avant chaque série de mesures, on doit régler l'indication de l'appareil indicateur à zéro. La lecture du zéro doit être prise environ 30 s après que la force a été complètement retirée. Dans le cas d'un appareil indicateur analogique, on doit également vérifier que l'aiguille suiveuse oscille librement autour du zéro et, dans le cas de l'utilisation d'un appareil indicateur numérique, que tout dépassement du zéro vers le bas est immédiatement enregistré, par exemple par un indicateur de signe négatif.

Pour chaque série, on doit noter l'erreur relative du zéro, calculée à l'aide de la [Formule \(5\)](#):

$$f_0 = \frac{F_{i0}}{F_N} \times 100 \quad (5)$$

6.4.6 Vérification des dispositifs accessoires

On doit vérifier l'état de bon fonctionnement et la résistance due au frottement des dispositifs accessoires mécaniques (aiguille suiveuse, enregistreur) selon l'une des méthodes suivantes, selon que la machine est habituellement utilisée avec ou sans accessoires:

- machine habituellement utilisée avec les accessoires: on doit effectuer trois séries de mesures sous force croissante (voir [6.4.5](#)), avec les accessoires branchés pour chaque échelle de force utilisée, et une série complémentaire de mesures sans accessoires pour au moins la plus petite échelle utilisée;
- machine habituellement utilisée sans accessoires: on doit effectuer trois séries de mesures sous force croissante (voir [6.4.5](#)), avec les accessoires débranchés pour chaque échelle de force utilisée, et une série complémentaire de mesures avec les accessoires branchés pour au moins la plus petite échelle utilisée.

Dans les deux cas, l'erreur relative d'indication, q , doit être calculée pour les trois séries normales de mesures, et l'erreur relative de répétabilité, b , doit être calculée sur l'ensemble des quatre séries. Les valeurs obtenues de b et q doivent être conformes à celles du [Tableau 2](#) pour la classe considérée, et les conditions suivantes doivent, en outre, être satisfaites:

- pour les étalonnages avec force indiquée constante:

$$100 \left| \frac{F_i - F_c}{F_c} \right| \leq 1,5 q_{al} \quad (6)$$

- pour les étalonnages avec force de référence constante:

$$100 \left| \frac{F_{ic} - F}{F} \right| \leq 1,5 q_{al} \quad (7)$$

Dans les [Formules \(6\)](#) et [\(7\)](#), la valeur de q_{al} est la valeur maximale admissible donnée dans le [Tableau 2](#) pour la classe considérée.

6.4.7 Vérification de l'influence des différences des positions du piston

Pour les machines hydrauliques, dont la pression hydraulique au niveau du vérin est utilisée pour mesurer la force d'essai, l'influence d'une différence de position du piston doit être vérifiée pour la plus petite échelle utilisée de la machine, au cours des trois séries de mesures (voir [6.4.5](#)). La position du piston doit être différente pour chacune des séries de mesures.

Dans le cas d'une machine hydraulique à double piston, il est nécessaire de considérer les deux pistons.

6.4.8 Détermination de l'erreur relative de réversibilité

Lorsqu'elle est requise, l'erreur relative de réversibilité, v , doit être déterminée en réalisant, pour les mêmes paliers de force, un étalonnage tout d'abord dans le sens des forces croissantes puis dans le sens des forces décroissantes. La vérification doit être réalisée au moyen d'un instrument de mesure de force étalonné pour les forces décroissantes conformément à l'ISO 376. Une seule série de mesures avec des paliers de forces décroissantes est requise pour déterminer l'erreur de réversibilité.