
**Céramiques techniques — Méthode
d'essai de résistance à la compression
des composites renforcés de fibres
continues à température ambiante**

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —
Test method for compressive behaviour of continuous fibre-reinforced
composites at room temperature*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20504:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20504:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2006, Publié en Suisse

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	3
5 Appareillage	4
5.1 Machine d'essai.....	4
5.2 Système de mise en charge.....	4
5.3 Mesurage de la déformation.....	4
5.3.1 Généralités.....	4
5.3.2 Jauges de déformation.....	4
5.3.3 Extensométrie.....	5
5.4 Système d'enregistrement des données.....	5
5.5 Dispositifs de mesurage des dimensions.....	5
6 Éprouvettes	5
6.1 Généralités.....	5
6.2 Compression entre plateaux.....	6
6.3 Éprouvettes utilisées avec des mors.....	7
7 Préparation des éprouvettes	10
7.1 Usinage et préparation.....	10
7.2 Nombre d'éprouvettes.....	10
8 Mode opératoire d'essai	10
8.1 Mode et vitesse d'essai.....	10
8.2 Mesurage des dimensions des éprouvettes.....	11
8.3 Flambage.....	11
8.4 Technique de l'essai.....	11
8.4.1 Montage de l'éprouvette.....	11
8.4.2 Extensomètres.....	11
8.4.3 Mesurages.....	12
8.5 Validité de l'essai.....	12
9 Calcul des résultats	12
9.1 Origine de l'éprouvette.....	12
9.2 Résistance à la compression.....	12
9.3 Déformation à la force maximale de compression.....	13
9.4 Coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique, module élastique.....	13
9.5 Contrainte de flambage.....	14
9.6 Arrondissement des résultats.....	14
9.7 Moyenne et écart-type.....	14
10 Rapport d'essai	15
Annexe A (informative) Représentation du module élastique	16
Annexe B (normative) Vérification de l'alignement	18
Annexe C (normative) Limites de la force de compression pour assurer une «vraie» rupture en compression	20

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 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. 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 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'OMC concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: [Avant-propos — Informations supplémentaires](http://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a56b992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006).

L'ISO 20504 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

Céramiques techniques — Méthode d'essai de résistance à la compression des composites renforcés de fibres continues à température ambiante

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit des méthodes permettant de déterminer les caractéristiques en compression des matériaux composites à matrice céramique avec renfort de fibres continues à température ambiante. La présente Norme internationale s'applique à tous les composites à matrice céramique avec renfort de fibres continues, unidirectionnel (1D), bidirectionnel (2D), et tridirectionnel (x D, avec $2 < x \leq 3$), sollicités suivant un axe principal de renfort. Elle peut également s'appliquer aux composites à matrice de carbone avec renfort de fibres de carbone (également connus en tant que carbone/carbone ou C/C). Deux cas de compression sont distingués: la compression entre plateaux et la compression entre mors.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables à 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 7500-1, *Matériaux métalliques — Vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux — Partie 1: Machines d'essai de traction/compression — Vérification et étalonnage du système de mesure de force*
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-26723b09214a/iso-7500-1-2006>

ISO 3611, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Équipement de mesurage dimensionnel: Micromètres d'extérieur — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

ISO 9513, *Matériaux métalliques — Étalonnage des chaînes extensométriques utilisées lors d'essais uniaxiaux*

ISO 14126, *Composites plastiques renforcés de fibres — Détermination des caractéristiques en compression dans le plan*

ASTM E1012, *Standard Practice for Verification of Test Frame and Specimen Alignment Under Tensile and Compressive Axial Force Application*

3 Termes et définitions

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

3.1

section de jauge

partie de l'éprouvette où la section transversale est la plus faible et est uniforme

3.2

longueur de la section de jauge

l

longueur de la section de jauge

3.3

longueur de jauge initiale

L_0

distance initiale entre les points de référence dans la section de jauge

3.4
longueur de jauge finale

L_f
distance finale entre les points de référence dans la section de jauge à la fin de l'essai

3.5
aire initiale de la section

A_0
aire initiale de la section transversale de la section de jauge

3.6
accourcissement

ΔL
diminution de la longueur de jauge initiale due à l'application d'une force de compression uniaxiale

Note 1 à l'article: Il convient de désigner par $\Delta L_{c,m}$ la déformation longitudinale correspondant à la force maximale.

3.7
déformation en compression

ε
modification relative de la longueur de jauge définie comme le rapport $\Delta L/L_0$

Note 1 à l'article: Il convient de désigner par $\varepsilon_{c,m}$ la déformation en compression correspondant à la force maximale.

3.8
force de compression

F_c
force de compression uniaxiale appliquée à une éprouvette

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.9
force maximale de compression

$F_{c,m}$
force de compression uniaxiale la plus élevée appliquée à une éprouvette lors d'un essai de compression réalisé jusqu'à rupture

ISO 20504:2006

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-62c75510c866/iso-20504-2006>

3.10
contrainte de compression

σ
force de compression supportée par l'éprouvette à tout moment au cours de l'essai, divisée par l'aire initiale de la section, telle que $\sigma = F_c/A_0$

3.11
résistance à la compression

$S_{c,m}$
contrainte de compression la plus élevée appliquée à une éprouvette lors d'un essai de compression réalisé jusqu'à rupture

3.12
coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique

E_p
pente de la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation, si elle existe

Note 1 à l'article: L'examen des courbes contrainte-déformation des composites à matrice céramique conduit à définir les cas suivants:

- Matériau présentant une zone linéaire dans la courbe contrainte-déformation.

Pour les matériaux composites à matrice céramique dont le comportement mécanique est caractérisé par une zone linéaire, le coefficient de proportionnalité E_p est défini par:

$$E_p(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{\varepsilon_2 - \varepsilon_1} \quad (1)$$

où $(\varepsilon_1, \sigma_1)$ et $(\varepsilon_2, \sigma_2)$ caractérisent les points proches de la limite inférieure et de la limite supérieure de la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation (voir [Figures A.1](#) et [A.2](#)).

— Matériau présentant une courbe contrainte-déformation non linéaire. Dans ce cas, seuls des couples contrainte-déformation peuvent être déterminés à des contraintes spécifiées ou des déformations spécifiées.

3.13 module élastique

E

coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique, dans le cas particulier où la linéarité est très proche de l'origine

VOIR: [Figure A.2](#).

3.14 déformation axiale

déformation longitudinale moyenne mesurée à la surface de l'éprouvette en des points spécifiés

VOIR: [Annexe B](#).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.15 déformation en flexion

différence entre les déformations longitudinales à une position longitudinale donnée sur les faces opposées de l'éprouvette

ISO 20504:2006

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006)

[c367fd3b0c8d/iso-20504-2006](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a5bf992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006)

VOIR: [Annexe B](#).

3.16 force de flambage

force critique appliquée axialement à partir de laquelle l'éprouvette adopte une forme incurvée

3.17 contrainte de flambage critique

contrainte critique en compression axiale à partir de laquelle l'éprouvette adopte une forme incurvée

4 Principe

Une éprouvette de dimensions spécifiées est soumise à une charge de compression. L'essai de compression est généralement réalisé à une vitesse constante de déplacement de la traverse de la machine d'essai ou à une vitesse constante de déformation.

NOTE Un essai à vitesse constante d'application de la force n'est autorisé que dans le cas où le comportement contrainte-déformation est linéaire jusqu'à la rupture.

Pour les essais où le chargement est piloté par le déplacement de la traverse, une vitesse constante est recommandée lorsque l'essai est mené jusqu'à la rupture.

La force et la déformation longitudinale sont mesurées et enregistrées simultanément.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

La machine doit être équipée d'un système de mesure de la force appliquée à l'éprouvette qui doit être de classe 1 ou mieux, conformément à l'ISO 7500-1.

5.2 Système de mise en charge

Le système de mise en charge est composé de traverses mobile et fixe, de tiges de mise en charge et de mors ou de plateaux. Des raccords peuvent également être utilisés entre les mors ou les plateaux et les tiges de mise en charge.

Le système de mise en charge doit aligner l'axe de l'éprouvette avec la direction d'application de la force, sans provoquer des efforts de flexion ou de torsion dans l'éprouvette. Le défaut d'alignement de l'éprouvette doit être vérifié et documenté conformément à la procédure décrite à l'[Annexe B](#). Le pourcentage maximum de flexion ne doit pas dépasser 5 % pour une déformation axiale moyenne de 500×10^{-6} .

Deux modes d'application de la force sont possibles:

- a) des plateaux de compression sont fixés sur la cellule de force et sur la traverse mobile. Le parallélisme entre ces plateaux doit être supérieur à 0,01 mm, dans la zone de mise en charge et les plateaux doivent être perpendiculaires à la direction d'application de la force.

NOTE 1 L'utilisation de plateaux n'est pas recommandée pour les matériaux 1D et 2D de faible épaisseur à cause du flambage.

NOTE 2 Pour les essais de matériaux qui ne sont pas macroscopiquement homogènes, il est possible d'utiliser une interface souple (composée uniquement de papier ou de carton) entre l'éprouvette et les plateaux pour assurer une pression de contact régulière.

Lorsque les dimensions de l'éprouvette sont telles que le flambage de l'éprouvette peut se produire, il est recommandé d'utiliser des dispositifs anti-flambage similaires à ceux décrits dans l'ISO 14126. Il convient que ces dispositifs n'introduisent pas de contraintes parasites (c'est-à-dire des contraintes autres que la contrainte axiale uniforme) pendant l'essai;

- b) des mors sont utilisés pour fixer et mettre en charge l'éprouvette. Les mors doivent être conçus de manière à éviter tout glissement de l'éprouvette. Ils doivent permettre l'alignement de l'axe de l'éprouvette avec la direction de la force appliquée.

L'alignement doit être vérifié et documenté, par exemple, conformément à la procédure décrite à l'[Annexe B](#).

5.3 Mesurage de la déformation

5.3.1 Généralités

Pour le mesurage en continu de l'accourcissement en fonction de la force appliquée, il est possible d'utiliser des jauges de déformation ou un extensomètre approprié. L'extensomètre doit satisfaire au moins aux exigences de la classe 1 de l'ISO 9513. Il est recommandé de mesurer la déformation longitudinale sur une longueur aussi grande que possible dans la section de jauge de l'éprouvette.

5.3.2 Jauges de déformation

Des jauges de déformation sont utilisées pour la vérification de l'alignement de l'éprouvette. Elles peuvent également être utilisées pour mesurer l'accourcissement de l'éprouvette. Dans les deux cas, la longueur des jauges de déformation doit être telle que la lecture ne soit pas affectée par les caractéristiques locales à la surface de l'éprouvette, telles que des croisements de fibres. A moins qu'il

puisse être démontré que la lecture des jauges de déformation n'est pas exagérément influencée par des déformations localisées, causées par exemple par des croisements de fibres, il convient que la longueur des jauges de déformation ne soit pas inférieure à 9 mm à 12 mm pour la direction longitudinale et à 6 mm en longueur pour la direction transversale. Il convient de choisir les jauges de déformation et les adhésifs et de préparer la surface de l'éprouvette de manière à obtenir des performances adéquates. Il convient d'utiliser un équipement approprié de conditionnement et d'enregistrement des déformations. Il faut s'assurer que les résultats donnés par la jauge de déformation ne sont pas influencés par la préparation de la surface et l'adhésif employé.

5.3.3 Extensométrie

La tolérance de linéarité de l'extensomètre doit être inférieure à 0,15 % de la plage d'utilisation de l'extensomètre. Les extensomètres doivent au moins satisfaire aux exigences de la classe 1 de l'ISO 9513.

Les types d'extensomètres couramment utilisés sont décrits en [5.3.3.1](#) et [5.3.3.2](#).

5.3.3.1 Extensomètre mécanique

Pour un extensomètre mécanique, la longueur de jauge correspond à la distance entre les deux points où l'extensomètre est fixé à l'éprouvette. Le montage de l'extensomètre sur l'éprouvette doit éviter le glissement de l'extensomètre au niveau des points de contact et ne doit pas entraîner de rupture sous les points de contact. Les forces de contact d'un extensomètre ne doivent pas entraîner de flexion supérieure à celle autorisée en [5.2](#).

5.3.3.2 Extensomètre électro-optique

Les mesurages électro-optiques de la déformation nécessitent des pions de référence sur l'éprouvette. A cet effet, des repères tels que des pions ou des cibles, sont fixés à l'éprouvette perpendiculairement à son axe longitudinal. La longueur de jauge correspond à la distance entre les deux repères.

NOTE L'utilisation de pions intégrés dans la forme de l'éprouvette n'est pas recommandée du fait des concentrations de contrainte induites par ces singularités.

5.4 Système d'enregistrement des données

Un enregistreur étalonné peut être utilisé pour enregistrer les courbes force-accourcissement. Il est recommandé d'utiliser un système d'enregistrement numérique des données.

5.5 Dispositifs de mesure des dimensions

Les dispositifs utilisés pour le mesurage des dimensions linéaires de l'éprouvette doivent être précis à $\pm 0,1$ mm. Les micromètres doivent être conformes à l'ISO 3611.

6 Éprouvettes

6.1 Généralités

Le choix de la géométrie de l'éprouvette dépend de plusieurs paramètres:

- la nature du matériau et la structure du renfort;
- le type d'application de la charge.

Le rapport entre la longueur et l'épaisseur de l'éprouvette, en plus de la rigidité du matériau, aura une influence sur la résistance au flambage de l'éprouvette.

Si le flambage se produit, il peut être nécessaire de modifier les dimensions de l'éprouvette ou, en variante, d'utiliser un dispositif anti-flambage (par exemple des guides latéraux fixes placés

contre l'éprouvette de manière à permettre un mouvement longitudinal libre tout en supprimant simultanément le mouvement transversal).

Le volume dans la longueur de jauge doit être représentatif du matériau.

On peut distinguer deux types d'éprouvettes:

- a) les éprouvettes dont seules la longueur et la largeur ont été usinées aux dimensions voulues. Dans ce cas, les deux faces de l'éprouvette peuvent présenter des surfaces irrégulières alors que les deux bords présentent des surfaces usinées régulières;
- b) les éprouvettes usinées, dont la longueur, la largeur et les deux faces ont été obtenues par usinage et qui présentent des surfaces usinées régulières.

La tolérance sur l'épaisseur concerne uniquement les secondes éprouvettes usinées. Pour les premières éprouvettes, il convient que la différence d'épaisseur entre trois mesurages (au centre et à chaque extrémité de la longueur de la section de jauge) ne dépasse pas 5 % de la moyenne des trois mesurages.

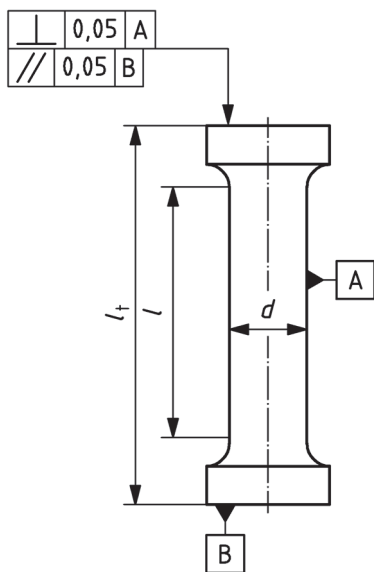
6.2 Compression entre plateaux

La géométrie de l'éprouvette et/ou les interfaces souples peuvent être adaptées de manière à éviter tout flambage ou dommage au niveau des bords en raison des forces de contact.

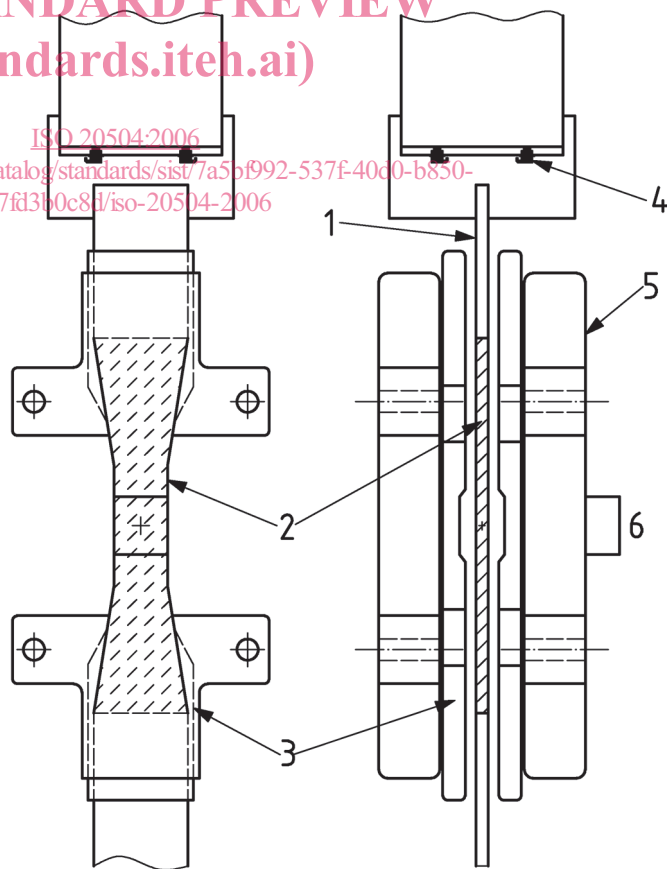
Le type 1 est couramment utilisé et représenté à la [Figure 1](#). Les dimensions recommandées sont données dans le [Tableau 1](#).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20504:2006
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/7a56f992-537f-40d0-b850-c367fd3b0c8d/iso-20504-2006>



a) Éprouvette



b) Exemple de guides anti-flambage

Légende

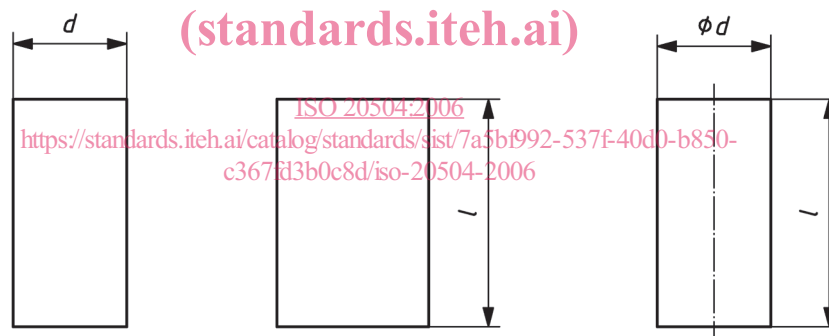
- | | | | |
|---|---------------------------|---|------------------------|
| 1 | enclume de mise en charge | 4 | joint torique |
| 2 | éprouvette | 5 | cadre |
| 3 | support latéral | 6 | longueur non supportée |

Figure 1 — Éprouvette de compression (type 1) utilisée entre des plateaux et guides anti-flambage**Tableau 1 — Dimensions de l'éprouvette de compression (type 1) utilisée entre des plateaux**

Dimensions en millimètres

Paramètre	1D, 2D, xD	Tolérance
l , longueur de la section de jauge	≥ 15	$\pm 0,5$
l_t , longueur totale	$\geq 1,5 \times l$ mm	$\pm 0,5$
d , longueur ou diamètre de la section carrée ou cylindrique	≥ 8	$\pm 0,2$
Parallélisme des parties usinées	0,05	N/A
Perpendicularité des parties usinées	0,05	N/A
Concentricité des parties usinées	0,05	N/A

Le type 2 est de forme cylindrique et n'est pas utilisé aussi fréquemment que le type 1. Il est représenté à la [Figure 2](#) et les dimensions recommandées sont données dans le [Tableau 2](#).

**Figure 2 — Éprouvette de compression (type 2) utilisée entre des plateaux****Tableau 2 — Dimensions de l'éprouvette de compression (type 2) utilisée entre des plateaux**

Dimensions en millimètres

Paramètre	1D, 2D, xD	Tolérance
l , longueur de la section de jauge	≥ 10	$\pm 0,5$
d , section cylindrique ou carrée	≥ 10	$\pm 0,2$
Parallélisme des parties usinées	0,05	N/A
Perpendicularité des parties usinées	0,05	N/A

NOTE Ce type d'éprouvette est principalement utilisé quand l'épaisseur de la pièce n'est pas suffisante pour permettre l'usinage d'une éprouvette de type 1.

6.3 Éprouvettes utilisées avec des mors

Pour ces types d'éprouvettes, la longueur totale l_t dépend du système de prise en mors. Ces types d'éprouvettes permettent de réaliser l'essai sur des éprouvettes minces sans dispositif anti-flambage. Il est cependant nécessaire de vérifier que le rapport l/h choisi ne provoque pas de flambage.