

---

---

**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 10618:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f97e594-8c14-4eae-bae3-708d29e08633/iso-10618-1999>



## Sommaire

1	Domaine d'application.....	1
2	Références normatives .....	1
3	Définitions .....	1
4	Symboles .....	2
5	Principe.....	2
6	Appareillage et matériaux .....	2
7	Éprouvettes .....	3
8	Atmosphères pour le conditionnement et les essais.....	5
9	Mode opératoire pour l'essai de traction.....	5
10	Expression des résultats .....	6
11	Fidélité .....	8
12	Rapport d'essai .....	8
Annexe A (informative)	Exemples de système de résines époxy polymérisables à chaud.....	10
Annexe B (informative)	Exemples d'appareils d'imprégnation.....	12
Annexe C (informative)	Exemples de talons et d'appareils pour la préparation des talons.....	13
Annexe D (informative)	Exemples d'extensomètres .....	15

ITeH STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 10618:1999

Exemples de système de résines époxy polymérisables à chaud  
708d29e08633/iso-10618-1999

## 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 3.

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.

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

Les annexes A à D de la présente Norme internationale sont données uniquement à titre d'information.

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

[ISO 10618:1999](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f97e594-8c14-4eae-bae3-708d29e08633/iso-10618-1999)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f97e594-8c14-4eae-bae3-708d29e08633/iso-10618-1999>

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

ISO 10618:1999

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f97e594-8c14-4eae-bae3-708d29e08633/iso-10618-1999>

# 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 carbone utilisés pour le renforcement des matériaux composites.

Le module d'élasticité en traction est calculé suivant la méthode A ou la méthode B; les valeurs obtenues par les deux méthodes peuvent être différentes.

## 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente Norme internationale. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente Norme internationale sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 291:1997, *Plastiques — Atmosphères normales de conditionnement et d'essai.*

ISO 527-1:1993, *Plastiques — Détermination des propriétés en traction — Partie 1: Principes généraux.*

ISO 1886:1990, *Fibres de renfort — Méthodes d'échantillonnage pour le contrôle de réception de lots.*

ISO 1889:1997, *Fils de renfort — Détermination de la masse linéique.*

ISO 10119:—<sup>1)</sup>, *Fibres de carbone — Détermination de la densité.*

ISO 10548:1994, *Fibres de carbone — Détermination du taux d'ensimage.*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins de la présente Norme internationale, les termes et définitions donnés dans l'ISO 527-1 s'appliquent, ainsi que les suivants.

### 3.1

#### aire de la section transverse du fil

$A_f$

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

NOTE Elle est exprimée en mètres carrés.

<sup>1)</sup> À publier. (Révision de l'ISO 10119:1992)

## 4 Symboles

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

- $\sigma_f$  résistance en traction, en mégapascals;
- $F_f$  charge maximale en traction, en newtons;
- $A_f$  aire de la section du fil, en mètres carrés;
- $\rho_f$  masse volumique du fil, en kilogrammes par mètre cube;
- $T_{tf}$  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;
- $L_u$  valeur lue sur l'extensomètre, en millimètres, à la charge maximale;
- $\Delta L$  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

### iTeh STANDARD PREVIEW

Un échantillon de fil est uniformément imprégné de résine, puis polymérisé pour obtenir des éprouvettes composites sous forme de fines baguettes. Les éprouvettes sont soumises à une traction, à une vitesse constante sur une machine d'essai mécanique adaptée jusqu'à la rupture, pour déterminer la courbe force-allongement.

La résistance en traction, le module d'élasticité en traction et l'allongement 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.

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 contrainte, tandis que dans la méthode B, il est défini entre deux niveaux de déformation. Pour les besoins de la présente Norme internationale, la méthode B est la méthode de référence. La masse linéique et le taux d'ensimage doivent être déterminés indépendamment.

NOTE La précision des valeurs obtenues est la même par la méthode A ou la méthode B. La méthode A 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 d'imprégnation**, 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 soit réalisée, qui conduise à une imprégnation uniforme. La déformation à 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 époxydes polymérisant à la chaleur avec une viscosité pendant l'imprégnation inférieure de préférence à 1 000 mPa·s, sont adaptées (voir l'annexe A pour les exemples) ou 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 fibre et l'utilisateur.

## 6.2 Dispositif d'imprégnation.

Les éprouvettes peuvent être préparées par 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 ce qui suit:

**6.2.1 Porte-bobine**, avec réglage de tension.

**6.2.2 Bain d'imprégnation**, avec dispositifs de contrôle de température et des rouleaux d'imprégnation ou barres de tension des fils.

**6.2.3 Unité pour enlever l'excès de résine** de la mèche imprégnée par passage sur des rouleaux recouverts de tissus, papiers ou feutres ou bien à travers une filière.

**6.2.4 Cadre**, pour enrouler la mèche imprégnée. Du bois ou du métal recouvert de caoutchouc est préférable.

**6.3 Étuve de cuisson**, avec dispositif de contrôle de température. Une étuve ventilée est préférable pour assurer une cuisson uniforme de la résine.

La température de l'étuve de cuisson doit être contrôlée à  $\pm 3$  °C.

**6.4 Machine d'essai de traction**, à vitesse de déplacement de la traverse constante, équipée de dispositifs d'enregistrement de la charge et de l'allongement. La précision de l'indicateur de charge doit être meilleure que 1 % de la valeur de la charge enregistrée. Le dispositif de fixation de l'éprouvette doit permettre l'alignement avec l'axe de la machine d'essai.

**6.5 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 charge appliquée sur l'éprouvette. L'extensomètre doit être suffisamment léger pour n'introduire sur l'éprouvette que des contraintes négligeables.

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

L'extensomètre doit avoir une tolérance linéaire d'au moins 0,1 % dans le domaine d'allongement nécessaire.

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

**6.6 Balance**, précise à 0,1 mg près, pour peser les éprouvettes d'essai pour déterminer la masse linéaire du fil imprégné.

**6.7 Règle graduée**, d'au moins 500 mm de longueur et précise à 1 mm, ou **tout moyen de mesure adapté**.

## 7 Éprouvettes

### 7.1 Nombre d'éprouvettes

Préparer un nombre suffisant d'éprouvettes de façon à effectuer cinq déterminations valables. Si une éprouvette casse dans les mors ou dans les talons, ou en raison d'un endommagement causé par l'extensomètre, éliminer le résultat et répéter la détermination sur une nouvelle éprouvette.

### 7.2 Longueur des éprouvettes

Pour les éprouvettes d'essai avec talons, la longueur de l'éprouvette d'essai entre talons doit être soit 150 mm  $\pm$  5 mm ou 200 mm  $\pm$  5 mm. Pour les éprouvettes sans talons, la longueur totale de l'éprouvette doit être

250 mm  $\pm$  5 mm ou 300 mm  $\pm$  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 150 mm  $\pm$  5 mm et, pour les éprouvettes sans talons, la longueur de l'éprouvette doit être 250 mm  $\pm$  5 mm.

### 7.3 Préparation des éprouvettes

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

Placer la bobine sur le support.

Verser le mélange de résine d'imprégnation dans le bac et ajuster sa température et sa viscosité aux valeurs désirées.

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.

Ajuster la tension de bobinage à approximativement à 3 mN/tex.

Enrouler la mèche imprégnée sur le cadre.

Placer le cadre dans l'étuve.

Polymériser la résine suivant les instructions du fabricant.

Quand la résine a été polymérisée, enlever le cadre du four. Après avoir enlevé le fil imprégné du cadre, prélever une quantité suffisante d'éprouvettes.

Sélectionner les éprouvettes selon les critères donnés en 7.5.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/097e594-8c14-4eae-bae3-10618-1999>

## 7.4 Détermination des autres propriétés des fibres

### 7.4.1 Généralités

Pour calculer la résistance en traction et le module d'élasticité en traction définis dans l'article 10, d'autres propriétés pour les fibres doivent être déterminées en premier.

### 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

En utilisant la règle graduée ou tout autre moyen de mesure, mesurer la longueur de l'éprouvette après l'avoir coupée à la longueur appropriée et avant la pose des talons. Peser l'éprouvette sur la balance. Calculer la masse volumique en divisant la masse de l'éprouvette d'essai par sa longueur, en exprimant le résultat en grammes par kilomètre (tex).



## 7.5 Critères de sélection des éprouvettes

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

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

**7.5.2** Le taux de résine doit être au moins de 35 % en masse. Le taux de résine des éprouvettes peut être calculé en pourcentage de masse à partir de la masse linéique des éprouvettes  $T_{ti}$ , en tex, et de la masse linéique du fil  $T_{ff}$ , en tex, à l'aide de l'équation suivante:

$$\text{Taux de résine} = \frac{T_{ti} - T_{ff}}{T_{ti}} \times 100$$

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

## 7.6 Préparation des éprouvettes avec talons

Si les éprouvettes d'essai cassent dans les mors de la machine de traction, le résultat n'est pas valable. L'addition de talons à l'éprouvette d'essai permet de réduire la fréquence des ruptures dans les mors. Les talons permettent aussi d'assurer un alignement correct de l'éprouvette dans les mors.

Les éprouvettes peuvent cependant être utilisées avec ou sans talons.

Si des talons sont nécessaires, l'équipement nécessaire dépend du type de talons. Dans tous les cas où on utilise des talons, la prise en mors doit être au minimum de 30 mm. Voir exemples dans l'annexe informative C.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/097e594-8c14-4eae-bae3-708d29e08633/iso-10618-1999>

## 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 la machine d'essai pour que la rupture de l'éprouvette se produise en pas moins de 3 min. Une vitesse de traverse maximum de 50 mm/min peut être utilisée uniquement pour des essais d'assurance qualité.

**9.2** Pour les éprouvettes avec talons, utiliser des mors qui s'accordent avec le type de talon utilisé. Ajuster la distance entre 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 d'utiliser des mors actionnés par un système à air comprimé.

**9.3** Fixer l'éprouvette dans les mors de la machine d'essai.

**9.4** Fixer avec soin l'extensomètre sur l'éprouvette.

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

9.6 Si l'éprouvette d'essai casse dans les mors ou les talons ou par endommagement dû à l'extensomètre, éliminer le résultat et recommencer sur une nouvelle éprouvette.

## 10 Expression des résultats

### 10.1 Résistance en traction

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

$$\sigma_f = \frac{F_f}{A_f} \times 10^{-6}$$

où

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

$A_f$  est l'aire de la section de l'échantillon de fil, en mètres carrés, donnée par l'équation

$$A_f = \frac{T_{ff}}{\rho_f} \times 10^{-6}$$

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

$\rho_f$  étant la masse volumique de l'échantillon de fil, en kilogrammes par mètre cube, déterminée conformément à l'ISO 10119.

10.1.2 Calculer la valeur de la résistance en traction en faisant la moyenne arithmétique de cinq déterminations individuelles. L'écart-type et le coefficient de variation des déterminations individuelles de résistance en traction peuvent être calculés à l'aide des méthodes de calcul statistique habituelles si cela est demandé par la spécification ou par la personne qui a demandé l'essai.

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

#### 10.2.1 Méthode A

Le module d'élasticité en traction  $E_f$  déterminé selon la méthode A est calculé, en gigapascals, à l'aide de l'équation suivante:

$$E_f = \frac{\Delta F}{A_f} \times \frac{L_0}{\Delta L} \times 10^{-9}$$

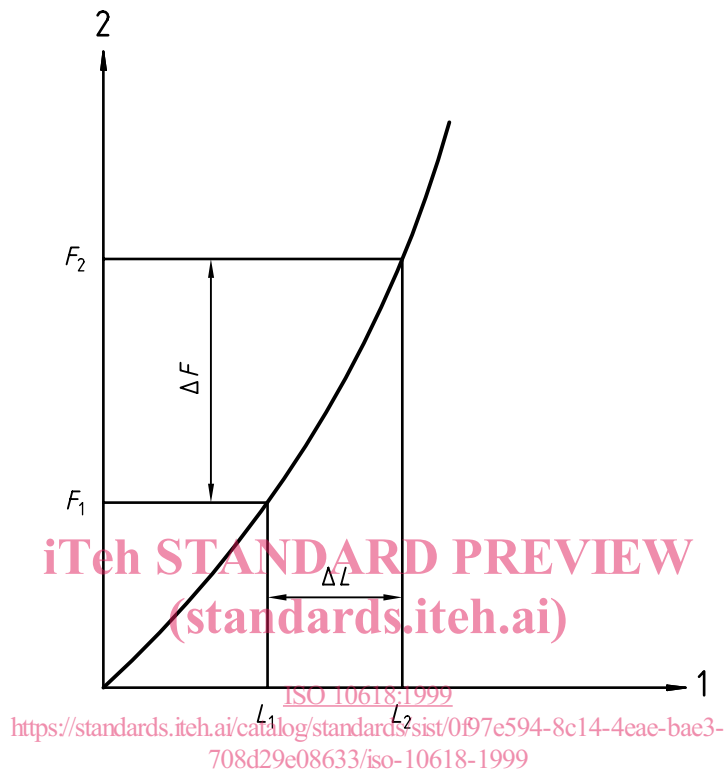
où

$\Delta F$  est la variation de la charge, en newtons, correspondant à la variation de longueur en millimètres, entre 400 mN/tex et 800 mN/tex;

$A_f$  est l'aire de la section de l'échantillon du fil, en mètres carrés (voir 10.1.1);

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

$\Delta L$  est la variation de longueur, en millimètres, correspondant à la variation de la charge, entre 400 mN/tex et 800 mN/tex.



#### Légende

- 1 Déformation (mm)
- 2 Charge (N)

Figure 1 — Relation charge/déformation pendant l'essai de traction

#### 10.2.2 Méthode B

La méthode B est la méthode de référence pour déterminer le module d'élasticité en traction  $E_f$ . Le module est calculé, en gigapascals, à l'aide de l'équation suivante:

$$E_f = \frac{\Delta F}{A_f} \times \frac{L_0}{\Delta L} \times 10^{-9}$$

où

$\Delta F$  est la variation de la charge, en newtons, correspondant à la variation de la longueur, en millimètres, entre les intervalles de déformations indiqués dans le Tableau 1, pour le type de fibre concernée;

$A_f$  est l'aire de la section de l'éprouvette du fil, en mètres carrés (voir 10.1.1);

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

$\Delta L$  est la variation de longueur, en millimètres, correspondant aux variations de la charge, entre les niveaux de déformation indiquée dans le Tableau 1, pour le type de fibre concernée.