

---

---

**Céramiques techniques — Propriétés  
mécaniques des céramiques  
composites à température ambiante  
sous air à pression atmosphérique  
— Détermination des propriétés en  
traction**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standard international)  
*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —  
Mechanical properties of ceramic composites at ambient temperature  
in air atmospheric pressure — Determination of tensile properties*

ISO 15733:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015>



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

ISO 15733:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2015

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  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Avant-propos</b> .....   | <b>iv</b> |
| <b>1</b> <b>Domaine d'application</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2</b> <b>Références normatives</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles</b> .....                                   | <b>1</b>  |
| <b>4</b> <b>Principe</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>5</b> <b>Appareillage</b> .....  | <b>3</b>  |
| 5.1   Machine d'essai.....  | 3         |
| 5.2   Système d'application d'effort.....   | 3         |
| 5.3   Extensomètre.....   | 3         |
| 5.4   Système d'enregistrement des données.....   | 4         |
| 5.5   Micromètres.....  | 4         |
| <b>6</b> <b>Éprouvettes</b> .....   | <b>4</b>  |
| <b>7</b> <b>Préparation des éprouvettes</b> .....                                       | <b>8</b>  |
| 7.1   Usinage et préparation.....   | 8         |
| 7.2   Nombre d'éprouvettes.....   | 8         |
| <b>8</b> <b>Modes opératoires d'essai</b> .....   | <b>8</b>  |
| 8.1   Configuration d'essai: autres considérations.....                                 | 8         |
| 8.1.1   Vitesse de déplacement.....   | 8         |
| 8.1.2   Mesurage des dimensions des éprouvettes.....                                    | 8         |
| 8.2   Technique de l'essai.....   | 8         |
| 8.2.1   Montage de l'éprouvette.....  | 8         |
| 8.2.2   Réglage de l'extensomètre.....  | 8         |
| 8.2.3   Mesurages.....  | 8         |
| 8.3   Validité de l'essai.....  | 9         |
| <b>9</b> <b>Calcul des résultats</b> .....  | <b>9</b>  |
| 9.1   Origine de l'éprouvette.....  | 9         |
| 9.2   Résistance en traction.....   | 9         |
| 9.3   Déformation à la force maximale de traction.....                                  | 9         |
| 9.4   Coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique, module élastique..... | 10        |
| <b>10</b> <b>Rapport d'essai</b> .....  | <b>11</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....  | <b>12</b> |

## 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](http://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](http://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/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015).

Le comité chargé de l'élaboration du présent document est l'ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 15733:2001), qui a fait l'objet d'une révision technique.

# Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des céramiques composites à température ambiante sous air à pression atmosphérique — Détermination des propriétés en traction

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les conditions de détermination des propriétés en traction des matériaux composites à matrice céramique avec renfort de fibres à température ambiante. La présente Norme internationale s'applique à tous les composites à matrice céramique avec renfort de fibres, unidirectionnel (1D), bidirectionnel (2D), et tridirectionnel (x<sub>D</sub>, avec  $2 < x \leq 3$ ) sollicités suivant un axe principal de renfort.

NOTE Dans la plupart des cas, les composites à matrice céramique destinés à un usage à haute température sous air sont protégés par un revêtement anti-oxydation.

## 2 Références normatives

Les documents ci-après, dans leur intégralité ou non, sont des références normatives 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 3611, *Spécification géométrique des produits (GPS) — Équipement de mesure dimensionnel: Micromètres d'extérieur — Caractéristiques de conception et caractéristiques métrologiques*

ISO 7500-1:2004, *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*

## 3 Termes, définitions et symboles

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

### 3.1

#### longueur utile

$l$

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

### 3.2

#### longueur de jauge

$L_0$

distance initiale entre les points de référence dans la longueur utile de l'éprouvette

### 3.3

#### aire initiale de la section

$S_0$

aire initiale de la section de l'éprouvette dans la longueur utile

### 3.4

#### aire effective de la section

$S_{0\text{ eff}}$

aire totale de la section corrigée par un facteur, prenant en compte la présence d'un revêtement

**3.5  
allongement**

$A$

augmentation de la longueur de jauge entre les points de référence sous une force de traction

**3.6  
allongement sous une force maximale de traction**

$A_m$

augmentation de la longueur de jauge entre les points de référence sous une force maximale de traction

**3.7  
déformation de traction**

$\varepsilon$

modification relative de la longueur de jauge définie comme le rapport  $A/L_0$

**3.8  
déformation de traction sous une force maximale**

$\varepsilon_m$

modification relative de la longueur de jauge définie comme le rapport  $A_m/L_0$

**3.9  
contrainte de traction**

$\sigma$

force de traction supportée par l'éprouvette à tout instant de l'essai, divisée par l'aire de la section initiale ( $S_0$ )

**3.10  
contrainte de traction effective**

$\sigma_{\text{eff}}$

force de traction supportée par l'éprouvette à tout instant de l'essai, divisée par l'aire de la section effective ( $S_{0 \text{ eff}}$ )

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015>

**3.11  
force maximale de traction**

$F_m$

force de traction la plus élevée enregistrée, atteinte par l'éprouvette lors d'un essai de traction conduit jusqu'à rupture

**3.12  
résistance en traction**

$\sigma_m$

rapport de la force maximale de traction à l'aire de la section initiale ( $S_0$ )

**3.13  
résistance en traction effective**

$\sigma_{m \text{ eff}}$

rapport de la force maximale de traction à l'aire de la section effective

**3.14  
coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique**

$EP$

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:

a) 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 partie linéaire, le coefficient de proportionnalité est défini par:

$$EP(\sigma_1, \sigma_2) = \frac{(\sigma_2 - \sigma_1)}{(\varepsilon_2 - \varepsilon_1)}$$

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.

Le coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique est appelé module élastique,  $E$ , dans le seul cas où la linéarité est très proche de l'origine.

b) matériau présentant une courbe contrainte-déformation non linéaire.

Dans ce cas, seuls des couples contrainte-déformation peuvent être fixés.

### 3.15

#### coefficient de proportionnalité effectif

$EP_{\text{eff}}$

pende de la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation, si elle existe, lorsque la contrainte de traction effective est utilisée

## 4 Principe

Une éprouvette de dimensions spécifiées est soumise à un essai de traction. L'essai est réalisé à vitesse constante de déplacement de traverse, ou à vitesse constante de déformation (ou à vitesse constante d'effort). La force et les déformations longitudinales sont mesurées et enregistrées simultanément.

NOTE L'utilisation d'une vitesse d'effort constante ne donne une courbe de traction valide que lorsque le matériau se comporte de façon linéaire jusqu'à la rupture.

## 5 Appareillage

ISO 15733:2015

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015)

### 5.1 Machine d'essai

[b1beeb3fc97c/iso-15733-2015](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-b1beeb3fc97c/iso-15733-2015)

La machine d'essai 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 7500-1:2004.

### 5.2 Système d'application d'effort

Le système d'application d'effort doit être tel que la charge indiquée par la cellule d'effort et la charge supportée par l'éprouvette soient les mêmes.

Le système d'application d'effort doit aligner l'axe de l'éprouvette avec la direction de chargement, sans que l'éprouvette ne soit soumise à une charge de flexion ou de torsion. Il convient que l'alignement soit vérifié et documenté, par exemple, conformément à la procédure décrite dans l'ISO 17161.

Le pourcentage maximal en flexion ne doit pas dépasser 5 pour une déformation moyenne de  $500 \times 10^{-6}$ .

Les mors doivent permettre d'éviter tout glissement de l'éprouvette.

NOTE Le choix du système de prise en mors dépend du matériau, de la conception de l'éprouvette et des exigences relatives à l'alignement.

### 5.3 Extensomètre

L'extensomètre doit être capable d'enregistrer en continu l'allongement à la température d'essai et doit être adapté pour un faible allongement.

En ce qui concerne l'extensomètre mécanique, il convient que sa classe soit  $\leq 2$  (voir l'ISO 9513).

Il est recommandé d'utiliser un extensomètre ayant une longueur de jauge la plus grande possible.

La longueur de jauge doit correspondre à la distance entre les deux points où les tiges de l'extensomètre touchent l'éprouvette.

Il convient de veiller à la correction des modifications d'étalonnage de l'extensomètre lorsque celui-ci est utilisé dans des conditions différentes de celles de l'étalonnage.

Si un extensomètre électro-optique est utilisé, des mesures électro-optiques en transmission nécessitent la présence de pions de référence sur l'éprouvette. Dans ce cas, des pions ou des cibles doivent être fixés en surface perpendiculairement à l'axe. La longueur de jauge doit être la distance entre les deux pions de référence. Le matériau utilisé pour les pions (et éventuellement la colle) doit être compatible avec le matériau de l'éprouvette et ne doit pas modifier le champ de contrainte de l'éprouvette.

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

L'utilisation de l'extensomètre électro-optique n'est pas recommandée s'il est impossible de faire la distinction entre la couleur des pions de référence et celle de l'éprouvette.

### 5.4 Système d'enregistrement des données

Un enregistreur étalonné peut être utilisé pour enregistrer une courbe force-allongement. L'utilisation d'une chaîne d'acquisition numérique des données est recommandée.

### 5.5 Micromètres

Les micromètres utilisés pour le mesurage des dimensions de l'éprouvette doivent être conformes à l'ISO 3611.

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

## 6 Éprouvettes

ISO 15733:2015

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/18b42d58-366b-4aa5-b761-11b6435931d0-iso-15733-2015>

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

- la nature du matériau et la structure du renfort;
- le type de mors.

La longueur totale,  $l_t$ , dépend du type de machine, du type de mors et du type d'extensomètre. Il est recommandé d'utiliser une longueur totale d'au moins 100 mm.

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

On peut distinguer deux types d'éprouvettes:

- les éprouvettes brutes de fabrication, dont seules la longueur et la largeur ont été usinées pour obtenir les dimensions appropriées; dans ce cas, les deux faces de l'éprouvette peuvent présenter une surface irrégulière;
- les éprouvettes usinées, dont la longueur, la largeur et aussi les deux côtés de l'éprouvette ont été obtenues par usinage.

La tolérance sur l'épaisseur concerne uniquement les éprouvettes usinées. Pour les éprouvettes brutes de fabrication, la différence d'épaisseur entre trois mesurages (au centre et à chaque extrémité de la longueur utile) ne doit pas dépasser 5 % de la moyenne des trois mesurages.

6.2 L'éprouvette de type 1 est représentée sur la [Figure 1](#) et les dimensions sont données dans le [Tableau 1](#).

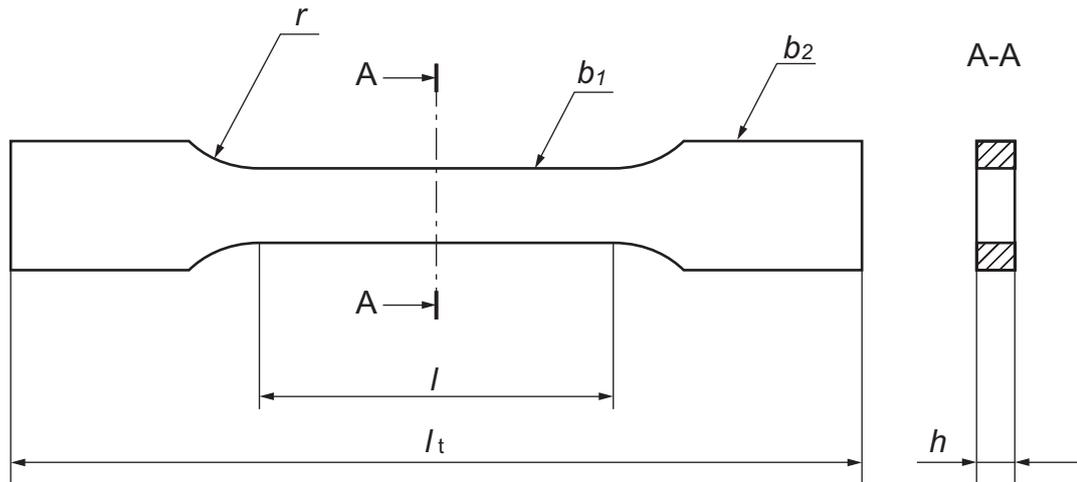


Figure 1 — Géométrie des éprouvettes de type 1

Tableau 1 — Dimensions des éprouvettes de type 1

| Paramètre                              | Dimensions<br>mm |           |
|--|------------------|-----------|
| $l_t$ , longueur totale                | $\geq 100$       | $\pm 0,5$ |
| $l$ , longueur utile                   | $\geq 40$        | $\pm 0,2$ |
| $h$ , épaisseur                        | $\geq 3$         | $\pm 0,2$ |
| $b_1$ , largeur dans la longueur utile | $\geq 8$         | $\pm 0,2$ |
| $b_2$ , largeur                        | $\geq 10$        | $\pm 0,2$ |
| $r$ , rayon de l'épaulement            | $\geq 30$        | $\pm 2$   |
| Parallélisme des surfaces usinées      | 0.05             | —         |

**6.3** L'éprouvette de type 2 est une éprouvette à faces parallèles. L'éprouvette de type 2 est représentée dans la [Figure 2](#) et les dimensions sont données dans le [Tableau 2](#).

NOTE Cette éprouvette est facile à usiner et son utilisation permet principalement la détermination du module d'élasticité.

Il est déconseillé d'utiliser l'éprouvette de type 2 pour des mesures de résistance.