
**Céramiques techniques — Propriétés
mécaniques des composites
céramiques à température ambiante
— Détermination de la résistance en
flexion**

*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —
Mechanical properties of ceramic composites at room temperature —
Determination of flexural strength*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17138:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6f07966b-319f-4923-9310-653ae46c55a4/iso-17138-2014>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 17138:2014

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6f07966b-319f-4923-9310-653ae46c55a4/iso-17138-2014>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2014

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

Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
4 Principe	2
5 Appareillage	2
5.1 Machine d'essai.....	2
5.2 Dispositif de fixation de l'éprouvette.....	2
5.3 Système d'enregistrement des données.....	2
5.4 Dispositifs de mesurage des dimensions.....	2
6 Éprouvettes	2
7 Préparation de l'éprouvette	3
7.1 Usinage et préparation.....	3
7.2 Nombre d'éprouvettes.....	4
8 Modes opératoires d'essai	4
8.1 Vitesse de déplacement.....	4
8.2 Mesurage des dimensions.....	4
8.3 Technique de l'essai.....	4
8.4 Validité de l'essai.....	5
8.5 Expression des résultats.....	5
9 Rapport d'essai	6
Bibliographie	8
	ISO 17138:2014
	https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6f07966b-319f-4923-9310-653ae46c55a4/iso-17138-2014

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://www.iso.org/standards)

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

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des composites céramiques à température ambiante — Détermination de la résistance en flexion

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale décrit une méthode permettant de déterminer la résistance en flexion des matériaux composites à matrice céramique et à renforts de fibres continus par un essai de flexion en trois ou quatre points à température ambiante. Cette méthode s'applique à tous les composites à matrice céramique à renforts de fibres continus, unidirectionnels (1D), renforcés dans le plan (2D) et multidirectionnels xD avec ($2 < x \leq 3$), conformément au CEN/TR 13233, sollicités suivant un axe principal de renfort.

NOTE La méthode n'est pas destinée à être utilisée pour obtenir des valeurs absolues de résistance pour le dimensionnement.

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 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*

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

CEN/TR 13233:2007, *Céramiques techniques avancées — Céramiques composites — Notations et symboles*

3 Termes, définitions et symboles

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans le CEN/TR 13233¹⁾ ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1 force maximale de flexion

F_m

force la plus élevée enregistrée lors d'un essai de flexion conduit jusqu'à rupture

3.2 contrainte de flexion

σ

contrainte nominale calculée à mi-portée sur la face extérieure de l'éprouvette

Note 1 à l'article: Cette contrainte est calculée conventionnellement selon la théorie des poutres dont les hypothèses de base ne peuvent pas être vérifiées par les matériaux composites à matrice céramique.

1) Une Norme internationale, ISO 19634, *Céramiques techniques — Notations et symboles des céramiques composites* est en cours d'élaboration.

3.3 résistance en flexion

$\sigma_{f,m}$

contrainte de flexion maximale appliquée à une éprouvette qui rompt au cours d'un essai de flexion

4 Principe

Une éprouvette en forme de barreau est placée sur deux appuis et est soumise à un chargement appliqué perpendiculairement à son axe longitudinal. L'essai est mené à vitesse constante de déplacement de la traverse.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

La machine doit être munie d'un système pour mesurer la force appliquée à l'éprouvette. Ce système doit être conforme à la classe 1 de l'ISO 7500-1.

5.2 Dispositif de fixation de l'éprouvette

Le dispositif de fixation de l'éprouvette est constitué de deux parties liées aux éléments fixe et mobile de la machine. Il comprend deux cylindres d'appui externes et un cylindre (flexion en trois points) ou deux cylindres (flexion en quatre points) internes pour l'application de la charge.

Le diamètre des cylindres doit être compris entre 4 mm et 10 mm. Leur longueur doit être au moins égale à la largeur de l'éprouvette. Ils doivent être réalisés dans un matériau dont la dureté est au moins égale à celle de l'éprouvette. Les axes des cylindres doivent être parallèles à 0,01 mm/mm près. (Voir [Figure 1](#).)

Des cylindres pivotants peuvent être utilisés pour compenser le défaut de parallélisme des faces supérieure et inférieure des éprouvettes non usinées. Deux cylindres pour l'essai de flexion en trois points ou trois cylindres pour l'essai en quatre points doivent être libres de pivoter autour d'un axe parallèle à la direction longitudinale de l'éprouvette.

La distance entre les cylindres doit être conforme à l'[Article 6](#).

Les cylindres internes doivent être centrés par rapport aux cylindres externes à 0,2 mm près. Pour la flexion en quatre points, le dispositif d'essai doit garantir une répartition symétrique des efforts sur l'éprouvette.

5.3 Système d'enregistrement des données

Un enregistreur étalonné doit être utilisé pour enregistrer la courbe force-temps. Il est recommandé d'utiliser un système d'enregistrement numérique des données.

5.4 Dispositifs de mesurage 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

Les dimensions recommandées pour les éprouvettes sont données dans le [Tableau 1](#). Ces dimensions ont été utilisées avec succès et prennent en compte les éléments suivants.

Le volume de matériau sous contrainte doit être représentatif de la nature du matériau et de la structure du renfort. Ceci impose des limites minimales à la portée, à la largeur et à l'épaisseur de l'éprouvette. Contrairement à l'essai de traction, la distribution du renfort longitudinal à travers l'épaisseur doit être

prise en considération dans le cas de l'essai de flexion. Lorsque cette distribution n'est pas symétrique par rapport au plan neutre, il faut s'assurer qu'elle est similaire pour toutes les éprouvettes.

On peut distinguer deux types d'éprouvettes, comme suit:

- les éprouvettes brutes de fabrication, dont seules la longueur et la largeur sont usinées pour obtenir les dimensions voulues. Dans ce cas, les faces en traction et en compression peuvent ne pas être usinées et donc être irrégulières;
- les éprouvettes usinées, dont la longueur, la largeur et l'épaisseur ont été obtenues par usinage.

La tolérance sur l'épaisseur concerne uniquement les éprouvettes usinées. Pour les éprouvettes brutes de fabrication, la différence maximale de trois mesures de l'épaisseur (au centre et au niveau des points d'appui) ne doit pas dépasser 5 % de la moyenne des trois mesures.

L'épaisseur de l'éprouvette et la distance entre le (ou les) cylindre(s) interne(s) et les cylindres externes doivent être choisies de manière à éviter une rupture par cisaillement. Pour cela, on impose une limite minimale au rapport entre le bras de levier et l'épaisseur de l'éprouvette (voir [Tableau 1](#)). Une valeur de 10 est couramment utilisée et conduit à un rapport L/h minimum de 20 en flexion en trois points, et à un rapport $(L-L_i)/h$ minimum de 20 en flexion en quatre points avec $L_i = L/3$.

Tableau 1 — Dimensions recommandées des éprouvettes et des intervalles entre appuis

Dimensions en millimètres

	1D, 2D, xD	Tolérance
l_t , longueur totale	$L + 20$	± 1
b , largeur	10	$\pm 0,2$
h , épaisseur moyenne	≥ 2	$\pm 0,2$
Intervalle entre cylindres internes	25	$\pm 0,1$
L_i , flexion en quatre points	25	$\pm 0,1$
Intervalle entre appuis externes		
L , flexion en quatre points	75	$\pm 0,1$
L , flexion en trois points	50	$\pm 0,1$

S'il est nécessaire de définir des éprouvettes de dimensions différentes, il convient de prendre en compte les conditions données dans l'[Article 6](#).

7 Préparation de l'éprouvette

7.1 Usinage et préparation

Lors du prélèvement de l'éprouvette, veiller à choisir l'axe longitudinal de l'éprouvette selon l'un des axes principaux de renfort.

Les éprouvettes peuvent posséder des faces en traction et en compression usinées ou non usinées. Dans certains cas, l'usinage n'est pas recommandé car il peut endommager le matériau dans ces surfaces. Lors de l'usinage de ces surfaces, veiller à conserver une géométrie de renfort dans l'épaisseur de l'éprouvette qui soit représentative du matériau brut de fabrication. En particulier, s'assurer que la symétrie de renfort initiale est conservée après usinage.

Des paramètres d'usinage qui n'endommagent pas le matériau doivent être établis et notés. Ces paramètres doivent être respectés durant la préparation de l'éprouvette.

7.2 Nombre d'éprouvettes

Au moins cinq résultats d'essais valides (voir 8.4) sont nécessaires.

Pour les éprouvettes dont la géométrie de renfort n'est pas symétrique par rapport au plan neutre, des essais dans les deux configurations, obtenues par retournement de l'éprouvette pour permuter la face en compression et la face en traction, peuvent être nécessaires.

NOTE Si une évaluation statistique est demandée, il convient que le nombre d'éprouvettes soit conforme à l'EN 843-5.

8 Modes opératoires d'essai

8.1 Vitesse de déplacement

Il est recommandé d'utiliser une vitesse constante de déplacement de la traverse qui permette une sollicitation quasi-statique de l'éprouvette et l'absence de fissuration sous-critique. Il est recommandé de choisir $(0,5 \pm 0,1)$ mm/min ou une vitesse qui permet d'obtenir la rupture de l'éprouvette en environ 1 min. La vitesse de déplacement doit être notée.

8.2 Mesurage des dimensions

8.2.1 Dimensions des éprouvettes

La largeur et l'épaisseur doivent être mesurées à 0,01 mm près en trois points, près du centre pour l'essai en flexion en trois points et entre les cylindres internes pour l'essai de flexion en quatre points, ainsi qu'à chaque extrémité de l'éprouvette.

Les moyennes arithmétiques des mesures doivent être utilisées pour les calculs.

8.2.2 Distances entre les appuis

La distance entre les axes des cylindres externes et, pour l'essai de flexion en quatre points, la distance entre les cylindres internes doivent être mesurées à 0,1 mm près.

NOTE Ceci est réalisable à l'aide d'un microscope mobile ou d'un autre dispositif approprié ayant une précision de 0,05 mm.

8.3 Technique de l'essai

8.3.1 Montage de l'éprouvette

Installer l'éprouvette dans le dispositif d'essai en prenant soin de la centrer par rapport aux cylindres et de placer son axe longitudinal perpendiculairement aux axes des cylindres.

NOTE Il est recommandé d'utiliser à cet effet un outil de montage.

Régler le zéro de la cellule d'effort. Au besoin, une faible précharge peut être appliquée pour maintenir l'éprouvette dans une position correcte. La précharge ne doit à aucun moment dépasser 5 % de la charge à la rupture attendue.

8.3.2 Mesurages

Effectuer les mesurages comme suit:

- régler la vitesse de déplacement sur la machine d'essai;
- régler le zéro de la cellule d'effort;

- enregistrer la force en fonction du temps;
- charger l'éprouvette jusqu'à rupture;
- relever la charge indiquée après rupture de l'éprouvette;
- noter la position de la rupture à 1 mm près par rapport au milieu de l'éprouvette, ainsi que le mode de rupture (traction ou compression).

8.4 Validité de l'essai

Les conditions suivantes rendent l'essai non valide:

- les conditions d'essai ne sont ni spécifiées ni enregistrées;
- les conditions d'essai spécifiées ne sont pas respectées;
- le mode de rupture de l'éprouvette est différent de la traction ou de la compression;
- rupture hors de la zone où le moment de flexion est maximal (c'est-à-dire, en dehors de la partie centrale, $1/3 L$, dans le cas de la flexion en trois points, et en dehors de la zone située entre les cylindres internes dans le cas de la flexion en quatre points);
- rupture de l'éprouvette amorcée au contact d'un cylindre.

8.5 Expression des résultats

8.5.1 Généralités

8.5.1.1 Origine de l'éprouvette

Un schéma montrant les directions de renfort du matériau par rapport à l'axe longitudinal de l'éprouvette doit toujours être joint aux résultats d'essai.

8.5.1.2 Résistance en flexion

Lorsque le début de la non-linéarité dans la courbe force-déplacement se produit au voisinage de la force maximale, calculer la résistance en utilisant les expressions suivantes. Sinon, la résistance en flexion est caractérisée par la force maximale qui peut être utilisée pour comparer des éprouvettes de mêmes dimensions. Ajouter la courbe force-déplacement au rapport d'essai.

8.5.2 Flexion en trois points

$$\sigma_{f,m} = \frac{3F_m L}{2bh^2} \quad (1)$$

où:

- $\sigma_{f,m}$ est la résistance en flexion, en mégapascals (MPa);
- F_m est la force maximale de flexion, en newtons (N);
- L est la distance entre les appuis externes, en millimètres (mm);
- b est la largeur moyenne de l'éprouvette, en millimètres (mm);
- h est l'épaisseur moyenne de l'éprouvette, en millimètres (mm).

8.5.3 Flexion en quatre points