
Céramiques techniques (céramique technique, céramique technique avancée) — Méthodes d'essais pour renforts — Détermination des propriétés en traction des fils imprégnés de résine

Fine ceramics (advanced ceramics, advanced technical ceramics) — Methods of tests for reinforcements — Determination of the tensile properties of resin-impregnated yarns

[ISO 24046:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 24046:2022

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, Genève
Tél.: +41 22 749 01 11
E-mail: copyright@iso.org
Web: www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	3
5 Appareillage et matériels	3
5.1 Résine	3
5.2 Appareillage d'imprégnation	3
5.3 Étuve de durcissement avec contrôle de la température	4
5.4 Machine d'essai de traction et extensomètre	4
5.4.1 Machine d'essai de traction	4
5.4.2 Extensomètre	4
5.5 Balance	4
5.6 Règle	4
6 Éprouvettes	5
6.1 Nombre d'éprouvettes	5
6.2 Imprégnation des éprouvettes	5
6.3 Détermination d'autres propriétés de la fibre	5
6.3.1 Généralités	5
6.3.2 Masse linéique du fil	5
6.3.3 Taux d'ensimage du fil	5
6.3.4 Masse volumique de la fibre céramique	5
6.4 Critères de sélection des éprouvettes	6
6.4.1 Éprouvettes	6
6.4.2 Teneur en résine des éprouvettes	6
6.4.3 Fil imprégné	6
7 Atmosphères de conditionnement et d'essai	6
8 Mode opératoire de l'essai de traction	6
8.1 Mode opératoire	6
8.2 Détermination de la complaisance du dispositif d'application de l'effort	7
8.3 Validité de l'essai	7
9 Calcul des résultats	7
9.1 Résistance en traction	7
9.2 Calcul de la complaisance du dispositif d'application de l'effort	8
9.3 Calcul de la complaisance totale instantanée et de la déformation longitudinale du fil imprégné de résine	9
9.4 Module d'élasticité en traction	9
9.5 Déformation de traction à la force maximale (pourcentage d'allongement à la rupture)	11
9.5.1 Méthode de calcul (1)	11
9.5.2 Méthode de calcul (2)	11
10 Statistiques	12
11 Rapport d'essai	12
Annexe A (informative) Exemples de systèmes de résine époxyde thermodurcissable	13
Annexe B (informative) Exemples d'appareillage d'imprégnation de résine	14
Annexe C (informative) Exemple d'extensomètre	15
Bibliographie	17

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/iso/fr/avant-propos.html.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 206, *Céramiques techniques*.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse www.iso.org/fr/members.html.

Introduction

L'utilisation des céramiques techniques est largement répandue dans différents domaines, tels que la mécanique, l'électronique, la chimie, la construction, l'énergie, l'aérospatiale et l'industrie nucléaire, ainsi que dans des applications environnementales. Les composites à matrice céramique renforcés de fibres (CMC) ont fait l'objet de recherches et développements très poussés. Les CMC sont légers, dotés d'une stabilité chimique et thermique appropriée et présentent une haute résistance mécanique, un module d'élasticité élevé et une grande résistance au fluage. Ces composites ont été utilisés dans des dispositifs et composants de l'industrie aérospatiale et dans des applications à hautes températures.

Les CMC ont été mis en application comme composants dans les moteurs à réaction des avions de transport de passagers et sont également en cours de développement comme composants des turbines à gaz pour la production d'électricité.

La fiabilité des CMC est influencée par les propriétés des fibres de renfort. Il est particulièrement important d'avoir une fiabilité élevée pour les pièces de moteurs à réaction utilisées dans les avions de transport de passagers. Les propriétés mécaniques de ces fibres requièrent également des valeurs et une distribution fixes.

Le présent document établit une méthode de mesure des propriétés mécaniques, telles que la résistance en traction, le module élastique et la déformation à la force maximale d'une éprouvette de fil imprégné de résine, préparée à partir de fibres céramiques utilisées pour renforcer les CMC.

Les fabricants de fibres et de CMC auront la possibilité d'utiliser cette méthode pour réaliser un contrôle de la qualité et une comparaison relative des fibres céramiques utilisées comme renfort dans les CMC.

(standards.iteh.ai)

[ISO 24046:2022](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022>

Céramiques techniques (céramique technique, céramique technique avancée) — Méthodes d'essais pour renforts — Détermination des propriétés en traction des fils imprégnés de résine

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie une méthode de détermination à température ambiante de la résistance en traction, du module d'élasticité en traction et de la déformation à la force maximale d'une éprouvette de fil imprégné de résine. Cette méthode est applicable à des fils de fibres céramiques utilisés comme renfort dans les matériaux composites. Les résultats des essais obtenus par cette méthode sont applicables pour le contrôle de la qualité et la comparaison des fibres céramiques.

Les résultats de cette méthode ne doivent pas être confondus avec la résistance des filaments dérivée des essais de traction réalisés sur des fils secs spécifiés dans l'ISO 22459.

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 1889, *Fils de renfort — Détermination de la masse linéique*

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 10119, *Fibre de carbone — Détermination de la masse volumique*

ISO 10548, *Fibres de carbone — Détermination du taux d'ensimage*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions 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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

longueur de jauge

L

distance entre deux points de référence sur l'éprouvette pendant l'essai de traction

3.2
longueur de jauge initiale

L_0
distance entre deux points de référence sur l'éprouvette à force nulle

[SOURCE: ISO 22459:2020, 3.1, modifiée — terme et définition révisés et Note 1 à l'article supprimée]

3.3
déformation longitudinale

A
augmentation de la *longueur de jauge initiale* (3.2) pendant l'essai de traction

[SOURCE: ISO 19630:2017, 3.7, modifiée — définition révisée]

3.4
force de traction maximale

F_m
force de traction la plus élevée appliquée à l'éprouvette lors de l'essai jusqu'à la rupture

[SOURCE: ISO 19630:2017, 3.4, modifiée — définition révisée]

3.5
résistance en traction

σ_f
rapport entre la *force de traction maximale* (3.4) et l'*aire de la section transversale initiale totale du fil sec* (3.9)

[SOURCE: ISO 19630:2017, 3.6, modifiée — définition révisée]

3.6
complaisance totale

C_t
rapport du déplacement mesuré à la force correspondante pendant l'essai de traction

[SOURCE: ISO 22459:2020, 3.4.1]

3.7
complaisance du dispositif d'application de l'effort

C_1
rapport de l'allongement du dispositif d'application de l'effort, sans tenir compte de la contribution de l'éprouvette, à la force correspondante pendant l'essai de traction

[SOURCE: ISO 22459:2020, 3.4.2]

3.8
module d'élasticité en traction

E_f
pente de la courbe force-déformation divisée par l'*aire de la section transversale initiale totale du fil sec* (3.9)

3.9
aire de la section transversale initiale totale du fil sec

S_f
masse linéique du fil sec (3.11) divisée par la *masse volumique du fil sec* (3.13)

[SOURCE: ISO 22459:2020, 3.2, modifiée — terme et définition révisés]

3.10
déformation à la force maximale

$\varepsilon_{t,m}$
rapport entre la plus grande *déformation longitudinale* (3.3) et la *longueur de jauge initiale* (3.2)

3.11**masse linéique du fil sec** T_{tf}

masse du fil sec sans ensimage divisée par sa longueur

[SOURCE: ISO 1889:2009, 3.1, modifiée — terme et définition révisés et Note 1 à l'article supprimée]

3.12**masse linéique du fil imprégné** T_{ti}

masse de l'éprouvette divisée par sa longueur

3.13**masse volumique du fil sec** ρ_f

masse du fil sec sans ensimage divisée par son volume

4 Principe

Un fil de fibre imprégné d'une résine époxyde est utilisé comme éprouvette. Une force de traction est appliquée jusqu'à la rupture sur l'éprouvette, à une vitesse de déplacement constante, à l'aide d'une machine d'essai mécanique et d'un système de mors. La déformation longitudinale du fil imprégné de résine est mesurée directement à l'aide d'un extensomètre ou est déterminée à partir du déplacement entre deux mors à l'aide d'une correction de la complaisance. La correction prend en compte les contributions du dispositif d'application de l'effort, des mors et des matériaux des talons.

La résistance en traction, le module d'élasticité en traction et la déformation à la force maximale sont calculés à partir de la relation force-déformation. Dans le cas des fils de fibre céramique dans une matrice époxyde, la relation entre la force et la déformation longitudinale est linéaire et, par conséquent, le module d'élasticité en traction est calculé à partir de la pente de la courbe force-déformation.

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/2b33fe27-9f2f-4a8f-b6d1-d3342d38bdfb/iso-24046-2022)

5 Appareillage et matériels

24046-2022

5.1 Résine

La résine d'imprégnation doit être compatible avec l'ensimage et le type de fil. La viscosité de la résine ou de la solution de résine doit être suffisante pour assurer l'absorption de la résine et une imprégnation uniforme. Il convient que la déformation à la rupture de la résine durcie soit au moins deux fois plus élevée, et de préférence plus de trois fois plus élevée, que celle de l'éprouvette. À cet égard, les systèmes de résine époxyde thermodurcissable sont appropriés (voir un exemple à l'[Annexe A, Tableau A.1](#)) ainsi que toute formulation pouvant fournir des éprouvettes d'essai qui respectent les exigences du présent document.

5.2 Appareillage d'imprégnation

Des éprouvettes peuvent être préparées par toute méthode produisant une éprouvette imprégnée de façon uniforme et régulière.

Un appareillage d'imprégnation se compose d'un support de bobine de fil, d'un bain d'imprégnation, de rouleaux assurant l'imprégnation de résine et l'élimination de l'excès de résine, et d'un enrouleur de fil imprégné.

Un appareillage d'imprégnation peut se composer des éléments suivants:

5.2.1 Support de bobine de fil, pour l'échantillon de bobine de fil, avec des dispositifs de mise en tension du fil.

5.2.2 Bain d'imprégnation, équipé de dispositifs de contrôle de la température et de rouleaux d'imprégnation ou de barres de mise en tension du fil.

5.2.3 Rouleau, qui élimine l'excès de résine sur le fil imprégné par le passage de ses rouleaux recouverts de tissu, de papier ou de feutre à travers une filière.

5.2.4 Enrouleur de fil imprégné, pour enrouler le fil imprégné, de préférence en bois ou en métal recouvert de caoutchouc. Des exemples d'appareillages d'imprégnation sont donnés à l'[Annexe B, Figure B.1](#).

5.3 Étuve de durcissement avec contrôle de la température

Une étuve ventilée est préférable pour assurer un durcissement uniforme de la résine.

5.4 Machine d'essai de traction et extensomètre

5.4.1 Machine d'essai de traction

Utiliser une machine d'essai de traction (avec une vitesse de traverse constante) équipée de dispositifs enregistreurs de la force et de l'allongement. La machine doit être au moins de classe 1 selon l'ISO 7500-1. La précision de la force indiquée doit être supérieure de 1 % à la valeur enregistrée. Le système de mors de l'éprouvette doit permettre d'aligner l'éprouvette avec l'axe de la machine d'essai. Un exemple approprié est donné à l'[Annexe C, Figure C.1](#).

5.4.2 Extensomètre

Utiliser un extensomètre connecté à un dispositif enregistreur en continu qui enregistre automatiquement l'allongement de la longueur de jauge de l'extensomètre en fonction de la force appliquée sur l'éprouvette. Il convient que l'extensomètre soit suffisamment léger pour n'induire que des contraintes négligeables sur l'éprouvette. Sur les extensomètres à grande longueur de jauge, il est recommandé que le poids de l'extensomètre soit supporté, par exemple en utilisant un fil, afin d'éviter une flexion de l'éprouvette et des forces de contact.

La longueur de jauge de l'extensomètre doit être d'au moins 25 mm, avec une tolérance de ± 1 %. Il est recommandé d'utiliser un extensomètre avec une longueur de jauge aussi étendue que possible afin d'augmenter la précision de la mesure.

La tolérance d'écart de l'extensomètre par rapport à la linéarité ne doit pas dépasser 0,1 % de la plage de mesurage de l'allongement requise.

L'[Annexe C](#) fournit des exemples d'extensomètres appropriés. Le cas échéant, d'autres instruments de mesure des déformations, optiques ou laser, peuvent être utilisés.

5.5 Balance

Utiliser une balance ayant une résolution de 0,1 mg pour peser les éprouvettes, afin de déterminer la masse linéique du fil imprégné.

5.6 Règle

Utiliser une règle graduée ou tout autre dispositif de mesurage d'une précision de $\pm 0,5$ mm pour déterminer la distance initiale entre deux mors, c'est-à-dire la longueur de jauge de l'éprouvette.

6 Éprouvettes

6.1 Nombre d'éprouvettes

Préparer un nombre d'éprouvettes suffisant pour effectuer cinq essais. En cas de rupture d'éprouvette à l'intérieur des mors sur les languettes, ou en raison d'un dommage causé par l'extensomètre, abandonner l'essai en cours et réaliser un nouvel essai sur une nouvelle éprouvette.

6.2 Imprégnation des éprouvettes

Le mode opératoire d'utilisation de l'appareillage d'imprégnation décrit en [5.2](#) est le suivant:

- a) Placer la bobine de fil sur le support.
- b) Verser le mélange résine d'imprégnation dans le bain de résine (voir [5.2.2](#)), puis régler la température et la viscosité aux valeurs souhaitées.
- c) Tirer le fil depuis le support de bobine et le faire passer à travers les rouleaux, le bain de résine et le système conçu pour éliminer l'excès de résine tout en assurant une imprégnation de résine appropriée (voir [5.2.3](#)).
- d) Régler la tension de déroulement en appliquant une force de 80 gramme-force (gf) à 130 gf.
- e) Enrouler le fil imprégné sur le cadre (voir [5.2.4](#)).
- f) Placer le cadre dans l'étuve (voir [5.3](#)).
- g) Faire durcir la résine conformément aux instructions du fabricant.
- h) Lorsque la résine est dure, retirer le cadre de l'étuve. Après avoir retiré le fil imprégné du cadre, découper un nombre d'éprouvettes suffisant.
- i) Sélectionner les éprouvettes selon les critères indiqués en [6.4.1](#).

6.3 Détermination d'autres propriétés de la fibre

6.3.1 Généralités

Afin d'effectuer les calculs de la résistance en traction et du module d'élasticité indiqués à l'[Article 9](#), les propriétés spécifiées de [6.3.2](#) à [6.3.4](#) doivent être déterminées.

6.3.2 Masse linéique du fil

Déterminer la masse linéique du fil selon la méthode décrite dans l'ISO 1889 pour les fibres de carbone.

6.3.3 Taux d'ensimage du fil

Déterminer le taux d'ensimage du fil selon la méthode décrite dans l'ISO 10548, méthode C.

6.3.4 Masse volumique de la fibre céramique

Déterminer la masse volumique de la fibre céramique selon l'une des méthodes décrites dans l'ISO 10119.