
**Céramiques techniques — Propriétés
mécaniques des composites
céramiques à température ambiante
et à pression atmosphérique —
Détermination des propriétés en
traction de tubes**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)
*Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) —
Mechanical properties of ceramic composites at ambient
temperature in air atmospheric pressure — Determination of tensile
properties of tubes*

ISO 20323:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1cb4576-5cf8-47e6-8bd9-0c3f7fa39583/iso-20323-2018>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 20323:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1cb4576-5cf8-47e6-8bd9-0c3f7fa39583/iso-20323-2018>



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
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8
CH-1214 Vernier, Geneva
Tél.: +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	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Principe	4
5 Appareillage	5
5.1 Machine d'essai.....	5
5.2 Fixation de l'éprouvette.....	5
5.3 Systèmes d'application d'effort.....	5
5.4 Mesure de la déformation.....	5
5.4.1 Généralités.....	5
5.4.2 Extensomètres.....	6
5.4.3 Jauges de déformation.....	6
5.4.4 Corrélation d'images numériques.....	7
5.5 Système d'enregistrement des données.....	8
5.6 Mesure des dimensions.....	8
6 Éprouvettes tubulaires	8
6.1 Spécifications des éprouvettes.....	8
6.1.1 Généralités.....	8
6.1.2 Dimension.....	9
6.1.3 Géométrie.....	9
6.1.4 Tolérances et variabilité.....	10
6.2 Préparation des éprouvettes.....	10
6.2.1 Généralités.....	10
6.2.2 Éprouvettes brutes de fabrication.....	10
6.2.3 Recours à un usinage de surface conforme à l'application.....	10
6.2.4 Pratiques routinières.....	11
6.2.5 Procédure normalisée.....	11
6.3 Talons de préhension.....	11
6.4 Essais et nombre d'éprouvettes.....	12
7 Mode opératoire pour la conduite d'essai	13
7.1 Généralités.....	13
7.2 Pilotage et vitesses d'essai.....	13
7.3 Conduite de l'essai.....	13
7.3.1 Mesure des dimensions de l'éprouvette.....	13
7.3.2 Instrumentation de l'éprouvette.....	13
7.3.3 Fixation de l'éprouvette.....	13
7.3.4 Réglage des instruments de mesure de la déformation.....	14
7.3.5 Mesures.....	15
7.3.6 Analyses post-essai.....	15
7.4 Validité de l'essai.....	15
8 Calcul des résultats	16
8.1 Repérage de l'éprouvette.....	16
8.2 Contrainte et déformation.....	16
8.3 Résistance en traction.....	17
8.4 Déformation à la force maximale de traction.....	17
8.5 Coefficient de proportionnalité ou module pseudo-élastique, module élastique.....	18
8.5.1 Courbes contrainte-déformation avec une partie linéaire.....	18
8.5.2 Courbes contrainte-déformation sans partie linéaire.....	19
8.6 Coefficient de Poisson (facultatif).....	19
8.7 Statistiques.....	19

9	Rapport d'essai	20
9.1	Généralités.....	20
9.2	Informations relatives aux essais.....	20
9.3	Éprouvette et matériau.....	20
9.4	Équipements et paramètres d'essai.....	21
9.5	Résultats d'essai.....	21
	Annexe A (informative) Dispositifs de fixation et système d'application d'effort	22
	Annexe B (informative) Géométries d'éprouvette	27
	Bibliographie	28

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 20323:2018](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1cb4576-5cf8-47e6-8bd9-0c3f7fa39583/iso-20323-2018)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1cb4576-5cf8-47e6-8bd9-0c3f7fa39583/iso-20323-2018>

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.

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 technique ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 20323:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/d1cb4576-5cf8-47e6-8bd9-0c3f7fa39583/iso-20323-2018>

Céramiques techniques — Propriétés mécaniques des composites céramiques à température ambiante et à pression atmosphérique — Détermination des propriétés en traction de tubes

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les conditions de détermination des propriétés en traction de tubes composites à matrice céramique avec renfort de fibres continues à température ambiante et à pression atmosphérique. Il s'applique exclusivement aux composites à matrice céramique tubulaire dont la géométrie est étroitement liée à la nature de l'architecture fibreuse.

Le présent document donne des informations sur le comportement en traction uniaxiale et sur les propriétés associées comme la résistance et la déformation en traction, le module d'élasticité en traction et le coefficient de Poisson. Les informations peuvent être utilisées pour le développement de matériaux, le contrôle de fabrication (assurance qualité), la comparaison de matériaux, la caractérisation ou encore pour la production de données fiables pour le dimensionnement et la conception de composants tubulaires.

Le présent document traite, sans s'y limiter, de pièces pouvant être élaborées par différentes voies. Il s'applique principalement aux tubes composites à matrice céramique et/ou en verre avec renfort de fibres continues: unidirectionnel (enroulement filamentaire et disposition en bande 1D), bidirectionnel (tressage et tissage 2D), et tridirectionnel (xD, avec $2 < x < 3$) sollicités suivant l'axe du tube.

Les valeurs figurant dans le présent document sont exprimées selon le système international d'unités (SI).

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 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 20507, *Céramiques techniques — Vocabulaire*

ISO 7500-1, *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 17161, *Céramiques techniques — Céramiques composites — Détermination du degré de non-alignement lors des essais mécaniques uniaxiaux*

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

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

ASTM E2208-02, *Standard Guide for Evaluating Non-Contacting Optical Strain Measurement Systems*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 20507 ainsi que les suivants, s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

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

3.1 longueur utile

l
partie de l'éprouvette où le diamètre extérieur est le 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

$S_{0,eff}$
aire totale de la section corrigée par un facteur, prenant en compte la présence d'un revêtement de protection contre l'oxydation

3.5 diamètre extérieur

d_o
distance du segment passant par le centre du tube reliant deux points diamétralement opposés situés sur la face extérieure du tube

3.6 diamètre intérieur

d_i
distance du segment passant par le centre du tube reliant deux points diamétralement opposés situés sur la face intérieure du tube

3.7 déformation longitudinale

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

3.8 déformation longitudinale 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

3.9 déformation de traction

ε_{zz}
modification relative de la longueur de jauge définie comme le rapport A/L_0

3.10 déformation de traction sous une force maximale

 $\varepsilon_{zz,m}$

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

3.11 déformation circonférentielle

 $\varepsilon_{\theta\theta}$

modification relative de la longueur de jauge dans la direction circonférentielle

3.12 contrainte de traction

 σ

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

3.13 contrainte de traction effective

 σ_{eff}

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

3.14 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

3.15 résistance en traction

 σ_m

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

3.16 résistance en traction effective

 $\sigma_{m,eff}$

rapport de la force maximale de traction à l'aire de la section effective ($S_{0,eff}$)

3.17 coefficient de proportionnalité module pseudo-élastique

 E_p

pente de la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation

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.

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.

3.18
coefficient de proportionnalité effectif
module pseudo-élastique effectif

$E_{P,eff}$
pente de la partie linéaire de la courbe contrainte-déformation, si elle existe, lorsque la contrainte de traction effective est utilisée

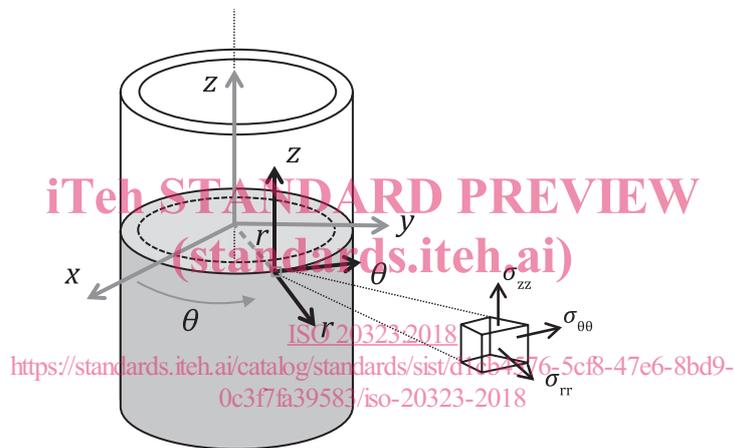
3.19
coefficient de Poisson

$\nu_{\theta z}$
rapport négatif de la déformation circonférentielle à la déformation axiale

3.20
système de coordonnées
système utilisé pour déterminer une position dans l'espace

Note 1 à l'article: Les coordonnées cylindriques sont adoptées dans le présent document.

Note 2 à l'article: Les notations présentées dans la [Figure 1](#) s'appliquent pour une représentation dans l'espace.



Légende

- z axial
- r radial
- θ circonférentiel

Figure 1 — Système de coordonnées cylindrique utilisé pour les tubes composites à matrice céramique

4 Principe

Une éprouvette tubulaire de dimensions spécifiées et préalablement préparée est soumise à un essai de traction uniaxiale monotone jusqu'à rupture. L'essai est réalisé à une vitesse de déplacement de traverse constante, ou à une vitesse de déformation constante (ou à une vitesse d'effort constante). La force appliquée et la déformation longitudinale résultante sont mesurées et enregistrées simultanément. La résistance et la déformation en traction uniaxiale sont déterminées à partir de la force maximale appliquée, les autres propriétés en traction sont déterminées directement à partir de la courbe de réponse déformation en fonction de la contrainte.

En général, l'essai est effectué dans des conditions de température et d'environnement ambiants.

NOTE 1 Pour l'effort uniaxial, la force est appliquée parallèlement à l'axe du tube. Par « monotone », on entend une vitesse d'essai continue ininterrompue sans retour en arrière jusqu'à la rupture.

NOTE 2 L'utilisation d'une vitesse d'effort constante donne une courbe de traction valide uniquement lorsque le comportement est linéaire jusqu'à la rupture.

5 Appareillage

5.1 Machine d'essai

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

5.2 Fixation de l'éprouvette

Différents types de dispositif de fixation peuvent être utilisés pour transmettre la force mesurée et appliquée par la machine d'essai à l'éprouvette tubulaire. Le dispositif doit permettre d'éviter tout glissement de l'éprouvette tubulaire.

La nature fragile des matrices des composites à matrice céramique et à fibres continues (CMC) impose d'avoir un contact uniforme et continu entre les pièces de fixation et la partie fixée de l'éprouvette tubulaire de manière à réduire au minimum l'apparition de fissures et d'une rupture dans cette zone.

Les dispositifs de fixation sont généralement de deux catégories: ceux employant des interfaces de fixation dites « actives » et ceux employant des interfaces de fixation dites « passives » qui incluent le système de fixation avec une liaison par collage ou par l'intermédiaire d'une goupille rotulée. Des exemples de conceptions de ces deux types de fixation sont décrits à l'[Annexe A](#).

Dans le cas où un système de fixation à interface active est utilisé, la longueur de la partie de fixation doit être suffisamment étendue pour développer une force de frottement suffisante permettant la transmission de l'effort de traction à l'éprouvette tubulaire. En règle générale, les longueurs de mors sont définies telles que celles-ci soient au moins 1,5 fois supérieures au diamètre extérieur de l'éprouvette. Si l'éprouvette tubulaire est extraite des mors, empêchant d'appliquer un effort de serrage, des longueurs de mors plus importantes peuvent être nécessaires.

Pour éviter que la pression latérale de serrage n'écrase l'éprouvette tubulaire et n'affaisse sa paroi, il est conseillé d'insérer un bouchon dans la partie fixée de l'éprouvette tubulaire ou de prévoir des talons de géométrie adaptée (voir [6.3](#)).

5.3 Systèmes d'application d'effort

Différents types de dispositifs peuvent être utilisés pour fixer les ensembles de fixation à interface active ou passive sur la machine d'essai. Les systèmes d'application d'effort, qui sont étroitement liés au dispositif de fixation de l'éprouvette, jouent un rôle primordial dans l'alignement de la ligne de force et dans les contraintes de flexions parasites ; ils sont généralement classés comme fixes et non fixes et sont décrits à l'[Annexe A](#).

S'il est possible d'utiliser chacun des systèmes, celui-ci doit être tel que la charge indiquée par la cellule de force et la charge supportée par l'éprouvette tubulaire soient les mêmes. L'alignement doit être vérifié et documenté, par exemple, conformément à la procédure décrite dans la norme ISO 17161, adaptée à la géométrie tubulaire de l'éprouvette.

Le pourcentage maximal en flexion ne doit pas dépasser 5 % pour une déformation moyenne de $5,10^{-4}$.

5.4 Mesure de la déformation

5.4.1 Généralités

Il convient de mesurer la déformation de manière locale afin d'éviter de devoir prendre en compte la complaisance de la machine. Cela peut se faire au moyen d'extensomètres appropriés, de jauges de déformation résistives encollées ou encore par corrélation d'images (DIC). Si le coefficient de Poisson

doit être déterminé, l'éprouvette tubulaire doit être équipée d'instruments de mesure de déformation dans les directions longitudinale et circonférentielle.

5.4.2 Extensomètres

Les extensomètres utilisés pour les essais de traction sur éprouvettes tubulaires en CMC doivent être capables d'enregistrer en continu la déformation longitudinale à la température d'essai. Ils doivent être de classe 1 conformément à la norme ISO 9513.

Il est recommandé d'utiliser des extensomètres ayant une longueur de jauge la plus grande possible (un minimum de 25 mm est requis). Ils doivent être positionnés au centre dans la zone médiane de la direction axiale sur la longueur utile de l'éprouvette tubulaire.

Si des extensomètres de contact sont utilisés, il convient de veiller à ce que le système d'accroche n'endommage pas la surface de l'éprouvette. En outre, il convient que le poids des extensomètres puisse être supporté, de façon à ne pas introduire de contraintes de flexion dans l'éprouvette tubulaire supérieures à ce qui est autorisé dans le [paragraphe 5.3](#).

Il convient que les extensomètres soient, de préférence, capables de mesurer l'allongement en deux points définis sur l'éprouvette tubulaire afin de déterminer une valeur de déformation moyenne et/ou déterminer une flexion relative in-situ. 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.

5.4.3 Jauges de déformation

ITeH STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

5.4.3.1 Généralités

Si les extensomètres sont couramment utilisés pour mesurer la déformation lors d'un essai de traction sur tubes CMC, la déformation peut aussi être déterminée à l'aide de jauges de déformation résistives encollées et d'un équipement d'enregistrement approprié. Il convient de préparer les surfaces d'éprouvette et choisir les jauges de déformation ainsi que le type de colle de façon adaptée pour obtenir de bonnes performances sur les matériaux évalués.

Quelques recommandations concernant l'utilisation de jauges de déformation sur des tubes CMC sont données ci-après.

5.4.3.2 Sélection de la jauge de déformation

Excepté s'il est démontré que la déformation mesurée à l'aide d'une jauge n'est pas indûment influencée par la présence de singularités locales telles que des croisements de fils, il convient d'utiliser des jauges de déformation de longueur au moins supérieure à 9 mm à 12 mm pour la direction longitudinale et d'au moins 6 mm pour la direction circonférentielle.

Dans le cas d'essais sur composites tressés ou tissés, il convient que les jauges de déformation aient une longueur de jauge utile au moins aussi grande que la taille du motif élémentaire représentatif (unité de répétition) du renfort ; cela permet de moyenniser les effets de déformation locale au niveau des croisements de fils notamment.

Sous sollicitation axiale, une jauge dont le motif comporte une seule grille peut être utilisée en veillant à respecter le bon alignement entre l'axe de la jauge et la direction longitudinale de l'éprouvette tubulaire.

NOTE Le coefficient de Poisson peut être déterminé au moyen de rosettes biaxiales (0-90) à deux éléments qui permettent la mesure des déformations à la fois dans les directions longitudinale et circonférentielle.