

PLAQUES COULÉES ET EXTRUDÉES
Brochure Technique







Sommaire

5 / INTRODUCTION

La marque Altuglas®, propriétés générales d'Altuglas®, la gamme, applications

6 / PROPRIÉTÉS D'ALTUGLAS®

6 Tableau des caractéristiques

Propriétés générales, mécaniques et optiques

Propriétés électriques et thermiques, inflammabilité

8 Autres propriétés

Propriétés optiques, acoustiques et mécaniques, comportement au vieillissement naturel

11 Altuglas® CN et Altuglas® EX

Des propriétés relativement comparables, les éléments de différenciation, un même champ d'applications, les possibilités de recyclage

12 / TRAVAILLER AVEC ALTUGLAS®

12 Généralités

Stockage des plaques, film de protection, usinage, découpe et autres procédés d'usinage, thermoformage, autres procédés

14 Découpe droite et découpage de formes

Découpe le long d'une rainure, scie à ruban, scie sauteuse
scie circulaire, fraisage, découpe par rayon laser, découpe au jet d'eau

16 Autres formes d'usinage

Perçage et forets, méthode, tournage, gravure, ponçage
Polissage par abrasion, polissage à la flamme

19 Thermoformage

Informations préliminaires, étuvage (préchauffage), équipement de chauffage
Mode de chauffage, différences de comportement au thermoformage, fabrication des moules
Formage simple des surfaces développables, détermination des épaisseurs dans les zones étirées, thermoformage par aspiration libre et par soufflage libre
Thermoformage par aspiration en moule, soufflage en moule et par emboutissage
Méthodes de thermoformage composées : soufflage, aspiration et pressage, pliage

28 Consignes et erreurs à éviter

Erreurs à éviter, précautions lors du refroidissement, recuit

29 / MONTAGE

Informations générales, variations dimensionnelles et écarts dus à la dilatation, sélection de l'épaisseur des plaques, cintrage à froid

30 / ASSEMBLAGE

Collage, soudure

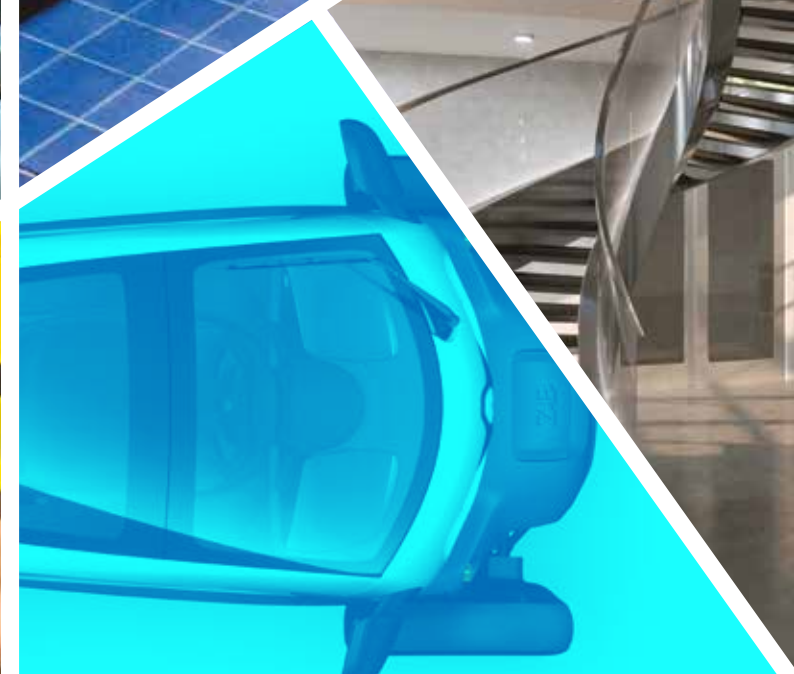
31 / FINITIONS & ENTRETIEN

Finitions décoratives, finition, maintenance et nettoyage

32 / RÉSISTANCE AUX PRODUITS CHIMIQUES

Réaction d'Altuglas® en présence de différentes substances corrosives

34 / GARANTIE



Introduction

LA MARQUE ALTUGLAS®

Altuglas® est la marque déposée d'Arkema pour ses produits à base de polyméthacrylate de méthyle (PMMA).

Altuglas® est disponible sous de nombreuses formes :

- plaques coulées et extrudées
- plaques pour le marché du sanitaire
- résines
- adhésifs et produits auxiliaires

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES D'ALTUGLAS®

Rappel succinct des propriétés :

Altuglas® est un matériau thermoplastique transparent et rigide.

Par nature incolore et d'une limpidité exceptionnelle, il peut être teinté dans une très large palette de couleurs. Les paramètres de transmission et de diffusion de la lumière peuvent être modifiés à la demande.

Inerte face à de nombreux agents chimiques agressifs, il est le matériau plastique d'extérieur de référence (résistant aux UV et aux intempéries).

Les plaques Altuglas® s'usinent et se mettent en forme selon des procédés très variés, industriels, artisanaux ou artistiques.

LA GAMME

Les produits décrits dans cette brochure technique sont :

- ALTUGLAS® CN, pour les plaques coulées
- ALTUGLAS® EX, pour les plaques extrudées

Les plaques sont proposées dans une large gamme de formats, d'épaisseurs, de coloris et de finitions de surface. Des informations détaillées sur les différentes combinaisons, ainsi que sur les conditions de livraison, sont fournies dans le Catalogue Produits et Services Altuglas®.

Les plaques fabriquées par Altuglas International sont conformes aux normes suivantes :

- ALTUGLAS® CN : ISO 7823.1 - 2003
- ALTUGLAS® EX : ISO 7823.2 - 2003

APPLICATIONS

Les plaques Altuglas® CN et EX sont utilisées dans de nombreuses applications :

- **signalétique et enseignes** : panneaux lumineux, affichage en 3D, panneaux indicateurs...
- **publicité sur les points de vente** : présentoirs, testeurs, panneaux d'affichage...
- **décoration intérieure** : agencement de magasin, ameublement, vitrage...
- **ornements architecturaux** : mobilier urbain, accessoires de sécurité, écrans anti-bruit, lucarnes...
- **produits pour sanitaires⁽¹⁾**, baignoires, bacs de douche...
- **transports** : déflecteurs, pare-soleil, plaques d'immatriculation, écouteilles et hublots de bateau...
- **industrie** : dispositifs de sécurité de machines, cadrans, pièces de précision...
- **secteur médical** : berceaux, incubateurs...

De nombreuses applications spécialisées peuvent être ajoutées à cette liste (toits de protection et barrières pour piscine...).

⁽¹⁾ Les applications telles que baignoires, bacs de douche et lavabos requièrent l'utilisation d'une plaque Altuglas® CS spéciale (également appelée plaque coulée sanitaire).

Propriétés d'Altuglas®

Tableau des caractéristiques

	CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES			VALEURS INDICATIVES				
	MÉTHODE DE TEST			UNITÉS	ALTUGLAS® CN		ALTUGLAS® EX	
	ISO	NF	Autres		Épaisseur en mm	Valeur	Épaisseur en mm	Valeur
PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES								
Absorption d'eau à 24 heures	62	T 51002	DIN 53495	%	4	0,30	4	0,30
Absorption d'eau à 8 jours	62	T 51002	DIN 53495	%	4	0,50	4	0,50
Absorption maxi d'eau par immersion 1200 heures			Internal	%	3	1,75	3	1,75
Densité	1183	T 51063	DIN 53479			1,19		1,19
PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES								
Coefficient de poisson à 20°C						0,39		0,39
Essai de traction à 23°C	527	T 51034	DIN 53455					
Contrainte de rupture	-2/1A/5			MPa	4	76	4	74
Module d'élasticité				MPa	4	3300	4	3300
Allongement à la rupture				%	4	6	4	5
Essai de traction à -20°C	527	T 51304	DIN 53455					
Contrainte de rupture	-2/1A/5			MPa	4	102		
Allongement à la rupture				%	4	5		
Essai de traction à 80°C	527	T 51304	DIN 53455					
Contrainte de rupture	-2/1A/5			MPa	4	24		
Allongement à la rupture				%	4	22		
Essai de flexion à 23°C	178*	T 51001	DIN 53452					
Contrainte de rupture				MPa	4	130	4	120
Module d'élasticité				%	4	3250	4	3250
Essai de choc Charpy sans entaille	179/2D	T 51035	DIN 53453	Kj/m ²	4	12	4	10
Essai de choc Izod avec entaille	180/1A		ASTM D256A	Kj/m ²	4	1,4	4	1,3
Dureté Rockwell, Échelle M	2039		ASTM D785			100		95
Dureté Shore, Échelle D	868	T 51109				60-70		80
Résistance à la compression	684	T 51101	DIN 53454	MPa	4	130	4	110
Module de cisaillement dynamique			DIN 53445	MPa		1700		1700
PROPRIÉTÉS OPTIQUES								
Transmission lumineuse	T 51068	DIN 5036						
en épaisseur 3 mm				%	3	92	3	92
en épaisseur 5 mm				%	5	92	5	92
en épaisseur 8 mm				%			8	92
en épaisseur 10 mm				%	10	92		
Indice de réfraction	T 51064	DIN 53491				1,492		1,492

ATTENTION : Les normes citées ne sont pas toutes strictement équivalentes. Les valeurs communiquées sont les moyennes de nos essais en laboratoire et n'ont qu'un caractère indicatif. *Vitesse : 1 mm/mn.

GARANTIE : les informations données dans cette documentation sont basées sur les résultats de nos recherches et sur notre expérience. Elles ont été conçues pour servir de guide général pour l'utilisation de nos produits et ne sauraient être considérées comme des spécifications contractuelles. Ces informations ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Altuglas International, notamment en cas d'infraction aux droits d'un tiers.

CARACTÉRISTIQUES PRINCIPALES

MÉTHODE DE TEST

ISO	NF	Autres
-----	----	--------

VALEURS INDICATIVES

UNITÉS	ALTUGLAS® CN		ALTUGLAS® EX	
	Épaisseur en mm	Valeur	Épaisseur en mm	Valeur

PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES

Rigidité diélectrique		C 26225	DIN 53481	KV/mm		20 to 25		20 to 25
Résistivité transversale		C 26215	DIN 53482	Ohm.cm		> 10 ¹⁵		> 10 ¹⁵
Constante diélectrique		C 26230	DIN 53483					
à 50 Hz						3,7		3,7
à 0,1 MHz						2,6		2,6

PROPRIÉTÉS THERMIQUES

Coefficient de dilatation linéaire	EN 2155-1	T 51251	DIN 52328	mm/m/°C		0,065		0,065
Conductivité thermique			DIN 52612	W/m/°C		0,17		0,19
Chaleur spécifique			ASTM C 351	J/g/°C		1,32		1,32
Coefficient de transmission thermique			DIN 4701					
en épaisseur 3 mm				W/m²/°C	3	5,4	3	5,4
en épaisseur 5 mm				W/m²/°C	5	5,1	5	5,1
en épaisseur 10 mm				W/m²/°C	10	4,5	10	4,5
Point de ramollissement Vicat B 50 (éprov. conditionnées)	306	T 51021	DIN 53460	°C		115		105
Température de déformation sous charge 1,80 N/mm² (éprov. conditionnées)	75/A	T 51005	DIN 53461	°C		109		102
Température maxi d'utilisation continue				°C		85		80
Température de l'étuve de formage				°C		130-190		140-175
Température maxi de chauffage				°C		200		180
Retrait linéaire maxi après chauffage en épaisseur ≥ 3 mm				%		2		3
Retrait linéaire maxi après chauffage en épaisseur < 3 mm				%		2		6
Température maxi superficielle en infrarouge				°C		220		210

INFLAMMABILITÉ

Température d'auto inflammation				°C		approx.450		approx.450
Classement Euroclass			EN 13501			E		E
Comportement au feu (épiradiateur)		P 92501			3	M4		M4
Essai pour matériaux fusibles		P 92505			3	non-drip		drips
Comportement au feu			DIN 4102			B2		B2
Comportement au feu			BS 476 Pt.7			class 3		class 4
Comportement au feu			UL 94			HB		HB
Indice d'oxygène			ASTM 2863 77	%		18		18
Taux de chlore				%		0		0
Taux d'azote				%		< 0,02		< 0,02

Propriétés d'Altuglas®

Autres propriétés

PROPRIÉTÉS OPTIQUES

Altuglas® est, par nature, extrêmement transparent. Altuglas® CN et Altuglas® EX possèdent un indice de transmission de la lumière de 92 % pour une épaisseur de 3 mm (norme DIN 5036).

Les courbes de transmission fournies par Altuglas International sont mesurées entre 370 nm et 740 nm.

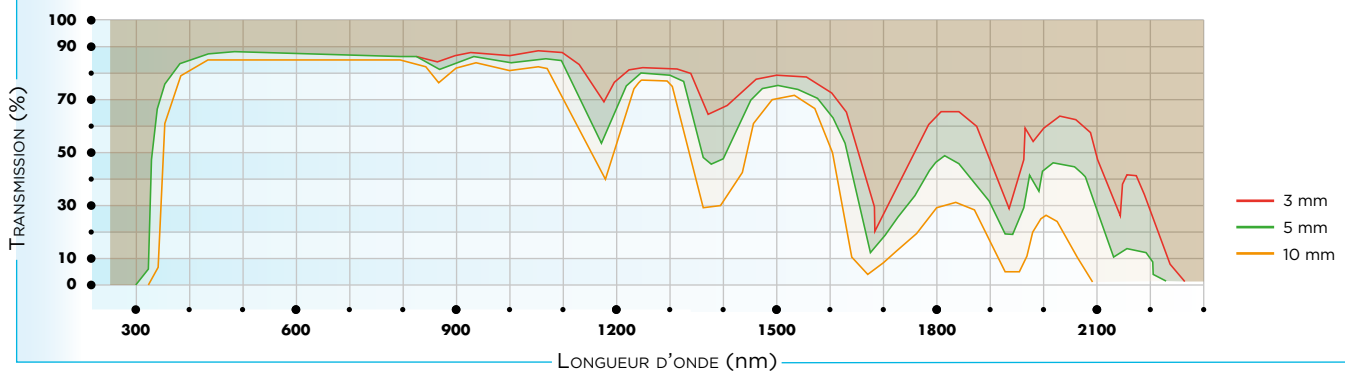
La gamme de produits Altuglas® présente des qualités comportant des propriétés optiques spécifiques. Elles permettent d'augmenter ou de réduire la transmission de certaines longueurs d'onde.

- Altuglas® CN IR
- Altuglas® CN UV Block
- Altuglas® CN Inactinic

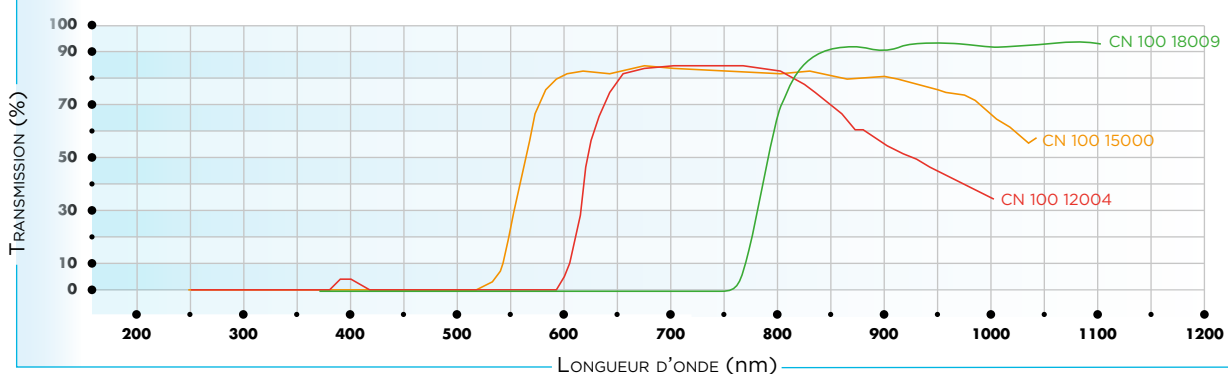
TABLEAU DE SYNTHÈSE

Désignation	Référence	Application	Caractéristiques (TL en % - longueurs d'onde en nanomètres)
Altuglas® CN UV Block	141 10000	Protection des œuvres d'art dans les musées	- Filtre les UV - TL < 1 % de 200 à 370 nm
Altuglas® CN IR	100 18009	Systèmes de détection infrarouge (télécommandes, caméras, etc.)	- Filtre les longueurs d'onde visibles et transmet les ondes proches des IR
Altuglas® CN Inactinic	100 12004 100 15000	Panneaux	- Filtre la lumière blanche pour la rendre inoffensive pour les pellicules photo - TL < 5 % de 250 à 570 nm

Courbe de transmission lumineuse d'une plaque Altuglas® CN transparente

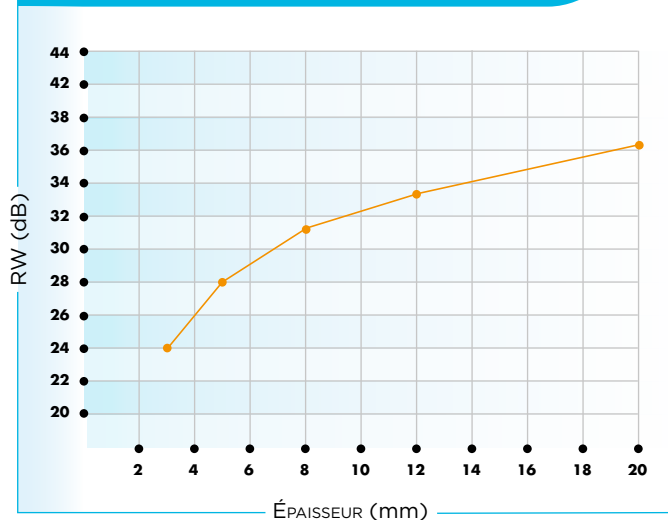


Courbe de transmission lumineuse pour les plaques CN 100 12004 - CN 100 15000 - CN 100 18009



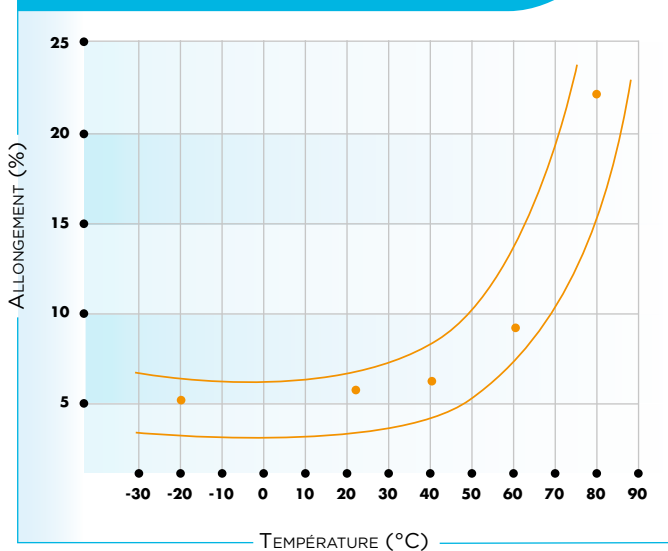
PROPRIÉTÉS ACOUSTIQUES

Indice d'atténuation acoustique
Rw en fonction de l'épaisseur

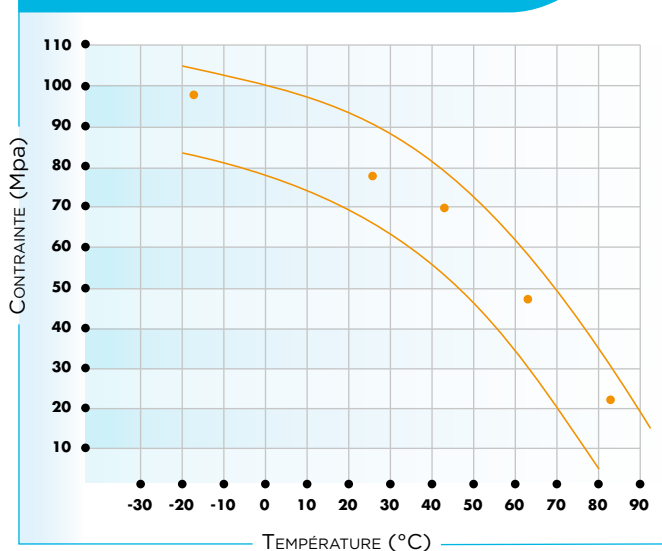


PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES

Variation de l'allongement à la rupture
en traction en fonction de la température
(de -20 à +80°C)



Variation de la contrainte de rupture
en fonction de la température
(de -20 à +80°C)



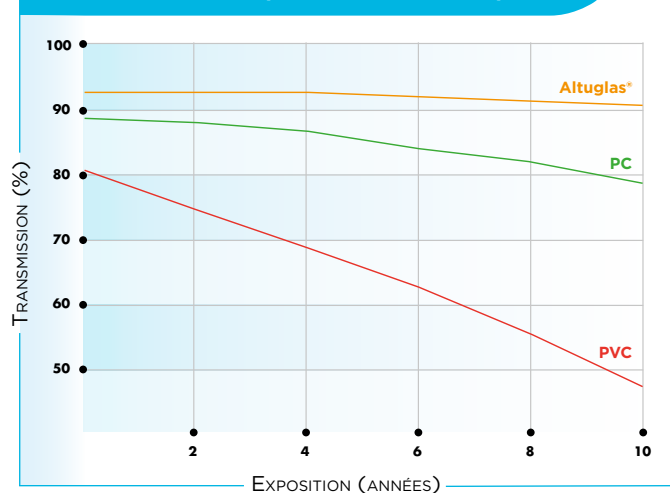
Mesures effectuées selon la norme ISO 140 et conformément
au rapport du C.S.T. n° 32 468 de septembre 1991

COMPORTEMENT AU VIEILLISSEMENT NATUREL

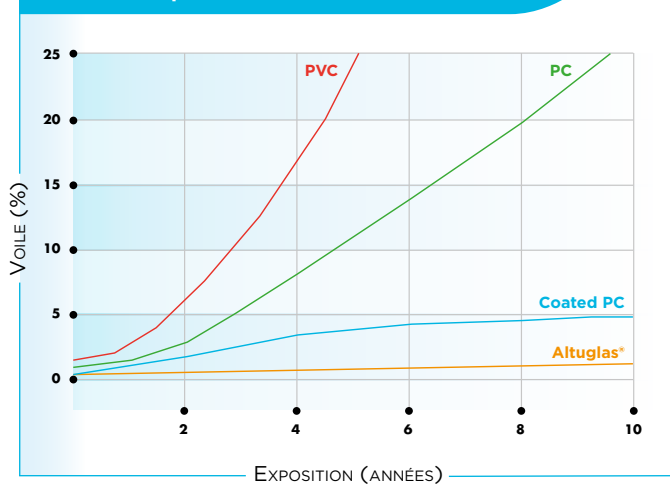
Mesures effectuées dans un climat d'Europe Centrale.

Altuglas® CN et Altuglas® EX ont des propriétés physiques similaires.
Ils ont tous deux un excellent comportement face au vieillissement naturel.

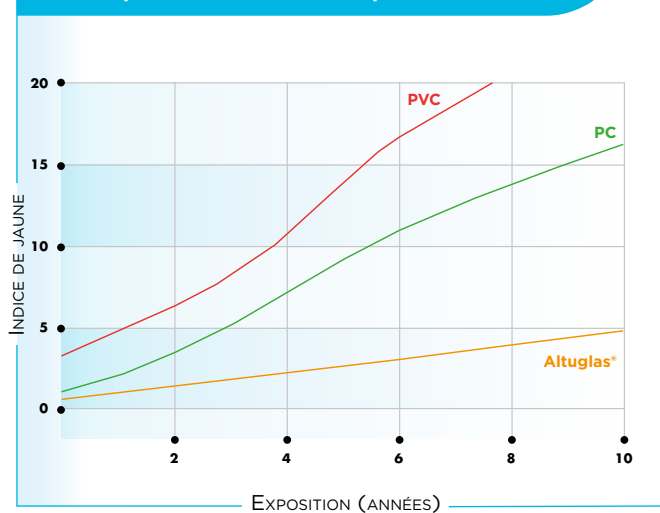
Variation de la transmission lumineuse en fonction de l'exposition aux intempéries



Variation du voile présent sur le matériau en fonction de l'exposition aux intempéries



Variation de l'indice de jaune en fonction de l'exposition aux intempéries



Propriétés d'Altuglas®

Altuglas® CN et Altuglas® EX

DES PROPRIÉTÉS RELATIVEMENT COMPARABLES

Altuglas® CN et Altuglas® EX ont des propriétés physiques similaires.

Ils ont tous deux un excellent comportement face au vieillissement naturel.

Les principales différences reposent dans leurs propriétés thermiques et chimiques ainsi que sur certains modes de transformation.

LES ÉLÉMENTS DE DIFFÉRENCIATION

Il existe des différences intrinsèques de comportement entre ces deux matériaux, dont il faut tenir compte pour obtenir des produits de haute qualité.

Gamme d'épaisseur

Altuglas® CN est disponible dans quasiment toutes les gammes d'épaisseur, à partir de 2 mm.

Altuglas® EX est disponible en épaisseur de 2 à 20 mm.

Variations dimensionnelles

Le procédé de fabrication d'Altuglas® CN entraîne de légères variations au niveau de l'épaisseur des plaques, tandis que l'épaisseur des plaques Altuglas® EX ne varie que très peu, voire pas du tout.

Altuglas® CN a un comportement isotrope au chauffage, avec un retrait maximal de 2 % dans toutes les directions.

Le procédé d'extrusion appliqué à Altuglas® EX entraîne un retrait variable, en fonction de l'épaisseur et de la direction.

Dans le sens de l'extrusion :

- maximum de 3 % d'épaisseur en 3 mm et plus
- maximum de 6 % pour une épaisseur inférieure à 3 mm

Transversalement :

- maximum de 1 % pour une épaisseur supérieure à 3 mm
- maximum de 2 % pour une épaisseur inférieure à 3 mm

Stabilité thermique et viscosité

La masse molaire moyenne d'Altuglas® CN est beaucoup plus élevée que celle d'Altuglas® EX (3 000 000 contre 150 000) et comporte beaucoup plus de motifs monomères. Cela lui confère une plus grande stabilité thermique et une meilleure résistance aux microfissures en présence de solvants. La gamme de thermoformage est également plus étendue. Altuglas® CN peut être retravaillé à chaud, ce qui est impossible avec les plaques extrudées.

Altuglas® EX à chaud a une viscosité bien inférieure, ce qui le rend plus ductile qu'Altuglas® CN. Le produit peut, par conséquent, être utilisé pour des formes compliquées lors d'opérations d'usinage complexes.

Propriétés optiques

Altuglas® CN possède des propriétés de surface et une pureté optique incomparables.

UN MÊME CHAMP D'APPLICATION

Des applications communes

L'expérience a montré qu'Altuglas® CN et Altuglas® EX pouvaient être librement interchangeables. Le choix d'un produit plutôt que d'un autre est dicté non seulement par leurs différences de caractéristiques intrinsèques, mais aussi par les conditions, outils et coûts de fabrication associés.

LES POSSIBILITÉS DE RECYCLAGE

Le traitement des chutes

Les chutes de plaques coulées ou extrudées peuvent être recyclées sans causer le moindre dommage à l'environnement.

Altuglas® est un matériau facilement recyclable.

Les méthodes de recyclage possibles sont les suivantes :

- les déchets ou rebuts d'Altuglas® EX peuvent être broyés puis à nouveau injectés ou extrudés
- les déchets ou rebuts d'Altuglas® CN peuvent être soumis à un procédé de « crackage ». Ce procédé permet de retrouver le monomère d'origine (méthacrylate de méthyle).

Si le recyclage est impossible, les chutes peuvent être incinérées.

Travailler avec Altuglas®

Généralités

STOCKAGE DES PLAQUES

SÉCURITÉ

Les bords des plaques peuvent être coupants. Il est recommandé de porter des gants de protection pour les manipuler.

Les plaques doivent être conservées dans un endroit sec. Pour limiter les reprises d'humidité, il est souhaitable de laisser en place une housse de polyéthylène lors de prélèvements de stock. En effet l'absorption d'humidité génère des vagues et/ou un fléchissement des plaques PMMA.

Il est recommandé de stocker les plaques Altuglas® à l'horizontale sur leurs palettes d'origine et de placer les palettes sur des rayonnages horizontaux. Il est vivement recommandé de ne pas gerber les palettes, afin de ne pas créer de tensions internes et de ne pas altérer la planéité des plaques.

Lorsqu'une méthode de stockage vertical est adoptée, il est préférable que les plaques d'Altuglas® soient appuyées contre des supports solides inclinés à environ 80°, pour éviter l'apparition de courbures.

Il est fortement conseillé d'éviter une durée de stockage supérieure à 6 mois.

Les plaques risqueraient de ne plus être plates si elles sont stockées et/ou transportées dans un environnement humide.

FILM DE PROTECTION

Film de protection

Les deux faces des plaques d'Altuglas® CN et EX sont protégées par un film de polyéthylène. Le film appliqué sur la face supérieure porte le marquage. À l'exception de certains produits pour lesquels des informations spécifiques sont fournies (Altuglas® Silver Star, par exemple), la face supérieure doit être considérée comme la surface de travail.

Il est vivement recommandé de ne pas stocker les plaques à l'extérieur.

Le film protecteur et les adhésifs pourraient être endommagés par le rayonnement UV, et ainsi être difficiles à retirer.

Marques d'identification et traçabilité

Les plaques Altuglas® comportent au moins deux marquages longitudinaux, situés à quelques centimètres des deux bords. Le marquage indique le nom du produit, Altuglas® CN ou Altuglas® EX, suivi du code produit, du code couleur, de l'épaisseur en millimètres et du numéro de lot.

Si une découpe est effectuée, il est recommandé, pour des raisons de traçabilité, de noter le numéro de lot.

Ce marquage garantit la traçabilité de tous nos lots de production.

Quand faut-il enlever le film ?

Il est préférable de laisser le film de protection en place pendant toutes les phases d'usinage, afin de conserver la plaque en parfait état.

Précautions particulières en matière de thermoformage :

Altuglas® CN : le film de protection doit être retiré avant le chauffage et le thermoformage.

Altuglas® EX : Cette précaution est inutile pour Altuglas® EX, pourvu que les conditions suivantes soient satisfaites :

- le film doit être exempt de tout défaut de surface (trous, éraflures, bulles, etc.), ces derniers risquant de générer des marques au niveau de la pièce
- le film ne doit pas être en contact avec les parois de l'étuve

USINAGE

SÉCURITÉ

Les différents procédés d'usinage utilisables avec les plaques Altuglas® peuvent entraîner l'éjection de nombreux copeaux durs et coupants. Il est recommandé de porter des lunettes de protection pendant ces opérations.

Altuglas® a une dureté comprise entre le bois et le fer, et est assez proche de l'aluminium et des alliages légers. Il peut être usiné (découpe, fraisage, tournage ou perçage) à l'aide de machines-outils initialement destinées au travail du bois ou des métaux.

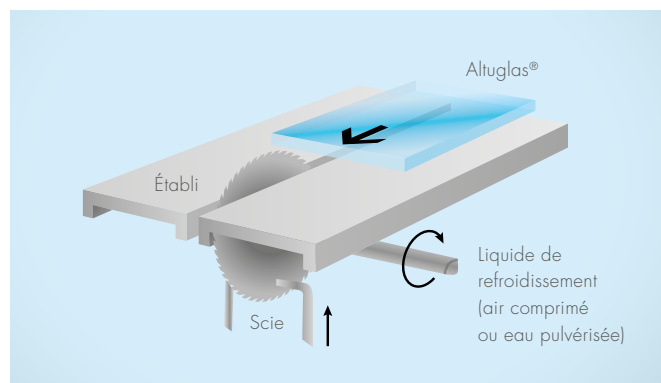
Recommandations pour l'usinage

Un usinage trop brutal crée des échauffements locaux, générateurs de tensions internes qu'il faut relâcher par un traitement en étuve (cf. page 28). Sinon, ces tensions internes se traduisent tôt ou tard par l'apparition de fines craquelures superficielles pouvant se développer ultérieurement sous l'action de solvants ou de tensions (lors du collage ou de la peinture, par exemple).

On peut éviter un échauffement excessif du matériau lors de l'usinage en observant les principes généraux suivants :

- veiller à ce que les outils soient parfaitement affûtés. Prévoir une bonne évacuation des copeaux
- asperger avec de l'eau additionnée de 2 % d'huile de coupe (huile « soluble »), ou utiliser un petit jet d'air comprimé ou une micronisation d'eau directement à l'endroit de la coupe
- Altuglas® EX est plus sensible à la surchauffe qu'Altuglas® CN

Lors de l'usinage, les pièces doivent être solidement maintenues afin d'éviter toute vibration. Cette recommandation est particulièrement importante en présence de plaques fines. De fortes vibrations peuvent entraîner des bords mal coupés et des coins cassés.



DÉCOUPE ET AUTRES PROCÉDÉS D'USINAGE

Le moment le plus important lors de la découpe d'une plaque est le moment où la lame pénètre dans la plaque et celui où elle en ressort.

Altuglas® CN peut être découpé avec des outils très rudimentaires comme une scie à main. Cette méthode n'est toutefois pas recommandée : c'est une opération longue et délicate qui ne peut en aucun cas fournir une très bonne finition. Cette méthode de coupe est vivement déconseillée pour Altuglas® EX.

Un certain nombre de méthodes de coupe industrielles sont adaptées à Altuglas®.

Les scies circulaires sont normalement utilisées pour les découpes droites, les scies à ruban et les fraises étant utilisées pour les autres découpes. D'autres méthodes plus sophistiquées telles que la découpe au laser ou au jet d'eau donnent d'excellents résultats.

Altuglas® peut être usiné à l'aide de nombreux autres procédés : perçage, tournage, fraisage ou ponçage.

THERMOFORMAGE

Altuglas® est un matériau thermoplastique transparent et hautement polyvalent.

Les pièces aux formes très compliquées peuvent être fabriquées par thermoformage.

Les produits Altuglas® obtenus par thermoformage conservent leurs propriétés originales : transparence, résistance aux UV et résistance mécanique, aspect de surface spécial (Ex : Altuglas® Dual satin).

AUTRES PROCÉDÉS

Altuglas® peut être collé. Avec l'adhésif polymérisable Special Care Adhesive P10, la résistance du joint collé peut être proche de celle du matériau d'origine.

Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour décorer Altuglas®, sont la sérigraphie, la peinture au pistolet ou l'application de films vinyliques colorés.

Les nouvelles technologies d'illumination (diodes électroluminescentes) ouvrent de nouvelles possibilités.

Travailler avec Altuglas®

Découpe droite et découpage de formes

DÉCOUPE LE LONG D'UNE RAINURE

SÉCURITÉ

Pour travailler avec des plaques Altuglas®, il est vivement recommandé de porter des gants, des lunettes de protection et des bouchons anti-bruit.

Cette technique est généralement déconseillée, car les bords de coupe sont irréguliers et nécessitent un ponçage. La technique ne peut être utilisée qu'avec des plaques d'une épaisseur de 3 mm maximum, pour des longueurs inférieures à 400 mm.

La rainure doit être réalisée à l'aide d'un cutter doté d'une lame en forme de croissant. Répéter le rainurage plusieurs fois. Utiliser le bord d'une table pour casser la plaque le long de la rainure.

Il est obligatoire de porter des gants et des lunettes de protection.

SCIE À RUBAN

Ce type de scie est généralement utilisé pour découper des courbes.

Toutefois, il peut également être utilisé pour réaliser des coupes droites sur des plaques épaisses.

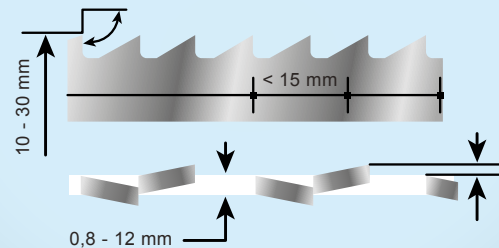
Ce procédé n'amène jamais une coupe très nette et oblige à un important travail de finition si l'on désire un poli parfait.

Toutes les machines de menuiserie ayant une vitesse linéaire comprise entre 15 et 25 m/s peuvent être utilisées.

Ce type de lame n'amène jamais une coupe très nette et oblige à un important travail de finition. On l'utilise surtout pour découper les ébauches avant formage ou pour détourer les pièces formées avant finition.

Toutes les machines de menuiserie dont la vitesse linéaire est comprise entre 15 et 25 m/s peuvent être utilisées.

Exemple de scie à ruban avec dents en acier



SCIE SAUTEUSE

Cette méthode de coupe n'est pas recommandée, étant donné la faible qualité de la coupe obtenue.

Réglages : vitesse de coupe moyenne, sans balancement et vitesse d'avance moyenne.

La scie doit être en mouvement avant que la découpe ne commence. Maintenir fermement la base de la scie contre la plaque et réduire au minimum les vibrations contre la plaque.

VITESSE RECOMMANDÉE POUR DIFFÉRENTS DIAMÈTRES DE SCIES

Diamètre (mm)	Vitesse de rotation (tour/min)
150	6400
200	4800
250	3800
300	3200
350	2800
400	2400

SCIE CIRCULAIRE

Les scies circulaires permettent de réaliser des coupes droites et précises. C'est la technique la plus fréquemment utilisée. Elles permettent une coupe nette sur les plaques Altuglas®.

Deux types de lames sont généralement utilisés :

- les lames à pointes de carbure sont recommandées pour les utilisations industrielles, pour découper des piles de plaques
- les lames en acier rapide sont généralement utilisées pour découper une plaque à la fois

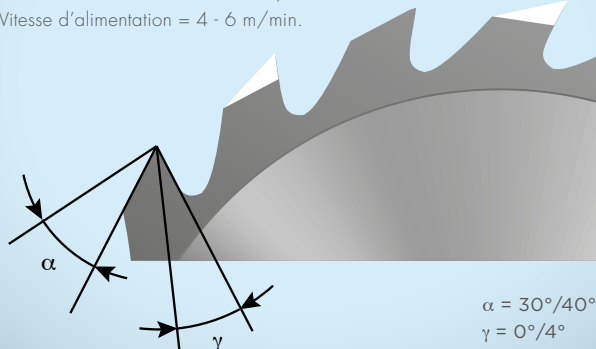
La denture est radiale (le côté d'attaque passe par le centre) et détalonnée pour former un angle de 45° au sommet de la dent.

La dent n'est pas avoyée mais la scie possède une dépouille d'environ 0,2 % sur chaque face.

Pas : 2 à 5 dents par cm, selon l'Altuglas® à couper. Un refroidissement à l'aide d'un jet d'eau ou d'air comprimé est recommandé.

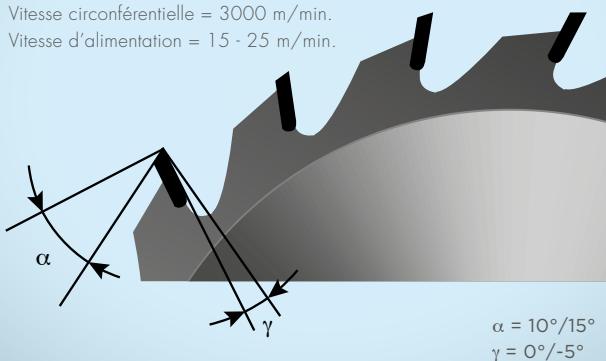
Lame rapide ou super rapide ou trapézoïdales (espacement des dents : 1 cm)

Vitesse circonférentielle = 3000 m/min.
Vitesse d'alimentation = 4 - 6 m/min.



Lame au carbure avec dents droites ou trapézoïdales (espacement des dents : 1 cm)

Vitesse circonférentielle = 3000 m/min.
Vitesse d'alimentation = 15 - 25 m/min.



FRAISAGE

Le fraisage permet d'obtenir des formes complexes avec une finition propre polie à la machine.

Il est recommandé d'utiliser des fraises cylindriques dotées d'au moins deux tranchants, en acier au carbure monobloc de préférence.

Peu importe la vitesse de rotation : la qualité du résultat sera la même.

La vitesse de rotation doit être comprise entre 10 000 et 30 000 tours/min, en fonction du diamètre et du nombre de tranchants utilisés. Un refroidissement à l'air comprimé pourra se révéler utile.

Le fraisage peut être utilisé pour réaliser diverses opérations, telles que :

- découpe
- gravure
- finition des bords

Un aspect poli peut être obtenu en une seule étape avec des outils diamantés.

Un recuit est généralement recommandé (cf. page 28).

DÉCOUPE PAR RAYON LASER

Ce procédé présente de nombreux avantages :

- il permet de couper selon n'importe quelle forme de manière très précise
- il réduit la quantité de chutes
- il donne des coupes d'un aspect excellent, nécessitant en général peu ou pas de polissage de finition. Des différences de qualité de coupe seront observées, en fonction de la source et de la puissance du laser, de la vitesse de coupe ainsi que de l'épaisseur et de la pigmentation de la plaque Altuglas®

La découpe par laser induit des contraintes internes importantes à proximité du bord de coupe. Les plaques ainsi découpées ne devront donc pas être mises en contact avec des solvants (adhésifs, produits de nettoyage corrosifs, etc.). Le recuit réduira le risque de microfissures (cf. page 28). Cependant, il est déconseillé d'utiliser des adhésifs conjointement à une découpe par laser.

DÉCOUPE AU JET D'EAU

Ce procédé offre des avantages similaires à ceux de la découpe par laser, hormis le fait que les bords n'auront pas un aspect brillant.

Le gros avantage est qu'il n'induit aucune contrainte interne à proximité du bord de coupe. Le contact avec les solvants est donc autorisé, y compris les adhésifs.

Travailler avec Altuglas®

Autres formes d'usinage

PERCEUSES ET FORETS

Le perçage se fait à l'aide de perceuses fixes ou mobiles utilisant des forets standard en acier rapide, super rapide ou au carbure, affûtés spécialement pour Altuglas®.

Il peut aussi se faire avec des pointes coniques « Drill File ».

Pour tenir compte des caractéristiques d'Altuglas®, il est conseillé de meuler l'arête du foret parallèlement à son axe.

MÉTHODE

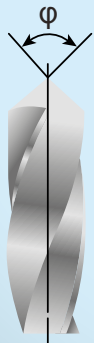
Pour percer des trous profonds, le foret doit souvent être dégagé pour favoriser l'évacuation des copeaux et limiter un échauffement préjudiciable au matériau.

Pour obtenir un bel aspect des parois du trou, il est préférable de percer à l'aide de forets au carbure et sous lubrification intense.

Foret rapide, super rapide ou au carbure

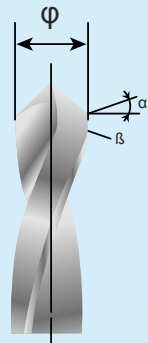
$$\alpha = 3^\circ/8^\circ$$

$$\phi = 60^\circ/90^\circ$$



$$\alpha = 0^\circ/4^\circ$$

$$\beta = 12^\circ/16^\circ$$



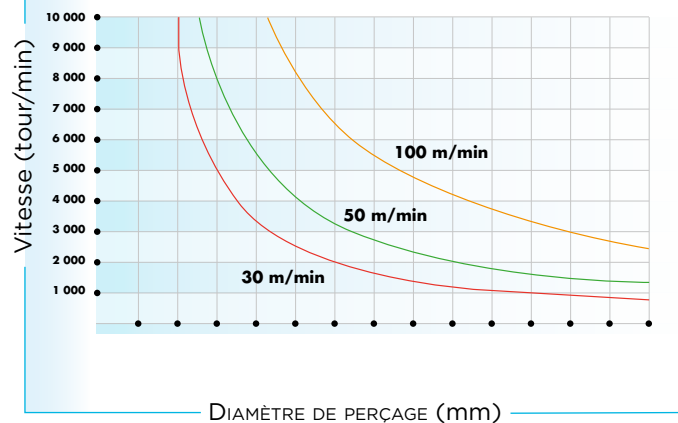
Foret conique « Drill-File »

Vitesse circonférentielle = 30 - 50 m/min.

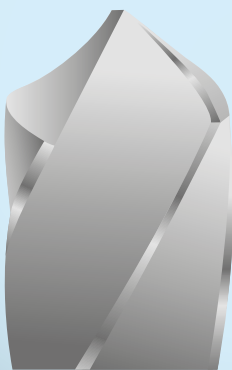
Vitesse d'alimentation = 0,05 - 0,1 mm/rév.



Vitesse de rotation du foret en fonction du diamètre du trou



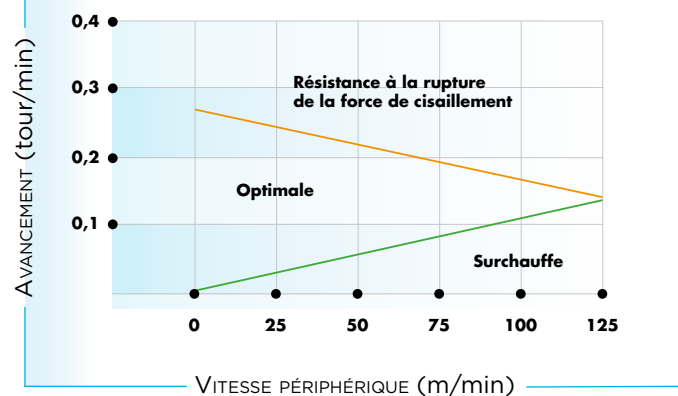
Foret normal



Foret conçu pour le PMMA

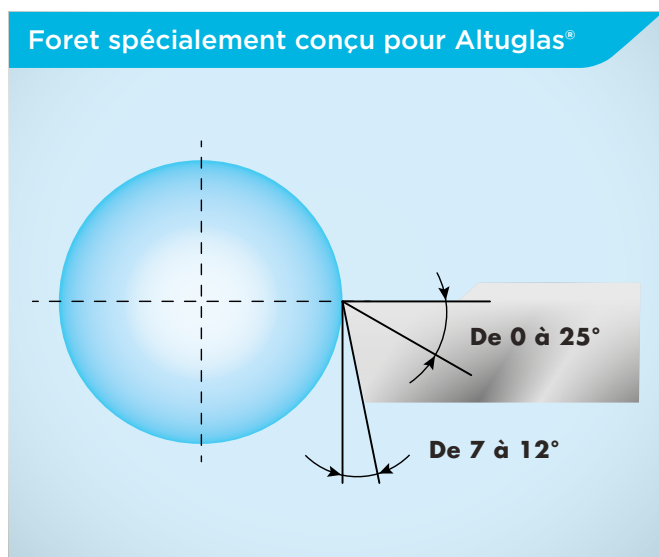


Vitesse d'alimentation optimale en fonction de la vitesse de rotation du foret



TOURNAGE

Altuglas® peut se travailler comme les métaux légers avec des outils ordinaires, à la plus grande vitesse de rotation possible et avec une avance lente. Dans ce cas, le matériau doit être refroidi au moyen d'eau fraîche ou d'eau additionnée de 2 % d'huile de coupe.



GRAVURE

Elle peut être réalisée au moyen de divers procédés :

- **fraisage** : la gravure par fraisage est généralement effectuée à l'aide de machines-outils à commandes numériques
- **laser** : permet de graver une plaque en profondeur, en 3 dimensions

PONÇAGE

Le ponçage est nécessaire pour rectifier les bords des plaques découpées grossièrement. Il nécessite du papier abrasif au corindon mouillé et se fait soit à la main, soit avec une ponceuse à disque ou à bande. Dans ce dernier cas, la vitesse de bande conseillée est de 10 m/s. Le ponçage s'effectue sous arrosage d'eau pour limiter la surchauffe du matériau.

Il est préférable de procéder par étapes, en utilisant tour à tour :

- un papier abrasif à gros grain (60, par exemple)
- un papier abrasif à grain moyen (220, par exemple)
- un papier abrasif à grain fin (500, par exemple)

Le ponçage peut être un procédé très similaire au polissage lorsque les abrasifs utilisés ont un grain très fin.

Il est préférable de poncer sous l'eau (lubrification et refroidissement simultané). L'utilisation successive de plusieurs tailles de grains (1 500, 2 400, 4 000, 8 000 et 12 000) permet d'obtenir une surface au fini presque parfait. Un polissage final avec Special Care Polish 1 et 2 permet de restaurer le poli d'origine. Pour de plus amples informations, veuillez consulter les instructions fournies avec le kit.

POLISSAGE PAR ABRASION

Après le ponçage, le matériau doit être poli de manière à restaurer le brillant initial de sa surface. Ce polissage peut être manuel ou mécanique.

Polissage machine

Certaines machines d'usinage des chants utilisant des outils diamantés permettent d'obtenir un poli direct. Les bords doivent également être polis avec une polisseuse à bande feutre ou à disque, équipée de bonnettes en coton ou en flanelle, en utilisant une pâte à polir compatible avec Altuglas®. Le polissage des surfaces planes nécessite des machines portatives à disque, équipées de bonnettes en feutre ou en peau de chamois, imbibées de Special Care Polish.

Polissage manuel

Il se fait à l'aide de non-tissé suédine ou feutrine, avec un agent polissant. On utilisera Special Care Polish n° 1, seul suivi du n° 2, selon le degré de poli recherché.

Une fois le polissage terminé, Special Care Cleaner peut être utilisé pour éliminer les traces de doigts et de manipulation. Ceci améliore le brillant et réduit l'électricité statique, l'accumulation de poussière et la fréquence des nettoyages.

POLISSAGE À LA FLAMME

Cette technique consiste à soumettre les tranches d'usinage d'Altuglas® CN à une flamme à haute température opérant sur une zone restreinte. Un temps de passage très court de la flamme sur la zone à traiter fait fondre le matériau sans le faire brûler. En refroidissant, le matériau fondu forme une surface parfaitement lisse. Si l'usinage a été fait avec des outils donnant des tranches bien régulières, le passage à la flamme permet d'obtenir des surfaces polies et brillantes. Sinon, les bords doivent être poncés au préalable.

Le polissage à la flamme est une technique très rapide mais qui nécessite quelques précautions.

Les surfaces à polir doivent être parfaitement propres et exemptes de toute pollution. Éviter notamment de toucher la surface de la plaque avec les doigts.

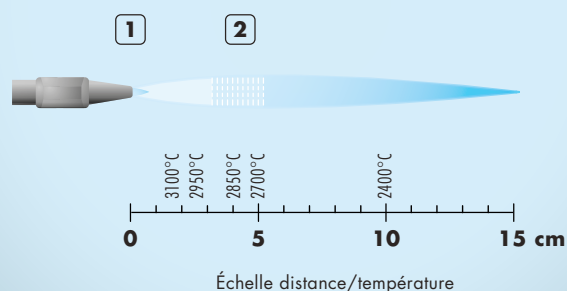
Cette technique n'est à utiliser qu'avec des pièces colorées transparentes ou translucides. Un test préalable doit être effectué avant de l'appliquer sur des pièces colorées ou diffusant la lumière.

Le matériel le plus fréquemment utilisé est le chalumeau oxyacétylénique, avec une température de flamme comprise entre 2 700 et 2 900 °C. La flamme doit être réglée avec un excédent d'oxygène (flamme oxydante).

Enfin, cette méthode entraîne de très importantes contraintes sur le matériau, qui doivent être relâchées au moyen d'un recuit avant la peinture (cf. page 28), la sérigraphie ou le collage.

Polissage à la flamme à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique

- 1 Dard de la flamme
- 2 Zone Altuglas® adaptée pour le polissage (3 à 5 cm)



Travailler avec Altuglas®

Thermoformage

SÉCURITÉ

Dans certains des procédés de formage décrits ci-dessous, la plaque chaude est étirée par aspiration ou par la pression d'air, avec une face toujours exposée à l'atmosphère.

Bien que très improbable, la rupture soudaine d'une plaque pendant le formage peut être dangereuse pour le personnel. Des dispositifs de sécurité doivent être installés de manière à empêcher l'éjection de particules, qui peuvent être assez coupantes.

INFORMATIONS PRÉLIMINAIRES

Le thermoformage est composé de trois étapes : le chauffage, le formage et le refroidissement.

Une phase d'étuve (préchauffage) peut être nécessaire pour éliminer l'humidité de la plaque.

Une fois chauffé à la bonne température (en fonction du type de plaque), Altuglas® devient mou et caoutchouteux. Le produit peut alors prendre toutes sortes de formes grâce à des moules appropriés. Il retrouve alors sa rigidité initiale en refroidissant, tout en conservant sa nouvelle forme.

Différence entre Altuglas® CN et Altuglas® EX

Si une pièce d'Altuglas® CN ne prend pas exactement la forme voulue, elle peut être re-chauffée et corrigée ou réutilisée.

Cela n'est possible avec Altuglas® EX que si le produit n'a pas été étiré.

Thermoformage et film de protection

Pour Altuglas® CN : il est essentiel de retirer le film de protection avant le chauffage et le thermoformage.

Pour Altuglas® EX : il n'est pas nécessaire de retirer le film de protection pourvu que les conditions suivantes soient satisfaites :

- le film doit être exempt de tout défaut de surface (trous d'épingle, éraflures, bulles, etc.), ces derniers risquant de générer des marques au niveau de la pièce
- le film ne doit pas être en contact avec les parois de l'étuve

ÉTUVAGE (PRÉCHAUFFAGE)

La phase d'étuve permet d'éliminer l'humidité contenue par les plaques. Les plaques sont placées dans un four ventilé, à une température comprise entre 75° et 80 °C, pendant une à deux heures par mm d'épaisseur.

Il est préférable de séparer les plaques les unes des autres, afin de faciliter la circulation de l'air chaud et d'évacuer rapidement l'humidité des plaques.

ÉQUIPEMENT DE CHAUFFAGE

Après l'étuve (si nécessaire), les plaques peuvent être chauffées au moyen d'un des deux procédés industriels suivants :

Étuve à circulation d'air chaud

Il s'agit du seul mode de chauffage acceptable pour les pièces requérant de bonnes propriétés optiques.

La température peut être contrôlée avec précision et les plaques Altuglas® CN peuvent être maintenues à température en attendant leur thermoformage.

Les plaques Altuglas® EX demandent une durée de chauffage plus courte et un temps d'attente réduit au minimum. Altuglas® EX se refroidit également plus vite qu'Altuglas® CN.

Chauffage par rayonnement infrarouge

Ce mode de chauffage présente une faible inertie thermique : le temps de réchauffage est donc court.

- utilisé pour le thermoformage, il offre une productivité élevée, un fonctionnement automatisé et peu de coûts de main-d'œuvre. Toutefois, l'investissement est élevé.
- utilisé pour l'étuve (préchauffage), le coût est faible mais le contrôle de la température est plus difficile et le chauffage doit être réalisé en deux fois pour des épaisseurs ≥ 5 mm

MODE DE CHAUFFAGE

Temps et températures de chauffage

La température et le temps de chauffage varient en fonction du type de plaque Altuglas® et du mode de chauffage utilisés.

TABLEAU DE SYNTHÈSE DES CONDITIONS DE CHAUFFAGE DES PLAQUES

Température de chauffage	Altuglas® CN	Altuglas® EX
Température minimum (°C)	130	140
Température maximum (°C)	200	180
Plage de températures recommandée (°C)	165 - 190	160 - 175
Durée de chauffe par type d'équipement	Altuglas® CN	Altuglas® EX
Four (min./mm)	3 - 4	2,5 - 3
Panneaux infrarouge		
1 panneau (sec./mm)	40 - 50	35 - 45
2 panneaux (sec./mm)	25 - 30	20 - 25

Il existe deux différences majeures lors du chauffage

RETRAIT

Les plaques Altuglas® subissent, lors de leur premier chauffage, un retrait dont il faut tenir compte dans le dimensionnement des ébauches.

Altuglas® CN est isotropique : le produit subit un retrait de 2 % maximum dans toutes les directions.

Pour Altuglas® EX, le procédé d'extrusion peut entraîner un retrait variable, qui est fonction de l'épaisseur et de l'orientation longueur/largeur des plaques par rapport au sens d'extrusion.

Dans le sens de l'extrusion :

- maximum de 3 % pour une épaisseur \geq 3 mm
- maximum de 6 % pour une épaisseur < 3 mm

Transversalement :

- maximum de 1 %

Ces différences de retrait impliquent que les plaques Altuglas® EX doivent être fixées à un cadre pendant la phase de chauffe afin d'éviter toute déformation de leur surface plane.

CHAUFFAGE UNIFORME

Altuglas® CN supporte des différences de température de 10 à 15 °C pour une plaque donnée, sans aucun effet sur la qualité finale.

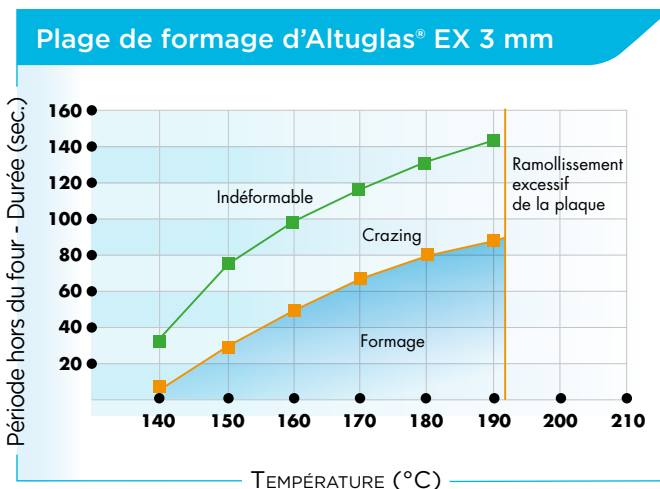
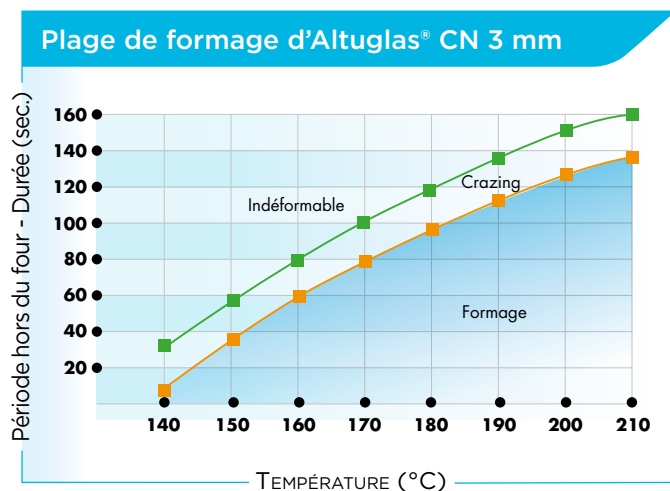
Altuglas® EX doit être chauffé de manière parfaitement uniforme : toute différence supérieure à 5 °C peut induire un très importante tension interne.

Autres différences de comportement au chauffage et précautions :

Dans une étuve horizontale, Altuglas® EX tend à adhérer aux surfaces métalliques. Il est donc recommandé de protéger les surfaces métalliques, telles que le fond et les parois latérales de l'étuve, à l'aide de revêtements protecteurs appropriés (revêtements fluorés, tissu enduit de Téflon ou aérosols fluorés).

Les plaques Altuglas® EX ont tendance à s'étirer. L'élongation peut entraîner un déchirement si la température excède 175 °C, voire même 170 °C, et si le chauffage est prolongé. Ce type de four ne doit pas être utilisé pour chauffer de grandes plaques extrudées.

La durée et la température de chauffage varient en fonction du type de produit, des conditions de température et de la complexité de la pièce à former. Le principal facteur de qualité de la pièce est la durée qui s'écoule entre le retrait des plaques chaudes du four (ou de l'extinction d'un dispositif de chauffage à infrarouge) et le formage. Les schémas indiquent les temps d'attente maximum avant le formage, en fonction de la température de chauffage, pour les plaques Altuglas® CN et EX.



DIFFÉRENCES DE COMPORTEMENT AU THERMOFORMAGE

Même porté à la température maximum recommandée (190-200°C), il faut appliquer de fortes charges à Altuglas® CN pour induire des déformations. Toutefois, ces charges doivent être appliquées progressivement : une charge trop brutale pourrait provoquer une rupture.

À l'inverse, Altuglas® EX se prête plus facilement à des thermoformages impliquant de multiples détails et des arêtes vives.

Altuglas® Easyforming offre une meilleure aptitude au thermoformage qu'Altuglas® CN (plus grande précision des formes).

Altuglas® El Extruded Impact possède des qualités encore meilleures : plus grande précision des formes et résistance supérieure lors du démoulage, de l'usinage et des manipulations ultérieures. De plus, montée en température plus rapide que l'extrudé standard et offre donc une meilleure productivité.

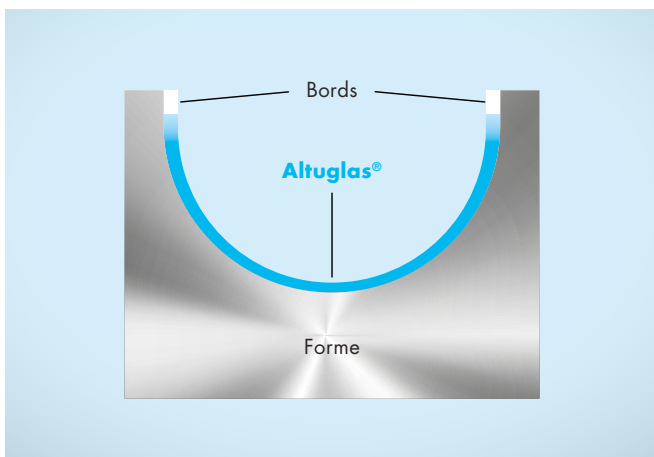
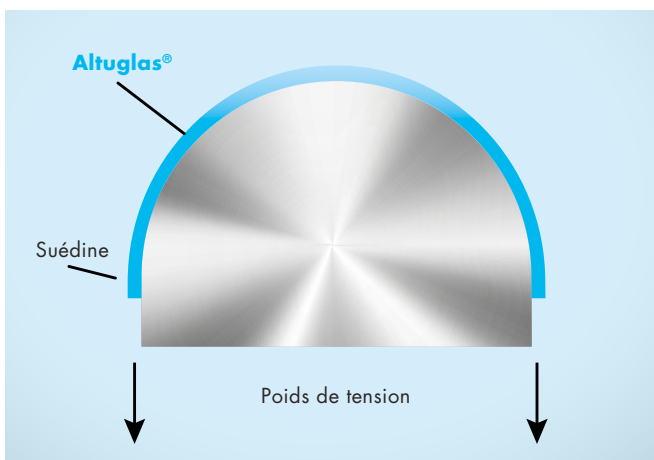
FABRICATION DES MOULES

Les moules, et éventuellement les matrices, peuvent être réalisés dans divers matériaux (bois, aluminium, acier, résines polyester ou époxydes renforcées ou chargées).

Pour réduire au mieux les tensions lors du formage, il est recommandé de chauffer (ou, mieux, de toujours réguler la température des moules) les matrices et les cadres de fixation à environ 80 °C pour Altuglas® CN et à 70 °C pour Altuglas® EX.

FORMAGE SIMPLE DES SURFACES DÉVELOPPABLES

Permet, pour le retrait connu, de s'assurer que la pièce terminée n'est pas plus petite que la taille requise (noter la différence entre Altuglas® CN et EX). La plaque chauffée est simplement posée sur la forme et maintenue par une suédine pour éviter toute éraflure. On doit assurer un refroidissement progressif en évitant tout courant d'air.



DÉTERMINATION DES ÉPAISSEURS DANS LES ZONES ÉTIRÉES

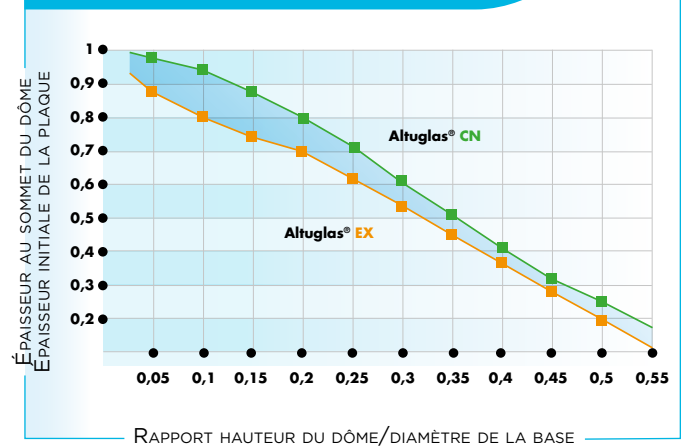
Contrairement au procédé décrit ci-dessus, le thermoformage par étirage entraîne des différences d'épaisseur au sein de la même pièce.

Le schéma ci-après représente la coupe d'un dôme réalisé par aspiration libre ou par soufflage libre. Du fait de l'étirage de la plaque, l'épaisseur finale au sommet du dôme est sensiblement inférieure à l'épaisseur initiale de la plaque.

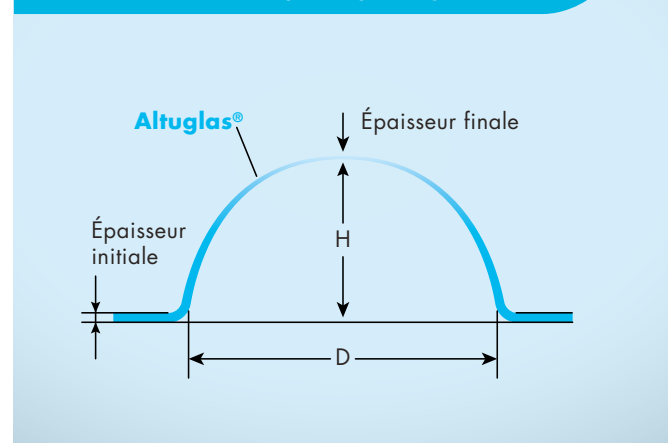
Les courbes ci-dessous indiquent pour Altuglas® CN et EX la relation entre la réduction d'épaisseur et le taux d'étirage de la plaque. La réduction d'épaisseur est montrée comme le rapport entre l'épaisseur finale et l'épaisseur initiale.

Le taux de déformation est représenté sur les abscisses par le rapport entre la hauteur/diamètre. Ces courbes, données à titre indicatif uniquement, restent valables dans le cas de dômes à base carrée.

Tableau indiquant l'étirement d'Altuglas® lors du soufflage ou de l'aspiration libre. Variation d'épaisseur lors de la déformation



Polissage à la flamme à l'aide d'un chalumeau oxyacétylénique

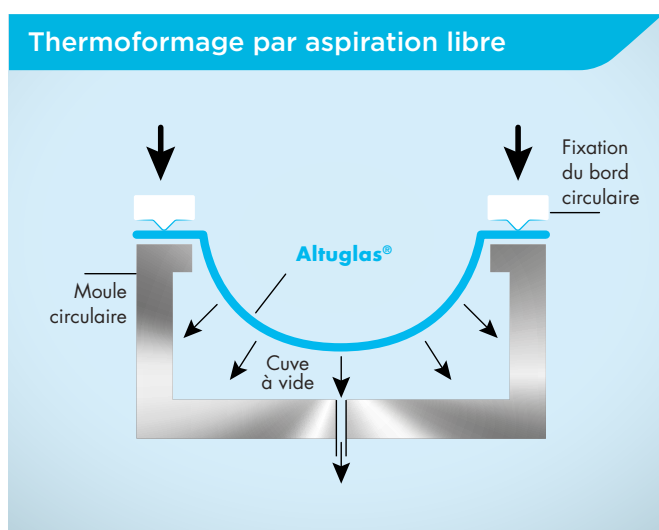


Étirage de la plaque Altuglas® par soufflage ou aspiration libre.

Évolution du taux d'amincissement en fonction du taux de déformation.

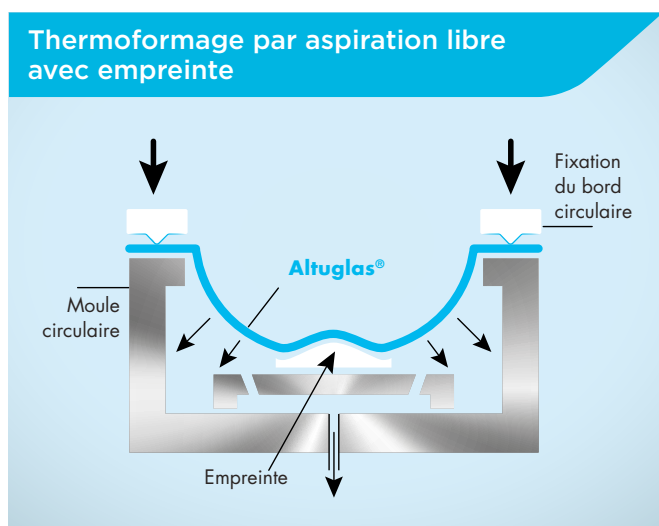
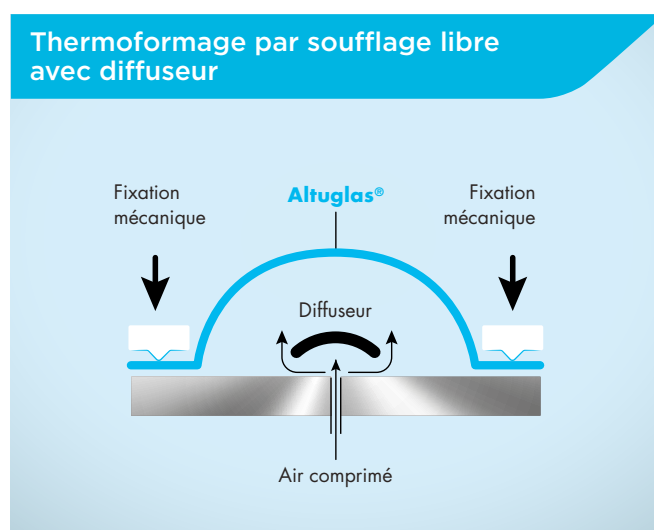
THERMOFORMAGE PAR ASPIRATION LIBRE

Pour des formes parfaitement symétriques se rapprochant d'une calotte sphérique ou ovoïde, le moule peut se limiter à un cadre ou à un disque ajouré reposant sur une cuve à vide. La partie galbée ne subit dans ce cas aucun contact, aucun frottement et ne risque pas d'être marquée. Combinée à certains artifices, cette technique autorise des formes complexes telles que celles décrites ci-dessous.



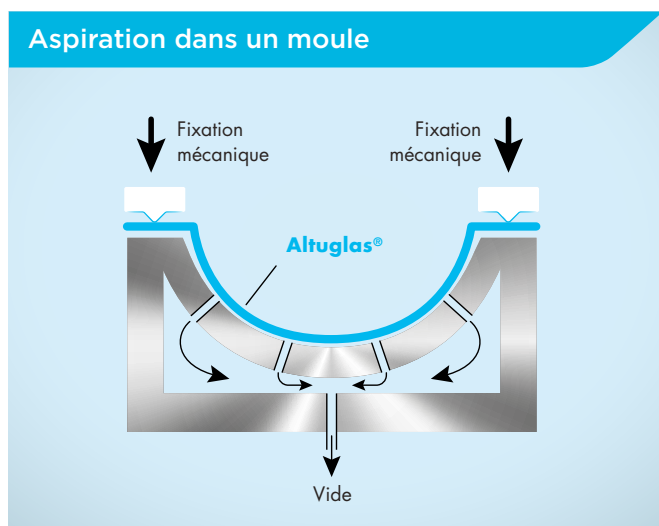
THERMOFORMAGE PAR SOUFFLAGE LIBRE

Ce système très simple consiste en un plateau comportant une arrivée d'air comprimé protégée par un diffuseur, évitant la projection d'air frais sur l'Altuglas® chaud. L'étanchéité s'obtient en bloquant la plaque contre le plateau au moyen d'une couronne ou un cadre et un serre-joint.



THERMOFORMAGE PAR ASPIRATION EN MOULE

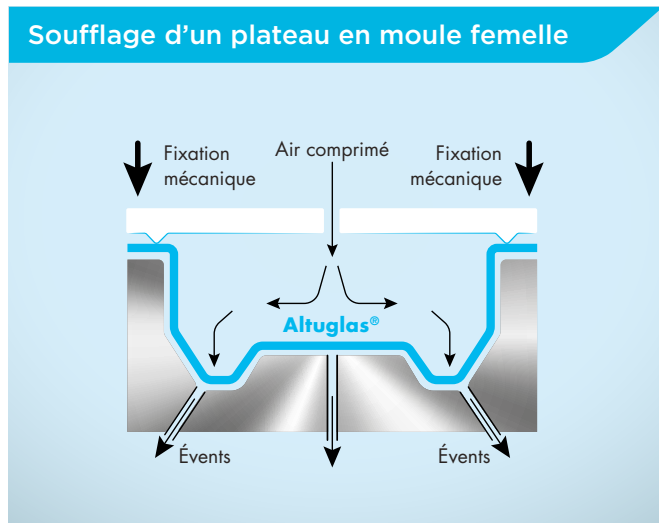
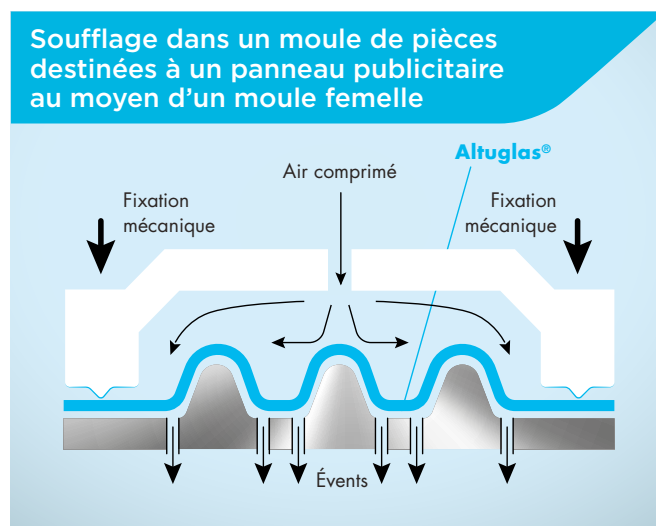
Un moule concave ayant la forme extérieure de la pièce à obtenir est utilisé. Après chauffage, une plaque Altuglas® est fixée rapidement et de manière étanche sur le bord du moule, au moyen d'une couronne et d'un cadre de forme appropriée. Le vide est alors fait dans le moule et la plaque vient en épouser la forme.



THERMOFORMAGE PAR SOUFLAGE EN MOULE

Du fait des pressions induites ici, il faut prévoir un moule très rigide, généralement en métal, en bois dur ou en résine époxyde. Des événements aménagés dans les points extrêmes des moules permettent l'évacuation de l'air.

Pour obtenir une bonne étanchéité et empêcher les glissements, la plaque Altuglas® doit être fortement serrée. Un graissage léger du moule, par exemple avec de la paraffine, permet une meilleure répartition des mouvements d'étirage et facilite le démoulage.



THERMOFORMAGE PAR EMBOUTISSAGE

Un poinçon ayant la forme interne de la pièce est descendu et déforme l'Altuglas® chaud sous une faible pression (cf. schéma 1).

Au besoin, une portion du moule négatif peut subsister sous la forme d'une contrepartie pour accentuer le relief. Ce procédé, faisant appel à un moule et à un poinçon, présente l'inconvénient de marquer les deux faces de la pièce. C'est pourquoi il est rarement utilisé (cf. schéma 2).

Le poinçon n'est pas nécessairement plein et massif : on peut l'évider et ne garder que l'armature constituant les angles de la pièce à former.

Tout le reste de la surface est alors obtenu par la tension de l'Altuglas® au refroidissement (cf. schéma 3).

Schéma 1 : formage par emboutissage simple

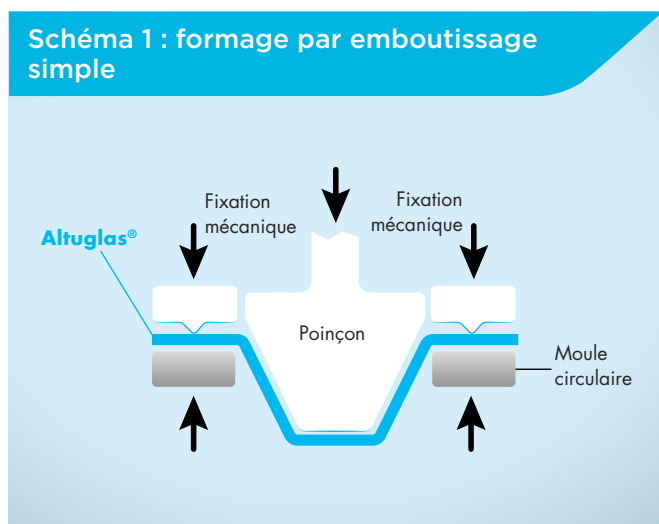


Schéma 3 : formage par emboutissage à l'aide d'un moule squelette

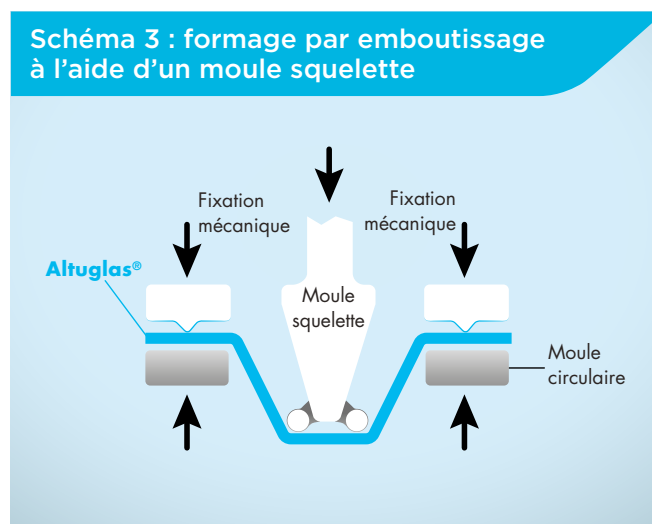
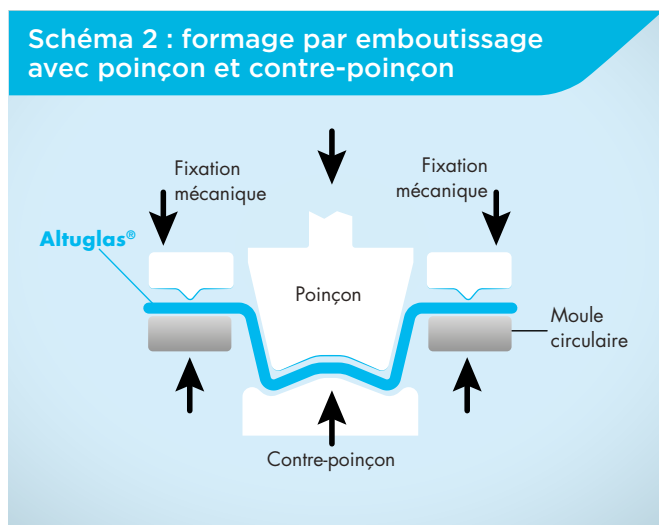


Schéma 2 : formage par emboutissage avec poinçon et contre-poinçon

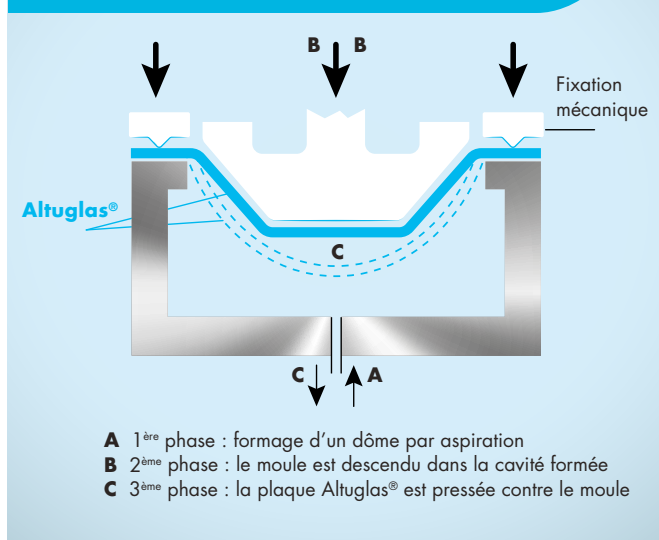


MÉTHODES DE THERMOFORMAGE COMPOSÉES : SOUFLAGE, ASPIRATION ET PRESSAGE

Aspiration et vide en retour sur un poinçon

Ce procédé s'applique surtout à l'Altuglas® CN, qui possède une mémoire élastique. Il consiste à aspirer d'abord dans une cuve à vide, au-delà de la forme à réaliser. Un poinçon est alors descendu dans la forme aspirée. Le vide est alors cassé et Altuglas® CN s'applique sur le poinçon par élasticité (cf. schéma 1).

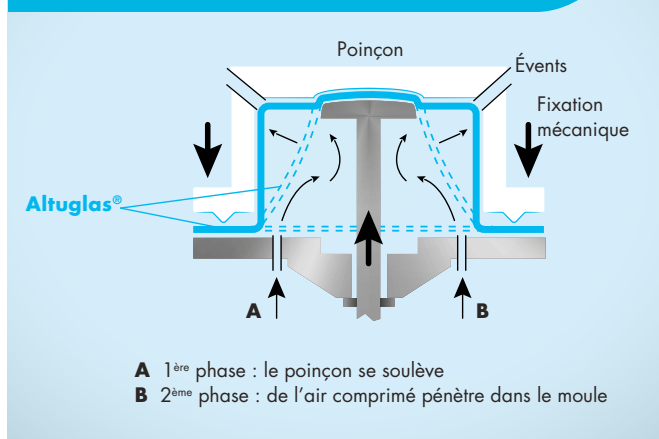
Schéma 1 : formage et soufflage dans un moule



Emboutissage et soufflage dans un moule

Dans une première phase, la plaque chaude est étirée par le poinçon jusqu'au fond du moule. Puis elle est plaquée contre les parois du moule par la pression de l'air (cf. schéma 2).

Schéma 2 : formage par emboutissage et soufflage dans un moule

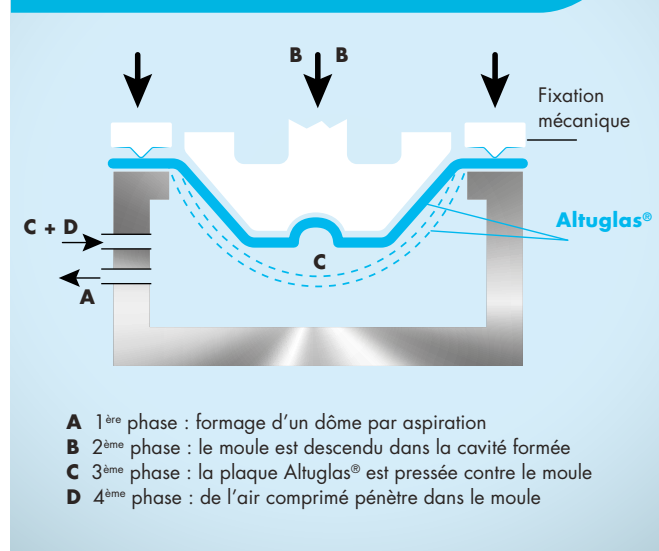


Aspiration et soufflage

La même cuve sert à exercer d'abord le vide, puis la pression. Quand la déformation maximale est atteinte sous vide, le poinçon est descendu dans la forme aspirée. Le vide est alors cassé et, par élasticité, la plaque vient s'appliquer sur le poinçon.

Une pression est enfin exercée au moyen d'air comprimé pour plaquer la plaque sur toutes les parties du poinçon, y compris la partie rentrante. Pour des raisons de mémoire élastique déjà évoquées, ce procédé s'applique principalement à l'Altuglas® CN (cf. schéma 3).

Schéma 3 : formage par emboutissage et soufflage dans un moule



PLIAGE

Lorsque la pièce à réaliser ne comporte que des pliages francs, séparant des surfaces planes, il est préférable de ne pas chauffer la plaque complète pour ne pas affecter sa parfaite planéité.

La technique consiste à chauffer localement l'Altuglas® le long de la plieuse, à l'aide d'une ou plusieurs résistances chauffantes électriques rectilignes.

La résistance peut, par exemple, être constituée d'un fil de nickel/chrome tendu par un ressort ou un contrepoids, alimenté en basse tension (24 ou 48 volts).

Procédure recommandée

- Chauffer le matériau jusqu'à une température à laquelle le pliage peut être réalisé en exerçant le moins de force possible (env. 150 à 170 °C). Un dispositif unique contenant un câble de chauffage et deux boîtes d'eau est généralement suffisant pour des plaques jusqu'à 5 mm d'épaisseur. Pour des plaques plus épaisses, utiliser deux systèmes symétriques, placés de chaque côté de la plaque.
- Ne chauffer que les zones qui sont au moins aussi larges que l'épaisseur de la plaque. La largeur de la zone pour un pliage à angle droit est d'environ 5 fois l'épaisseur.
- Pratiquer une rainure en V pour les angles de pliage aigus et les plaques épaisses.

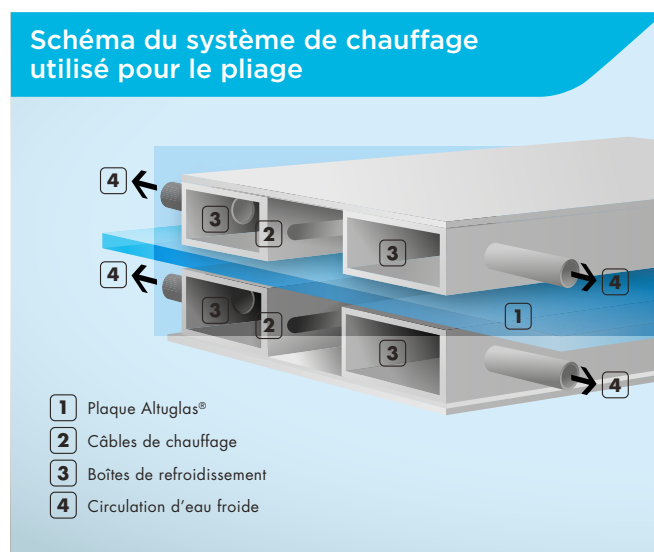
Précautions

Un certain nombre de précautions doivent être prises afin de limiter les contraintes au niveau de la zone de pliage :

- limiter le chauffage intense à la seule zone de pliage
- utiliser des dispositifs de chauffage appropriés ; ces derniers devraient idéalement permettre de contrôler la largeur de la zone à chauffer. La zone adjacente à la zone chauffée doit être maintenue à une température d'environ 70 °C pour les plaques extrudées et de 80 °C pour les plaques coulées afin de réduire les tensions dues aux différences de températures.
- éviter tout choc thermique excessif lors du pliage du matériau, notamment si des guides en bois sont utilisés

Malgré ces précautions, le pliage induit d'importantes tensions internes. Là encore, le produit doit être recuit avant de pouvoir être mis en contact avec des solvants ou d'être utilisé dans des conditions difficiles (cf. page 28).

Schéma du système de chauffage utilisé pour le pliage



Travailler avec Altuglas®

Consignes et erreurs à éviter

ERREURS À ÉVITER

Pour obtenir un résultat optimal, il faut éviter certaines anomalies de mise en œuvre.

La pièce risque d'être déchirée ou fissurée si :

- elle est trop chaude ou trop froide
- elle est étirée trop rapidement, notamment dans le cas d'Altuglas® CN
- le moule est trop froid ou à des angles trop aigus
- le jet d'air est trop fortement/faiblement diffusé

Une distorsion optique peut se produire lorsque :

- la surface du moule présente des défauts
- la plaque entre en contact avec le moule à haute température, avant le formage, notamment dans le cas d'Altuglas® EX
- le chauffage est supérieur à 190 °C pour Altuglas® CN et à 170 °C pour Altuglas® EX
- le moule est trop chaud
- le jet d'air est faiblement diffusé

PRÉCAUTIONS LORS DU REFROIDISSEMENT

Pour une conservation parfaite de la forme imprimée sans déformation, la pièce doit être laissée dans le moule jusqu'à ce que sa température soit redescendue à environ 70 °C.

Le refroidissement doit être aussi long et uniforme que possible afin de réduire les tensions internes résiduelles.

Les pièces fabriquées à partir d'Altuglas® EX doivent subir un conditionnement thermique de relaxation des tensions avant la mise en contact avec des solvants, des peintures, des encres sérigraphiques ou des films adhésifs.

RECUIT

Élimination des tensions induites par l'usinage et le formage

Si les pièces n'ont pas été usinées correctement ou si elles ont été thermoformées dans des conditions inadéquates, il est préférable de les recuire dans un four ventilé avant de les mettre en contact avec des solvants, des adhésifs, de l'encre ou de la peinture. Cette opération est destinée à réduire les tensions internes induites par l'usinage ou le formage. Cette étape est indispensable pour les plaques extrudées. Les tensions internes peuvent provoquer des microfissures lorsque les plaques sont mises en contact avec ces produits.

Temps et températures de recuit

À épaisseur égale, la durée d'étuvage est la même pour des pièces plates produites à partir de plaques Altuglas® coulées ou extrudées. Seule la température change :

- Altuglas® CN : 85°C
- Altuglas® EX : 75°C

La durée est calculée comme suit :

$$\text{Durée de recuit (heures)} = 2 + [0,225 \times \text{épaisseur (mm)}].$$

Dans le cas de pièces pliées ou thermoformées, les températures doivent être réduites de 10 °C afin d'éviter toute déformation intempestive :

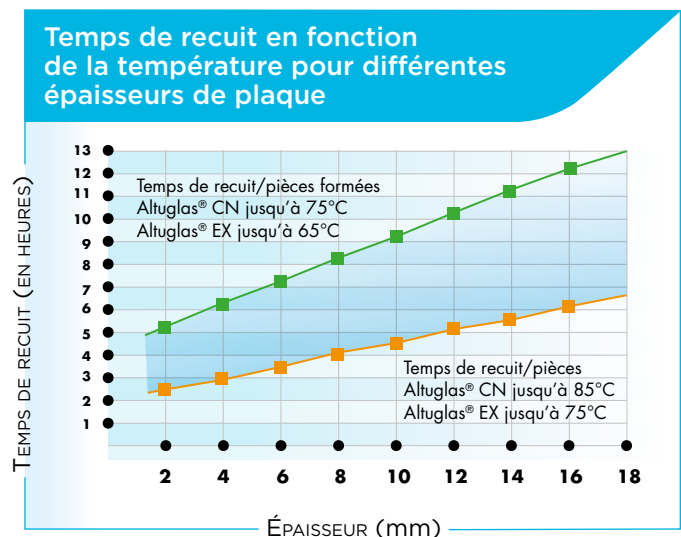
- Altuglas® CN : 75°C
- Altuglas® EX : 65°C

La durée de recuit pour les pièces formées est calculée comme suit :

$$\text{Durée de recuit (heures)} = 4 + [0,450 \times \text{épaisseur (mm)}].$$

La représentation graphique ci-dessous de ces deux formules permet une lecture rapide des durées de recuit en fonction de l'épaisseur.

Il est important de laisser les pièces refroidir en étuve pour ne pas engendrer de nouvelles tensions par choc thermique.



Montage

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Altuglas® est souvent monté dans un encadrement rigide, soit sous sa forme plane initiale, soit sous une forme courbe obtenue par cintrage à chaud ou à froid ou par thermoformage. Qu'il soit fixé sur un cadre rigide ou sur des profilés d'encadrement, il faut respecter quelques précautions élémentaires afin d'éviter, à terme, des ruptures ou des déformations inopportunes.

Incompatibilité avec certains matériaux

Altuglas® ne doit pas être mis en contact avec des matériaux plastiques incompatibles tels que le P.V.C. plastifié ou les mastics de scellement en silicone contenant de l'acide acétique ou des acétates.

Les produits de contact recommandés sont : le Teflon®, le Dutral®, le caoutchouc EPDM, le néoprène, le butyl, le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP) et le silicone neutre. Lorsque la nature du produit est inconnue, il est nécessaire de demander au fournisseur si celui-ci est compatible avec Altuglas®.

VARIATIONS DIMENSIONNELLES ET ÉCARTS DUS À LA DILATATION

Le coefficient de dilatation d'Altuglas® est environ 10 fois supérieur à celui des métaux normalement utilisés pour l'encadrement. Par conséquent, il faut en tenir compte lors du dimensionnement de la plaque et ménager des espaces de dilatation suffisants. Ceci concerne aussi bien les cotes de découpe en longueur et largeur que les diamètres de perçage des trous de fixation.

Par ailleurs, les joints de type EPDM (compatibles avec Altuglas®) sont fréquemment pris en feuillure entre la plaque d'Altuglas® et rabattus dans le cadre de métal. Dans un tel montage, il faut veiller à ce que l'Altuglas® puisse coulisser librement dans ses mouvements de dilatation et de contraction. De plus, avec Altuglas® CN, il faut tenir compte de possibles différences d'épaisseur dans une plaque donnée.

Enfin, lorsque la plaque est fixée au moyen de vis, il est conseillé de respecter les consignes suivantes :

- le diamètre de perçage doit être sensiblement plus grand que le diamètre du filetage de la vis
- le trou doit être protégé des filets de vis avec un matériau compatible (type PE)
- utiliser des rondelles isolantes en caoutchouc EPDM ou en téflon lors du vissage
- prendre soin de ne pas serrer excessivement les vis

SÉLECTION DE L'ÉPAISSEUR DES PLAQUES

La plaque Altuglas® doit être suffisamment épaisse pour rester rigide lorsqu'elle est exposée à des forces telles que la pression du vent ou de la neige susceptibles d'exister dans la zone d'installation.

CINTRAGE À FROID

Les plaques Altuglas® CN, Altuglas® EX et Altuglas® EI se prêtent parfaitement au cintrage à froid. Ce procédé permet leur montage dans des feuillures courbes.

Cependant, il faut respecter un rayon minimum de courbure pour ne pas exercer sur les plaques une contrainte permanente excessive. Celle-ci provoquerait à terme des microfissures, voire des ruptures.

Les rayons de cintrage minimum (Rmin) sont calculés en fonction de l'épaisseur des plaques. Les coefficients indiqués varient en fonction du type de plaque :

Désignation	Coefficient
Altuglas® CN Rmin (mm)	330 x épaisseur en mm
Altuglas® EX Rmin (mm)	330 x épaisseur en mm
Altuglas® EI 25 Rmin (mm)	220 x épaisseur en mm
Altuglas® EI 50 Rmin (mm)	200 x épaisseur en mm

Assemblage

COLLAGE

Le collage consiste à créer un joint en PMMA entre les parties à assembler. Le collage est réalisé soit par l'application d'une solution composée de PMMA et de solvant, dont la majeure partie s'évapore au cours de la prise, soit par formation de PMMA in situ par polymérisation. Ce second procédé forme finalement un joint d'Altuglas® entre les parties adjacentes.

Dans les deux cas, la première étape consiste à appliquer soit des colles à base de solvants volatiles, soit un solvant monomère destiné à la polymérisation des colles, sur les deux faces à coller.

Cependant, avant tout collage, il est essentiel d'appliquer un recuit afin de réduire les tensions internes induites par l'usinage ou le formage (cf. page 28).

Il est également recommandé, une fois que la colle a séché et s'est durcie à température ambiante, de réaliser un autre recuit pendant 2 à 5 heures à env. 60 °C afin d'améliorer la qualité du joint.

Divers types de colles

La composition spécifique et les utilisations sont définies dans la Fiche de données de sécurité de chaque colle Special Care Adhesive.

Colles de contact (Special Care Adhesive S)

Elles consistent généralement en une solution composée d'une petite quantité de PMMA et d'un solvant. Elles peuvent également n'être constituées que de solvant. Le temps de prise est la durée requise pour que le solvant s'évapore, mais l'évaporation complète ne se produit que rarement.

Colle polymérisable (Special Care Adhesive P)

Des catalyseurs sont ajoutés à ces solutions assez visqueuses de polyméthacrylate de méthyle et de méthacrylate de méthyle juste avant utilisation afin de polymériser le monomère.

Le matériau constituant le joint est ainsi similaire à l'Altuglas®. Le temps de prise correspond à la durée nécessaire pour que la réaction de polymérisation se produise.

Résistance du collage

Dans des conditions idéales, la résistance du joint, mesurée au moyen d'un test de traction, se situe dans la plage suivante :

- **colles de contact** : 25 à 35 % de la résistance du matériau d'origine adjacent
- **colles à polymérisation** : 60 à 75 % de la résistance du matériau d'origine adjacent

SOUDURE

La soudure consiste à mettre les deux pièces à coller en contact et à provoquer un ramollissement important au niveau de la zone de contact. Bien que plusieurs méthodes soient disponibles (gaz chauds, lames chaudes, induction, radiation, ultrasons), cette technique ne peut s'appliquer qu'à Altuglas® EX.

Une autre méthode consiste à utiliser un apport de matière et à faire fondre le matériau.

Il devient alors possible de souder Altuglas® CN.

Cependant, l'opération induit une forte tension interne et un recuit est alors nécessaire (cf. page 28).

Dans des conditions optimales, la résistance des joints soudés varie de 10 à 40 % de la résistance du matériau d'origine adjacent.

Finitions & entretien

FINITIONS DÉCORATIVES

Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour décorer Altuglas® sont la sérigraphie, le transfert à chaud, la peinture au pistolet ou l'application de films vinyliques colorés.

La méthode choisie dépend de nombreux paramètres :

- facteurs économiques (nombre de pièces à produire, coût d'investissement)
- la forme de la pièce
- le nombre de couleurs à appliquer. La durée de vie estimée, etc.

Les nouvelles technologies offrent de nouvelles possibilités :

- gravure par laser en trois dimensions
- panneaux lumineux avec programmation électronique des diodes électroluminescentes trois couleurs (RVB)

Sérigraphie

La sérigraphie est généralement réputée pour le brillant des teintes, leur stabilité à long terme et la possibilité de thermoformer après l'application du revêtement.

Cependant, elle exige des surfaces parfaitement planes. Il existe deux types de sérigraphies :

- procédé utilisant des encres à base de solvants
- procédé utilisant des encres pouvant être polymérisées lorsqu'elles sont exposées à des UV

Le procédé utilisant des encres à UV est de plus en plus utilisé avec Altuglas®. Utilisée avec des plaques Altuglas®, cette technologie comporte certains avantages :

- nouvelles possibilités techniques
- conditions de travail améliorées (absence de solvants)
- cycles de production plus rapides

La technologie des encres à UV évolue rapidement. Il est par conséquent préférable de contacter les fournisseurs d'encre.

Il est conseillé de sérigraphier sur la face inférieure afin d'éviter un éventuel transfert d'impression du film de protection de la face supérieure. Il est recommandé de nettoyer la surface avant de sérigraphier.

Peinture

La peinture au pistolet peut être appliquée sur des surfaces déjà formées et permet des séchages plus rapides.

Films adhésifs

Les films auto-adhésifs nécessitent un soin particulier dans la préparation des surfaces et l'application. Ils ne permettent pas de thermoformer ultérieur. L'absence de perte de gaz avec la plaque Altuglas® garantit l'aspect et l'adhérence à long terme. Cependant, il est important de vérifier au préalable que les films sont entièrement compatibles avec Altuglas®.

Décorations illuminées

Les caractéristiques de diffusion et de transmission de la lumière d'Altuglas® en font un matériau de choix.

Les produits de spécialité tels qu'Altuglas® Elit sont conçus pour une illumination tangentielle. La lumière provient de sources lumineuses situées autour des bords. Altuglas® Elit diffuse uniformément la lumière sur toute la surface. Ceci permet la construction de surfaces illuminées très compactes.

Les plaques Altuglas® Elit peuvent être courbées, et prendre ainsi des formes complexes.

Altuglas® Dual Satin permet une diffusion optimale de la lumière via ses deux surfaces mates, ainsi qu'une gamme de couleurs quasiment infinie.

L'association des nouvelles technologies d'éclairage, telles que les diodes électroluminescentes, avec les plaques Altuglas® offre de nouvelles possibilités de décoration avec des contraintes techniques minimales.

FINITION

Avant emballage et conditionnement des pièces réalisées en Altuglas® CN ou EX, l'application de Special Care Cleaner permet d'éliminer les traces de doigts et de manipulation. Ce produit améliore le brillant, limite l'électricité statique et réduit l'accumulation de poussière.

Cependant, si les pièces présentent des rayures accidentelles, il faut au préalable les polir à l'aide de l'Altuglas® Polish et d'un chiffon doux ou d'une lustreuse.

MAINTENANCE ET NETTOYAGE

L'ensemble des recommandations ci-dessus s'applique également à l'entretien.

Dans la plupart des cas, il suffit de procéder à un nettoyage avec de l'eau propre et un chiffon doux, une peau de chamois ou une éponge.

Ne jamais frotter Altuglas® à sec.

L'utilisation de solvants (produits méthylés, térébenthine, White Spirit, nettoyeur pour vitres, etc.) est déconseillée.

Résistance aux produits chimiques

Altuglas® offre une bonne résistance à l'eau, aux alcalis et aux solutions aqueuses à base de sels minéraux.

Cependant, certains acides dilués (acides cyanhydriques et fluorhydriques, acides sulfurique, nitrique ou chromique concentré) attaquent Altuglas®.

Il existe trois catégories de solvants :

- solvants à action rapide : hydrocarbures chlorés
- solvants à action modérée : aromatiques, aldéhydes, cétones et esters (acétates)
- solvants à action lente : alcools

RÉACTION D'ALTUGLAS® EN PRÉSENCE DE

	%	ALTUGLAS® CN	ALTUGLAS® EX		%	ALTUGLAS® CN	ALTUGLAS® EX
ACIDES							
Acide acétique	10	NA	LA	Acide lactique	20	NA	NA
Acide acétique	100	SA	SA	Acide nitrique	10	NA	
Acide butyrique	Concentré	SA	SA	Acide nitrique	Concentré	SA	
Acide chromique	10	NA		Acide oxalique	Saturé	NA	NA
Acide chromique	Saturé	SA	SA	Acide péracétique		SA	SA
Acide citrique	Saturé	NA	NA	Acide phosphorique	10	NA	NA
Acide formique	10	NA	NA	Acide phosphorique	95	SA	SA
Acide formique concentré	90	SA	SA	Acide sulfurique	10	NA	NA
Acide chlorydrique	10	NA	NA	Acide sulfurique	30	LA	LA
Acide chlorydrique	Concentré	NA		Acide sulfurique	90	SA	SA
Acide fluorydrique		SA	SA	Acide tartrique	Saturé	NA	NA

ALCOOLS

Alcool amylique	Pur	SA	SA	Alcool méthylique	10	NA	NA
Alcool benzyle	Pur	SA	SA	Alcool méthylique	50	LA	LA
Alcool butylique	Pur	SA	SA	Alcool méthylique	Pur	SA	SA
Alcool éthylique	30	LA	SA	Alcool propylique	10	LA	LA
Alcool éthylique anhydre	Pur	SA	SA	Alcool propylique	50	SA	SA
Alcool éthylique contact bref	10	NA	NA				

BASES

Potasse	10	NA	LA	Soude	50	SA	SA
Potasse	50	SA	SA	Carbonate de sodium	Saturé	NA	NA
Soude	10	NA	LA				

GAZ

Acétylène		NA	NA	Ozone		NA	NA
Butane		NA	NA	Propane		NA	NA
Gaz carbonique		NA	NA	Anhydride sulfureux		NA	NA
Hydrogène		NA	NA	Anhydride sulfurique		SA	SA
Oxygène		NA	NA				

HUILES ET CORPS GRAS

Stéarate de butyle		NA		Huiles minérales		NA	NA
Huile de noix de coco		NA	LA	Paraffine		NA	NA
Lanoline		NA	NA	Oléate de sodium		NA	LA
Huile lockheed		SA	SA				

PRODUITS ALIMENTAIRES

Jus de fruit		NA	NA	Vinaigre		NA	NA
Lait		NA	NA	Vin		NA	NA
Huile d'olive		NA	NA				

NA - Non attaqué / LA - Attaque limitée / SA - Attaque franche

GARANTIE : les informations données dans cette documentation sont basées sur les résultats de nos recherches et sur notre expérience. Elles sont destinées à servir de guide général pour l'utilisation de nos produits et ne doivent pas être considérées comme des spécifications contractuelles. Ces informations ne sauraient en aucun cas engager la responsabilité d'Altuglas International, notamment en cas d'infraction aux droits d'un tiers.

Le tableau ci-après rend compte de la résistance des Altuglas® CN et EX lors de la mise en contact avec différents fluides à température ambiante pendant des durées variables pouvant atteindre un an ou plus.

Les essais ont été pratiqués sur des plaques incolores.

Les résultats sont considérés satisfaisants si les pièces testées ne montrent pas de modification apparente (gonflement, dissolution, microfissure, fendillement ou fragilisation). L'apparition d'une légère décoloration peut éventuellement se produire sans que le produit ne soit considéré comme endommagé.

DIFFÉRENTES SUBSTANCES CORROSIVES

		%	ALTUGLAS® CN	ALTUGLAS® EX			%	ALTUGLAS® CN	ALTUGLAS® EX
PHÉNOLS									
Cresol			SA	SA	Phénol			SA	SA
Métacresol			SA	SA					

PRODUITS DÉSINFECTANTS ET NETTOYANTS

Ammoniaque Solution	Densité 0,88	NA	NA	Eau Oxygénée	40 volumes	NA	NA
Ammoniaque Solution	Concentrée	SA	SA	Eau Oxygénée	90 volumes	SA	SA
Eau de Javel	10° Chlorine	NA	NA	Mercurochrome		NA	NA
Eau de Javel	48° Chlorine	SA	SA	Teinture diode		SA	SA
Formaldéhyde	40	NA	NA				

SELS MINÉRAUX EN SOLUTION

Alun (en Solution Saturée)		NA	NA	Chlorure Mercurique	10	SA	SA
Chlorure d'ammonium	Saturée	NA	NA	Bichromate de Potassium	10	NA	NA
Nitrate d'ammonium		NA	NA	Chlorure de Potassium	Saturé		NA
Chlorure de Calcium	Saturée	NA	NA	Iodure de Potassium		NA	NA
Hypochlorite de Calcium		NA	NA	Permanganate de Potassium	10	NA	NA
Eau de Chlore	2	LA	LA	Eau de mer		NA	NA
Sulfate de cuivre		SA	SA	Bichromate de Sodium	10	NA	NA
Chlorure Ferrique	10		NA	Bisulfate de Sodium	10	NA	NA
Perchlorure de fer		SA	SA	Chlorure de Sodium		NA	NA
Sulfate de fer		NA	NA	Métaphosphate de Sodium		NA	NA

SOLVANTS DIVERS

Acétaldéhyde	100	SA	SA	Ethylene Sulfate		SA	SA
Anhydride acétique		LA	LA	Fréon		SA	SA
Acétone		SA	SA	Gazole		LA	LA
Aniline		SA	SA	Glycérine		NA	NA
Benzène		SA	SA	Mercure		NA	NA
Benzaldehyde		SA	SA	Chlorure de Méthylène		SA	SA
Acétate de Butyle		SA	SA	Méthyléthylcétone		SA	SA
Phtalate de Butyle		LA	LA	Naphtaline		LA	LA
Chloroforme		SA	SA	Phtalate de Nonyle		LA	LA
Cyclohexane		SA	SA	Essence ordinaire		LA	LA
Dichloéthane		SA	SA	Supercarburant indice d'octane 100		SA	SA
Diéthylène glycol		NA	NA	Pyralène		SA	SA
Phtalate d'Octyle		LA	LA	Térébentine		NA	NA
Dioxane		NA	NA	Toluène		SA	SA
Éthylamine		SA	SA	Trichloréthane		SA	SA
Acétate d'Éthyle		SA	SA	Trichloréthylène		SA	SA
Chlorure d'Éthyle		SA	SA	Tricresyle Phosphate		SA	SA
Éther Éthylque		SA	SA	Xylène		SA	SA
Éthylène glycol		NA	NA	White Spirit < 3 % d'Aromatiques		NA	NA

Garantie

Les plaques Altuglas® CN et EX transparentes, quelle que soit l'épaisseur, conservent quasiment toutes leurs propriétés après dix ans d'exposition aux intempéries.

La garantie Altuglas® couvre la transmission de la lumière, la rigidité et la résistance à la traction.

Les conditions précises de la garantie sont indiquées dans le document intitulé « Garantie décennale ».

Les informations techniques mentionnées dans la présente brochure ont été fournies par nos laboratoires d'essai.

Les spécifications techniques de nos produits sont données à titre indicatif et peuvent faire l'objet de modifications.

Nous ne saurions être tenus pour responsables de la description de nos produits ou de leur aptitude à un usage particulier quelconque, ni de toute perte ou dommage causé (direct ou indirect).

BIENVENUE DANS LE MONDE D'ALTUGLAS INTERNATIONAL, FILIALE DU GROUPE ARKEMA

Altuglas International, leader mondial intégré en PMMA, est fortement impliqué dans le secteur du plastique technique - du monomère MAM au verre acrylique PMMA - Altuglas International crée et fabrique pour ses clients mondiaux des produits novateurs adaptés à leurs besoins. 920 salariés résolument engagés y contribuent chaque jour dans ses trois business (le MAM, les plaques, les résines PMMA). Ses quatre grandes marques sont des références sur le marché : Altuglas®, Plexiglas® (Amériques), Oroglas®, Solarkote®.

www.altuglasint.com
www.altuglas.com

Pour plus de renseignements, merci de nous contacter.

Merci de consulter le disclaimer Arkema ci-après pour toute question concernant les conditions d'utilisation de nos produits <http://www.arkema.com/fr/products/product-safety/disclaimer/index.html>

ALTUGLAS
INTERNATIONAL
ARKEMA GROUP

Siège social : Altuglas International

89 boulevard National
92257 La Garenne-Colombes Cedex - France
Tél. : +33 (0)1 78 66 23 00 - Fax : +33 (0)1 78 66 23 99
www.altuglasint.com

inforequest@altuglasint.com