

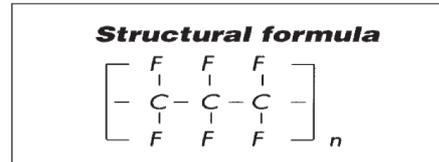


# Caractéristiques du PTFE vierge

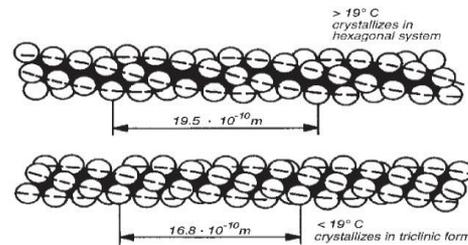
## INTRODUCTION PTFE VIERGE

D'où vient le PTFE ? Le fluorite est un minéral principalement de provenance asiatique. L'acide sulfurique combiné au fluorite permet d'obtenir un acide fluorhydrique, lui-même combiné au chloroforme permet d'obtenir le Fréon 22. Le Fréon 22 à haute température permet d'obtenir du tétrafluoroéthylène (TFE). C'est la polymérisation du TFE qui permet d'obtenir du PTFE en suspension ou en émulsion.

Le PTFE est un polymère partiellement cristallin de fluor et de carbone possédant une structure ramifiée, linéaire. Pendant la polymérisation, le tétrafluoroéthylène gazeux est converti en polymère de polytétrafluoroéthylène en présence de certains catalyseurs et des émulsifiants



La liaison carbone-fluor est l'une des liaisons la plus forte de la chimie inorganique. Elle peut être rompue que dans des conditions extrêmes. La structure de la macromolécule est supposée être linéaire. Le poids moléculaire donne des valeurs d'au moins  $10^5$ . Une transformation cristalline du PTFE a lieu à  $19^\circ\text{C}$ . La figure 1 montre les différentes formes de cristallites ci-dessus et en dessous de cette température de transformation



Modèle de la chaîne moléculaire : Le fait qu'une expansion de volume de l'ordre de 1% a lieu et que la variation de longueur relative est non linéaire, peut être attribué à cette transformation de la maille cristalline.

### Propriétés générales

- La stabilité thermique de -  
 $270^\circ\text{C}$  à  $260^\circ\text{C}$
- Résistance chimique universelle
- Excellentes propriétés anti-adhésives
- Faible coefficient de frottement
- Bonnes propriétés de glissement
- Sécurité physiologique
- Bonnes caractéristiques d'isolation électrique.

# Propriété mécanique

## Propriétés de traction et de compression

Elles sont influencées par les conditions de travail : la température, qualité de la résine de base employée pour fabriquer le produit semi-fini. Le PTFE peut, dans tous les cas,

être utilisé de manière continue jusqu'à 260 °C, tandis que des températures proches du zéro absolu provoquent une perte de la résistance à la compression.

Les valeurs de résistance à la traction dépendent également de l'épaisseur des pièces et diffèrent également en raison des différentes formes des pièces par les techniques de mesure présentées par les normes ASTM et DIN.

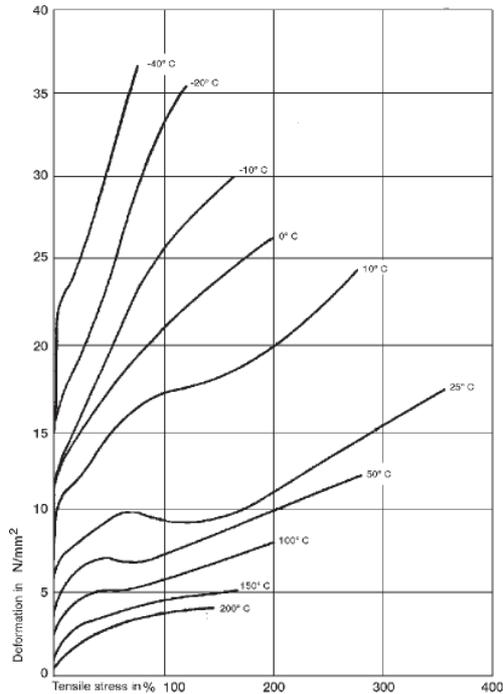
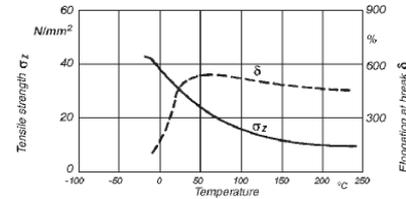
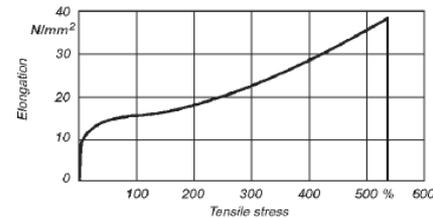


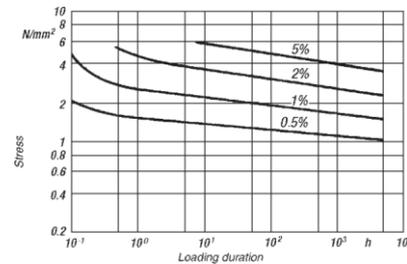
Diagramme de contrainte de déformation à différentes températures



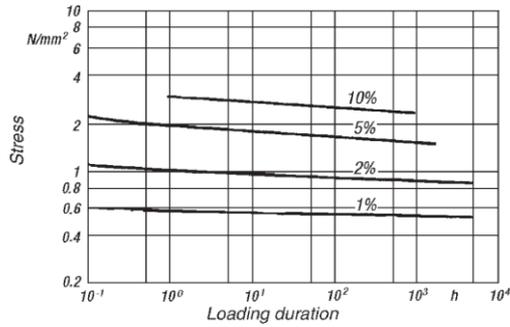
Résistance à la traction et à l'élongation jusqu'à la rupture du PTFE en fonction de la température



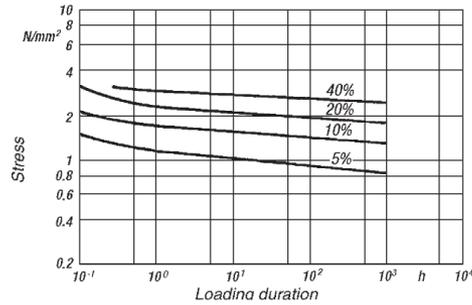
Contrainte de déformation du PTFE



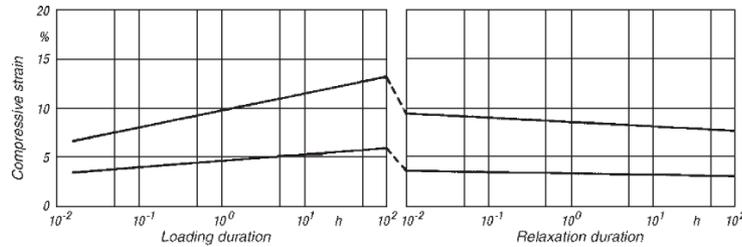
Limites de rendement du PTFE en fonction de la durée de chargement pour quatre allongements différents à 20 °C



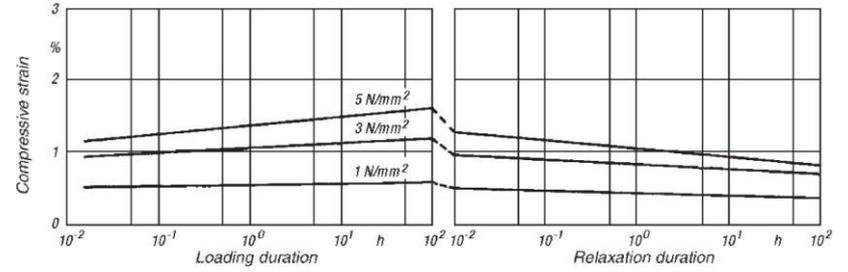
Limites de rendement temps du PTFE en fonction de la durée de chargement pour quatre allongements différents à 100 ° C



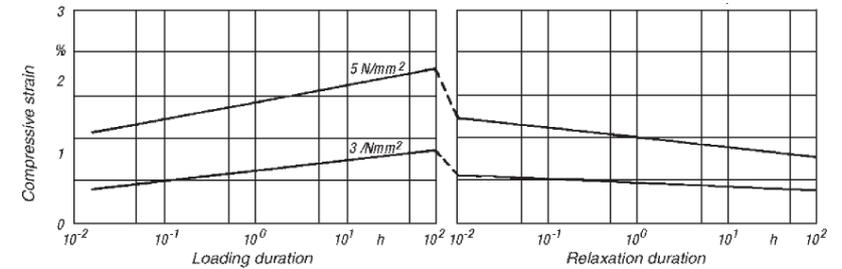
Limites de rendement temps du PTFE en fonction de la durée de chargement pour quatre allongements différents à 200 ° C



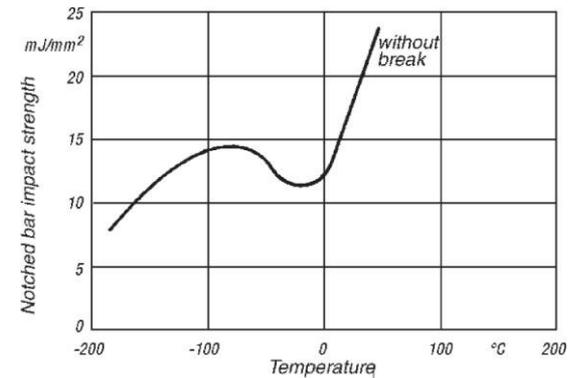
Contrainte de compression et de récupération en fonction du temps à 150°C



Contrainte de compression et de récupération en fonction du temps à 20 ° C



Contrainte de compression et de récupération en fonction du temps à 100 ° C

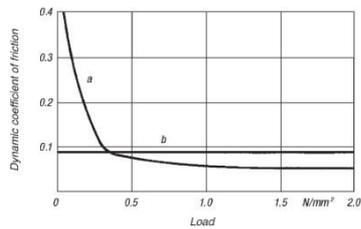


Résistance au choc avec entaille en fonction de la température (DIN EN ISO 197 397)

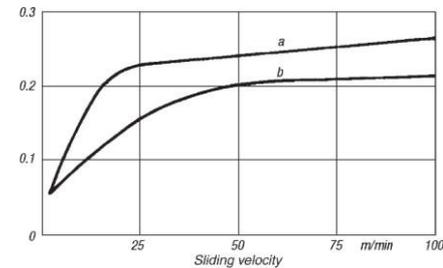
## Frottement

Les forces de liaison intermoléculaires faibles signifient que le PTFE a les coefficients les plus bas de friction entre tous les matériaux solides. Le coefficient de frottement mesuré à un moment donné dépend de nombreux facteurs, y compris la charge, la vitesse de glissement, matériel de partenaire et de lubrification supplémentaire. Les observations générales suivantes peuvent être faites:

- Les coefficients statique et dynamique de frottement sont égaux les uns aux autres
- à faible charge, le coefficient de frottement augmente fortement, avec l'augmentation de la charge elle diminue rapidement au début, puis lentement. La figure 10 montre cette relation.
- avec augmentation de la vitesse de glissement, le coefficient de frottement augmente jusqu'à environ 50 m/min, mais au-delà de ce point, il n'est que légèrement dépendant de la vitesse. La figure 11 montre la courbe.
- avec augmentation de la température, les coefficients de frottement augmentent jusqu'à 20 °C, puis restent sensiblement constants. À basse température, le coefficient augmente légèrement à partir de -45 °C, puis reste aussi presque inchangé



Coefficient de frottement dynamique en fonction de la charge



Coefficient de frottement dynamique du PTFE en tant que fonction de la vitesse de glissement

## Flexion

Le PTFE est très flexible et ne casse pas lorsqu'il est soumis à une tension de flexion de 0,7 N/mm<sup>2</sup> suivant ASTM D 790. Le module de flexion se situe entre 350 et 650 N/mm<sup>2</sup> à température ambiante, à environ 2000 N/mm<sup>2</sup> à -80°C, à environ 200 N/mm<sup>2</sup> à 100°C et à environ 45 N/mm<sup>2</sup> à 260°C.

## Mémoire plastique

Si une pièce en PTFE est soumise à des tensions ou à de la compression, il peut en résulter des déformations rémanentes importantes, avec comme conséquence, des tensions internes induites. Si on réchauffe la pièce, ces tensions auront tendance à disparaître et la pièce reprendra une forme proche de sa forme originale. Cette propriété du PTFE est souvent appelée la "mémoire plastique" et est utilisée dans des applications bien spécifiques.

Les produits semi-finis en PTFE possèdent un certain niveau de tensions internes. Ceci est dû au mode de transformation de la résine, depuis son état de poudre jusqu'à la plaque ou la barre utilisable. Si on désire disposer de matériaux semi-finis très stables dimensionnellement à haute température, il est possible d'y arriver. Il suffit de porter le bloc ou l'ébauche en PTFE à une température de 280°C et de l'y maintenir durant 1 heure (par 6 mm d'épaisseur) et d'ensuite, le laisser refroidir lentement. En procédant de la sorte, le matériau sera complètement libéré de ses tensions internes et sera dit "thermo stabilisé".

## Dureté

La dureté Shore D, mesurée suivant la méthode ASTM D 2240, montre des valeurs comprises entre D50 et D60. Suivant DIN 53456 (charge de 13,5 Kg durant 30 sec), la dureté varie entre 27 et 32 N/mm<sup>2</sup>. Cette dureté peut être améliorée par l'ajout de charge (verre, carbone, bronze....). Cf dossier des PTFE chargés.

## Adhérence

En raison de sa structure moléculaire, PTFE a un excellent comportement anti-adhésive. Même les substances visqueuses et collantes n'adhèrent pas. Il est cependant de rendre le PTFE collable par un traitement Sodium Amoniaque. Le collage ce fera à l'aide d'une colle Epoxy ou Araldite Bi-composant du marché.

## Résistance aux intempéries

Même dans des conditions climatiques extrêmes, les propriétés du PTFE ne changent pas. La résistance au vieillissement est extrêmement élevée. L'absorption d'eau est indétectable, même après un temps de stockage prolongé.

## Innocuité physiologique

Dans la gamme de température jusqu'à 200 ° C, sous forme de PTFE non chargé, Le PTFE est physiologiquement neutre. La dégradation commence à 300 ° C, température à laquelle commence une lente décomposition thermique. Il est possible d'utiliser des grade de poudre PTFE vierge type Teflon © pour l'utilisation dans un cadre médicale répondant aux normes USP Class VI

# Propriétés thermique

## Stabilité thermique

Le PTFE est une matière thermoplastique stable : peu de traces de décomposition à +260°C. A cette température, le PTFE garde la majorité de ses propriétés notamment avec l'adjonction d'une charge

en Ekonol. Le PTFE commence réellement à se décomposer au-dessus de 380°C.

## Points de transition

La structure cristalline de la molécule de PTFE varie avec la température. Quelques paliers sont importants à prendre en compte:

-à 19°C, la molécule présente des variations de géométrie, ce qui induit des modifications de certaines propriétés physiques (comme une augmentation du coefficient de dilatation par exemple)

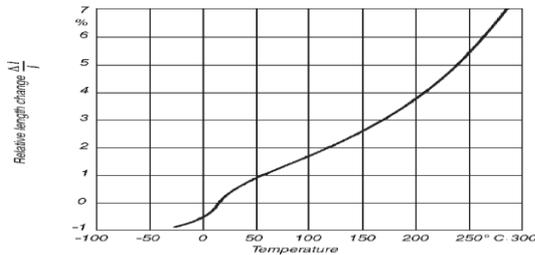
-à 327°C, le PTFE perd sa structure cristalline et devient amorphe tout en conservant sa géométrie moléculaire.

## Dilatation

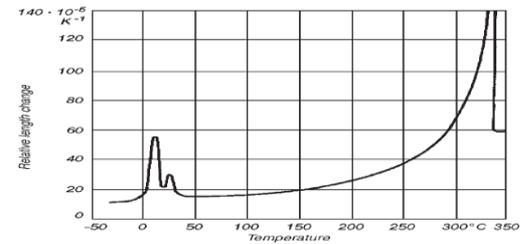
Le coefficient de dilatation linéaire varie avec la température. De plus, suite à un changement de forme dû à un usinage par exemple, les pièces finies deviennent souvent anisotropes (caractéristiques différentes selon l'orientation). Cela veut dire que le coefficient de dilatation pourra aussi varier suivant la direction géométrique.

## Conductivité thermique

Le coefficient de conductibilité thermique ne varie pas avec la température. Il est relativement bas, de telle sorte que le PTFE peut être considéré comme un isolant. L'ajout de charges modifie de manière parfois importante cette propriété.



Variation de longueur relative en fonction de la température



Variation du coefficient de dilatation thermique linéaire

# Propriétés électriques

## Rigidité diélectrique

Le PTFE est un excellent isolant et possède de remarquables propriétés diélectriques. De plus, ces valeurs restent stables dans une large gamme de températures et de fréquences. La rigidité diélectrique du PTFE varie avec l'épaisseur et décroît avec l'augmentation de fréquence. Elle reste pratiquement constante jusqu'à 300°C et ne varie pas après un traitement prolongé à haute température (6 mois à 300°C).

En vertu de sa structure non polaire, PTFE possède d'excellentes propriétés diélectriques. La résistivité volumique est pratiquement indépendante de la température et supérieure à  $10^{18} \Omega \text{ cm}$  à 150 ° C. Même pour des échantillons qui ont subi un stockage prolongé dans l'eau, cela ne diminue pas sensiblement. La résistance de surface en l'absence d'humidité est d'environ  $10^{17} \Omega$  et il est toujours supérieur à  $10^{12} \Omega$ , en présence de l'air à 100% d'humidité relative.

La rigidité diélectrique diminue à environ 50 ° C et reste sensiblement constante jusqu'à 250 ° C. Le facteur de perte diélectrique, qui est inférieure à 0,0001, est indépendante de la température et de la fréquence entre -60 ° C et 250 ° C. La constante diélectrique relative est pratiquement indépendante de la fréquence dans la plage de 50 à  $10^{10}$  Hz, et ne change que légèrement dans la plage de température de -50 ° C à plus de 200 ° C.

## Constante diélectrique et facteur de dissipation

Le PTFE possède une constante diélectrique et un facteur de dissipation très bas. Les valeurs restent constantes jusqu'à 300°C et pour un spectre de fréquences jusqu'à 109 Hz même après un traitement thermique prolongé de 6 mois à 300°C. Des données comme la constante diélectrique, le facteur de dissipation, la résistivité en volume et en surface, sont considérées comme indépendantes du processus de transformation.

## Résistance à l'Arc

Le PTFE possède une bonne résistance à l'arc électrique. Elle est suivant ASTM D 495, de 700 sec. Suite à une action prolongée, on ne remarque aucun « charbonnement ».

## Résistance à l'effet Corona

Effet corona : décharge électrique entraînée par l'ionisation du milieu entourant un conducteur, elle se produit lorsque le potentiel électrique dépasse une valeur critique mais dont les conditions ne permettent pas la formation d'un arc.

Les décharges provoquées par l'effet Corona peuvent induire des érosions à la surface du PTFE. Néanmoins, le PTFE n'est certainement pas contre-indiqué pour des applications comme isolateurs pour des hautes différences de potentiel.

Table 4 **Dielectric properties**

Property		Value	Unit	Test method
Relative dielectric constant	at 50 Hz	2,1	-	DIN 53483
	at 10 <sup>3</sup> Hz	2,1		
	at 10 <sup>4</sup> Hz	2,1		
	at 10 <sup>5</sup> Hz	2,1		
	at 10 <sup>6</sup> Hz	2,1		
	at 10 <sup>7</sup> Hz	2,1		
Dielectric loss factor tan δ	at 50 Hz	0,5·10 <sup>-4</sup>	-	DIN 53483
	at 10 <sup>3</sup> Hz	0,3·10 <sup>-4</sup>		
	at 10 <sup>4</sup> Hz	0,4·10 <sup>-4</sup>		
	at 10 <sup>5</sup> Hz	0,7·10 <sup>-4</sup>		
	at 10 <sup>6</sup> Hz	0,7·10 <sup>-4</sup>		
	at 10 <sup>7</sup> Hz	0,7·10 <sup>-4</sup>		
Dielectric loss factor tan δ	(at 10 <sup>3</sup> , 10 <sup>4</sup> u. 10 <sup>5</sup> Hz)		-	DIN 53483
	-50°C +	<1·10 <sup>-4</sup>		
	0°C	<1·10 <sup>-4</sup>		
	+50°C	<1·10 <sup>-4</sup>		
	+100°C	<1·10 <sup>-4</sup>		
	+150°C	<1·10 <sup>-4</sup>		
Dielectric strength		50...80	kV/mm	VDE 0303
	(spherical electrode)			Part 2 (0.2 mm thick film)
Volume resistivity		10 <sup>18</sup>	Ω·cm	DIN 53482
Surface resistance		10 <sup>17</sup>	Ω	DIN 53482
Tracking resistance		KC>600	Level	VDE 0303 Part 1/9.64
Arc resistance		L4	Level	VDE 0303 Part 5