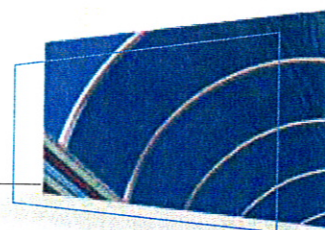


PLAQUES COULÉES ET EXTRUDÉES

# Brochure Technique

# 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.
- Tubes et tiges extrudées.
- 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 Altuglas®.

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

- ALTUGLAS® CN: ISO 7823.1 - 1998.
- ALTUGLAS® EX: ISO 7823.2 - 1997.

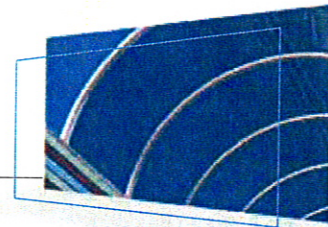
## APPLICATIONS

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

- **Signalétique et enseignes** : panneaux lumineux, affichage en 3D, panneaux indicateurs, etc.
- **Publicité sur les points de vente** : présentoirs, testeurs, panneaux d'affichage, etc.
- **Décoration intérieure** : agencement de magasin, ameublement, écrans de projection, vitrage, etc.
- **Ornements architecturaux** : mobilier urbain, accessoires de sécurité, écrans anti-bruit, lucarnes, etc.
- **Produits pour sanitaires**<sup>(1)</sup>, baignoires, bacs de douche, etc.
- **Transports** : déflecteurs, pare-soleil, plaques d'immatriculation, écoutes et hublots de bateau, etc.
- **Industrie** : dispositifs de sécurité de machines, cadrans, pièces de précision, etc.
- **Secteur médical** : berceaux, incubateurs, etc.

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

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



Caractéristiques principales	Valeurs indicatives
------------------------------	---------------------

	MÉTHODE DE TEST			UNITÉS	ALTUGLAS® CN		ALTUGLAS® EX	
	ISO	NF	Autres		Épaisseur mm	Valeur	Épaisseur mm	Valeur

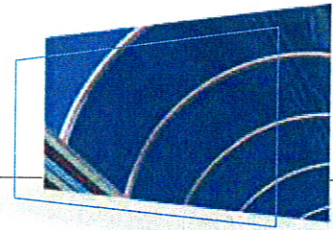
PROPRIÉTÉS ÉLECTRIQUES								
Rigidité diélectrique		C 26225	DIN 53481	KV/mm		20 to 25		20 to 25
Résistivité transversale		C 26215	DIN 53482	Ohm.cm		> 10 <sup>15</sup>		> 10 <sup>15</sup>
Constante diélectrique		C 26230	DIN 53483					
à 50 Hz						3.7		3.7
à 1 MHz						2.6		2.6

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
en épaisseur 3 mm			DIN 4701					
en épaisseur 5 mm				W/m²/°C	3	5.4	3	5.4
en épaisseur 10 mm				W/m²/°C	5	5.1	5	5.1
Point de ramollissement Vicat B 10/10 (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

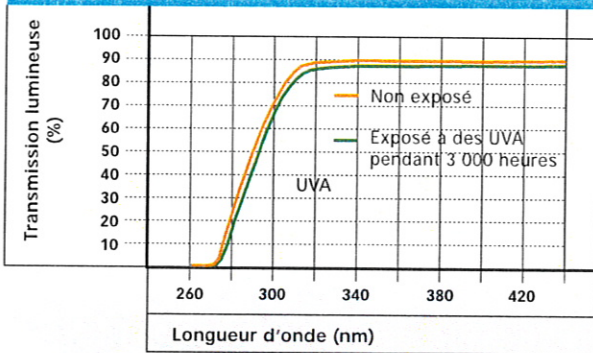
INFLAMMABILITÉ								
Température d'auto inflammation				°C		approx.450		approx.450
Comportement au feu (épiradiateur)		P 92501			3	M4		M4
Essai pour matériaux fusibles		P 92505			3	non-drip		drips
Comportement au feu			DIN 4102			B2		B2
Comportement au feu			BS 476 Pt. 7			class 3		class 4
Comportement au feu			UL 94			HB		HB
Indice d'oxygène		T 5107	ASTM 2863 77	%		18		18
Taux de chlore				%		0		0
Taux d'azote				%		< 0.02		< 0.02

**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.

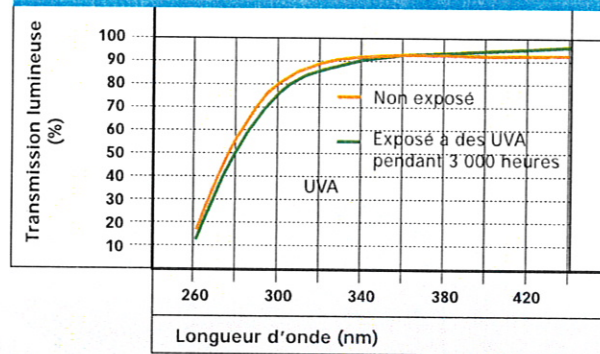
**GARANTIE** : les informations données dans cette documentation sont basées sur les résultats de nos recherches et sur notre expérience. Elles ont été conçues pour servir de guide général pour l'utilisation de nos produits et ne sauraient être considérées comme des spécifications contractuelles. Ces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



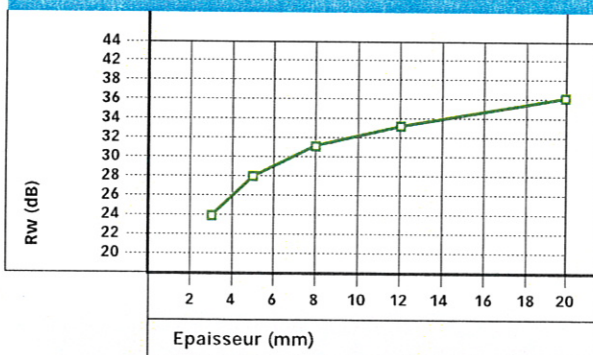
Transmission lumineuse, après exposition de la plaque Altuglas® CN UVD aux rayons UVA



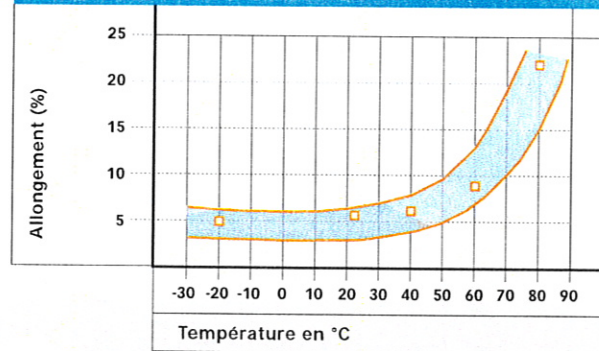
Transmission lumineuse, après exposition de la plaque Altuglas® EX UVX aux rayons UVA



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

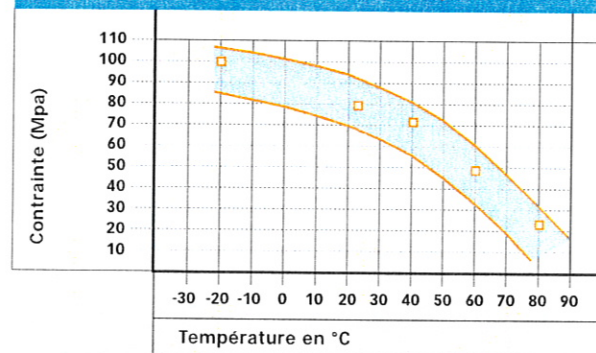


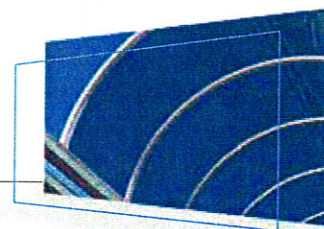
Variation de l'allongement à la rupture en traction en fonction de la température (de -20 à +80 °C)



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

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





## DES PROPRIETES 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 1,5 à 25 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 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 échangés. 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 POSSIBILITES DE RECYCLAGE

### Le traitement des chutes

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

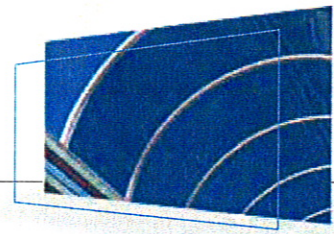
Altuglas® est un matériau facilement recyclable.

Les méthodes de recyclage possibles sont les suivantes.

**Les déchets d'Altuglas® EX** peuvent être broyés puis à nouveau injectés ou extrudés.

**Les déchets 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.



## 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.

L'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

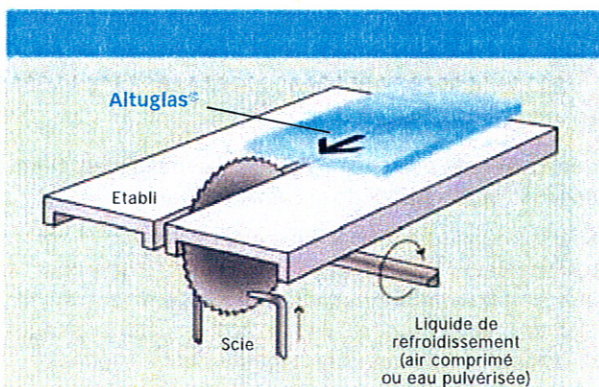
Un usinage trop brutal crée des échauffements locaux, générateurs de tensions internes qu'il faut relâcher par un traitement en étuve. Sinon, ces tensions se traduisent tôt ou tard par l'apparition de fines craquelures superficielles pouvant se développer ultérieurement sous l'action de solvants ou de 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 coupes droites, les scies à ruban et les fraises étant utilisées pour les autres coupes. 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 au moyen de matériaux thermoformés.

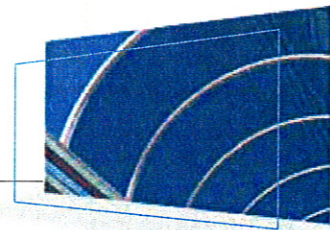
Caractéristiques du matériau : transparence, résistance aux UV et résistance mécanique, aspect de surface spécial (Altuglas® Dual satin, Altuglas® Frosted).

## AUTRES PROCÉDÉS

Altuglas® peut être collé. Avec les adhésifs polymérisables Altuglas® Adhesive P10 et P12, 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.



## COUPE DROITE ET DECOUPAGE DE FORMES

### VITESSE RECOMMANDEE POUR DIFFERENTS DIAMETRES 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 utilisées :

- 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.

#### 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.

#### 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 d'Altuglas®.

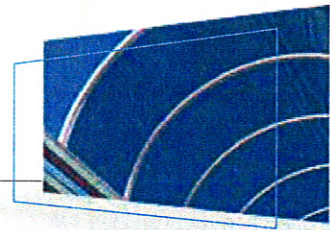
La découpe par laser induit des contraintes internes importantes. Les plaques ainsi découpées ne devront donc pas être mises en contact avec des solvants (adhésifs, produits

de nettoyage corrosifs, etc.). Le recuit réduira le risque de microfissures (Cf. page 25). 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.

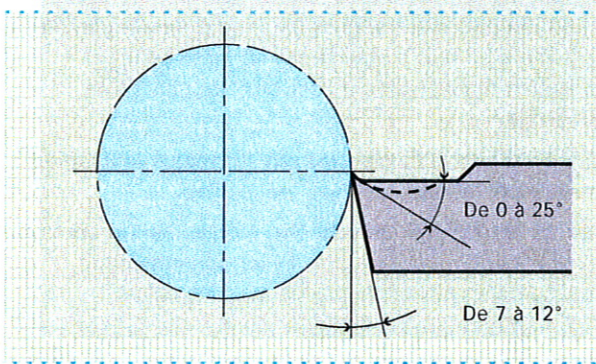
Le gros avantage est qu'il n'induit aucune contrainte interne à proximité du bord de coupe. Le contact avec les solvants est donc autorisé, y compris les adhésifs.



## 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.

Foret spécialement conçu pour Altuglas®.



## 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).

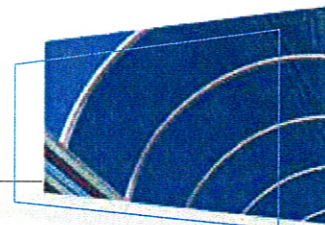
Le ponçage peut être un procédé très similaire au polissage lorsque les abrasifs utilisés ont un grain très fin.

Le kit de polissage Micro-mesh® restaure la transparence des plaques Altuglas® dont la surface a été endommagée.

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



# 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 PRELIMINAIRES

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.

### Différences 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, cette précaution est inutile, 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.

## ÉTUVÉ (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 :

### Etuve 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'oeuvre. 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  $\geq 5$  mm.

# Travailler avec Altuglas®

## THERMOFORMAGE

### 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
Température maximum (°C)	200	180
Plage de températures recommandée (°C)	165-190	160-175

	Altuglas® CN	Altuglas® EX
Four (min./mm)	3-4	2.5-3
<b>Panneaux infrarouge</b>		
1 panneau (sec./mm)	40-50	35-45
2 panneaux (sec./mm)	25-30	20-25

#### Il existe deux différences majeure 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  $\geq 3$  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.

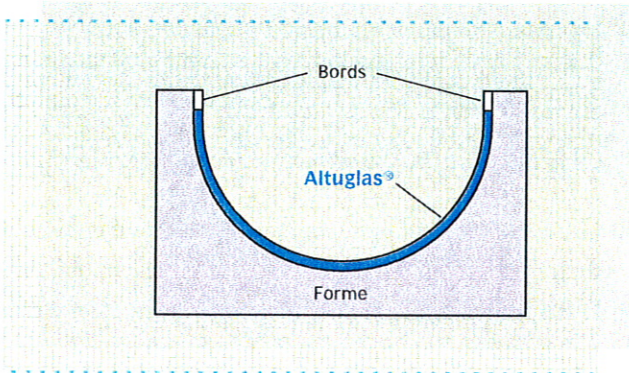
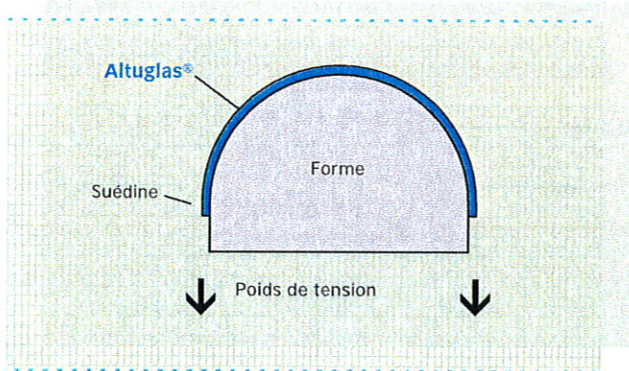
Altuglas® EX doit être chauffé de manière parfaitement uniforme : toute différence supérieure à 5 °C peut induire un très importante tension interne.

# Travailler avec Altuglas®

## THERMOFORMAGE

### 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

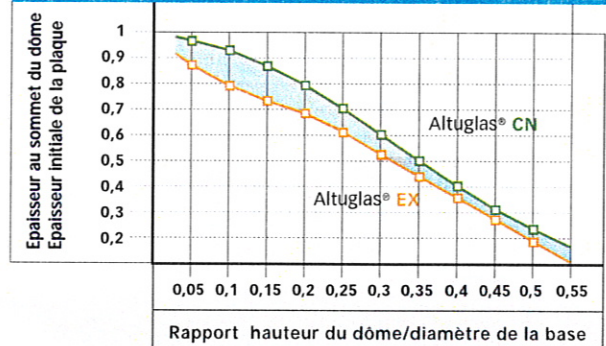
Contrairement au procédé décrit ci-dessus, le thermoformage par étirage entraîne des différences d'épaisseur au sein de la même pièce.

Le schéma ci-dessous 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.

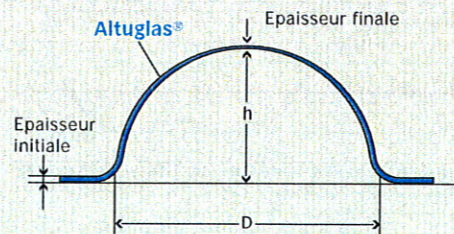
Les courbes ci-dessous indiquent pour Altuglas® CN et EX la relation entre la réduction d'épaisseur et le taux d'étirage de la plaque. La réduction d'épaisseur est montrée comme le rapport entre l'épaisseur finale et l'épaisseur initiale.

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.



Epaisseur au sommet du dôme formé par soufflage ou aspiration libre



Etirage de la plaque Altuglas® par soufflage ou aspiration libre

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

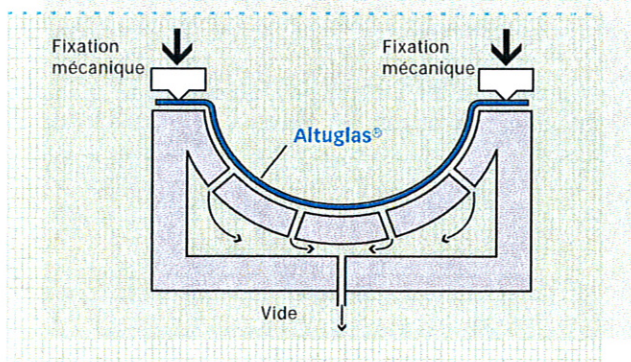
# Travailler avec Altuglas®

## THERMOFORMAGE

### 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.

#### Aspiration dans un moule

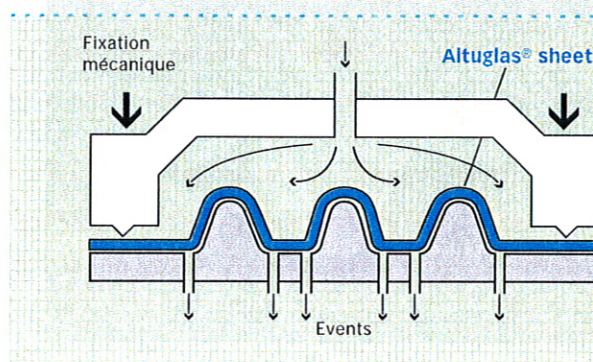


### THERMOFORMAGE PAR SOUFFLAGE EN MOULE

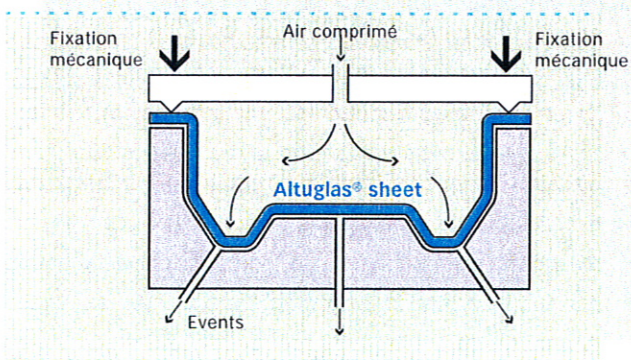
Du fait des pressions induites ici, il faut prévoir un moule très rigide, généralement en métal, en bois dur ou en résine époxyde. Des événements aménagés dans les points extrêmes des moules permettent l'évacuation de l'air.

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.

#### Soufflage dans un moule de pièces destinées à un panneau publicitaire au moyen d'un moule femelle



#### Soufflage d'un plateau en moule femelle



# Travailler avec Altuglas®

## THERMOFORMAGE

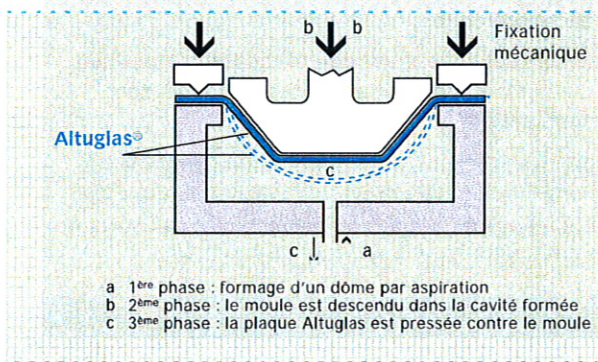
### MÉTHODES

### DE THERMOFORMAGE COMPOSÉES : SOUFFLAGE, 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 : formage et soufflage dans un moule).

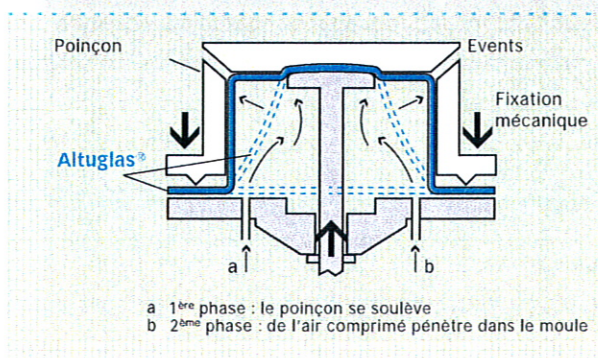
Schéma 1



#### 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 : formage par emboutissage et soufflage dans un moule).

Schéma 2

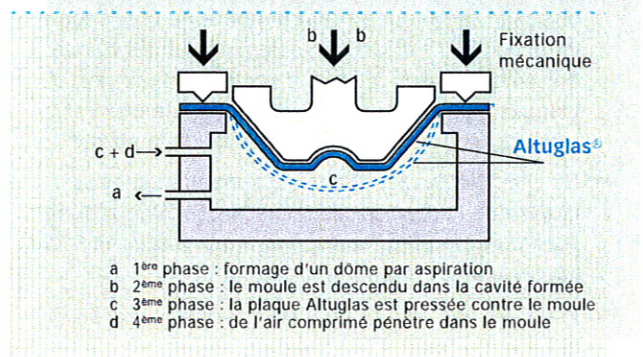


#### Aspiration et soufflage

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 feuille vient s'appliquer sur le poinçon.

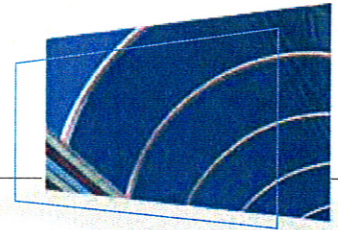
Une pression est enfin exercée au moyen d'air comprimé pour plaquer la feuille sur toutes les parties du poinçon, y compris la partie rentrante. Pour des raisons de mémoire élastique déjà évoquées, ce procédé s'applique principalement à l'Altuglas® CN (Cf. schéma 3 : formage par emboutissage et soufflage dans un moule).

Schéma 3



# Travailler avec Altuglas®

## THERMOFORMAGE - CONSIGNES ET ERREURS A ÉVITER



### ÉRREURS A EVITER

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 :

Durée de recuit (heures) = 2 + [0,225 x 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

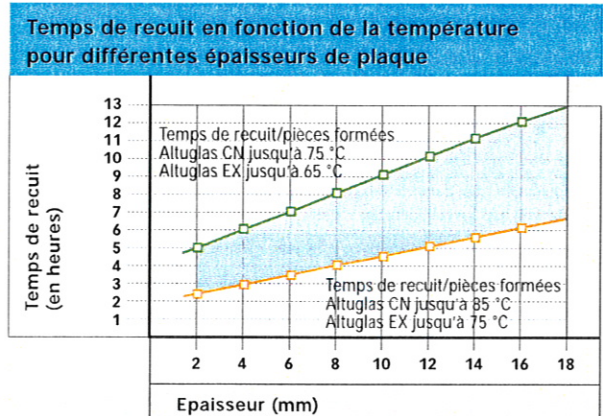
Altuglas® EX: 65°C

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

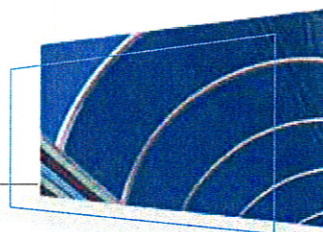
Durée de recuit (heures) = 4 + [0,450 x épaisseur (mm)].

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



## 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.

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 colle

La composition spécifique et les utilisations sont définies dans la Fiche de données de sécurité de chaque adhésif Altuglas®.

### Colles de contact (Altuglas® 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.

### Colles polymérisable (Altuglas® Adhesive S)

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.

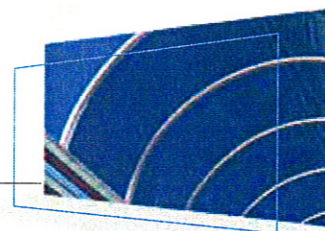
Une autre méthode consiste à utiliser un apport de matière et à faire fondre le matériau.

Il devient alors possible de souder Altuglas® CN.

Cependant, l'opération induit une forte tension interne et un recuit est alors nécessaire.

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

# Finition & entretien



## FINITION

Avant emballage et conditionnement des pièces réalisées en Altuglas® CN ou EX, l'application d'Altuglas® 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, nettoyant pour vitres, etc.) est déconseillée.



# Résistance chimique

## RÉACTION D'ALTUGLAS EN PRÉSENCE DE DIFFÉRENTES SUBSTANCES CORROSIVES

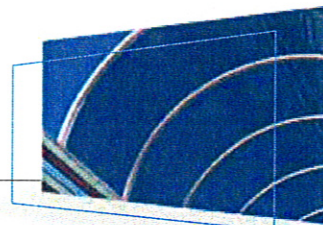
	%	ALTUGLAS CN	ALTUGLAS EX		%	ALTUGLAS CN	ALTUGLAS EX
<b>ACIDES</b>							
Acide acétique	10	NA	LA	Acide lactique	20	NA	NA
Acide acétique	100	SA	SA	Acide nitrique	10	NA	
Acide butyrique	Concentré	SA	SA	Acide nitrique	Concentré	SA	
Acide chromique	10	NA		Acide oxalique	Saturé	NA	NA
Acide chromique	Saturé	SA	SA	Acide paracétique		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 chlorhydrique	10	NA	NA	Acide sulfurique	30	LA	LA
Acide fluorydrique	Concentré	NA		Acide sulfurique	90	SA	SA
Acide fluorydrique		SA	SA	Acide tartrique	Saturé	NA	NA
<b>ALCOOLS</b>							
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				
<b>BASES</b>							
Potasse	10	NA	LA	Soude	50	SA	SA
Potasse	50	SA	SA	Carbonate de sodium	Saturé	NA	NA
Soude	10	NA	LA				
<b>GAZ</b>							
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				
<b>HUILES ET CORPS GRAS</b>							
Stearate de butyle		NA		Huiles minérales		NA	NA
Huile de noix de coco		NA	LA	Paraffine		NA	NA
Lanoline		NA	NA	Oleate de sodium		NA	LA
Huile lockheed		SA	SA				
<b>PRODUITS ALIMENTAIRES</b>							
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.

# Garantie

---



## 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.

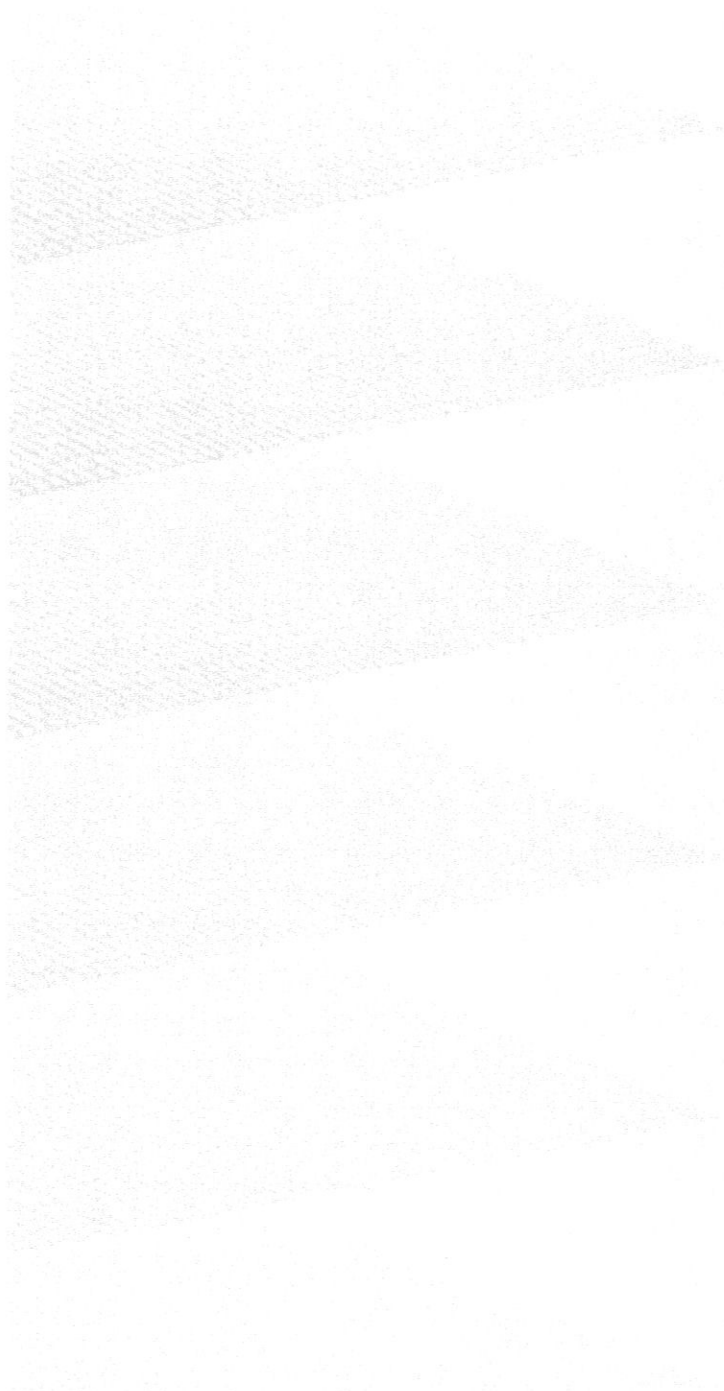
La garantie Altuglas® couvre la transmission de la lumière, la rigidité et la résistance à la traction.

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).



**Altuglas International**

6, cours Michelet · Cedex 52

F-92064 Paris La Défense 10

Tel +33 (0)1 49 00 80 80

Fax +33 (0)1 49 00 89 59

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