

Deuxième édition  
2004-08-15

Version corrigée  
2004-11-01

---

---

**Fibres de carbone — Détermination des propriétés en traction sur fils imprégnés de résine**

*Carbon fibre — Determination of tensile properties of resin-impregnated yarn*

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

[ISO 10618:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-866c6502f271/iso-10618-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-866c6502f271/iso-10618-2004>



Numéro de référence  
ISO 10618:2004(F)

© ISO 2004

**PDF – Exonération de responsabilité**

Le présent fichier PDF peut contenir des polices de caractères intégrées. Conformément aux conditions de licence d'Adobe, ce fichier peut être imprimé ou visualisé, mais ne doit pas être modifié à moins que l'ordinateur employé à cet effet ne bénéficie d'une licence autorisant l'utilisation de ces polices et que celles-ci y soient installées. Lors du téléchargement de ce fichier, les parties concernées acceptent de fait la responsabilité de ne pas enfreindre les conditions de licence d'Adobe. Le Secrétariat central de l'ISO décline toute responsabilité en la matière.

Adobe est une marque déposée d'Adobe Systems Incorporated.

Les détails relatifs aux produits logiciels utilisés pour la création du présent fichier PDF sont disponibles dans la rubrique General Info du fichier; les paramètres de création PDF ont été optimisés pour l'impression. Toutes les mesures ont été prises pour garantir l'exploitation de ce fichier par les comités membres de l'ISO. Dans le cas peu probable où surviendrait un problème d'utilisation, veuillez en informer le Secrétariat central à l'adresse donnée ci-dessous.

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

[ISO 10618:2004](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-866c6502f271/iso-10618-2004)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-866c6502f271/iso-10618-2004>

© ISO 2004

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du 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 et définitions</b> .....	<b>1</b>
<b>4</b> <b>Symboles</b> .....	<b>1</b>
<b>5</b> <b>Principe</b> .....	<b>2</b>
<b>6</b> <b>Appareillage et matériaux</b> .....	<b>2</b>
<b>7</b> <b>Éprouvettes</b> .....	<b>3</b>
<b>8</b> <b>Atmosphères pour le conditionnement et les essais</b> .....	<b>5</b>
<b>9</b> <b>Mode opératoire pour l'essai de traction</b> .....	<b>6</b>
<b>10</b> <b>Expression des résultats</b> .....	<b>6</b>
<b>11</b> <b>Fidélité</b> .....	<b>9</b>
<b>12</b> <b>Rapport d'essai</b> .....	<b>9</b>
<b>Annexe A</b> (informative) <b>Exemples de systèmes de résines époxy polymérisables à chaud</b> .....	<b>10</b>
<b>Annexe B</b> (informative) <b>Exemples d'appareils d'imprégnation</b> .....	<b>12</b>
<b>Annexe C</b> (informative) <b>Exemples de talons et d'appareils pour la préparation des talons</b> .....	<b>13</b>
<b>Annexe D</b> (informative) <b>Exemples d'extensomètres</b> .....	<b>15</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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

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.

L'ISO 10618 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 61, *Plastiques*, sous-comité SC 13, *Composites et fibres de renforcement*.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 10618:1999), qui a fait l'objet d'une révision technique.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-869650271/iso-10618-2004>

Dans la présente version corrigée de l'ISO 10618:2004, la référence à la première édition (ISO 10618:1999) a été corrigée dans le 6<sup>e</sup> alinéa de l'Avant-propos.

# Fibres de carbone — Détermination des propriétés en traction sur fils imprégnés de résine

## 1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie une méthode d'essai pour la détermination de la résistance en traction, du module d'élasticité en traction et de la déformation à la charge maximale sur une éprouvette de fil imprégné de résine. La méthode s'applique à des fils (continus ou discontinus) de fibres de carbone utilisés pour le renforcement des matériaux composites.

## 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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 291, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai*

ISO 527-1, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 1: Principes généraux*

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

ISO 10119, *Fibres 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 donnés dans l'ISO 527-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

### 3.1

#### aire de la section du fil de fibre de carbone

$A_f$

masse linéique du fil divisée par la masse volumique de la fibre de carbone

NOTE Elle est exprimée en millimètres carrés.

## 4 Symboles

Les symboles utilisés dans la présente Norme internationale sont les suivants:

$\sigma_f$  résistance en traction, en mégapascals;

$F_f$  force maximale en traction, en newtons;

$A_f$  aire de la section du fil, en millimètres carrés;

$\rho_f$  masse volumique du fil, en grammes par centimètre cube;

$T_{ff}$  masse linéique du fil, en tex;

$T_{ti}$  masse linéique du fil imprégné, en tex;

$E_f$  module d'élasticité en traction, en gigapascals;

$L_0$  longueur de jauge de l'extensomètre, en millimètres;

$\Delta L$  variation de longueur, en millimètres, correspondant à la variation de force, en newtons;

$\Delta F$  variation de force, en newtons, correspondant à la variation de longueur, en millimètres.

## 5 Principe

Un échantillon de fil est uniformément imprégné de résine, puis polymérisé pour obtenir des éprouvettes. Les éprouvettes sont sollicitées en traction, à vitesse constante sur un appareil d'essai mécanique adapté jusqu'à la rupture.

La résistance en traction, le module d'élasticité en traction et la déformation à la charge maximale sont calculés à partir de la relation force-allongement.

Le module d'élasticité en traction est déterminé en divisant la variation de la contrainte par la variation correspondante de déformation entre deux points définis. Pour les fibres de carbone, la relation entre la contrainte et la déformation n'est pas linéaire, en conséquence le module sécant doit être défini. Dans la méthode A, le module est défini entre deux niveaux de déformation, tandis que dans la méthode B, il est défini entre deux niveaux de charge. La masse linéique et le taux d'ensimage doivent être déterminés indépendamment.

NOTE La précision des valeurs obtenues approximativement est la même par la méthode A ou la méthode B. Cependant, pour la réponse, généralement non linéaire, contrainte-déformation à la rupture, commune aux fibres de carbone, les valeurs moyennes du module à partir de ces deux méthodes seront sensiblement différentes et pas nécessairement statistiquement comparables. La méthode B ou d'autres méthodes peuvent être utilisées par accord entre clients et fournisseurs pour la rédaction de cahier des charges ou pour le contrôle qualité.

## 6 Appareillage et matériaux

### 6.1 Résine

La résine d'imprégnation doit être compatible avec le fil et son ensimage. La viscosité de la résine ou de la résine en solution doit être telle qu'une absorption suffisante de résine conduise à une imprégnation uniforme. La déformation à la rupture de la résine polymérisée doit être au moins deux fois supérieure à celle de la fibre et de préférence trois fois. À cet égard, les systèmes de résines époxy polymérisant à la chaleur, avec une viscosité pendant l'imprégnation inférieure de préférence à 1 000 mPa·s, sont adaptés (voir Annexe A pour les exemples) ainsi que toute formulation qui permette d'obtenir des éprouvettes répondant aux exigences de la présente Norme internationale. La formule de la résine doit néanmoins être spécifiée en détail et faire l'objet d'un accord entre le fabricant de fibres et l'utilisateur.

### 6.2 Dispositif d'imprégnation

Les éprouvettes peuvent être préparées selon toute méthode qui permette d'obtenir des éprouvettes régulières imprégnées uniformément.

Ces méthodes comprennent à la fois les techniques de préparation d'échantillon simple et multiple. Un dispositif d'imprégnation d'échantillon multiple comprend les éléments suivants:

- 6.2.1 Un porte-bobine pour le fil échantillon, avec dispositifs de réglage de la tension du fil.
- 6.2.2 Un bain d'imprégnation, avec dispositifs de contrôle de température et rouleaux d'imprégnation ou barres de tension des fils.
- 6.2.3 Une unité pour enlever l'excès de résine de la mèche imprégnée par passage sur des rouleaux recouverts de tissu, de papier ou de feutre et/ou à travers une filière.
- 6.2.4 Un cadre pour enrouler le fil imprégné, de préférence en bois ou en métal recouvert de caoutchouc.

Des exemples d'appareils d'imprégnation sont donnés dans l'Annexe B.

### 6.3 Étuve de cuisson avec dispositif de contrôle de température

Une étuve ventilée est préférable pour assurer une cuisson uniforme de la résine.

### 6.4 Appareil d'essai de traction

6.4.1 Utiliser un appareil d'essai de traction à vitesse de déplacement de la traverse constante, équipé de dispositifs d'enregistrement de la force et de l'allongement. La précision de l'indicateur de force doit être inférieure à 1 % de la valeur de la force enregistrée. Le dispositif de fixation de l'éprouvette doit permettre l'alignement avec l'axe de l'appareil d'essai.

6.4.2 L'appareil d'essai de traction doit inclure un extensomètre associé à un dispositif d'enregistrement 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'introduire sur l'éprouvette que des contraintes négligeables.

La longueur de la jauge de l'extensomètre doit être d'au moins 50 mm, mais de préférence de 100 mm. La longueur de jauge doit être déterminée avec une tolérance de  $\pm 1$  %.

L'extensomètre ne doit pas avoir une tolérance de déviation de la linéarité de plus de 0,1 % dans la plage prescrite de mesures d'allongement.

Des exemples d'extensomètres adaptés sont donnés dans l'Annexe D. D'autres instruments de mesure de déformation tels que des instruments optiques ou lasers peuvent être utilisés, s'ils conviennent.

### 6.5 Balance

Utiliser une balance de résolution de 0,1 g près pour peser les éprouvettes et déterminer la masse linéique du fil imprégné.

### 6.6 Règle

Utiliser une règle graduée ou tout autre moyen de mesure, d'au moins 500 mm de long et précis à  $\pm 1$  mm.

## 7 Éprouvettes

### 7.1 Nombre d'éprouvettes

Préparer un nombre suffisant d'éprouvettes de façon à pouvoir faire quatre déterminations. En cas de rupture d'une éprouvette dans les mors ou dans les talons ou en cas de détérioration causée par l'extensomètre, éliminer le résultat et répéter la détermination sur une nouvelle éprouvette.

## 7.2 Longueur des éprouvettes

Pour les éprouvettes avec talons, la longueur de l'éprouvette entre talons doit être soit de  $(150 \pm 5)$  mm, soit de  $(200 \pm 5)$  mm. Pour les éprouvettes sans talons, la longueur totale de l'éprouvette doit être de  $(250 \pm 5)$  mm ou de  $(300 \pm 5)$  mm (au moins la longueur de jauge de l'extensomètre plus deux fois la longueur de prise en mors).

En cas de litige, la longueur entre talons pour les éprouvettes avec talons doit être de  $(150 \pm 5)$  mm et pour les éprouvettes sans talons la longueur de l'éprouvette doit être de  $(250 \pm 5)$  mm.

## 7.3 Imprégnation des éprouvettes

**7.3.1** Le mode opératoire pour utiliser l'appareillage d'imprégnation décrit au 6.2 est le suivant:

**7.3.2** Placer la bobine sur le support.

**7.3.3** Verser le mélange de résine d'imprégnation dans le bac (6.2.2) et ajuster sa température et sa viscosité aux valeurs désirées.

**7.3.4** Faire passer le fil dans le bain de résine et au travers du système servant à enlever la résine en excès tout en s'assurant d'une imprégnation convenable (voir 6.2.3).

**7.3.5** Ajuster la tension de dévidage. Celle-ci doit être laissée à la discrétion de chaque laboratoire d'essai.

**7.3.6** Enrouler la mèche imprégnée sur le cadre (6.2.4).

**7.3.7** Placer le cadre dans l'étuve (6.3).

**7.3.8** Polymériser la résine conformément aux instructions du fabricant de la résine.

**7.3.9** Après polymérisation de la résine, sortir le cadre de l'étuve. Après avoir enlevé le fil imprégné du cadre, prélever une quantité suffisante d'éprouvettes.

**7.3.10** Sélectionner les éprouvettes selon les critères donnés en 7.5.

## 7.4 Détermination des autres propriétés des fibres

### 7.4.1 Généralités

Pour pouvoir faire les calculs de la résistance en traction et du module d'élasticité en traction donnés dans l'Article 10, les propriétés spécifiées de 7.4.2 à 7.4.5 doivent être déterminées.

### 7.4.2 Masse linéique du fil

Déterminer la masse linéique du fil selon la méthode indiquée dans l'ISO 1889.

### 7.4.3 Taux d'ensimage du fil

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

### 7.4.4 Masse volumique de la fibre de carbone

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

### 7.4.5 Masse linéique de l'éprouvette de fil imprégné

Mesurer la longueur d'une éprouvette (voir 6.6) après découpage à la longueur appropriée et avant la pose des talons. Peser l'éprouvette sur la balance (voir 6.5).



Calculer la masse linéique du fil imprégné en divisant la masse de l'éprouvette par sa longueur, puis exprimer le résultat en grammes par kilomètre (tex).

NOTE Il n'est pas nécessaire de déterminer la masse linéique du fil imprégné de chaque éprouvette.

## 7.5 Critères de sélection des éprouvettes

**7.5.1** La rectitude de chaque éprouvettes doit être confirmée, en contrôlant à l'aide d'un outillage adapté. Les éprouvettes doivent être d'apparence uniforme et exemptes des défauts suivants:

- filaments cassés;
- gouttelettes de résine;
- fibres désalignées.

**7.5.2** Le taux de résine doit être au moins de 30 % en masse. Le taux de résine des éprouvettes peut être calculé à partir de la masse linéique des éprouvettes et de la masse linéique du fil, à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{Taux de résine (\%)} = \frac{T_{\text{ti}} - T_{\text{ff}}}{T_{\text{ti}}} \times 100 \quad (1)$$

où

$T_{\text{ti}}$  est la masse linéique des éprouvettes, exprimée en tex;

$T_{\text{ff}}$  est la masse linéique du fil, exprimée en tex.

Un échantillon témoin de chaque type de fil soumis à essai doit être vérifié afin de contrôler que le taux de résine de chaque lot de préparation est correct. Si le taux de résine de l'échantillon témoin ne se situe pas dans la plage acceptable, chaque ensemble d'éprouvettes provenant de ce lot doit être vérifié afin de contrôler que le taux de résine de chaque lot de préparation est correct.

**7.5.3** L'imprégnation du fil doit être régulière.

## 7.6 Préparation des éprouvettes avec talons

Si une éprouvette se rompt dans les mors de l'appareil de traction, le résultat n'est pas valable. La mise en place de talons sur l'éprouvette peut aider à réduire la fréquence de telles ruptures. Les talons peuvent permettre également d'assurer un alignement correct de l'éprouvette dans les mors.

Des éprouvettes peuvent être soumises à l'essai avec ou sans talons.

Si des talons sont nécessaires, l'équipement à utiliser dépend du type de talons choisi. Dans tous les cas où des talons sont employés, la longueur de prise en mors doit être au minimum de 30 mm. Voir l'Annexe C.

## 8 Atmosphères pour le conditionnement et les essais

L'atmosphère utilisée pour le conditionnement et les essais doit être choisie parmi celles définies dans l'ISO 291.

## 9 Mode opératoire pour l'essai de traction

**9.1** Régler la vitesse de traverse de l'appareil d'essai de traction (voir 6.4.1). La vitesse maximale recommandée est de 250 mm/min. La vitesse maximale effective peut être limitée par la vitesse de l'appareillage d'échantillonnage ou d'enregistrement des données.

**9.2** Pour les éprouvettes avec talons, utiliser des mors qui conviennent au type de talon utilisé. Ajuster la distance entre les mors en fonction de la longueur prescrite pour l'éprouvette (voir 7.2).

Pour les éprouvettes sans talons, monter des mors à surface lisse fabriqués à partir de matériaux en feuilles, ayant une élasticité moyenne et un coefficient de frottement élevé telle que des feuilles de caoutchouc dur. La feuille peut être collée sur la face métallique des mors au moyen d'un adhésif approprié. Au cas où les éprouvettes glisseraient dans les mors pendant l'essai, il s'est avéré efficace d'insérer un morceau de papier abrasif entre l'éprouvette d'essai et les faces des mors.

Étant donné la grande fragilité des éprouvettes, il est recommandé de se servir de mors actionnés par un système à air comprimé.

**9.3** Fixer une éprouvette dans les mors de l'appareil d'essai.

**9.4** Fixer avec soin l'extensomètre (voir 6.4.2) sur l'éprouvette.

**9.5** Lancer l'enregistrement et charger l'éprouvette jusqu'à la rupture.

**9.6** Si l'éprouvette casse dans les mors ou les talons ou subit une détérioration due à l'extensomètre, éliminer le résultat et recommencer sur une nouvelle éprouvette.

(standards.iteh.ai)

## 10 Expression des résultats

ISO 10618:2004

### 10.1 Résistance en traction

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/976be163-c022-4478-a3d1-866c6502f271/iso-10618-2004>

**10.1.1** Pour chaque éprouvette, calculer la résistance en traction du fil, en mégapascals, à l'aide de l'équation suivante:

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} \quad (2)$$

où

$\sigma_f$  est la résistance en traction, en mégapascals;

$F_f$  est la force maximale en traction, en newtons;

$A_f$  est l'aire de la section de l'échantillon de fil, en millimètres carrés, obtenue à l'aide de l'équation suivante:

$$A_f = \frac{T_{ff}}{\rho_f} \times 10^{-3} \quad (3)$$

où

$T_{ff}$  est la masse linéique, en tex, du fil sans ensimage, calculée à partir de la masse linéique déterminée conformément à l'ISO 1889 et le taux d'ensimage déterminé conformément à ISO 10548;

$\rho_f$  est la masse volumique du fil, en grammes par centimètre cube, déterminée conformément à ISO 10119.

Si le taux d'ensimage est suffisamment faible pour qu'aucune erreur ne soit introduite, il est permis d'utiliser la masse linéique et la masse volumique du fil avec ensimage.

**10.1.2** Calculer la moyenne arithmétique des valeurs individuelles de résistance en traction et la consigner comme résultat. Si la spécification du produit ou le demandeur de l'essai l'exige, calculer l'écart-type et le coefficient de variation des déterminations individuelles à l'aide des méthodes de calcul statistique habituelles.

## 10.2 Module d'élasticité en traction (voir Figure 1)

### 10.2.1 Méthode A

Le module d'élasticité en traction déterminé conformément à la méthode A se calcule à l'aide de l'équation suivante:

$$E_f = \frac{\Delta F}{A_f} \times \frac{L_0}{\Delta L} \times 10^{-3} \quad (4)$$

où

$E_f$  est le module d'élasticité en traction en gigapascals;

$\Delta F$  est la variation de la force, en newtons, correspondant à la variation de la longueur, en millimètres, entre les limites de déformation définies dans le Tableau 1;

$A_f$  est l'aire de la section de l'éprouvette du fil, en millimètres carrés [voir Équation (3)];

$L_0$  est la longueur de jauge de l'extensomètre, en millimètres;

$\Delta L$  est la variation de longueur, en millimètres, correspondant aux variations de la force, qui résultent des niveaux de déformation du Tableau 1.

**Tableau 1 — Relation entre le type de fibre et les limites de déformation**

Déformation à la rupture $\varepsilon$ type d'un type de fibre	Limites de déformation
$\varepsilon \geq 1,2 \%$	0,1 % à 0,6 %
$0,6 \% \leq \varepsilon < 1,2 \%$	0,1 % à 0,3 %
$0,3 \% \leq \varepsilon < 0,6 \%$	0,05 % à 0,15 %

NOTE La valeur type de la déformation à la rupture d'un produit (pourcentage d'allongement à la charge maximale) peut être déterminée par extensométrie ou calculée à partir des valeurs de résistance et de module en traction théoriques pour le type de fibres de carbone soumis à l'essai.

### 10.2.2 Méthode B

Le module d'élasticité en traction déterminé conformément à la méthode B est calculé à l'aide de l'équation suivante:

$$E_f = \frac{\Delta F}{A_f} \times \frac{L_0}{\Delta L} \times 10^{-3} \quad (5)$$