

EVERFLON™ ETFE

# Manuel des fonctionnalités

Ethylene-Tetrafluoroethylene Copolymer

EVERFLON ACADEMIC

# Introduction

L'Everflon™ ETFE est un fluoropolymère thermoplastique développé par le groupe C&F. Il s'agit d'un copolymère composé de tétrafluoroéthylène (C<sub>2</sub>F<sub>4</sub>) et d'éthylène (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>).

Les fluoropolymères Everflon™ ETFE sont des thermoplastiques transformables à l'état fondu. Ils font partie de la famille des produits fluorés qui comprend également les résines fluoropolymères Everflo™ PTFE, FEP et PFA.

Ce manuel présente des données destinées aux ingénieurs et autres personnes impliquées dans la sélection des matériaux et la conception des produits. Il contient des informations détaillées pour l'évaluation de l'Everflon™ ETFE dans les applications électriques, mécaniques et chimiques.

Toutes les propriétés présentées dans ce manuel doivent être considérées comme des valeurs typiques et ne doivent pas être utilisées à des fins de spécification.

Une variété de compositions naturelles et renforcées est disponible, permettant la sélection des résines en fonction des applications ou des exigences de transformation spécifiques.

Pour obtenir des données techniques supplémentaires, des informations sur la gamme actuelle de qualités Everflon™ ETFE ou une assistance à la conception pour une application particulière, veuillez contacter votre représen-

# Fluoropolymères ETFE Everflon™ disponibles dans le commerce

Everflon™ ETFE Grade	Caractéristiques de la résine	Applications
4003	Résine fluoropolymère de qualité supérieure, à faible indice de fluidité, durée de vie en flexion considérablement améliorée et résistance aux contraintes environnementales.	Composants, revêtements et pièces moulées pour environnements thermiques, mécaniques et chimiques extrêmes
4010	Résine fluoropolymère d'usage général à indice de fluidité intermédiaire. Température maximale d'utilisation recommandée : 150 °C (302 °F).	Gainés électriques, supports de bobines, douilles, connecteurs et interrupteurs
4020	Excellente résistance à la fissuration sous contrainte et propriétés mécaniques supérieures à haute température. Indice de fluidité le plus élevé parmi les résines ETFE.	Composants, revêtements et pièces moulées pour environnements thermiques, mécaniques et chimiques extrêmes
4030	Indice de fluidité le plus élevé parmi les résines ETFE.	Idéal pour le moulage par injection et l'extrusion de parois minces
C-4003	Résine semi-conductrice dissipatrice d'électricité statique à faible indice de fluidité.	<p> Tubes, tuyaux et autres profilés extrudés pour flexibles</p> <p> Revêtements de composants utilisés dans l'industrie chimique</p> <p> Films industriels</p> <p> Articles moulés par injection et soufflage exigeant des propriétés électriques, chimiques et thermiques supérieures, ainsi qu'une excellente résistance à la fissuration sous contrainte</p>
C-4010	Résine semi-conductrice dissipatrice d'électricité statique.	<p> Tubes, tuyaux et autres profilés extrudés pour flexibles</p> <p> Articles moulés par injection et soufflage exigeant des propriétés électriques, chimiques et thermiques supérieures</p>
JP-40	Poudre pour applications spéciales.	<p> Idéal lorsque des matériaux doivent être dispersés dans une matrice ETFE.</p> <p> Les matériaux peuvent être bien dispersés dans la poudre, puis moulés par compression ou mélangés à l'état fondu pour des étapes de traitement ultérieures.</p>
GS-40	Qualité rotomoulage et roto-revêtement.	<p> Pièces creuses</p> <p> Géométries complexes</p> <p> Revêtement</p>
X-40	Résine ETFE réticulable.	Fil de réticulation radiographique

La norme ASTM relative à l'ETFE Everflon™ est la D3159.

L'ETFE Everflon™ est également mentionné dans diverses spécifications industrielles et militaires pour les tubes, les pièces moulées et les films, ainsi que pour de nombreuses applications de fils et de câbles.

# Propriétés générales des fluoropolymères Everflon™ ETFE

L'Everflon™ ETFE est un thermoplastique robuste offrant un excellent équilibre de propriétés.

Sur le plan mécanique, il est résistant et possède une rigidité moyenne (1 170 MPa [170 000 psi]), ainsi qu'une bonne résistance aux chocs et à l'abrasion. Sa durée de vie en flexion dépend de la qualité utilisée.

L'Everflon™ ETFE est généralement considéré comme ayant une température d'utilisation continue à vide de 150 °C. Dans certaines applications spécifiques, sa température maximale de service peut dépasser 230 °C. Pour une description plus complète de son comportement thermique, veuillez consulter la section « Propriétés thermiques ».

L'Everflon™ ETFE est résistant aux intempéries, inerte à la plupart des solvants et produits chimiques, et stable à l'hydrolyse. Il présente une excellente résistance aux radiations, mais n'est pas à l'abri des dommages causés par une exposition prolongée aux rayonnements gamma, en particulier à haute température. Lorsque des exigences spécifiques en matière de rayonnement doivent être respectées, des essais adéquats de l'application envisagée en environnement radiatif doivent être réalisés afin de vérifier l'adéquation de l'ETFE Everflon™ à cette application.

Sur le plan électrique, l'ETFE Everflon™ est un excellent diélectrique à faibles pertes, présentant une uniformité de propriétés électriques rarement observée avec d'autres thermoplastiques.

L'ETFE Everflon™ peut être extrudé ou moulé par injection facilement, selon les techniques conventionnelles, et ne présente donc pas de difficultés particulières en matière de formation des opérateurs. L'utilisation d'équipements résistants à la corrosion est recommandée pour les productions en grande série. Le recours à des moules à injection chauffants est recommandé.

L'ETFE Everflon™ offre d'excellentes performances dans des applications où d'autres matériaux présentent des lacunes en termes de robustesse mécanique, de plage de températures de fonctionnement, de résistance aux conditions environnementales extrêmes ou sont limités par des problèmes de fabrication.

Comme pour tout nouveau développement, un programme complet de prototypage et d'essais est recommandé afin de garantir le bon fonctionnement des compositions d'ETFE Everflon™ dans des applications spécifiques.

Property	ASTM Method	Unit	Everflon™ ETFE
<b>Propriétés mécaniques</b>			
Indice de fluidité à chaud	D3159	g/10 min	2-40
Résistance à la traction (23 °C)	D638	MPa (psi)	46 (6,500)
Allongement (23 °C)	D638	%	300
Résistance à la compression (23 °C)	D695	MPa (psi)	17 (2,500)
Module de flexion	D790	MPa (psi)	600–1,200 (85,000–170,000)
Résistance aux chocs (23 °C)	D256	J/m (ft-lb/in)	No Break
Dureté Shore D	D2240		67
Coefficient de frottement métal/film	D1894		0.23
Déformation sous charge (23 °C, 1 000 psi, 24 h)	D621	%	0.3
Coefficient de dilatation linéaire	E831	mm/mm·°Cx10 <sup>-5</sup> (in/in·°Fx10 <sup>-5</sup> )	
0-100 °C			13.1 (7.3)
100-150 °C			18.5 (10.3)
150-200 °C			25.2 (14)
Densité relative	D792		1.71
Absorption d'eau (24 h)	D570	%	0.007
<b>Propriétés électriques</b>			
Résistivité superficielle	D257	ohm-sq	>10 <sup>16</sup>
Résistivité volumique	D257	ohm-cm	>10 <sup>16</sup>
Rigidité diélectrique (23 °C)	D149	kV/mm (V/mil)	
0,25 mm <sup>2</sup>			64 (1,600)
3,20 mm <sup>2</sup>			15 (370)
Constante diélectrique (22 °C, 1 MHz)	D1531		2.6
Facteur de dissipation (22 °C, 1 MHz)	D1531		0.007
Arc électrique Résistance	D495	sec	122
<b>Thermique</b>			
Point de fusion	DSC D3417	°C ( °F)	220–280 (428–536)
Chaleur de fusion	DSC D3417	kJ/kg (Btu/lb)	50.7 (21.8)
Chaleur spécifique	DSC	kJ/kg·K (cal/g·°C)	
25 °C			0.25
100 °C			0.3
150 °C			0.34
300 °C (Fusion)			0.38
Chaleur de combustion	D240	MJ/kg (Btu/lb)	13.7 (5,900)
Conductivité thermique		W/m·K (Btu-in/hr-ft <sup>2</sup> ·°F)	0.24 (1.65)
Indice limite d'oxygène (LOI)	D2863	%	30-32
Température de fléchissement sous charge	D648	°C ( °F)	
455 kPa (66 psi)			81 (177)
1620 kPa (264 psi)			51 (123)
Température de service continu		°C ( °F)	150 (302)

# Propriétés mécaniques

## Résistance et rigidité

L'ETFE Everflon™ est moins dense, plus résistant, plus rigide et présente une résistance à la traction et au fluage supérieure à celle des résines fluoropolymères PTFE et FEP Everflon™. Sa ductilité est toutefois similaire. Les compositions d'ETFE Everflon™ présentent les relations contrainte-déformation relativement non linéaires caractéristiques de la quasi-totalité des matériaux ductiles.

## Résistance aux chocs

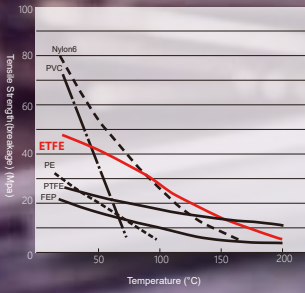
Pour évaluer la résistance aux chocs des plastiques, on utilise l'essai de choc Izod (ASTM D256) ou l'essai de choc Charpy. L'ETFE Everflon™ possède une capacité d'absorption d'énergie d'impact extrêmement élevée et conserve une excellente résistance aux chocs sur une large plage de températures, même lors d'essais de choc avec entaille.

## Friction and Wear Properties

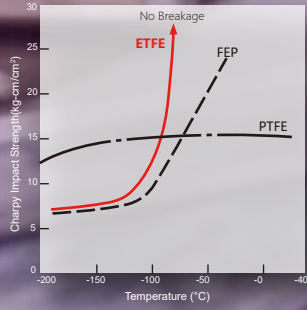
Les coefficients de détermination des propriétés de frottement et d'usure varient selon les méthodes et les conditions choisies. Il est donc nécessaire de réaliser un essai comparatif adapté à l'application souhaitée. La valeur PV critique de l'Everflon™ ETFE est d'environ 2,0 (kg·m/crr·sec)

L'ETFE Everflon™ présente également une résistance remarquable aux chocs à basse température. Comme le montrent les résultats de la figure, aucune rupture par impact n'est observée jusqu'à -80 °C. La dégradation débute aux alentours de -100 °C et l'énergie nécessaire à la rupture reste quasiment constante entre -120 °C et -200 °C. Le point de fragilité, selon la norme ASTM D746, est de -125 °C, ce qui suggère que la température de transition vitreuse de la partie non cristalline de l'ETFE Everflon™ se situe aux alentours de cette température.

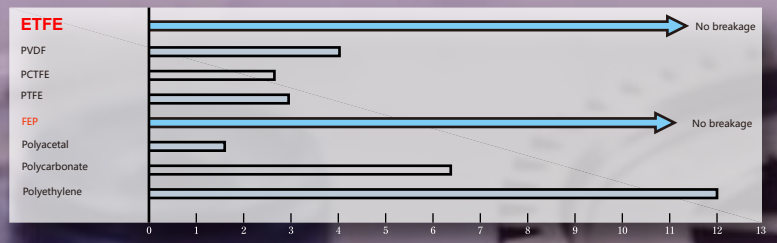
Effet de la température sur l'allongement à la traction



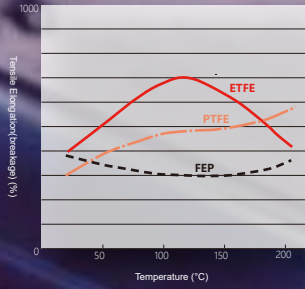
Influence de la température sur l'impact Charpy



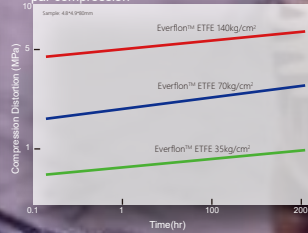
Résistance aux chocs (ft.lb/po avec entaille, 25 °C)



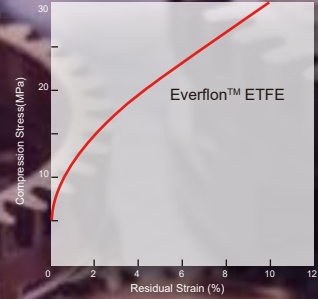
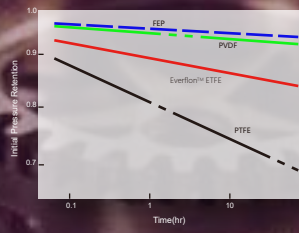
Effet de la température sur la résistance à la traction



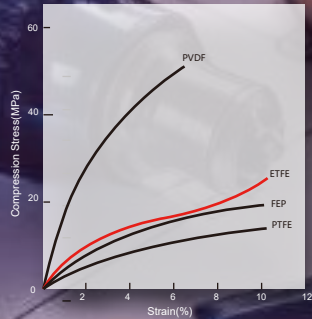
Influence de la charge sur le fluage par compression



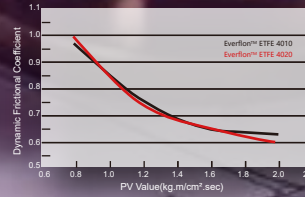
Relaxation de la contrainte de compression



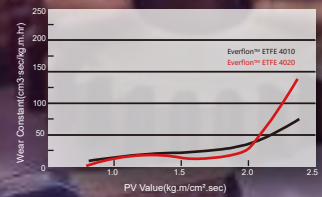
Courbe contrainte-déformation en compression



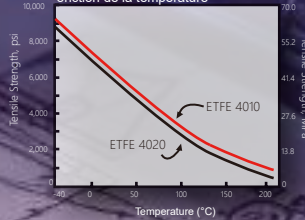
Coefficient de frottement dynamique et valeur PV



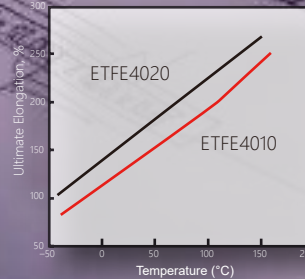
Constante d'usure et valeur PV



Résistance à la traction en fonction de la température

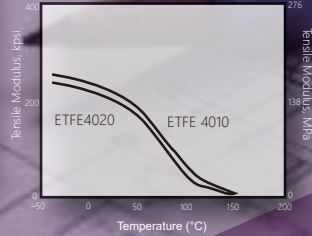


Allongement en fonction de la température



Tensile Modulus vs. Temperature

Courbe contrainte de compression-déformation résiduelle



Centre de données

## Propriétés mécaniques de divers plastiques

	ETFE	PTFE	PFA	ECTFE	PVDF	PE	PVC	Nylone6	Polyacetal
Densité relative	1.75	2.2	2.15	2.17	1.75	0.95	1.4	1.1	1.42
Résistance à la traction (MPa)	40-54	20-39	32-39	19-22	49-60	10-44	40-70	50-80	60-70
Allongement (%)	350-450	230-600	340-400	250-330	200-300	20-700	2-40	60	16
Module de traction (MPa)	500-800	400	---	670	800-1400	---	2500-4000	2700	3000-4500
Module de flexion (MPa)	850-1000	400-600	530-630	350	1400-1800	500-1000	2500-2800	1000-2800	2600-2900
Résistance à la flexion (MPa)	20-30	13	---	No Breakage	---	11-110	70-110	56-110	100
Module de compression (MPa)	670	410	---	430	1300	---	---	---	4600
Dureté Rockwell	R55	R20	R50	R25	R110	D50-70	M5-120	R100-120	R120
Résistance au choc Izod (ft/lb.in, avec entaille)	No Breakage	3.0	No Breakage	---	3.5-3.8	0.5-20	0.5-20	1-3.5	1-4
Coefficient de frottement (par rapport à l'acier inoxydable)	0.20	0.09	0.20	0.20	0.21	0.35	0.45	0.15-0.40	0.14

# Propriétés chimiques

## Fissure chimique sous contrainte

Certains matériaux polymères se fissurent lorsqu'ils sont soumis à des contraintes chimiques prolongées. Le tableau présente les résultats de l'essai réalisé selon la norme ASTM D 1693. Une bande étroite de feuille de plastique, de 2,3 mm d'épaisseur et 38 mm de long, a été pliée à 180° puis immergée dans des produits chimiques pendant 10 jours. La feuille a ensuite été examinée afin de détecter la présence de fissures. L'ETFE Everflon™ présente une bonne adaptabilité aux contraintes chimiques.

## résistance chimique

L'ETFE Everflon™ présente une résistance exceptionnelle aux attaques chimiques et aux solvants qui provoquent souvent une détérioration rapide d'autres matières plastiques. Seuls les fluoropolymères Everflon™ surpassent sa résistance chimique.

L'ETFE Everflon™ est inerte à de nombreux acides minéraux forts, bases inorganiques, halogènes et solutions de sels métalliques. Les acides carboxyliques, les anhydrides, les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques, les alcools, les aldéhydes, les cétones, les éthers, les esters, les chlorocarbures et les solvants polymères classiques ont peu d'effet sur l'ETFE Everflon™. Dans des conditions de contrainte élevées, certains solvants à très faible tension superficielle tendent à réduire la résistance à la fissuration sous contrainte des produits de faible masse moléculaire. Les acides oxydants très forts tels que l'acide nitrique, les bases organiques telles que les amines et les acides sulfoniques à fortes concentrations et proches de leur point d'ébullition affectent l'ETFE Everflon™ à des degrés divers.

## Effets des radiations

L'ETFE Everflon™ est beaucoup plus résistant aux faisceaux d'électrons et aux rayonnements gamma que les autres fluoropolymères. Des tests ont montré que les températures élevées et la présence d'oxygène ont un effet néfaste sur les propriétés physiques de l'ETFE Everflon™ exposé aux rayonnements gamma. Cet effet est considérablement réduit sous atmosphère inerte, comme l'azote.

L'ETFE Everflon™ semble se dégrader beaucoup moins sous l'effet des faisceaux d'électrons que sous celui des rayonnements gamma, à niveau d'exposition totale équivalent. Cette différence est probablement due au débit de dose beaucoup plus élevé sous faisceau d'électrons. Ce débit plus élevé favorise apparemment les réactions de réticulation, tandis que le débit beaucoup plus faible sous rayonnement gamma favorise apparemment les réactions concurrentes d'oxydation et de dégradation. Une exposition contrôlée à de faibles doses de faisceaux d'électrons, notamment sous atmosphère inerte, semble induire un faible niveau de réticulation, avec une amélioration intrinsèque de certaines propriétés. Cependant, une exposition au-delà de ces faibles doses contrôlées a des effets néfastes sur les propriétés physiques. Comme pour les rayonnements gamma, les réactions d'oxydation sont inhibées sous atmosphère inerte.

## Stabilité hydrolytique et absorption d'eau

La stabilité hydrolytique est attestée par l'absence de détérioration des propriétés physiques après une exposition prolongée à l'eau bouillante. En utilisant la résistance à la traction et l'allongement à température ambiante comme propriétés de référence, l'ETFE Everflon™ reste pratiquement inchangé après 3 000 heures d'exposition à l'eau bouillante. Les données sont présentées dans le tableau. L'absorption d'eau de l'ETFE

40      145  
135

## Résistance à l'eau chaude

L'absorption d'eau de l'ETFE Everflon™ a été mesurée selon la méthode d'essai ASTM D570. Une feuille de 6 mm d'épaisseur est immergée dans de l'eau bouillante pendant 2 heures. L'absorption d'eau s'avère extrêmement faible, ce qui indique que les propriétés électriques et mécaniques ne sont pas affectées par l'humidité. Le tableau présente l'évolution de la résistance de l'ETFE Everflon™, mesurée à température ambiante après immersion d'une feuille de 1 mm d'épaisseur dans de l'eau bouillante pendant une durée déterminée. Conformément aux données de résistance chimique, l'ETFE Everflon™ présente également une excellente résistance à l'eau chaude.

Produit	Résistance à la traction		Allongement, %
	psi	Mpa	
4010 (Aucune exposition)	5800	40	400
3 000 h d'eau bouillante	5800	40	390

## Perméation des gaz et perméation de l'humidité

La perméation de l'oxygène, de l'azote, du dioxyde de carbone, etc., est approximativement constante quelle que soit l'épaisseur du film. L'énergie d'activation est de 6 à 8 kcal/mol.

La perméation aux gaz et à l'humidité de l'Everflon™ ETFE est similaire à celle du polyéthylène ou du polypropylène. La perméabilité aux gaz a été déterminée selon la norme ASTM D1434 et la perméabilité à l'humidité par la méthode de la coupelle selon la norme ASTM E96.

Matériel	Perméabilité, cm <sup>3</sup> /100 po <sup>2</sup> 24 h·atm/mil
Dioxyde de carbone	250
Azote	30
Oxygène	400

## Résistance aux flammes et à la fumée

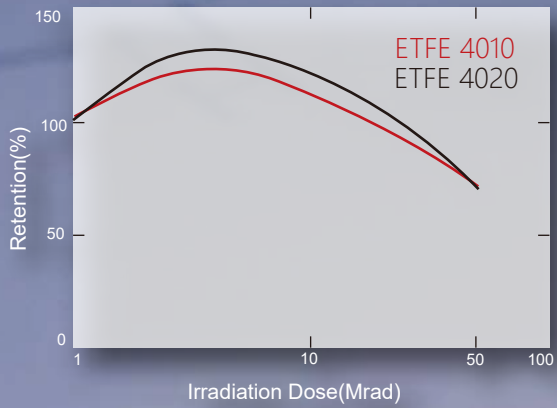
L'ETFE Everflon™ est classé UL 94 V-0 pour les résines non pigmentées d'une épaisseur minimale de 1,57 mm (0,062 pouce). Son indice limite d'oxygène (LOI) est de 30 selon la norme ASTM D2863, ce qui signifie qu'une atmosphère contenant au moins 30 % d'oxygène est nécessaire au maintien de la combustion avec une flamme descendante. Selon la norme ASTM D635, l'ETFE Everflon™ présente une durée de combustion moyenne inférieure à 5 secondes et une longueur de combustion moyenne de 10 mm.

## Perte de poids avec l'âge

La perte de poids de l'Everflon™ ETFE en dessous de son point de fusion est de 0,1 à 0,3 %, dont la majeure partie est due à l'humidité.

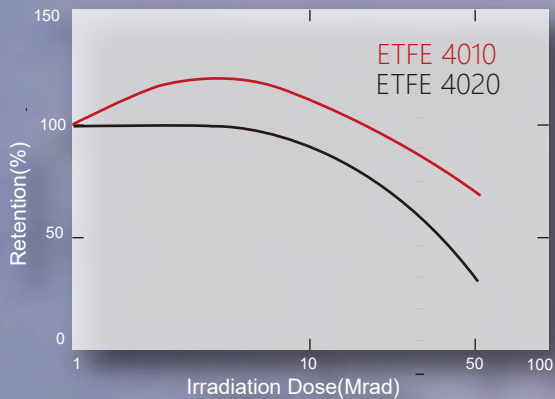
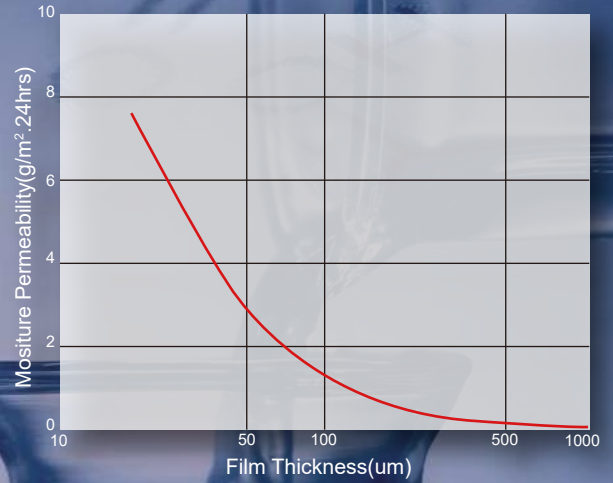
## résistance aux intempéries

L'Everflon™ ETFE présente une bonne résistance aux intempéries, et le « Techyours™ ETFE Film », un film obtenu par moulage par extrusion, ne changera pas de propriétés même lorsqu'il est utilisé à l'extérieur comme matériau de revêtement.



Changement de la résistance à la traction

Influence de l'épaisseur du film sur la perméabilité à l'humidité



Variation de l'allongement à la traction

4010

Centre  
de données

## Fissuration chimique sous contrainte de l'ETFE Everflon™

Chimique	Température °C	Nombre de pièces fissurées	
		ETFE 4010	ETFE 4020
Nitrobenzène	121	0/5	0/5
Aniline	121	0/5	0/5
Benzaldéhyde	121	0/5	0/5
Chlorobenzène	121	0/5	0/5
Éthylènediamine	117	0/5	0/5
Diméthylformamide	121	0/5	0/5
Diméthylsulfoxyde	121	0/5	0/5
Diméthylacétamide	121	0/5	0/5
Acide nitrique 60 %	121	0/5	0/5

## Résistance aux intempéries de l'ETFE Everflon™

Caractéristiques	Temps d'exposition (heures)	15um ETFE Film			25um ETFE Film		
		0	1000	2000	0	1000	2000
Résistance à la traction (MPa)	48	48	48	48	48	48	
Rétention de la résistance à la traction (%)	-	102	102	-	102	102	
Allongement (%)	340	390	390	340	390	390	
Rétention du module d'élasticité (%)	-	116	116	-	116	116	
Module de traction (MPa)	780	800	800	780	800	800	

## Perte de poids initiale des résines Everflon™ ETFE au-dessus de 300 °C

Température		Everflon™ ETFE 4010 wt loss, %/hr
°C	°F	
300	572	0.05
330	626	0.26
35	662	0.86
370	698	1.60

## Tests de laboratoire réels sur la compatibilité chimique de l'Everflon™ ETFE avec des produits chimiques représentatifs

Chimique	point d'ébullition		Température d'essai		Jours	Propriétés conservées, %		
	°C	°F	°C	°F		Résistance à la traction	Élongation	Prise de poids
<b>Acides/Anhydrides</b>								
Acide acétique (glacial)	118	244	118	244	7	82	80	3.4
Anhydride acétique	139	282	139	282	7	100	100	0
Acide trichloroacétique	196	384	100	212	7	90	70	0
<b>Hydrocarbures aliphatiques</b>								
Huile minérale	—	—	180	356	7	90	60	0
Naphta	—	—	100	212	7	100	100	0.5
<b>Hydrocarbures aromatiques</b>								
Benzène	80	176	80	176	7	100	100	0
Toluène	110	230	110	230	7	—	—	—
<b>Composés aromatiques fonctionnels</b>								
o-Crésol	191	376	180	356	7	100	100	0
<b>Amines</b>								
Aniline	185	365	120	248	7	81	99	2.7
Aniline	185	365	120	248	30	93	82	—
Aniline	185	365	180	356	7	95	90	—
N-Méthylaniline	195	383	120	248	7	85	95	—
N-Méthylaniline	195	383	120	248	30	100	100	—
N,N-Diméthylaniline	190	374	120	248	7	82	97	—
N-Butylamine	78	172	78	172	7	71	73	4.4
Di-n-Butylamine	159	318	120	248	7	81	96	—
Di-n-Butylamine	159	318	120	248	30	100	100	—
Di-n-Butylamine	159	318	160	320	7	55	75	—
Tri-n-Butylamine	216	421	120	248	7	81	80	—
Tri-n-Butylamine	216	421	120	248	30	100	100	—
Pyridine	116	240	116	240	7	100	100	1.5
<b>Solvants chlorés</b>								
Tétrachlorure de carbone	78	172	78	172	7	90	80	4.5
Chloroforme	62	144	61	142	7	85	100	4.0
Dichloroéthylène	77	170	32	90	7	95	100	2.8
Chlorure de méthylène	40	104	40	104	7	85	85	0
CFC-113	46	115	46	115	7	100	100	0.8
<b>Éthers</b>								
Tétrahydrofurane	66	151	66	151	7	86	93	3.5
<b>Aldéhydes/Cétones</b>								
Acétone	56	132	56	132	7	80	83	4.1
Acétophénone	201	394	180	356	7	80	80	1.5
Cyclohexanone	156	312	156	312	7	90	85	0
Méthyléthylcétone	80	176	80	176	7	100	100	0

Chimique	point d'ébullition		Température d'essai		Jours	Propriétés conservées, %		
	°C	°F	°C	°F		Résistance à la traction	Élongation	Prise de poids
<b>Esters</b>								
Acétate de n-butyle	127	260	127	260	7	80	60	0
Acétate d'éthyle	77	170	77	170	7	85	60	0
<b>Solvants pour polymères</b>								
Diméthylformamide	154	309	90	194	7	100	100	1.5
Diméthylformamide	154	309	120	248	7	76	92	5.5
Diméthylsulfoxyde	189	373	90	194	7	95	90	1.5
<b>Autres composés organiques</b>								
Alcool benzylique	205	401	120	248	7	97	90	—
Chlorure de benzoyle	197	387	120	248	7	94	95	—
<b>Autres composés organiques (suite)</b>								
Chlorure de benzoyle	197	387	120	248	30	100	100	—
Décaline	190	374	120	248	7	89	95	—
Chlorure de phtaloyle	276	529	120	248	30	100	100	—
<b>Acides</b>								
Acide chlorhydrique concentré	106	223	23	73	7	100	90	0
Acide chlorhydrique concentré	106	223	106	223	7	96	100	0.1
Acide chlorhydrique concentré	125	257	125	257	7	100	100	—
Acide chlorhydrique concentré	—	—	23	73	7	97	95	0.1
Acide sulfurique concentré	—	—	100	212	7	100	100	0
Acide sulfurique concentré	—	—	120	248	7	98	95	0
Acide sulfurique concentré	—	—	150	302	*	98	90	0
Eau régale	—	—	90	194	*	93	89	0.2
Acide nitrique à 25 %	100	212	100	212	14	100	100	—
Acide nitrique à 50 %	105	221	105	221	14	87	81	—
Acide nitrique à 70 % concentré	120	248	23	73		100	100	0.5
Acide nitrique à 70 % concentré	120	248	60	140	53	100	100	—
Acide nitrique à 70 % concentré	120	248	120	248	2	72	91	—
Acide nitrique à 70 % concentré	120	248	120	248	3	58	5	—
Acide nitrique à 70 % concentré	120	248	120	248	7	0	0	—
Acide chromique	125	257	125	257	7	66	25	—
Acide phosphorique concentré	—	—	100	212	7	—	—	—
Acide phosphorique (Conc)	—	—	120	248	7	94	93	0
<b>Halogènes</b>								
Bromure (anhydre)	59	138	23	73	7	90	90	1.2
Bromure (anhydre)	59	138	57	135	7	99	100	—
Bromure (anhydre)	59	138	57	135	30	94	93	3.4
Chlore (anhydre)	—	—	120	248	7	85	84	7

Chimique	point d'ébullition		Température d'essai		Jours	Propriétés conservées, %		
	°C	°F	°C	°F		Résistance à la traction	Élongation	Prise de poids
<b>Bases</b>								
Hydroxyde d'ammonium	—	—	66	150	7	97	97	0
Hydroxyde de potassium (20 %)	—	—	100	212	7	100	100	0
Hydroxyde de sodium (20 %)	—	—	120	248	7	94	80	0.2
<b>Peroxydes</b>								
Peroxyde d'hydrogène (30 %)	—	—	23	73	7	99	98	0
<b>Réactifs de gravure pour métaux salins</b>								
Chlorure ferrique (25 %)	104	220	100	212	7	95	95	0
Chlorure de zinc (25 %)	104	220	100	212	7	100	100	0
<b>Autres composés inorganiques</b>								
Chlorure de sulfuryle	68	115	68	155	7	86	100	8
Trichlorure phosphorique	75	167	75	167	7	100	98	—
Oxychlorure phosphorique	104	220	104	220	7	100	100	—
Tétrachlorure de silicium	60	140	60	140	7	100	100	—
Eau	100	212	100	212	7	100	100	0
<b>Divers</b>								
Skydrol	—	—	149	300	7	100	95	3.0
Aerosafe	—	—	149	300	7	92	93	3.9
Solution de décapage A-20	—	—	140	284	7	90	90	—

# Propriétés thermiques

L'Everflon™ ETFE est généralement considéré comme ayant une température d'utilisation continue à vide de 150 °C (302 °F). Cette valeur est basée sur des tests de vieillissement de 10 000 heures, qui consistent à exposer des éprouvettes de traction standard et des isolants de câbles à une série de températures élevées afin de déterminer l'évolution de diverses propriétés physiques au fil du temps. L'allongement et la résistance à la traction sont des propriétés qui varient considérablement avec l'exposition à la température.

En pratique, la température maximale d'utilisation d'un matériau dépend de la nature spécifique de son application finale. Selon Underwriters Laboratories, le niveau de propriété fixe et le pourcentage de propriété non vieillie sont deux critères de fin de vie qui semblent avoir la plus grande importance pour les applications finales. Les tableaux présentent des estimations des températures maximales d'utilisation en fonction des différentes exigences d'utilisation finale. Ces résultats sont cohérents avec les informations présentées graphiquement dans les figures. Les températures maximales d'utilisation réelles peuvent différer des résultats du tableau, en fonction de facteurs tels que le vieillissement sous charge, l'exposition à des produits chimiques, le support du substrat, etc. Ces températures maximales d'utilisation ne doivent être utilisées qu'à titre indicatif. Des essais de performance en conditions réelles d'utilisation doivent être réalisés afin de vérifier l'acceptabilité de l'ETFE Everflon™ pour chaque application spécifique.

Une définition classique de la température limite d'utilisation est la température minimale à laquelle l'une des propriétés physiques clés est réduite de moitié après 20 000 heures. L'ETFE Everflon™ 4010 présente une demi-vie de 20 000 heures d'environ 159 °C. (Pour l'ETFE Everflon™, l'allongement diminue plus rapidement que la résistance à la traction ; ainsi, la demi-vie de 20 000 heures pour la résistance à la traction est de 176 °C.)

Une autre définition de la température limite d'utilisation est la température à laquelle l'allongement chute à 50 % après 20 000 heures d'exposition. La température limite d'utilisation attendue serait de 175 °C.

## Thermische Zersetzung

Die Temperatur, bei der die Gewichtsabnahme bei einer Temperaturerhöhung von 10 °C/min abbricht, liegt in Luft im Bereich von 350–360 °C und in Stickstoff im Bereich von 390–400 °C. Die Aktivierungsenergie der thermischen Zersetzung beträgt in Luft etwa 30 kcal/mol und in Stickstoff etwa 55 kcal/mol.

Daher findet bei normaler Formgebungstemperatur keine thermische Zersetzung statt. Selbst bei Temperaturen um 300 °C tritt jedoch bei längerer Haltezeit ein Gewichtsverlust durch Zersetzung auf. Das dabei entstehende Zersetzungsgas besteht hauptsächlich aus Fluorwasserstoff.

40

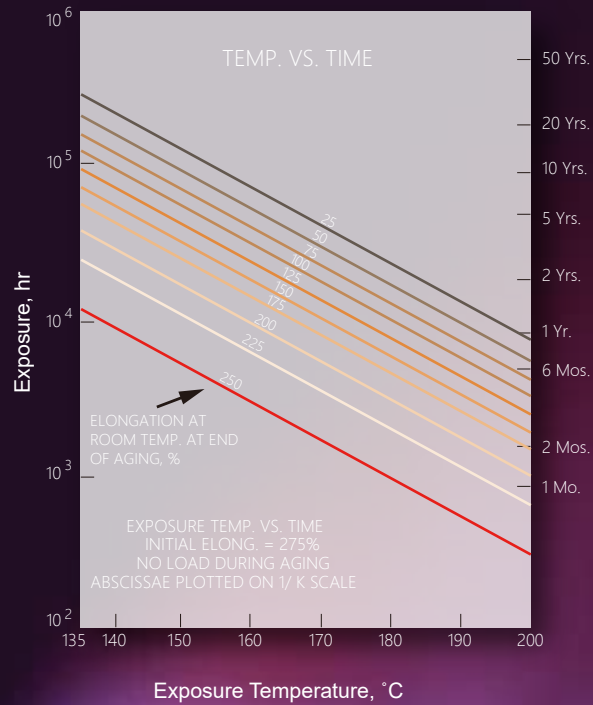
145

## Entflammbarkeit

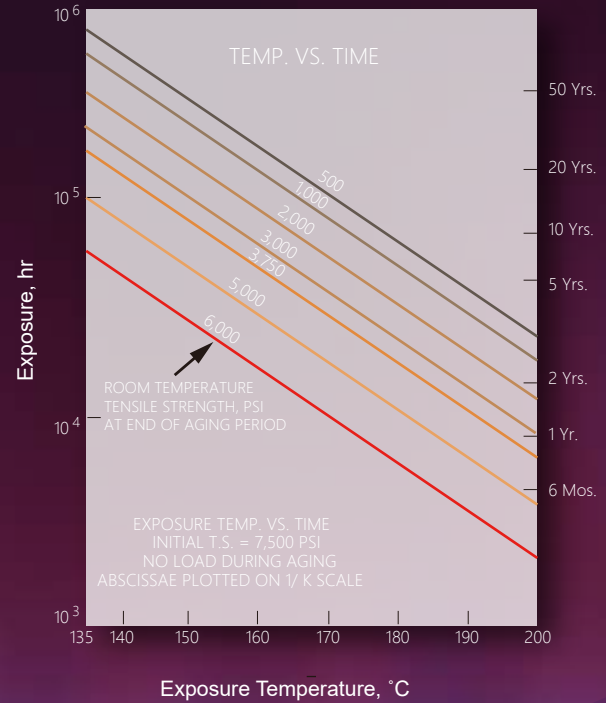
Obwohl Everflon™ ETFE C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>-Einheiten in der Hauptkette enthält, weist es gemäß UL-Standard 94 die Brennbarkeitsklasse 94V-0 auf. Ergebnisse nach ASTM D 165 bestätigen seine Nichtbrennbarkeit. Der Sauerstoffindex nach ASTM D 2863 beträgt 32 %.



Rétention de la résistance à la traction à température ambiante  
 Résistance après vieillissement – Everflon™ ETFE 4010



Rétention de la résistance à la traction à température ambiante  
 Résistance après vieillissement – Everflon™ ETFE 4010



Centre  
 de données

Températures maximales de service estimées (°C), critère de fin de vie après vieillissement thermique à vide basé sur l'allongement et la durée d'exposition

Critère de fin de vie		Durée d'exposition (h)					
Allongement réel (%)	Allongement résiduel (%)	1000	3000	10,000	20,000	50,000	100,000
135	50	210	195	172	159	143	132
50	18	**	211	188	175	158	147
25	9	**	**	196	182	165	153

Températures maximales de service estimées (°C), critère de fin de vie après vieillissement thermique à vide basé sur la résistance à la traction et la durée d'exposition

Critère de fin de vie		Durée d'exposition (h)			
Actual	Résistance à la traction résiduelle (%)	10,000	20,000*	50,000*	100,000*
26 MPa (3,750 psi)	50	190	176	159	147
14 MPa (2,000 psi)	27	204	190	172	158

## Température de déformation thermique du fluoroplastique

Température de déformation thermique (°C)	Everflon™ ETFE	Everflon™ PTFE	Everflon™ FEP	Everflon™ PFA	Everflon™ PVDF
4.6 kg/ cm2	80	120	70	70	150
18.5 kg/ cm2	50	50	50	50	90

## Coefficient de dilatation thermique linéaire du fluoroplastique

Coefficient de dilatation thermique linéaire	Everflon™ ETFE	Everflon™ PTFE	Everflon™ FEP	Everflon™ PFA	Everflon™ PVDF
4.6 kg/ cm2	9~14	9~11	8~11	11~13	3~6

# Propriétés électriques

## Résistance à l'arc

La résistance à l'arc électrique de l'Everflon® ETFE, mesurée selon la norme ASTM D495, est de 120 secondes. Elle est de 300 secondes ou plus pour le PTFE et de 170 secondes ou plus pour le FEP. Cette valeur élevée s'expliquerait par le fait que le polymère décomposé par l'arc se disperse sous forme de fluorocarbone de faible masse moléculaire, et que des matériaux conducteurs tels que le carbone ne restent pas dans le polymère.

## Isolation

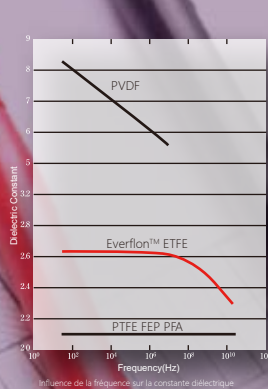
La résistance d'isolement est généralement représentée par la résistivité volumique, qui indique la capacité du polymère, en tant qu'isolant, à s'opposer au passage du courant électrique.

Plus cette valeur est élevée, meilleurs sont les propriétés isolantes du polymère. Concernant la tension de claquage, autre caractéristique importante des matériaux isolants, l'Everflon™ ETFE se révèle être un excellent matériau. La tension de claquage dépend de l'épaisseur de l'échantillon.

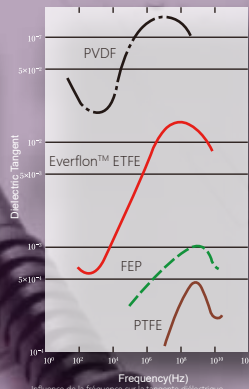
Les résultats concernant l'influence de l'épaisseur du film sur la tension de claquage indiquent que cette dernière est proportionnelle à la puissance 0,65 de l'épaisseur jusqu'à 100 µm.

Parmi les propriétés électriques des polymères, les plus importantes sont l'isolation et les propriétés diélectriques. Aux hautes fréquences, l'énergie électrique est convertie en énergie thermique par effet diélectrique, entraînant des pertes. L'ETFE Everflon™ présente une résistivité élevée et de faibles pertes.

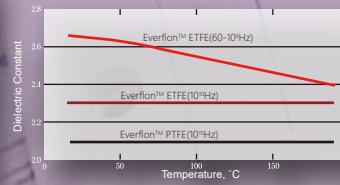
L'ETFE Everflon™ possède une constante diélectrique de 2,5 à 2,6 aux fréquences inférieures à 10 MHz. Aux fréquences plus élevées, cette valeur diminue jusqu'à environ 2,3 à 10 GHz. Le facteur de dissipation est inférieur à 0,001 aux basses fréquences, puis augmente progressivement jusqu'à un pic d'environ 0,023 à environ 100 MHz, avant de redescendre en dessous de 0,01 à 10 GHz.



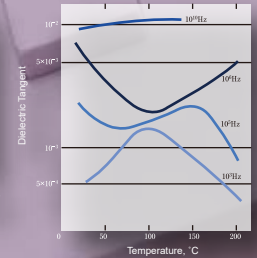
Influence de la fréquence sur la constante diélectrique



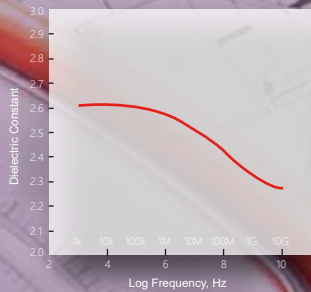
Influence de la fréquence sur la tangente diélectrique



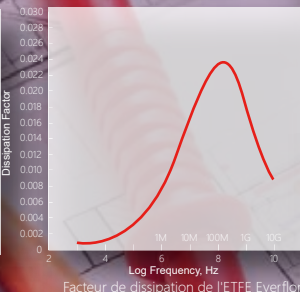
Influence de la fréquence sur la constante diélectrique



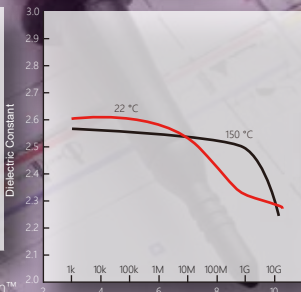
Influence de la température sur la tangente diélectrique



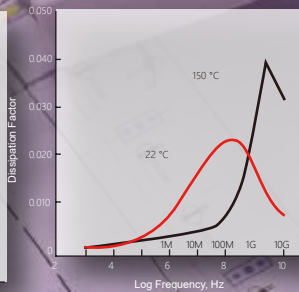
Constante diélectrique de l'ETFE Everflon™



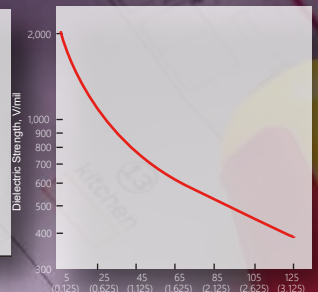
Facteur de dissipation de l'ETFE Everflon™



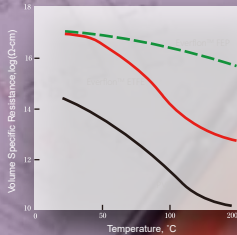
Constante diélectrique de l'ETFE Everflon™



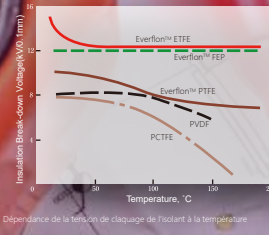
Facteur de dissipation de l'ETFE Everflon™



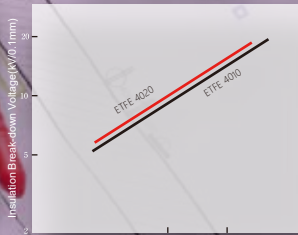
Résistance diélectrique Everflon™



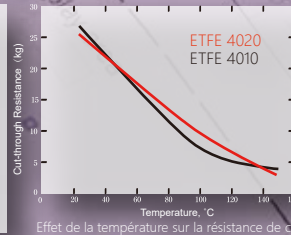
Dépendance de la résistance volumique à la température



Dépendance de la tension de claquage de l'isolant à la température



Dépendance de la tension de claquage de l'isolant



Effet de la température sur la résistance de coupure

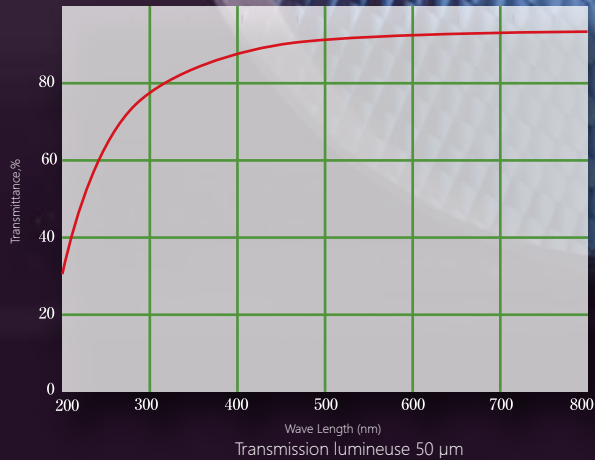
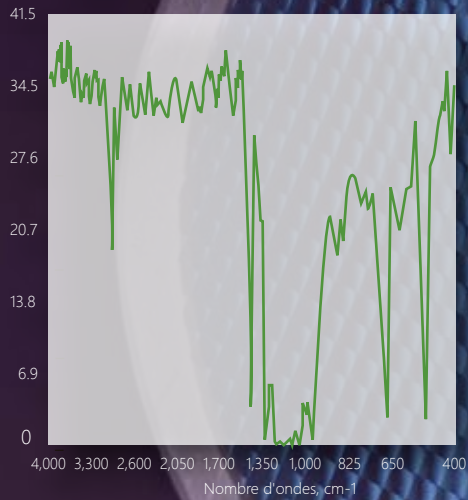
Centre  
de données

# Propriétés optiques


Transmittance en fonction de la longueur d'onde  
Normalisé pour des films de 0,025 mm (1,0 mil)

Longueur d'onde, nm	Transmittance du film ETFE Cathay, %
Gamme ultraviolette	
200	91,5
250	92
300	92
350	93
400	94
Portée visible	
500	94
94	
600	94
700	95
800	95


Analyse infrarouge de l'ETFE Everflon™



# Applications typiques



Aucune autre résine plastique n'offre des propriétés chimiques et électriques aussi proches de celles des fluoropolymères, tout en garantissant une robustesse mécanique élevée et une mise en œuvre simple et économique. L'Everflon™ ETFE offre aux ingénieurs concepteurs de nombreuses possibilités pour optimiser les performances de leurs produits dans divers domaines d'application.



Les colliers de serrage pour câbles et conduites hydrauliques, les attaches de câbles et autres fixations moulées en ETFE Everflon™ sont conçus pour les environnements corrosifs et à haute température. Grâce à sa résistance aux radiations, l'ETFE Everflon™ convient aux applications nucléaires. Sa faible absorption d'humidité garantit l'uniformité de ses propriétés mécaniques, indépendamment du taux d'humidité. Sa haute résistance aux chocs et aux UV constitue un atout supplémentaire.

Ses propriétés électriques exceptionnelles, sa résistance aux solvants, son classement SE-O en matière d'inflammabilité et son excellente tenue au vieillissement à haute température font de l'ETFE Everflon™ un matériau idéal pour les composants électriques haute

L'isolation robuste de l'Everflon™ ETFE est utilisée sur des conducteurs de section allant de AWG n° 30 pour les terminaisons de câbles informatiques à 535 MCM pour les circuits de forte puissance. L'Everflon™ ETFE offre d'excellentes performances sur les câbles d'aciérie, les câbles de fuselage d'aéronefs, les câbles de diagraphie de fond de puits de pétrole, les câbles de commande des rames de métro et des locomotives, ainsi que sur d'autres câbles et fils de service robustes. Son utilisation est particulièrement envisagée dans les centrales nucléaires et autres environnements exposés aux radiations.



Les gaines thermorétractables, lisses et ondulées, sont disponibles dans une large gamme d'épaisseurs et de diamètres. Elles sont utilisées à haute température comme isolants électriques et en contact avec des produits chimiques agressifs. Les gaines thermorétractables épousent la forme des terminaisons électriques, des raccords de tuyaux et autres composants pour isoler, protéger contre l'abrasion et prévenir la corrosion.

Une résistance élevée aux chocs, aux produits chimiques et à la stérilisation à haute température, ainsi qu'une facilité de mise en œuvre sont des propriétés essentielles pour les applications biomédicales et de laboratoire. Les composants des appareils respiratoires à oxygène, les valves des analyseurs sanguins, les capsules d'évaporation et les tubes à centrifuger en sont des exemples.



Une résistance élevée aux chocs, aux produits chimiques et à la stérilisation à haute température, ainsi qu'une facilité de mise en œuvre sont des propriétés essentielles pour les applications biomédicales et de laboratoire. Les composants des appareils respiratoires à oxygène, les valves des analyseurs sanguins, les capsules d'évaporation et les tubes à centrifuger en sont des exemples.

Le film Everflon™ ETFE peut être thermoscellé, thermoformé, soudé, laminé à chaud et revêtu pour fabriquer des rubans sensibles à la pression, des circuits imprimés flexibles, des sachets liquides et d'autres constructions où la résistance, la résistance thermique et l'intégrité électrique sont requises.



L'Everflon™ ETFE a remplacé d'autres polymères et le verre comme revêtement de vannes. Son excellente résistance aux acides, aux bases et aux solvants sur une large plage de températures, associée à sa résistance à l'abrasion et à sa facilité de mise en œuvre, permet d'obtenir une vanne durable et économique.

# Guide de fabrication



L'Everflon™ ETFE, polymère thermo-plastique, peut être transformé par la plupart des techniques applicables à ce type de résine, notamment :

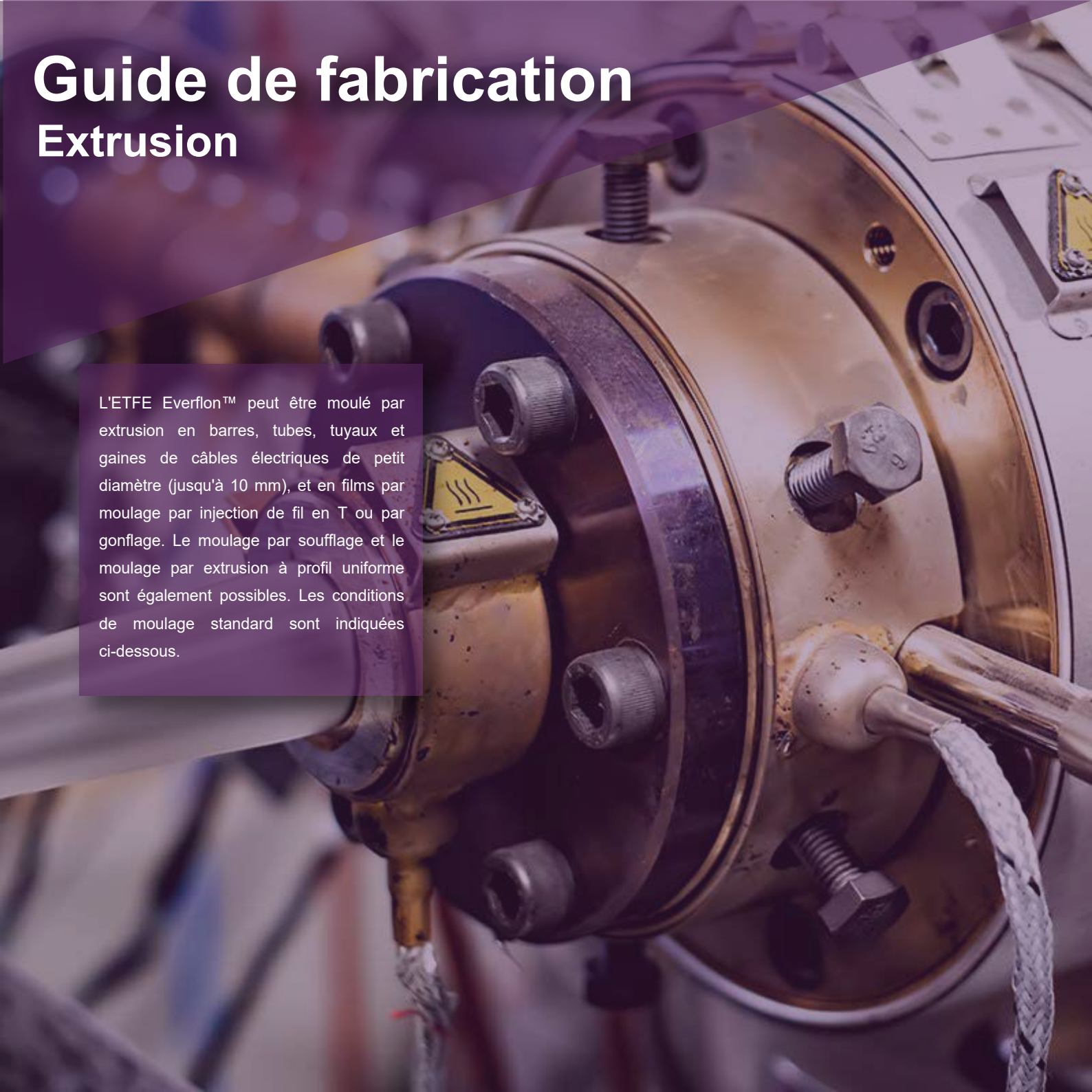
- Moulage par injection
- Moulage par compression
- Rotomoulé
- Extrusion

L'Everflon™ ETFE peut également être mis en forme, usiné, coloré et imprimé selon les techniques décrites dans les fiches techniques de transformation appropriées.

# Guide de fabrication

## Extrusion

L'ETFE Everflon™ peut être moulé par extrusion en barres, tubes, tuyaux et gaines de câbles électriques de petit diamètre (jusqu'à 10 mm), et en films par moulage par injection de fil en T ou par gonflage. Le moulage par soufflage et le moulage par extrusion à profil uniforme sont également possibles. Les conditions de moulage standard sont indiquées ci-dessous.



		Revêtement de fil électrique	Membrane	Tuyauterie
Extrudeuse	Screw diam	40 mm	40 mm	35 mm
	Screw type	metering	metering	metering
	Screw L/D	25	22	22
	Screw comp ratio	2.6:1	2.8:1	2.5:1
	Screen	80,100,200 mesh 2 each	80,100,200 mesh 2 each	80,100,200 mesh 1 each
Die	Die i.d.	4.3 mm	Coat hanger type manifold die	13.5 mm
	Nipple o.d.	2.0 mm		12.1 mm
	Rand Length	20 mm	Lip spacing 0.2 mm	
Produit		core: tin-plated soft coper wire	film thickness: 25 um	tube i.d.: 9 mm
		core diam:0.26 mm	film width: 400 mm	tube i.d.: 10 mm
		thickness:0.15 mm		thickness: 0.5mm
		final diam:0.56 mm		
Conditions de traitement	Cylinder temp			
	C1	250-260 C	270 C	270 C
	C2	270-290 C	290 C	290 C
	C3	330-340 C	310 C	300 C
	Cross head	330-340 C		
	Die	350-360 C	315 C	310 C
	Air gap		80 mm	100 mm
	Draw down ratio	59		die diameter/sizing die diameter 1.35
	Pull speed	80-150 m/min	5 m/min cooling roller temp 120 C	4 m/min vacuum sizing

# Guide de fabrication revêtement en poudre

Les procédés de revêtement en poudre, tels que le revêtement électrostatique ou l'immersion, peuvent être utilisés pour le revêtement Everflon™ ETFE. Le choix de la résine brute dépend de l'épaisseur souhaitée et de l'application. Le polymère n'est pas hygroscopique, mais la fluidité de la poudre est influencée par l'humidité. Par conséquent, l'air comprimé utilisé pour la mise en œuvre doit être séché avant le procédé. De plus, la présence de poussières dans le polymère pouvant provoquer des piqûres ou une coloration, l'emballage et la trémie ne doivent pas être laissés ouverts.

## Matériau et forme du substrat

Tant que le matériau résiste à des températures comprises entre 290 et 340 °C, l'ETFE Techyours™ peut être appliqué sur des surfaces métalliques, mais aussi sur le verre et la céramique. Les bords ont tendance à se rétracter lors de la solidification. Il est donc nécessaire de prévoir une rondeur IR pour les revêtements minces, et pour les revêtements épais de 0,4 à 1 mm, une rondeur 3R ou plus pour les extrusions et 5R ou plus pour les intrusions.

### Prétraitement

Matériau en acier (doublure épaisse)	Dégraissage : cuisson à 400 °C pendant 2 heures ou plus Grossissement : grenailage avec une grille d'acier à mailles de 60 et du sable (pression du jet : 3 à 7 kg/cm <sup>2</sup> )
Acier, acier inoxydable, aluminium (30-50 µm)	Dégraissage : lavage au trichloréthylène Grossissement : grenailage avec une grille d'acier de 100 mailles et du sable (pression du jet : 3 à 7 kg/cm <sup>2</sup> )
Cuivre et alliages de cuivre	Lors de la cuisson, une pellicule d'oxydation fragile se forme. C'est pourquoi on procède à un plaquage métallique ou à un traitement de couche d'oxyde de cuivre (ébullition pendant 5 min dans un mélange d'une part de persulfate de potassium, de quatre parts d'hydroxyde de sodium et de 95 parts d'eau).
Verre	Traitement par agent de couplage silane : lavage ; trempage dans de l'acide nitrique à 30 % à 60 °C pendant 2 heures ; trempage dans une solution éthanolique à 1 % d'agent de couplage silane (Union Carbide A-1120) pendant 24 heures ; séchage à l'air ; revêtement

### Revêtement

Appliquer une tension de 60 à 90 kV à l'aide d'une machine de revêtement électrostatique et l'éteindre immédiatement avant d'induire la répulsion électrostatique. On obtient ainsi une épaisseur de film de 30 à 150 µm pour les nuances naturelles et de 1 mm pour le JP40, après 5 à 7 couches successives. Par immersion dans un bain de GS40, on obtient une épaisseur de film de 0,6 mm sur un substrat de 5 mm d'épaisseur, après un préchauffage à 340-360 °C.

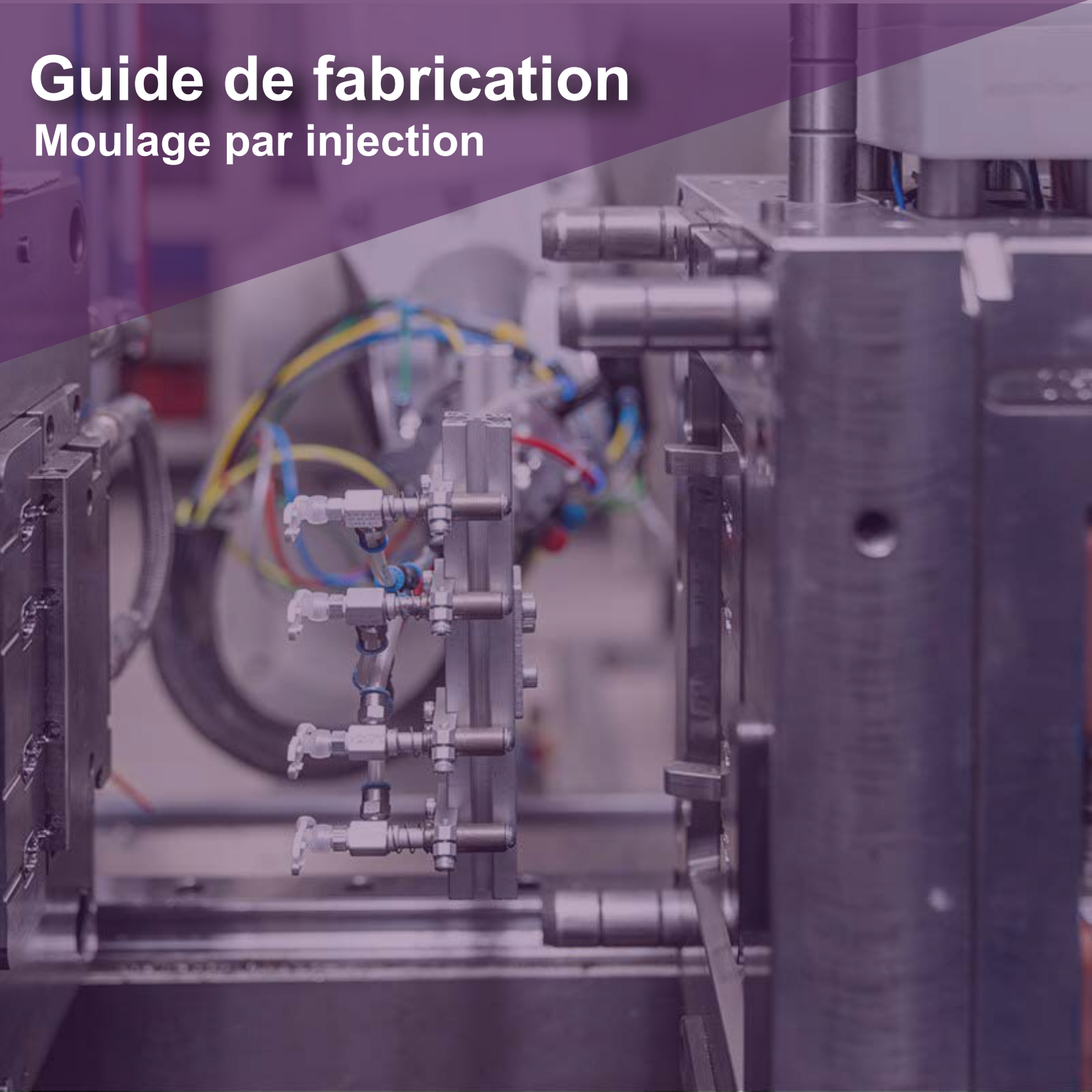
### Pâtisserie

La cuisson doit être effectuée à une température comprise entre 290 et 340 °C pendant 10 à 16 minutes, selon l'épaisseur du substrat, le matériau et l'épaisseur de film souhaitée.

Le film formé est contrôlé par une méthode similaire à celle utilisée pour les films de PTFE, ainsi que par d'autres méthodes, telles que le contrôle d'épaisseur, le contrôle de porosité, le test d'Ericksen, le test de résistance à la corrosion, etc., selon l'application.

# Guide de fabrication

## Moulage par injection



## Machine d'injection et matériau de moulage

Toute presse à injecter à piston ou à vis peut être utilisée pour le moulage, à condition que son élément chauffant supporte une température maximale de 340 °C. Pour les pièces en contact avec le polymère (surface intérieure du cylindre, vis, tête d'injection, buse, etc.), il est recommandé d'utiliser des matériaux résistants à la corrosion tels que l'Hastelloy-C, l'alliage X-Alloy 306 ou le Duranickel. Si la presse n'est pas exclusivement dédiée à l'Everflon™ ETFE, des matériaux nitrurés ou chromés durs peuvent également convenir.

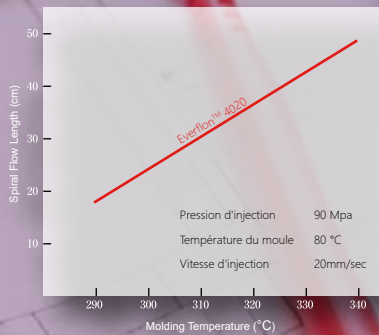
## Moule

Le moule utilisé, dont le nombre dépendra du nombre d'injections, doit être chromé dur sur les matériaux courants et conçu pour résister à des températures jusqu'à 120 °C. Le type d'injection (latérale, par points, à film, etc.) dépend du produit souhaité. Le canal d'alimentation doit avoir une section transversale ronde et une longueur aussi courte que possible.

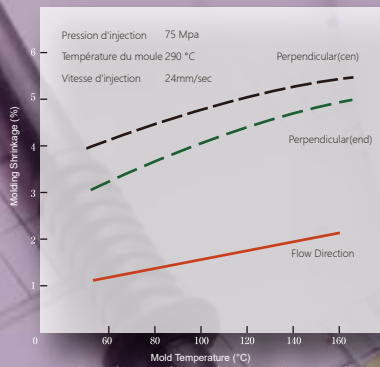
## Conditions de moulage

Le tableau récapitule les conditions typiques de moulage de l'ETFE Everflon™. Pour les épaisseurs faibles (inférieures à 0,5 mm), la vitesse d'injection doit être augmentée, tandis que pour les épaisseurs fortes (supérieures à 5 mm), le temps de refroidissement doit être allongé. De plus, pour obtenir une surface lisse, la vitesse d'injection doit être réduite.

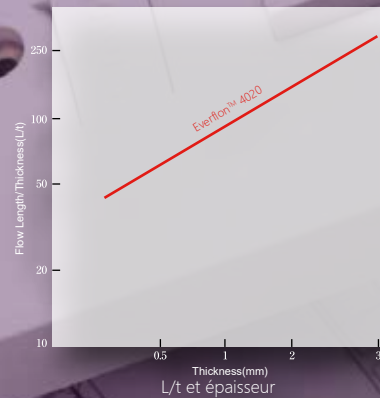
		ETFE 4010
Température de moulage (°C)	Arrière	260-280
	Milieu	270-290
	Avant	280-300
	ajutage	290-320
Température du moule (°C)		60-120
Injection Pressure(MPa)		50-120
Vitesse d'injection (vitesse du piston) (mm/s)		1-15
Cycle de moulage (sec)		30-120



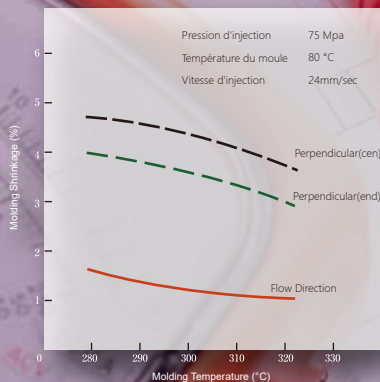
Température de moulage et longueur d'écoulement en spirale



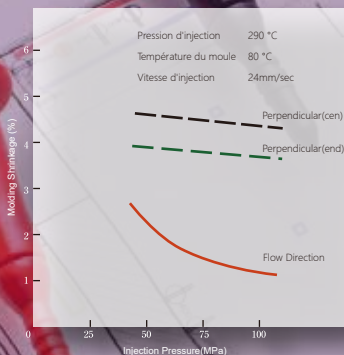
Température du moule et retrait au moulage



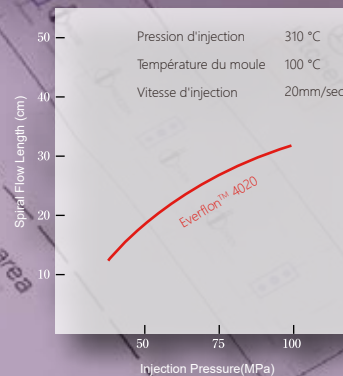
L/t et épaisseur



Température de moulage et retrait au moulage



Pression d'injection et retrait de moulage

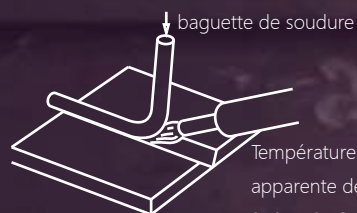


Pression d'injection et longueur d'écoulement spiralé

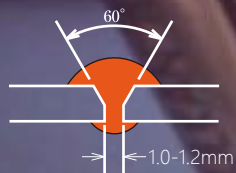
**Centre  
de données**

# Guide de fabrication

## Soudage



Température  
apparente de soudage  
340-450 °C



Température de soudage apparente



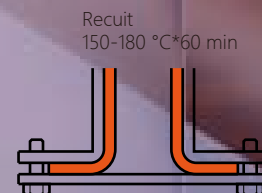
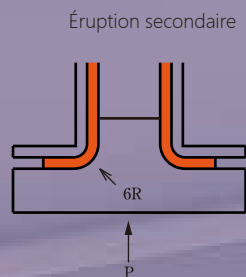
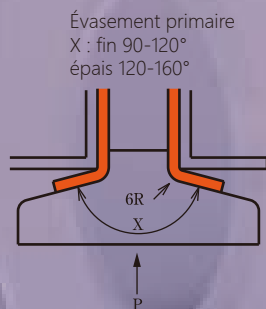
Température au centre de la flamme  
à 5 mm de l'extrémité du canon

Le soudage requiert un certain degré de compétence, mais en portant une attention particulière à la zone à souder et en transformant à la fois le matériau de base et la baguette de soudage en un état cireux, il est possible d'obtenir une résistance équivalente à 60 % de celle du matériau de base et d'atteindre une vitesse de soudage de 80 mm/min.

# Guide de fabrication

## Traitement par torchage

L'évasement à 90° des tubes et pièces moulées par injection en ETFE Everflon peut être réalisé à l'aide d'outils spéciaux. En chauffant le matériau de l'outil entre 130 et 150 °C, l'évasement peut être effectué à une vitesse de 60 mm/min.





## **Centre académique Everflon**

Tel: +86-185-7168-9228

[info@everflon.com](mailto:info@everflon.com)

[www.everflon.com](http://www.everflon.com)

Pour plus d'informations sur notre entreprise, nos produits et nos services, veuillez consulter notre site web à l'adresse [www.everflon.com](http://www.everflon.com) ou [www.everflonultra.com](http://www.everflonultra.com)