



**Plaques Lexan®**  
9030 • Exell D • Margard  
SG305 • ULG1000 • Gepax

## **Guide de mise en œuvre**

- **Formage**
- **Fabrication**
- **Finition et décoration**

Lexan

# Introduction

---

Cette brochure est un guide pour la mise en œuvre des plaques de polycarbonate Lexan®.

Les méthodes de formage, de fabrication, de finition et de décoration y sont présentées. Pour des informations plus détaillées ou des conseils, veuillez contacter GE Structured Products.

## Table des matières

1.0	Formage .....	3
1.1	Etuvage .....	4
1.2	Thermoformage .....	5
1.3	Chauffage et refroidissement .....	6
1.4	Formage par drapage .....	7
1.5	Formage sous pression.....	8
1.6	Formage bi-plaques.....	9
1.7	Conception du produit .....	10
1.8	Moules et conception des moules .....	12
1.9	Dômes et pyramides .....	13
1.10	Pliage à chaud .....	14
1.11	Cintrage à froid .....	15
2.0	Fabrication .....	16
2.1	Découpe .....	17
2.2	Perçage .....	18
2.3	Fraisage.....	19
2.4	Systèmes d'attache mécaniques .....	20
2.4.1	Vis, écrous et boulons .....	21
2.4.2	Systèmes de rivetage .....	22
2.5	Diverses techniques de fabrication .....	23
3.0	Finition, décoration et nettoyage .....	24
3.1	Résistance chimique .....	25
3.2.1	Peinture.....	26
3.2.2	Sérigraphie .....	27
3.2.3	Traitement anti-statique .....	28
3.3	Adhésifs et joints .....	29
3.4	Conseils de nettoyage .....	32

# 1.0 Formage

Des trains à grande vitesse au mobilier urbain et des motos-neige aux panneaux routiers, les produits en plaques Lexan® sont conçus et fabriqués dans une gamme variée de formes et de dimensions. L'une des méthodes les plus économiques pour produire ces pièces est le thermoformage.

Le thermoformage des plaques en polycarbonate Lexan® est un processus reconnu qui laisse au concepteur la liberté de développer des formes complexes avec des caractéristiques coût/performance présentant des avantages significatifs par rapport aux méthodes plus traditionnelles de production : un outillage peu coûteux, une production à grande échelle et des délais de production réduits. L'introduction du Lexan® Exell® D et du Lexan® Margard FMR, avec revêtement de surface des deux côtés, des applications formées peuvent désormais être réalisées, ce qui laisse à l'ingénieur une plus grande marge de manœuvre lors de la conception. Si le principe du processus de formage est très simple, les étapes de traitement, production, conception et finition sont nombreuses. Pour aider le concepteur et le transformateur à choisir la méthode de production adéquate, la section suivante décrit quelques techniques utilisées dans la conception et la fabrication de produits formés à base de plaques polycarbonate Lexan®.

**Tableau 1.0 : Aptitude au formage**

Matériau	Formage sous vide*	Formage par drapage	Double thermoformage	Formage sous pression*	Pliage à chaud/froid**	Cintrage à froid	Lamination à plat	Lamination lcintrée
Lexan® 9030	x	x	x	x	x	x	x	x
Margard® MR5E					x			
Margard® MRA3					x			
Margard® HLG5					x		x	
Margard® HLG A3					x		x	
Margard® FMR		x			x	x		
Margard® FLG5		x			x		x	x
Exell® D	x	x	x	x	x	x		
Exell® D ST	x	x	x	x	x	x		
Sign grades	x	x	x	x	x	x		
CTG	x				x			
FR grades	x	x	x	x	x	x		
Gepax®	x	x	x	x	x	x		
Uitem®	x		x	x	x	x		

\* Des plaques transparentes au contact de surfaces moulées peuvent provoquer un effet trouble et une distorsion optique à la surface.

\*\* Les surfaces résistantes en laque brillante ou protégées contre les U.V. peuvent être endommagées au niveau de la pliure pendant le processus de pliage.

## 1.1 Etuvage

---

La plupart des résines et des plaques thermoplastiques absorbent l'humidité. L'humidité s'accumule dans la plaque de polymère pendant la fabrication, le transport et le stockage. Dans les applications à plat, cela ne présente aucun problème. Cependant, pendant le formage, un excès d'humidité peut provoquer un dégazage conduisant à la formation de bulles et d'autres problèmes d'aspect de surface ainsi qu'une réduction des performances du matériau. Bien que le volume d'eau absorbé ne soit pas significatif par rapport à d'autres matériaux absorbant l'humidité, il est essentiel de le supprimer avant formage. Nous recommandons, pour cela, l'utilisation d'une étuve chauffée à  $125^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ . Pour éviter toute déformation, les températures de séchage doivent respecter cette température et le volume d'air dans le four doit être renouvelé six fois par heure pour en évacuer la vapeur d'eau. Après retrait du film de protection, les plaques doivent être suspendues verticalement dans le four et étuvées conformément aux recommandations données dans le Tableau 1.1. Les plaques peuvent également être placées dans des râteliers, séparées d'environ 1,0 à 2,5 cm. La plaque doit être transformée dans les heures qui suivent l'étuvage. Le délai dépend de l'épaisseur de la plaque et des conditions d'environnement.

**Tableau 1.1 : Temps de séchage recommandés**

Epaisseur plaque (mm)	Temps de séchage (h)
0.375	0.15
0.50	0.25
0.75	0.50
1.00	1.00
1.50	1.50
2.00	3.00
3.00	4.00
4.00	10.00
5.00	16.00
6.00	24.00
8.00	36.00
9.50	40.00
12.00	48.00

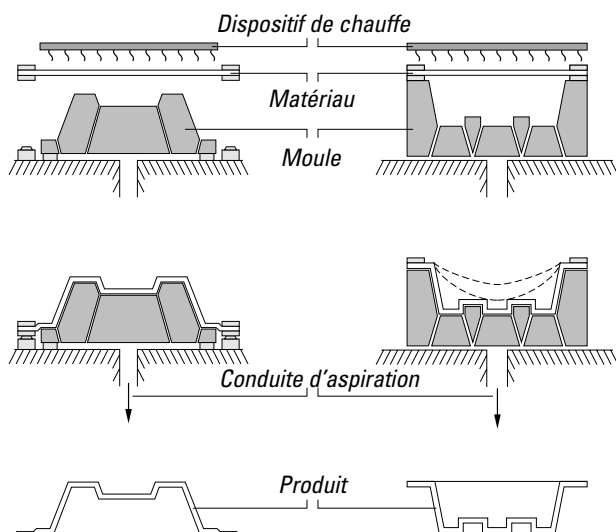
## 1.2 Techniques de thermoformage

Les plaques polycarbonate Lexan® peuvent être facilement thermoformées et peuvent être utilisées dans une large gamme d'applications. Les étapes de base sont : le chauffage, le formage et le refroidissement de la plaque. Il existe un certain nombre de techniques de formage différentes : certaines d'entre-elles ne requièrent que le chauffage pour que la plaque épouse un moule positif ou négatif comme dans le formage par drapage. D'autres, telles que le formage sous vide et sous pression, exigent qu'après chauffage, une pression et/ou une aspiration soit appliquée pour que la plaque puisse se conformer au moule. Si chaque procédé est légèrement différent, tel qu'illustré sur les Figures 1.1 à 1.4, les étapes de base sont très semblables. La plaque est tout d'abord fixée dans le cadre de serrage. Une source de chaleur est appliquée au-dessus/ dessous de la plaque pour faire augmenter sa température jusqu'à ce qu'elle devienne élastique. Les radiants sont ensuite retirés et on fait monter le moule. L'air entre la plaque et le moule est évacué et la plaque vient s'appliquer sur le moule pour en prendre la forme. Une pression peut également être appliquée sur le dessus du moule pour reproduire précisément les détails du moule. La plaque est refroidie, puis démoulée et retirée du cadre de serrage de la machine, pour un détourage et usinage éventuel. Cette technique présente des avantages significatifs et est très couramment utilisée pour sa simplicité et ses faibles coûts de production. Cependant, pour préserver son revêtement de protection, le Lexan Margard ne peut pas être thermoformé.

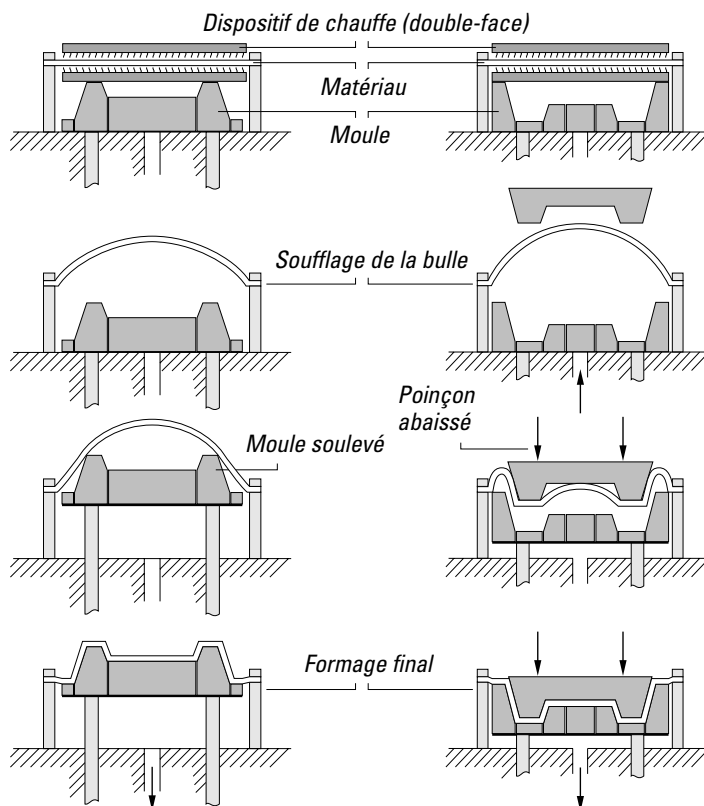
Les principaux avantages du thermoformage sont les suivants :

- Production de pièces de petites et grandes dimensions
- Courts délais de production
- Petites à moyennes séries
- o Flexibilité

**Fig. 1.1 : Formage positif Fig. 1.2 : Formage négatif**



**Figure 1.3  
Formage par bulle**



**Figure 1.4  
Formage assisté par poinçon**

## 1.3 Chauffage et refroidissement

### Chauffage

Pour obtenir des pièces satisfaisantes, il est essentiel d'assurer un chauffage contrôlé et adéquat des plaques polycarbonate Lexan®. L'emploi de panneaux radiants disposés de part et d'autre de la plaque est recommandé pour une répartition régulière de la chaleur. Ils peuvent être de type céramique ou quartz infra-rouge. Le système classique de thermorégulation doit comporter des appareils de contrôle proportionnel des temps. Il faut surveiller très soigneusement la vitre de chauffage qui peut être affectée par des variations de la tension du réseau et des courants d'air. Un rythme de chauffe lent minimisera les phénomènes de points chauds et permettra d'atteindre la température de formage requise, y compris sur les bords du flanc. Un contrôle de température de la plaque par pyromètre intégré dans la thermoformeuse est aussi possible. Nous vous recommandons de pré-chauffer le cadre de serrage à 120°C-130°C.

Dans la mesure où les plaques polycarbonate Lexan® refroidissent rapidement, il est essentiel que le contrôle final et de chauffe s'effectuent sur un tableau de commande situé près de la machine à former. Pour le formage mécanique et sous vide, les températures normales de la plaque sont comprises entre 170 et 225 °C.

Les conditions de formage optimales dépendent de la conception de la pièce, du ratio d'étirage, de l'épaisseur de la plaque et de la technique de formage employée. Cependant, les règles de base suivantes s'appliquent dans tous les cas de figures:

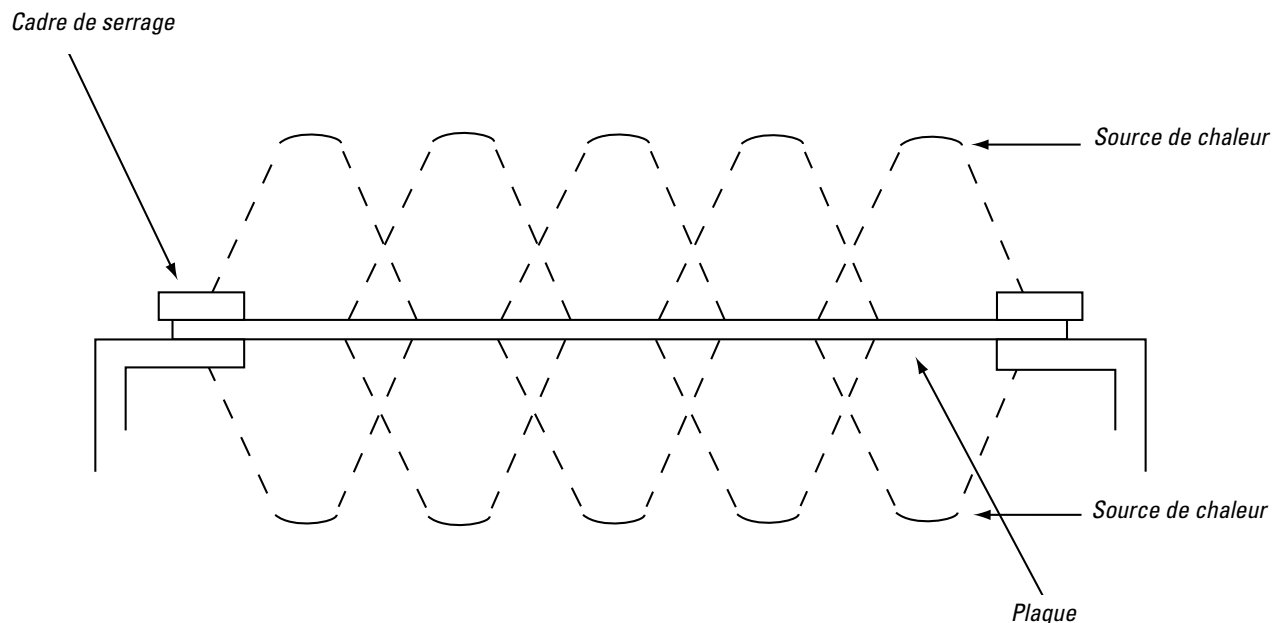
- Le formage à basse température permet d'obtenir une meilleure tenue de la plaque, une meilleure répartition d'épaisseur et, en général, des temps de cycle plus courts.
- Le formage à haute température permet d'obtenir des niveaux de contrainte internes les plus bas possibles mais augmente le retrait au moulage et l'épaisseur du matériau peut présenter des défauts d'uniformité.

Un compromis de ces deux techniques permet généralement de produire des pièces aux propriétés acceptables avec un temps de cycle satisfaisant.

### Refroidissement

Les temps de refroidissement dépendent d'un certain nombre de facteurs : notamment la température ambiante, celle du formage et du moule, le type de matériau choisi pour le moule, le système de refroidissement, l'épaisseur de la pièce et sa géométrie. Cependant, comme le polycarbonate Lexan® se caractérise par une température de déformation thermique relativement élevée, les pièces formées peuvent être retirées du moule à environ 125°C. Un refroidissement forcé à air ou à eau n'est pas recommandé.

Fig. 1.5 : Chauffage par système double chauffe



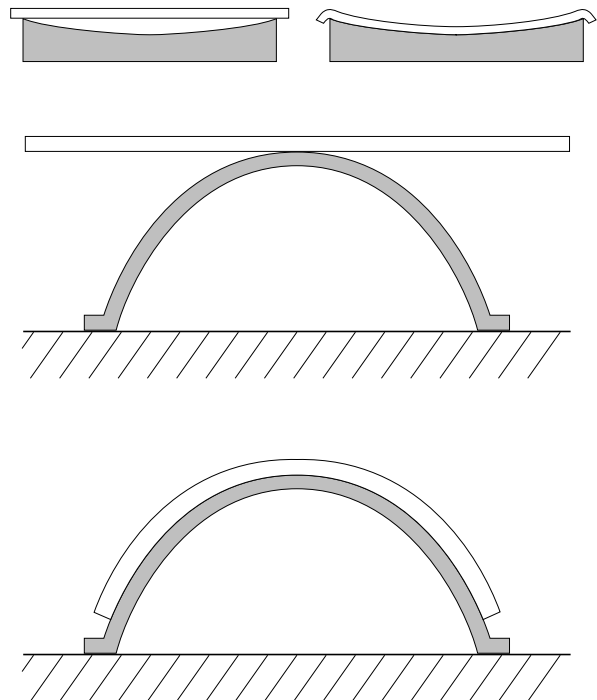
## 1.4 Formage par drapage

Le formage par drapage est la technique de thermoformage la plus simple qui soit. En utilisant soit un moule mâle, soit un moule femelle, la plaque chauffée vient épouser l’empreinte soit par gravité soit par un accompagnement d’une force mécanique. Ce procédé implique de mettre la plaque (après avoir retiré le film de protection) et le moule dans une étuve ventilée et d’élever la température jusqu’au point où la plaque commence à fluer (entre 140°C-155°C) et s’adapte à la forme du moule. La plaque et le moule peuvent ensuite être retirés du four et laissés à refroidir. Les figures 1.6 et 1.7 illustrent les étapes de base. Le fait de dépasser le point de transition vitreuse des matériaux Lexan a pour conséquence d’en altérer leur qualité optique. L’étuvage n’est pas nécessaire du fait des températures de mise en œuvre relativement basses. Le procédé de formage par drapage peut consister en la combinaison de différentes méthodes, notamment :

- Formage sous son propre poids à une température de 155°C.
- Formage sous son propre poids avec une légère pression mécanique. (Temp. 155°C)
- Cintrage à froid dans un gabarit puis mise au four à des températures comprises entre 140°C et 155°C.
- Cintrage à froid de la plaque sur un moule, exposition à une température de 150°C et application de vide pour obtenir une forme en 3D.

Il est impératif de respecter les recommandations sur le cintrage à froid pour éviter toute fissuration superficielle des plaques avec revêtement. Le refroidissement doit être lent et non forcé. En cas de formage de la plaque sous son propre poids, utiliser des plaques plus grandes afin d’éviter tout problème lié à une dispersion de retrait du matériau. Les plaques seules peuvent également être placées dans l’étuve. Une fois que la plaque a atteint la température souhaitée, elle doit être retirée rapidement et il faut la laisser se draper sur le moule en dehors de l’étuve. La transition entre le four et le moule doit être gérée très vite puisque la plaque Lexan® prend rapidement sa forme définitive une fois retirée du four. Parmi les applications type, on note les visières pare-soleil et le vitrage de sécurité automobile, domaines dans lesquels les plaques Lexan® remplissent toutes les exigences de qualité requises pour ce genre de produits. Dans ce type d’applications, le moule doit être réalisé à partir d’un matériau très brillant tel que l’acier, l’aluminium ou même le verre afin d’obtenir la qualité optique recherchée.

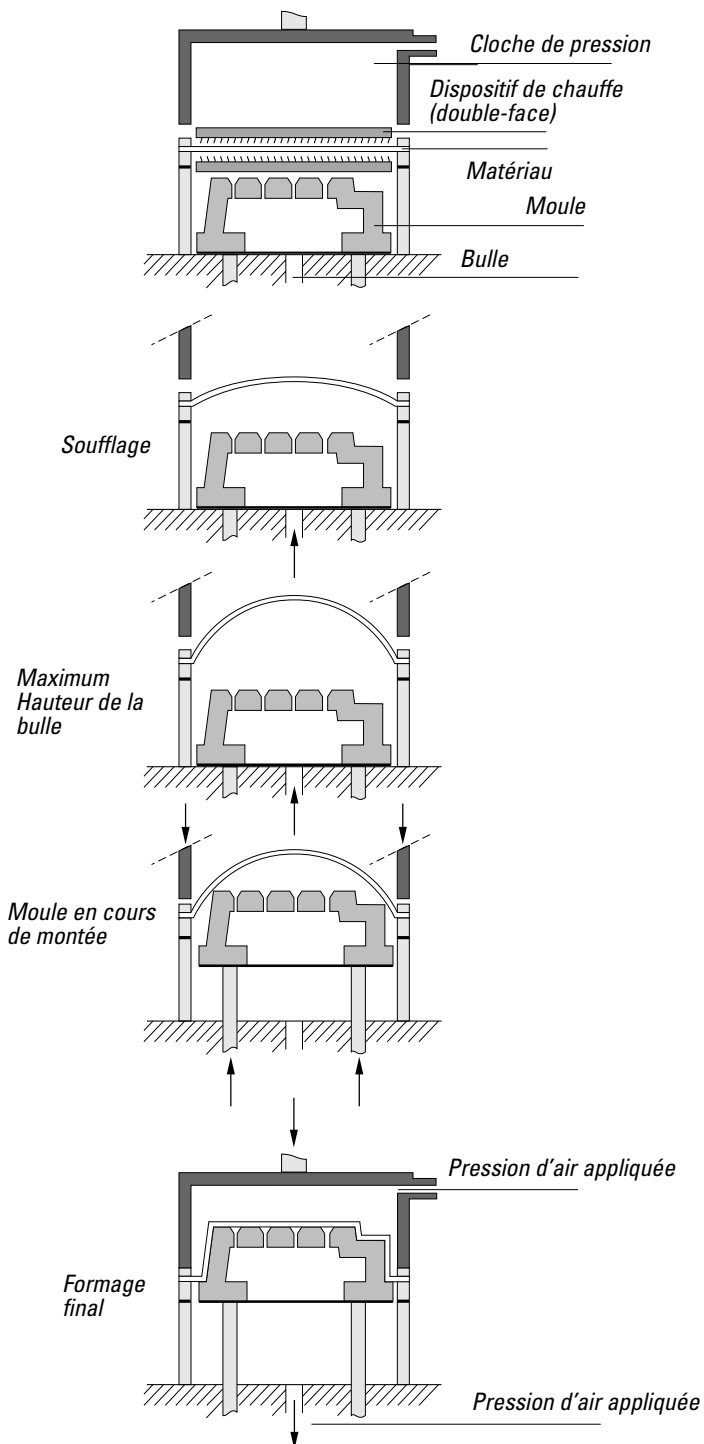
**Fig. 1.6/1.7 : Configuration type de formage par drapage**



## 1.5 Formage sous pression

Le formage sous pression est fondamentalement identique au formage sous vide. Cependant, pendant la dernière phase de formage, la plaque chauffée est appliquée contre l'empreinte sous l'action de l'air comprimé. On peut ainsi former une pièce avec des angles vifs, des contre dépouilles et une géométrie complexe. Les étapes de base sont illustrées sur la Figure 1.8 et montrent la cloche de pression montée au-dessus du moule. Grâce à ce procédé, on peut, entre autres, obtenir des surfaces texturées sélectives et de faibles rayons.

**Fig. 1.8 : Formage sous pression**



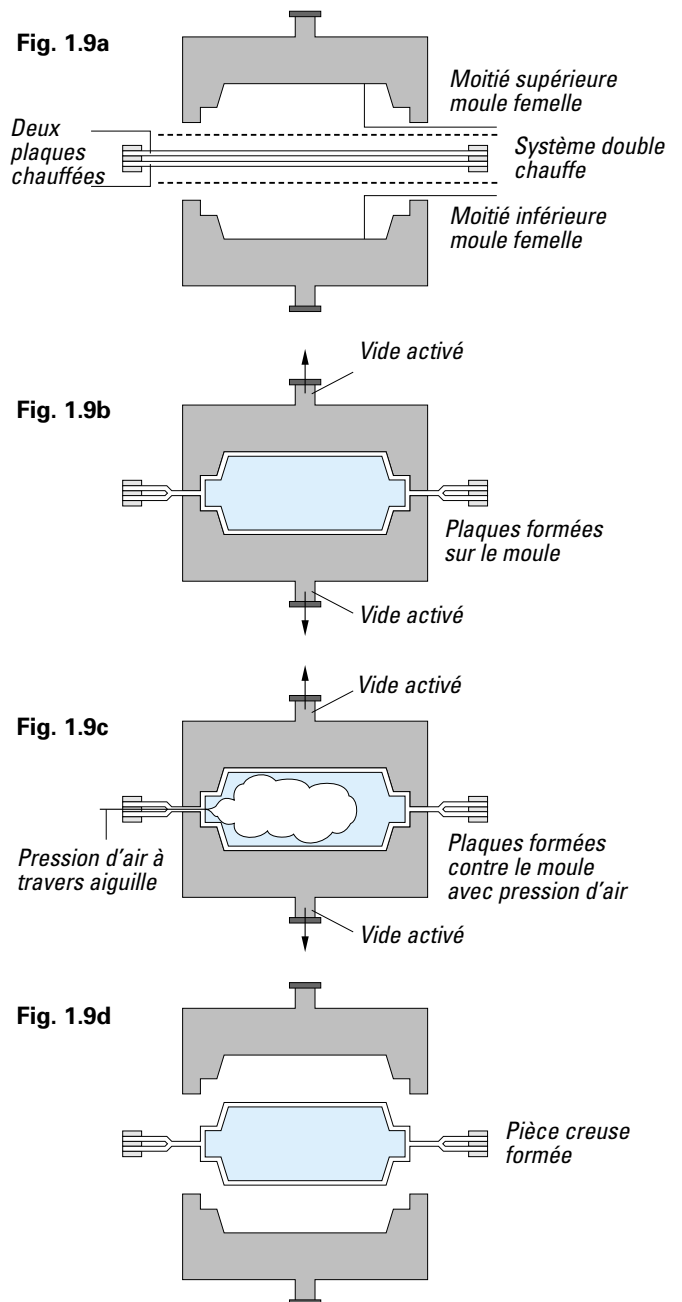


## 1.6 Double thermoformage

Le procédé de double thermoformage dérive de la technologie du formage sous vide et consiste à former simultanément deux plaques, créant ainsi un produit comportant une section creuse, mais close. Les étapes successives de la mise en oeuvre dans les figures 1.9 a à d. Le contrôle précis de la température est un élément essentiel lors de l'utilisation de cette technique dans la mesure où un seul côté de chacune des deux plaques est chauffé. Il est important de pouvoir contrôler le chauffage dans chacune des zones de la plaque. Des cellules photo-électriques doivent également être installées pour contrôler le fluage et de l'air chaud pulsé entre les plaques est souvent utilisé pour éviter que les deux plaques ne viennent en contact l'une avec l'autre pendant la phase de hausse. Très compétitif pour produire des pièces de grandes rigidité en jouant sur la conception des deux moules, ce procédé est particulièrement adapté pour la production de grandes pièces : notamment les conteneurs à bagages, les conduites d'aération, les dômes et les trappes de toit.

Le joint de connexion entre les deux parties est obtenu par une combinaison de la fusion des deux matériaux et la pression des moules. Aucune colle ou autre adhésif ne sont donc nécessaires. Cette méthode peut être utilisée pour produire des pièces constituées de deux matériaux, couleurs et épaisseurs différentes, avec une fonction différenciée de ses deux faces. L'équipement entièrement automatisé est fabriqué par Geiss en Allemagne et Shelley au Royaume-Uni.

Fig. 1.9a-d : Double thermoformage



# 1.7 Conception du produit

Les éléments déterminant le mode de thermoformage d'un produit sont de 4 sortes : fonctionnels, économiques, esthétiques et contraintes de fabrication. Les trois premiers dépendent principalement de la nature du produit à fabriquer. En revanche, en ce qui concerne la fabrication, certaines limites sont imposées par la nature du procédé. Pour aider le concepteur et le fabricant au niveau de la conception, nous allons examiner ces différents facteurs:

**Géométrie du produit** La géométrie de la pièce détermine le degré d'étirement de la plaque qui, lui-même, est fonction du ratio d'étirage. Le ratio d'étirage est la rapport entre la surface du produit thermoformé (S) et la surface de plaque disponible à l'intérieur du cadre de serrage (s). (Voir Figure 1.10.a-b)

$$\text{Rapport d'étirage } (Q_s) = S / s$$

$$= \frac{LW + 2LH + 2WH}{LW}$$

Il existe un rapport semblable entre l'épaisseur de la plaque et l'épaisseur moyenne du produit.

$$Q_T = T / T'$$

Les recommandations ci-dessus présupposent une répartition constante de l'épaisseur et une géométrie de la pièce plus ou moins symétrique. Si la pièce est longue et étroite, l'étirement peut être unidirectionnel ce qui entraîne un étirement excessif au niveau de certaines zones. Dans ce cas, il est recommandé que l'importance de l'étirage soit limitée à une valeur égale à la plus petite largeur du produit. Pour les produits formés sous vide, un rapport d'étirage de 3:1 est généralement considéré comme un maximum.

**Rayons des produits** Lorsqu'il s'agit de formage positif ou négatif, toutes les modifications de géométrie doivent comporter des rayons suffisants pour éviter une concentration de contraintes. Le critère de base est que tous les rayons doivent être au moins égaux à l'épaisseur des parois. Les grands principes généraux sont illustrés sur la Figure 1.12.

**Angles de dépouille** Les plaques polycarbonate Lexan®, comme tous les matériaux thermoplastiques, serrent le moule après refroidissement. Il est donc essentiel que toutes les surfaces aient des angles de dépouille appropriés pour garantir un démoulage facile de la pièce. Pour les moules positifs un minimum de 2° à 3° est recommandé. Cependant, 5° à 7° sont préférables quand la géométrie de la pièce le permet. Pour les formages négatifs, le minimum recommandé est de 0,5° à 1°. Cependant, si le moule est texturé, le

Fig. 1.10a-b : Détermination de la taille de l'ébauche

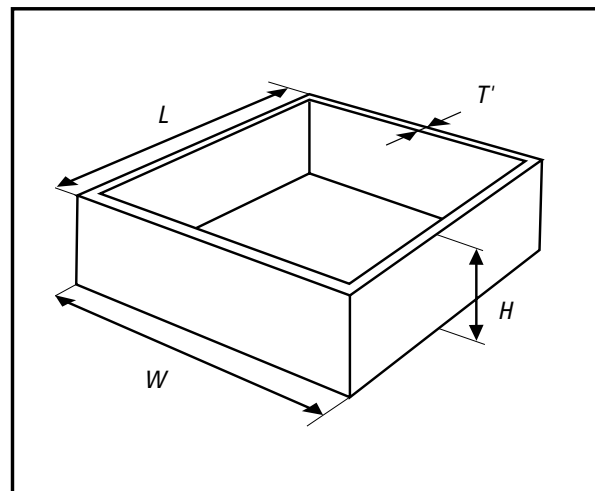
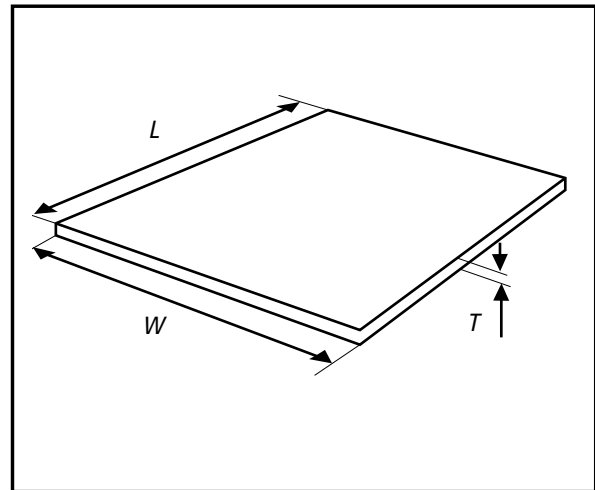
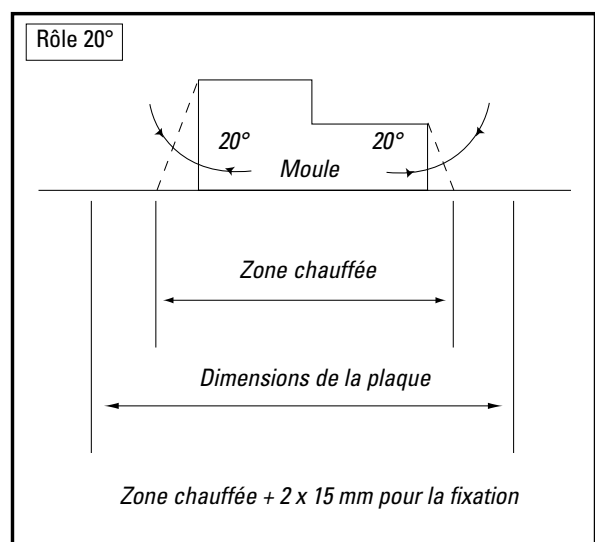


Fig. 1.11 : Taille de l'ébauche nécessaire pour le formage



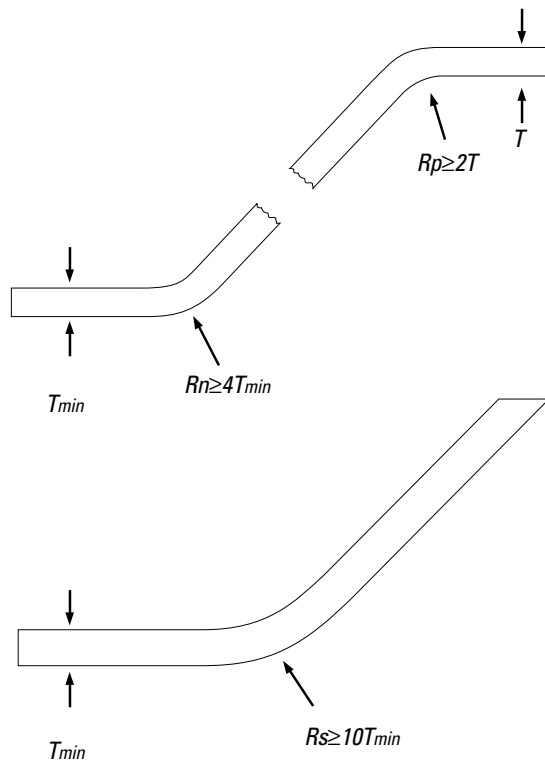
minimum recommandé est de 2° à 3°. Pour éviter la formation de contraintes et un démoulage difficile dû au retrait au moulage (0,8 à 1 %), le démoulage de la pièce en Lexan doit être effectué lorsque la température de la pièce est de 120°C.

## 1.7 Conception du produit

### Contre-dépouilles

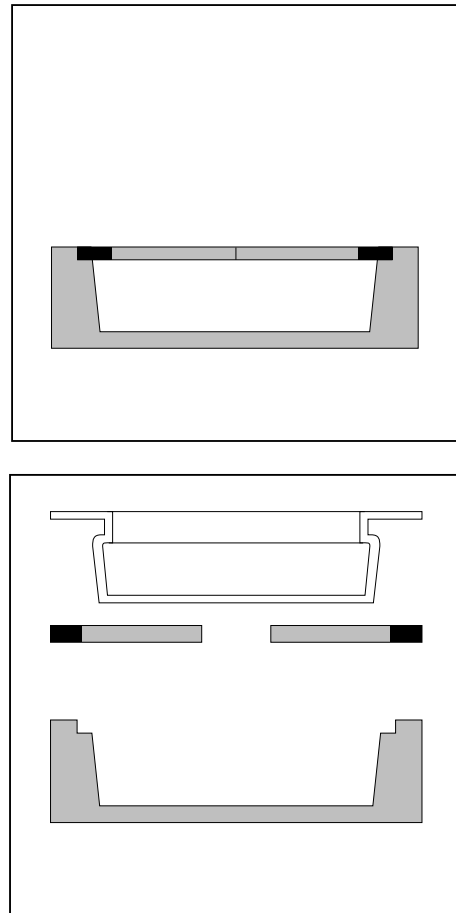
Les contre-dépouilles sont possibles avec le formage sous vide. Ceci nécessite cependant des moules plus complexes et rend le processus plus délicat. Les contre-dépouilles sont plus courantes dans le formage négatif et la méthode la plus simple consiste à utiliser une pièce mobile dans le moule que l'on retire après formage. L'exemple le plus courant est celui d'une couronne autour de la circonférence de la pièce tel qu'illustré sur la Figure 1.13. La partie mobile peut être une couronne constituée de deux segments ou plus et que l'on retire de la pièce une fois qu'elle a été formée. Cette méthode de production d'une contre-dépouille implique davantage de main d'œuvre et augmente bien entendu le temps de cycle. Pour les grandes séries, les pièces mobiles peuvent être installées dans le moule et activées par des cylindres pneumatiques et hydrauliques.

Fig. 1.12 : Recommandations de rayons minima



- $T$  - Epaisseur initiale de la plaque
- $T_{min}$  - Epaisseur minimale de la pièce formée
- $R_p$  - Rayon sur le moule positif
- $R_n$  - Rayon sur le moule négatif
- $R_s$  - Rayon au niveau de ou près d'une zone de forte contrainte

Fig. 1.13 : Conception type d'une contre-dépouille



# 1.8 Moules et conception des moules

Les moules utilisés pour former les plaques polycarbonate Lexan® sont relativement bon marché et peuvent être fabriqués dans une large gamme de matériaux. Selon le nombre de pièces à produire et le degré de qualité souhaité, les moules peuvent être fabriqués en bois, en plâtre de Paris, en résines époxy, en polyester renforcé aluminium ou en métal. Comme ils n'ont à supporter que la pression atmosphérique et le frottement de la matière, l'usure est minimale.

Il est possible d'utiliser du bois pour les prototypes et les productions en petite série. Si ce matériau présente des avantages significatifs en terme de disponibilité et de facilité de mise en œuvre, il présente néanmoins certains inconvénients. Les moules en bois n'ont pas de stabilité dimensionnelle, particulièrement à des températures de formage élevées. De plus, dans le cas de grands moulages, la pression de démoulage peut endommager la surface du moule. Pour les productions de moyenne à grande série, des résines époxy, des acryliques réticulés à froid ou des matériaux renforcés aluminium sont recommandés. Dans ce cas, il peut être nécessaire de prévoir des canaux de refroidissement dans le moule pour évacuer l'accumulation de chaleur. Il est essentiel pour garantir l'homogénéité des pièces que la température reste constante lors du formage.

**Retrait** \_\_\_\_\_ Lors du dimensionnement du moule, il convient de prévoir un retrait après formage de 0,8 à 1 % .

**Events** \_\_\_\_\_ L'évacuation de l'air hors du moule doit intervenir le plus rapidement possible. Cependant les événements permettant de faire le vide ne doivent pas être trop grands pour ne pas marquer la pièce après formage.

Pour éviter toute marque, nous vous recommandons des trous d'aspirations de 0,5 à 0,75 mm de diamètre. Les trous peuvent être pratiqués, tel qu'illustré sur la Figure 1.15a. La Figure 1.15b illustre la conception du système intercalaire.

Fig. 1.14 : Moule type de formage sous vide



Fig. 1.15a : Recommandations pour les trous d'aspirations

### Trous d'aspirations

Events de 0,5 à 0,75 mm de diamètre  
Avant trou recommandé

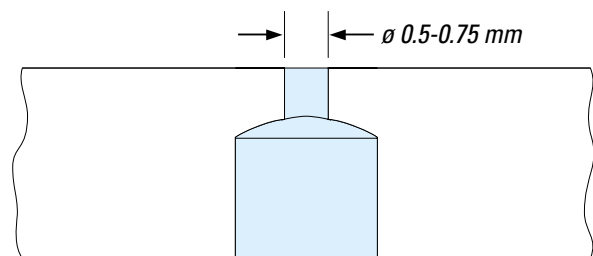
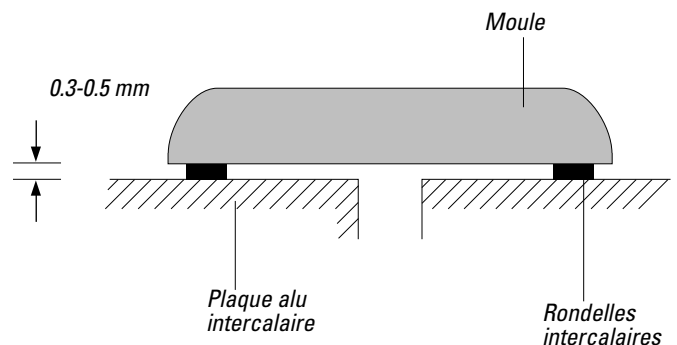


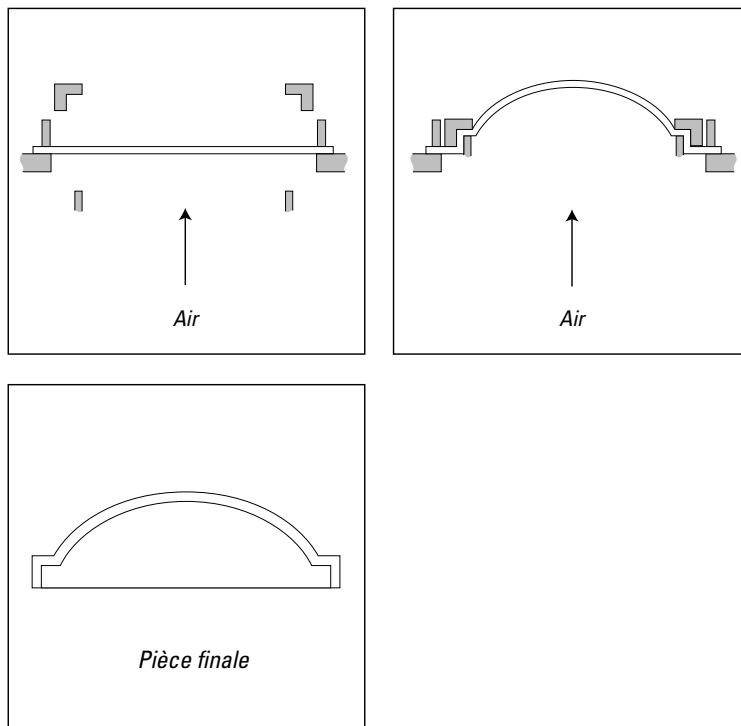
Fig. 1.15b : Recommandations pour la conception du système intercalaire



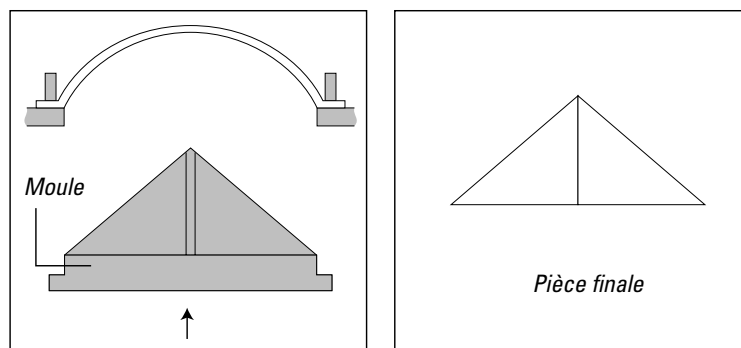
## 1.9 Dômes et pyramides

Les dômes sont probablement les applications les plus simples fabriquées par le procédé du thermoformage. La technique implique de fixer la plaque dans le cadre de serrage et, après chauffage, d'appliquer une pression modérée pour la buller. La plaque s'étire alors telle une membrane élastique pour former le dôme. Avec un contrôle précis de maintien de la pression, la forme est figée jusqu'à ce que la plaque ait refroidi. Les étapes de base du procédé sont illustrées sur la Figure 1.16. En ajoutant une étape au procédé, il est possible de fabriquer des pyramides tel qu'illustré sur la Figure 1.17. Un simple squelette en bois sert de moule et, après avoir prébullé la plaque, on fait monter la table de thermoformeuse et on laisse la pièce refroidir sur le moule. Le contact avec le moule est limité aux arêtes de la pyramide et il est facile de produire ainsi des pièces avec une bonne qualité optique. Les températures de mise en œuvre recommandées se situent entre 170°C et 180°C.

**Fig. 1.16 : Dômes à soufflage libre**



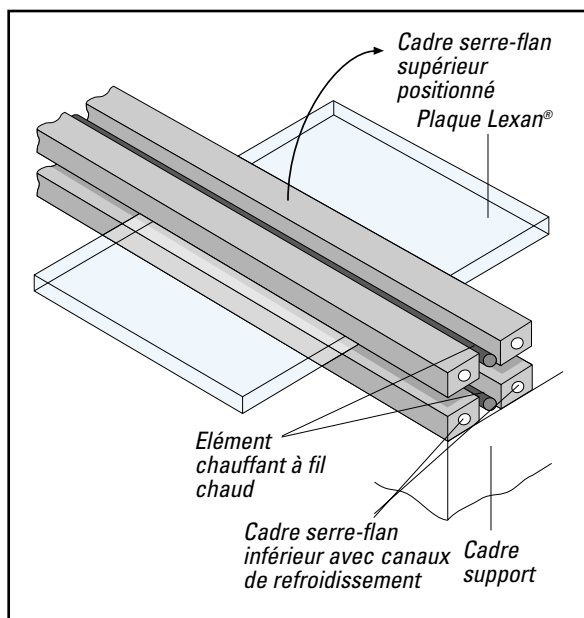
**Fig. 1.17 : Formation type d'une pyramide**



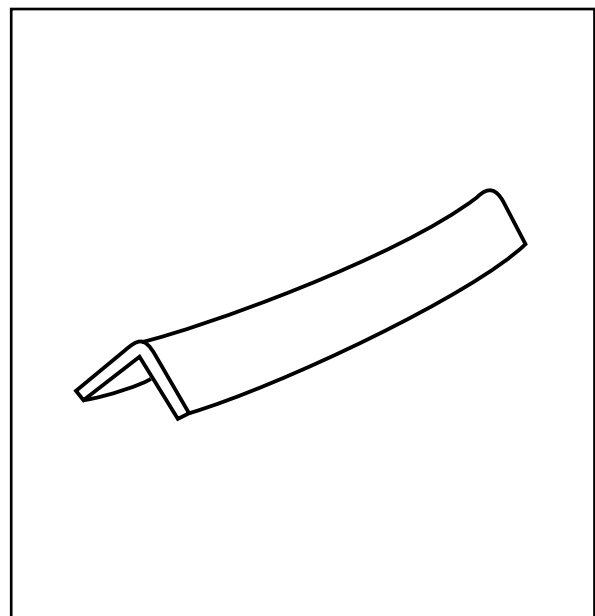
## 1.10 Pliage à chaud

Le pliage à chaud est un procédé impliquant un apport de chaleur sur la zone de pliage pour permettre de former des plaques plus épaisses et obtenir des angles de pliage plus vifs. La plaque est chauffée localement le long de la ligne de pliage avec un dispositif de chauffage par rayonnement, en général un chauffage à résistance électrique. Selon l'équipement, la plaque peut être chauffée sur l'un ou ses deux côtés. Dans le cas d'un chauffage sur l'un des côtés seulement, la plaque doit être retournée rapidement plusieurs fois pour obtenir un chauffage optimum. Le revêtement protecteur peut être laissé sur la plaque pendant le procédé de pliage par ligne à chaud. Quand la plaque a atteint sa température, de 155°C à 165°C, on arrête de chauffer et on plie la plaque pour obtenir l'angle souhaité. Pour les tolérances serrées et/ou la production en grande série, l'utilisation de plieuses équipées de systèmes de chauffage à température contrôlée sur les deux côtés est recommandée. Une exemple type est illustré sur la Figure 1.18. Dans la mesure où le procédé implique un chauffage localisé, les caractéristiques de dilatation de la plaque ne sont pas entièrement prévisibles. Pour les plaques de moins de 1 m de long, la ligne de pliage est généralement droite. Pour les longueurs de plaques supérieures à 1 m cependant, la ligne de pliage est souvent courbe avec les bords extérieurs relevés, tel qu'illustré sur la Figure 1.19. Il est possible de construire des gabarits simples pour laisser la plaque refroidir dans la bonne position ce qui permet aussi de réduire le degré de déformation. Dans tous les cas, il est recommandé de produire des prototypes pour déterminer la faisabilité du pliage.

**Fig. 1.18: Configuration type pour le pliage à chaud**



**Fig. 1.19: Effet de bord concave sur de longues plaques**



# 1.11 Cintrage et pliage à froid

Cette technique implique de placer la plaque sous contrainte. Cependant, si l'on observe certaines précautions, les caractéristiques de la plaque ne sont sensiblement pas modifiées.

## Cintrage à froid

Cette technique implique simplement d'installer une plaque en position cintrée en appliquant une légère contrainte sous flexion à la plaque. Les niveaux de tension du cintrage sont fonction de l'épaisseur et du rayon de la plaque et, dans la mesure où le rayon est au moins égal au minimum requis, la contrainte n'aura pas d'influence sur les propriétés de la plaque. Le critère de base pour les rayons minima sont 100 fois l'épaisseur de la plaque pour les plaques Lexan® sans revêtement, de 175 fois l'épaisseur de la plaque pour le Lexan® Exell® D et de 300 fois l'épaisseur de la plaque pour le Lexan® Margard® FMR5E. Le Tableau 1.2a donne les rayons recommandés pour une gamme d'épaisseurs de plaque.

Cette technique n'est pas recommandée pour le Lexan® Margard® MR5E. La combinaison de contraintes élevées et de conditions chimiques défavorables peut entraîner des fissurations dues à la tension aux points de contact, il est donc essentiel que la compatibilité chimique de tous les matériaux soit vérifiée avant l'installation. Le cintrage de plaques Lexan® CTG ou de plaques Lexan® sans revêtement, préalablement au formage par drapage, peut être effectué à des rayons de 100 fois l'épaisseur de la plaque.

**Tableau 1.2a: Rayons minima de cintrage à froid**

épaisseur de la plaque (mm)	Lexan® Exell® D Rayon minimum (mm)	Rayon minimum plaques Lexan® sans revêtement (mm)
1.0	-	100
1.5	-	150
2.0	350	200
3.0	525	300
4.0	700	400
5.0	875	500
6.0	1050	600
8.0	1400	800

**Tableau 1.2b: Rayons minima de cintrage à froid**

épaisseur de la plaque (mm)	Lexan® Margard® FMR5E/FLG5*
2	600
3	900
4	1200
5	1500
6	1800
8	2400

\* FMR5E à revêtement sur une face

## Pliage à froid

Le pliage à froid est possible dans la mesure où les plaques Lexan sont très ductiles, même à basse température. Le procédé implique cependant un certain degré de déformation plastique permanente et les résultats dépendent de l'épaisseur de la plaque, de l'outillage et de l'angle du pliage sous contrainte. Une opération type de pliage à froid est illustrée sur les Figures 1.20 et 1.21.

## Recommandations pour le pliage à froid

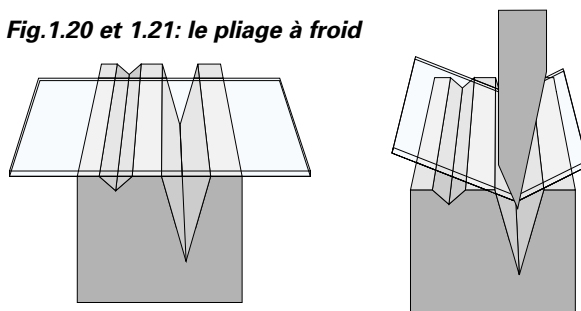
- Utiliser des outils à arêtes vives.
- Prévoir suffisamment de temps pour la relaxation des plaques après le pliage ( $\pm 1$  à 2 jours).
- Ne pas surplier la plaque pendant l'installation ou la forcer à prendre la position souhaitée.
- Pour obtenir les meilleurs résultats, le pliage doit être exécuté rapidement, comme pour une tôle.
- Les plaques texturées ne peuvent être pliées que si la surface texturée est pliée en compression.
- En raison de la relaxation de la contrainte immédiatement après le pliage, un sur-pliage est généralement anticipé pour obtenir l'angle définitif souhaité.
- Les plaques colorées peuvent présenter des variations de teinte le long de la pliure.

La plaque Lexan® doit avoir des bords lisses et sans microentailles (bords arrondis et/ou biseautés à 45°) pour éviter les fissurations lors du pliage. Pour limiter la déformation élastique critique, le pliage à froid est généralement limité à un angle égal ou supérieur à 90° pour des épaisseurs de plaques jusqu'à 6 mm.

Les plaques de Lexan® plus épaisses, de 8, 9,5 et 12 mm, peuvent être pliées à froid jusqu'à un angle de 135°. Après le pliage, des contraintes résiduelles demeurent dans la plaque et réduisent la résistance au choc du matériau dans la zone située le long de la pliure. Cette technique doit donc se limiter aux applications les moins exigeantes.

Le revêtement résistant à l'abrasion des plaques en Lexan® Margard MR5E et FMR5E, de même que la protection anti-UV des plaques Lexan® Exell® D peuvent être endommagés près de la zone de pliage durant le procédé de pliage. Pour plus d'informations sur ces techniques de formage, veuillez contacter votre Centre de service technique GE Plastics Produits Structurés.

**Fig. 1.20 et 1.21: le pliage à froid**



## *2.0 Techniques de fabrication*

---

On entend par fabrication la construction, la réalisation ou l'assemblage d'un certain nombre de composants entre eux. Pour les plaques polycarbonate Lexan®, ceci peut concerner la construction de panneaux de fenêtres, la fabrication de grands panneaux de signalisation routière ou le montage d'un écran de sécurité autour d'une machine. D'une manière ou d'une autre, chacune de ces applications nécessite une fabrication. Le chapitre suivant présente les techniques et les procédés utilisés pour fabriquer des produits finis à partir de plaques polycarbonate Lexan® et fournit des recommandations et des conseils sur la manière d'obtenir les meilleurs résultats possibles.



## 2.1 Découpe et sciage

Les plaques polycarbonate Lexan® peuvent être coupées et sciées facilement et avec précision en utilisant des outils standard. Vous pouvez utiliser des scies circulaires, des scies à ruban, des scies sauteuses et des scies à métaux ordinaires. Il convient cependant de respecter certains grands principes importants. Les règles générales sont énumérées ci-dessous avec les recommandations spécifiques s'appliquant à chaque type de découpe.

- La plaque doit toujours être bien fixée pour éviter toute vibration indésirable et angle de coupe irrégulier.
- Tous les outils doivent être équipés de lames à dents fines adaptées à la découpe des plastiques.
- Le film de protection doit être maintenu sur la plaque pour éviter tout risque de rayure et tout autre dégât superficiel.
- Une fois finies, les bordures des plaques Lexan doivent être nettes et sans entailles.
- Dans la mesure du possible, la sciure et la poussière doivent être évacuées à l'aide d'air comprimé.

### Scies circulaires

Il s'agit du type d'opération de découpe le plus courant et, bien que les vitesses de coupe et d'avance soient moins critiques qu'avec d'autres thermoplastiques, il est important de respecter les recommandations suivantes.

- Il est préférable d'utiliser des lames de scies à mises rapportées en carbure de tungstène alternativement biseautées à 45° sur les deux côtés pour améliorer la découpe et réduire les pressions latérales.
- Toujours utiliser une avance lente pour une découpe nette.
- Toujours commencer la découpe quand la lame est à sa vitesse maximum.
- Pour découper une plaque à la fois, d'une épaisseur inférieure à 3 mm, les scies à ruban ou les scies sauteuses sont préférables aux scies circulaires.

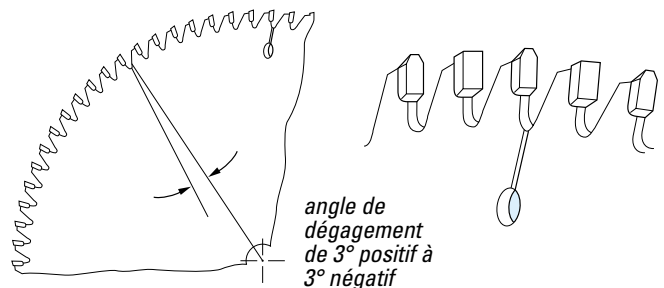
### Scies à ruban

Il peut s'agir de scies classiques de type vertical ou de scies de type horizontal spécialement développées pour les matériaux plastiques. Dans les deux cas, il est essentiel que la plaque soit solidement bloquée et soutenue pendant la découpe. Les guides de la scie doivent être le plus proche possible de la plaque pour éviter la torsion de la lame et une dérive de la découpe.

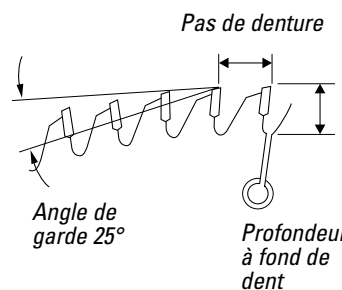
**Tableau 2.1: Recommandations pour la découpe et le sciage**

	Scie circulaire	Scie à ruban
Angle de garde	20°-30°	20°-30°
Angle de dépouille	5-15°	0-5°
Vitesse de rotation	1800-2400 m/min	600-1000 m/min
Pas de denture	9-15 mm	1.5-4 mm

**Fig. 2.2: Modèle de scies circulaires à mises rapportées en carbure de tungstène adaptée à la découpe des plaques Lexan®**

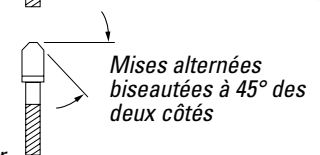


Lame de scie au carbure de tungstène adaptée pour la découpe des plaques LEXAN®



### Détails d'une scie type:

Diamètre 400 mm  
 Pas de denture 12 mm  
 Profondeur à fond de dent 11 mm  
 Vitesse de rotation 4000 rev/min



### Scies sauteuses ou scies à métaux

L'élément le plus important avec ce type de découpe est le soutien et la fixation, et plus particulièrement avec les scies sauteuses. Les lames au pas de denture de 2 à 2,5 mm sont idéales pour les découpes à avance lente.

## 2.2 Perçage

Les plaques Lexan® peuvent être percées avec des forets hélicoïdaux standard haute vitesse en acier ou des forets à section angulaire. Il est également possible d'utiliser des forets à mises rapportées en carbure de tungstène car ils conservent leur affutage. Le facteur le plus important à prendre en considération lors du perçage des plaques Lexan® est la chaleur générée pendant l'opération. Pour obtenir un trou propre, bien fini et sans contraintes, la chaleur générée doit être la plus faible possible. En respectant quelques grands principes de base, il est possible de réaliser des trous nets et sans contrainte.

- Le trou de perçage doit être dégagé régulièrement pour éviter l'accumulation de copeaux et une chaleur excessive due au frottement.
- Le foret doit être fréquemment retiré du trou et refroidi à l'air comprimé.
- La plaque ou le produit doivent être fixés correctement et soutenus pour réduire les vibrations et garantir la bonne dimension du trou.
- Pour le perçage d'un trou en bordure de plaque, il faut respecter une distance du bord égale ou supérieure à 1 ou 1 fois 1/2 le diamètre du trou.
- Tous les trous doivent être plus grands que le boulon, la vis ou la fixation pour prendre en compte la dilatation et la contraction thermiques.
- Pour les productions en grande série, il est recommandé d'utiliser des forets hélicoïdaux à pointe de carbure.

Les avances et les vitesses de perçage sont décrites dans le Tableau 2.2 ainsi que les différents types de forets sur les Figures 2.3 à 2.6.

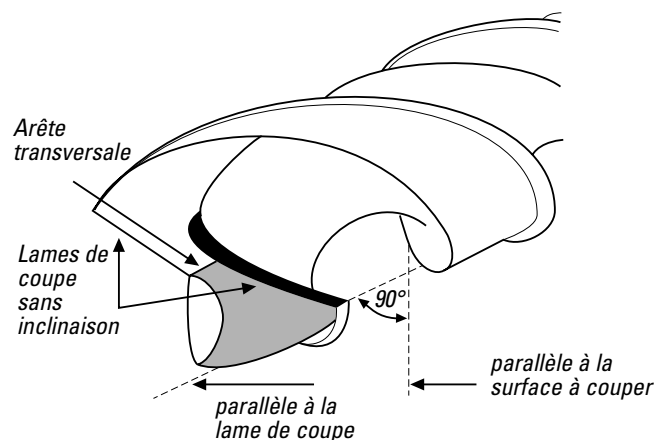
**Tableau 2.2: Recommandations pour le perçage**

Diamètre du trou	Vitesse (tr/min.)	Avance (mm/min.)
3	1750	125
6	1500	100
9	1000	75
12	650	50
18	350	25

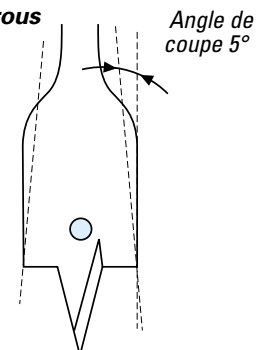
### Angles de perçage recommandés:

Angle de dépouille	$\alpha$	15°
Angle de dégagement	$\lambda$	0°-5°
Angle de pointe	$\varphi$	120°-160°
Angle hélicoïdal	$\beta$	30°

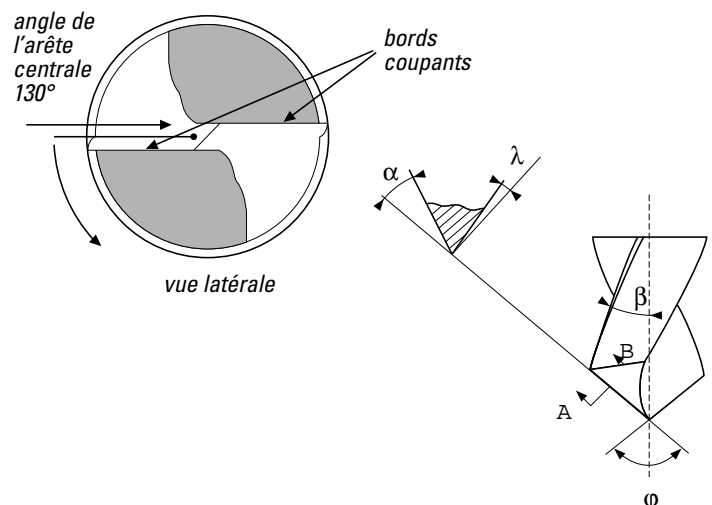
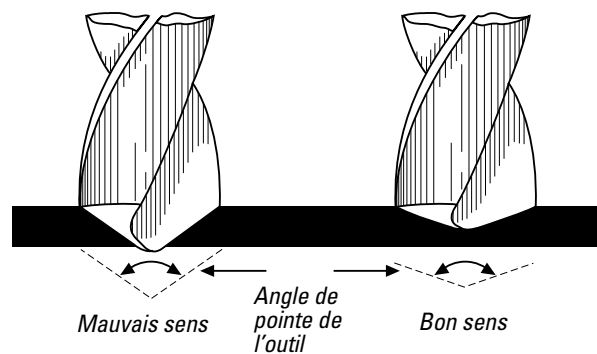
**Fig. 2.3 et 2.4: Configuration type de perçage**



**Fig. 2.5: Foret adapté pour les gros trous**



**Fig. 2.6: Foret adapté pour les plaques fines**



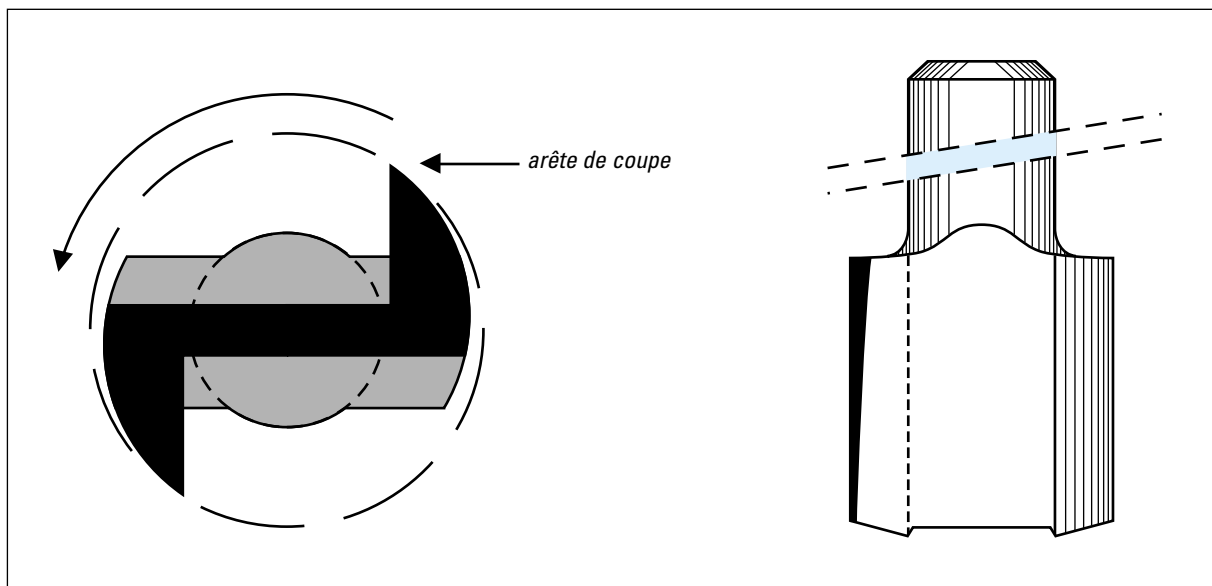
## 2.3 Fraisage

Les plaques Lexan® peuvent être usinées avec des fraiseuses conventionnelles équipées d'outils coupants à haute vitesse. Là encore, on ne saurait trop souligner l'importance d'un blocage parfait de la plaque. Les serre-joints, fixations mécaniques et les ventouses sont de bons moyens de fixation. Le Tableau 2.3 indique les vitesses de coupe et d'avance adaptées à un outil de découpe conventionnel illustré sur la Figure 2.7. Un refroidissement par air comprimé permet d'élever la vitesse de découpe. Il convient cependant de prendre garde à ne pas surchauffer le matériau. L'utilisation de liquides de lubrification ou de refroidissement pendant la coupe n'est pas recommandée. Le détourage assisté par ordinateur est un procédé de fraisage entièrement automatisé. Il est extrêmement précis et peut se pratiquer horizontalement et verticalement. L'utilisation de gabarit à vide permet d'éviter les vibrations de la pièce assurant ainsi une coupe lisse. Des détoureuses bi-côtés à haute vitesse équipées de pointes en carbure de tungstène sont recommandées, avec une vitesse de coupe d'environ 250 m/min. à 25 000/30 000 tr/min. pour une plaque de 4 mm d'épaisseur.

**Tableau 2.3: Recommandations pour le fraisage**

Angle de dépouille	5°-10°
Angle de dégagement	0°-10°
Vitesse de rotation	100-500 m/min
Avance	0.1-0.5 mm/rev.

**Fig. 2.7: Fraise conventionnelle**



## 2.4 *Eléments mécaniques de fixation*

---

A quelques exceptions près, toutes les techniques d'assemblage mécaniques impliquent l'utilisation d'éléments supplémentaires de fixation. Le choix du dispositif dépend souvent de la nature de la fixation demandée.

Alors que les rivets sont le plus souvent permanents, les vis et les écrous peuvent être démontés et certaines pinces à ressort ou clips peuvent être permanents ou amovibles.

Il existe de nombreux types différents de systèmes de fixation mécaniques pouvant être utilisés avec succès pour assembler des plaques de matières plastiques.

Nous ne pouvons en présenter que quelques uns dans cette brochure.

Pour simplifier, nous les diviserons en trois groupes:

- Vis, écrous et boulons
- Rivets
- Clips pinces à ressort et autres systèmes de fixation.

Deux facteurs importants doivent être pris en compte avec tous ces systèmes de fixation.

Il faut tout d'abord prévoir un jeu pour la dilatation et la contraction thermiques. Tous les trous, fentes et découpes doivent être sur-dimensionnés pour s'adapter aux changements de volume dus aux variations de température.

Ensuite, la répartition du couple de serrage doit être uniforme. Le couple de serrage doit être réparti sur la plus grande zone possible à l'aide de joints caoutchouc compatibles, de larges têtes de vis et de rivets .

**Tableau 2.4**

Matériau	$m/m^{\circ}C \times 10^{-5}$
Plaque Lexan®	6.7
Verre	0.7 - 0.9
Aluminium	21. - 2.3
Acier	1.2 - 1.5

## 2.4.1 Vis, écrous et boulons

### Vis usinées

La plupart de ces vis sont en acier mais d'autres métaux et alliages sont utilisés pour des applications spécifiques. Plusieurs exemples de ce type de système de fixation sont illustrés sur cette page. Les Figures 2.9 et 2.10 montrent des systèmes de fixation connus sous le nom de vis ou écrous borgnes.

### Vis auto-taraudeuses

Les vis auto-taraudeuses sont très souvent utilisées dans l'industrie des matières plastiques. Le principe est qu'elles produisent leur propre filetage quand on les insère dans un trou et qu'on peut les choisir pour tous les assemblages destinés à être démontés et remontés par la suite. Si la plupart de ces vis sont conçues pour les moulages en plastique, avec des clips, pinces à ressort et rondelles, on peut les adapter aux plaques. Les Figures 2.11 à 2.14 montrent quelques systèmes courants de fixation.

### Attention

Si l'application nécessite un assemblage par vis, il est capital de respecter les recommandations suivantes.

- N'utilisez pas de vis à tête fraisée car l'action de 'blocage' de la tête fraisée provoque une contrainte excessive sur la plaque. Ceci peut entraîner la rupture de la pièce.
- Assurez-vous de retirer toute trace d'huile, de graisse ou d'autres enduits restant sur les vis avant l'assemblage. Certaines huiles et graisses peuvent entraîner des fissurations dues aux contraintes.

Fig. 2.11-2.14: Autres systèmes courants de fixation

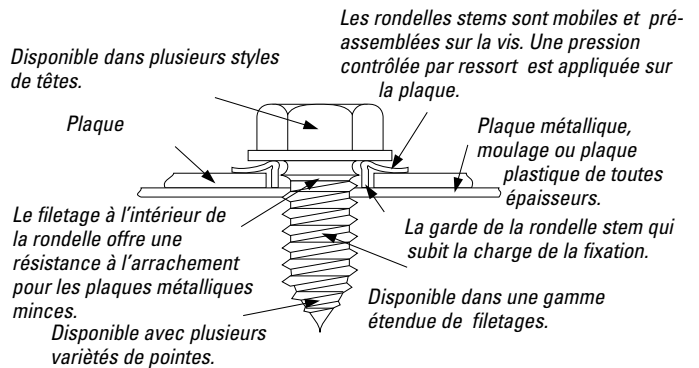
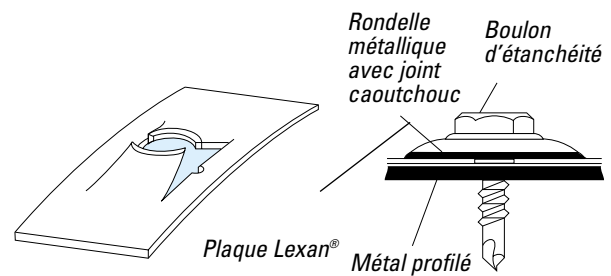
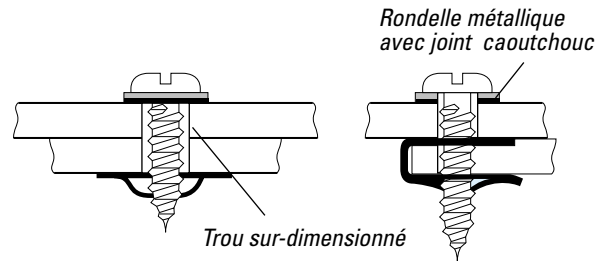
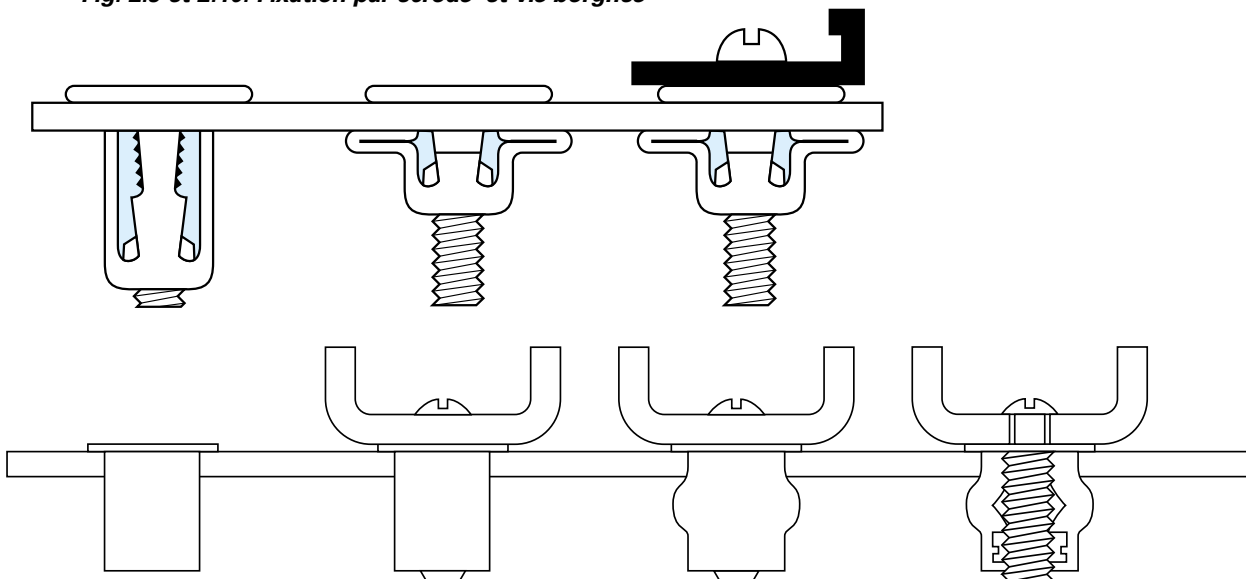


Fig. 2.9 et 2.10: Fixation par écrous et vis borgnes



## 2.4.2 Systèmes de rivetage

Bien que le rivetage soit une technique de fixation appréciée et efficace, certains grands principes doivent être respectés lorsque l'on envisage de choisir cette méthode de montage. Le rivetage peut provoquer des tensions radiales et de compression dans la plaque plastique. Il faut donc prendre des précautions pour répartir ces forces sur la zone la plus étendue possible.

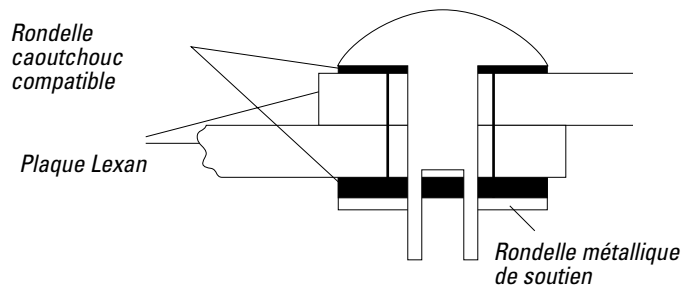
Dans un montage plastique-plastique, il est recommandé de mettre une rondelle métallique recouverte de caoutchouc pour réduire les tensions dues à la compression. Si le diamètre du rivet avec un joint caoutchouc est légèrement supérieur au diamètre du trou, alors les contraintes transversales seront transmises au joint plutôt qu'à la plaque.

Pour les joints plastique-métal, la tête du rivet avec une rondelle en caoutchouc doit être contre le plastique et le trou dans la plaque doit être suffisamment grand pour permettre les mouvements thermiques. La taille du trou doit faire 1,5 fois le diamètre du rivet dilaté.

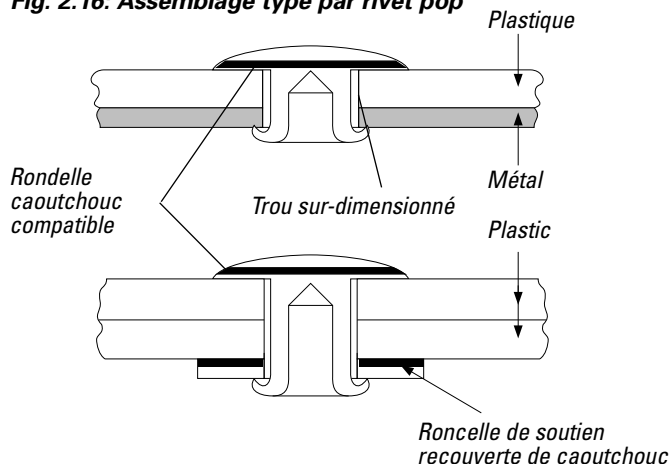
Les diamètres des rivets doivent être le plus grand possible et leur espacement doit correspondre à 5 à 10 fois leur diamètre. GE Plastics Structured Products recommande l'utilisation de rivets en aluminium, laiton et cuivre.

Il existe différents types de systèmes de rivetage, le plus connu étant cependant le rivet pop. Ce type de rivet fournit un moyen d'assembler deux composants en n'accédant qu'à un seul côté. Les Figures 2.15 et 2.16 illustrent des assemblages courants par rivets.

**Fig. 2.15: Assemblages courants par rivetage**



**Fig. 2.16: Assemblage type par rivet pop**



## 2.5 Diverses techniques de fabrication

---

De nombreuses techniques sont utilisées pour couper et fabriquer des produits à partir de plaques polycarbonate Lexan®, notamment:

- le cisaillement
- la découpe à la presse
- le taraudage
- la découpe au laser
- la découpe au jet d'eau

Si ces techniques sont certes utilisées, elles ne sont toutefois pas recommandées, car elles entraînent des contraintes inutiles sur la pièce finie ou endommagent le fini de surface. Dans les procédés de cisaillement et de découpe à la presse, on utilise une guillotine ou un poinçon qui ont tendance à laisser une surface de découpe irrégulière. Cette surface présente souvent des micro-fissures qui peuvent entraîner une rupture prématurée de la pièce.

Le taraudage est possible avec le polycarbonate Lexan®. Cependant, ce procédé est généralement limité aux pièces moulées. Les vis auto-taraudeuses ou usinées ont besoin d'une profondeur minimum pour avoir la résistance nécessaire et les plaques ne sont pas suffisamment épaisses pour cela.

La découpe au laser des plaques GE n'est pas recommandée pour les raisons suivantes:

- Arêtes irrégulières
- Dépôt de carbone sur les arêtes
- Augmentation du niveau de contrainte dans les plaques de forte épaisseur

Avec la découpe au jet d'eau, les considérations suivantes doivent être prises en compte:

- Aucune contrainte quelle que soit l'épaisseur de la plaque
- L'arête nécessite une finition supplémentaire
- Vitesse de découpe limitée
- Equipement coûteux

Pour plus d'informations sur les techniques de fabrication ou tout procédé d'assemblage, veuillez contacter votre Centre de service technique GE Structured Products le plus proche.

## *3.0 Finition, décoration et nettoyage*

---

Dernières étapes dans le procédé de montage d'un produit, la finition et la décoration sont souvent celles qui prennent le plus de temps et nécessitent le plus de travail. Ces opérations concernent généralement l'aspect de surface de l'ensemble et il est essentiel d'apporter la plus grande attention aux détails si l'on veut s'assurer que les composants remplissent pleinement leur fonction.

Il est également important, dans ce domaine particulier, d'étudier avec précision les produits chimiques amenés à entrer en contact avec la plaque polycarbonate Lexan®, qu'il s'agisse de peinture, d'adhésif ou d'un produit de nettoyage.

GE Structured Products possède une base de données complète sur tous les systèmes compatibles et vous pouvez obtenir tous ces renseignements auprès du Centre de service technique de GE Structured Products.



## 3.1 Résistance chimique

La résistance chimique d'un thermoplastique dépend de cinq facteurs principaux:

1. Le niveau de contrainte dans l'application
2. La température
3. Le temps d'exposition
4. La concentration chimique
5. Le type de produit chimique concerné

La résine polycarbonate Lexan® se caractérise par une bonne résistance chimique, à température ambiante, à une gamme variée d'acides organiques et inorganiques dilués. L'eau, les huiles végétales, les solutions salines neutres, les hydrocarbures aliphatiques et les alcools entrent également dans cette catégorie.

Quand un thermoplastique est attaqué par un produit chimique, cette attaque prend l'une des trois formes suivantes. Dans le premier cas, le produit chimique est absorbé par le plastique et il y a alors plastification et/ou cristallisation. Les signes visibles de ce type d'attaque sont le gonflement ou le blanchiment de la surface. Le polycarbonate Lexan® réagit de cette manière sous l'effet de solvants partiels tels que les aldéhydes de faible masse moléculaire et les éthers, les cétones, les esters, les hydrocarbures aromatiques et les hydrocarbures perchlorés.

En outre, il y a attaque chimique avec destruction partielle à complète du polycarbonate Lexan® lorsqu'il entre en contact avec des produits alcalins, les sels alcalins, les amines et les fortes concentrations en ozone.

Le troisième type d'attaque est souvent le plus difficile à prévoir dans la mesure, car il dépend des conditions d'environnement. En effet, la combinaison de certains types d'environnement avec des efforts ou contraintes subies par la matière peut provoquer des fissurations ou craquelures du polycarbonate. Les craquelures peuvent être provoquées, à des niveaux de contrainte modérés, par les hydrocarbures de faible masse moléculaire. Les produits tels que l'acétone et le xylène peuvent provoquer des fissurations même à des niveaux très faibles de contrainte et doivent donc être évités. Etant donné la complexité de la compatibilité chimique, tous les produits chimiques amenés à entrer en contact avec le polycarbonate doivent être testés. En ce qui concerne les plaques, il s'agit le plus souvent de pâtes à joints, joints et divers produits d'entretien.

L'étude de la compatibilité chimique, Figure 3.1, est un procédé permanent chez GE Structured Products et de nombreux produits courants ont déjà été testés. Une liste complète des détergents, joints et pâtes à joints recommandés est disponible sur simple demande. Une liste condensée de certains des composants les plus courants est cependant donnée dans les sections respectives des tableaux 3.2 à 3.6. En cas de doute sur n'importe quel aspect relatif à la compatibilité chimique des plaques polycarbonate Lexan®, consultez toujours votre Centre de service technique GE Structured Products le plus proche pour davantage d'informations.

### Résistance chimique du Lexan® Margard® MR5E

Le revêtement de protection du Lexan® Margard® présente des avantages

supplémentaires en termes de résistance chimique. Ce revêtement spécifique résiste à une gamme étendue de produits chimiques qui attaquaient un polycarbonate Lexan® non protégé.

Le Tableau 3.1 présente les résultats d'une série de tests exécutés sur des plaques polycarbonate Lexan® avec ou sans revêtement de protection. Ces tests incluaient également une évaluation de la résistance au choc et l'application des différents produits chimiques n'a eu aucun effet significatif sur la résistance au choc du Lexan® Margard®. Les essais ont été réalisés sur des échantillons de 3 mm avec un temps d'exposition de 5 minutes, à température ambiante et en l'absence de contraintes.

**Fig. 3.1: Synthèse de la compatibilité chimique des plaques Lexan®**

Classe de produit chimique	Effets
Acides (minéraux)	Aucun effet dans la plupart des conditions de concentration et de température.
Alcools	Généralement compatibles.
Produits alcalins	Acceptables à faible concentration et basse température. Des concentrations et des températures plus élevées provoquent des entailles et la décomposition chimique de la matière.
Hydrocarbures aliphatiques	Généralement compatibles.
Amines	Cristallisation et attaque chimique superficielles.
Hydrocarbures aromatiques	Solvants et agents provoquant de graves fissures
Détergents et agents nettoyants	Les solutions légèrement savonneuses sont compatibles. Les produits contenant un taux élevé d'ammonium alcalin doivent être évités.
Esters	Provoquent une forte cristallisation. Solvants partiels.
Jus de fruits et boissons gazeuses	Compatibles à des faibles niveaux de contrainte. Certains concentrés ne sont pas recommandés.
Essence	Pas compatible à des températures et des niveaux de contrainte élevés.
Graisses et huiles	Le pétrole pur est généralement compatible. De nombreux additifs utilisés avec le pétrole pur ne le sont pas. Il convient donc de tester les produits contenant des additifs.
Hydrocarbures halogénés	Solvants et agents provoquant des fissurations importantes
Cétones	Provoquent de fortes cristallisations et fissurations. Solvants.
Huiles et graisses silicone	Généralement compatibles jusqu'à 80°C.

**Tableau 3.1: Essais comparatifs de résistance chimique du Lexan® Margard®/Lexan® non protégé**

Produits chimiques	PC sans revêtement	Lexan® Margard® MR5E
Toluène	W/S	ok
Acétone	S	ok
Méthyl éthyl cétone	S	ok
Dichlorométhane	W/S	ok
Acide sulfurique (95-97%)	ok	ok
Acid chlorhydrique (32%)	ok	ok
Ammoniaque (25%)	ok	ok
Diluant (Sikkens 1-2-3)	W/S	ok
Super (Esso)	W/S	ok
Diesel (Esso)	ok	ok
Essence C	ok	ok
Laque cheveux	ok	ok

B = blanchiment superficiel

S = dissolution superficielle

## 3.2.1 Peinture

Qu'il s'agisse d'une application simple ou complexe, décorative ou fonctionnelle, à la main ou automatique, la peinture des plaques Lexan® offre au créateur la liberté de créer un effet étonnant aussi bien pour un affichage que pour le code couleur d'un mode d'emploi.

Dans la mesure où certaines recommandations de base sont scrupuleusement respectées, la plupart des techniques utilisées pour le bois, le métal, des matériaux de construction et d'autres plastiques peuvent être utilisées pour les plaques Lexan®. Le facteur important est, là aussi, la compatibilité. Seuls les systèmes de peinture approuvés doivent être utilisés. Certains systèmes de peinture ou de diluant ne sont pas compatibles avec les plaques Lexan® et peuvent provoquer des fissurations et donc une diminution de la résistance au choc. Les systèmes de peinture pour les plaques Lexan doivent être flexibles.

On peut également combiner primaires flexibles et revêtements de protection. Tout système de peinture doit être flexible à des températures inférieures à zéro.

En raison de problèmes d'adhésion, il n'est pas recommandé de peindre la partie traitée du Lexan Margard MR5E ou Lexan Margard FMR

### Recommandations pour la peinture

- Nettoyer la plaque et éliminer l'électricité statique avec une peau de chamois humide ou un traitement à air ionisé.
- Éviter un débit trop élevé et une couche de peinture trop épaisse.
- Prévoir un temps de séchage suffisant avant d'appliquer un pochoir sur les zones peintes.
- Ne pas exposer les faces peintes à de basses températures et à un environnement à forte teneur en humidité pendant le séchage.
- Utiliser de l'air sec dans tous les conduits d'air comprimé. Vidanger régulièrement les robinets.
- Les solvants des peintures doivent être évaporés de la surface peinte le plus rapidement possible par une circulation d'air adéquate.
- Suivre les procédures d'usinage et de détournage recommandées pour la finition des pièces décorées.

**Tableau 3.2: Systèmes de peinture pour les plaques Lexan sans revêtement**

Fournisseur	Peintures	Diluant	Commentaires
AKZO Coatings	Autocryl 01-69004 Class 45	- 06-302007	Acrylique 2K Primaire/2K/PUR Couche de finition/2K/PUR
Diegel	PA 21	24896	Acrylique 1K Flex.
Schaepman	C1 F57 C1 W28 C4 P212	VOA 462 Eau VOA421/H4P4	Acrylique Acrylique/à l'eau Acrylique 2K
Herberts	R 47633 41605  R 4790 R 4780	- 11098  - -	Primaire 2K Couche d'apprêt métallique BMW Revêtement transparent 2K Système une couche 2K
Becker	TH 130 DJ-331-5176 TC 132	NT19 ET-134 -	Couche de finition 2K Primaire 1K (flexible) Revêtement transparent 2K
HSH	Interplan 1000		A eau 1K
Morton	L446	U987	Système acrylique 1K

*NB. Pour obtenir des informations sur les techniques d'application et les propriétés, veuillez contacter le fournisseur de peinture correspondant.*

## 3.2.2 Sérigraphie

La sérigraphie est un procédé reconnu qui offre de nombreuses possibilités de finition décorative. Cependant, dans la plupart des cas, l'impression doit être réalisée avant l'installation puisque le procédé est horizontal et limité généralement à des pièces de petite à moyenne taille. Ce procédé consiste à faire passer de force des encres à travers un écran très finement tramé et traité de manière à ne laisser passer l'encre qu'au travers d'une zone dessinée. Il faut utiliser des encres spéciales dont la consistance évite les coulages après leur passage à travers la trame de l'écran.

Ce type d'opération de finition est souvent utilisé dans l'industrie de la signalisation et une large gamme d'encres et de diluants est disponible. On ne saurait trop insister sur l'importance de la compatibilité chimique et sur la nécessité d'utiliser exclusivement les produits recommandés pour les plaques Lexan.

Ce procédé ne convient pas à la décoration du Lexan Margard MR5E, Lexan Margard FMR5E et Lexan Margard MRA3.

Les grades Margard à revêtement sur une seule face, tels que le Lexan Margard HLG5, Lexan Margard FLG5 et Lexan Margard HLGA3, peuvent être sérigraphiés sur la face sans revêtement.

### Recommandations pour la sérigraphie

- N'utiliser que des peintures et des diluants recommandés.
- Ne pas mélanger différentes peintures et encres.
- Ne pas utiliser de diluants en spray pour la sérigraphie.
- Ne pas ajouter aux encres de solvants tels que le toluène, le xylène, l'acétate de cellulose, des méthyléthylcétones et d'autres produits chimiques similaires.
- lors du nettoyage préalable à l'impression.
- Pour le nettoyage avant impression, utiliser une peau de chamois ou un chiffon humide pour éviter tout risque d'abrasion
- Utiliser la couleur d'encre adéquate pour obtenir l'opacité requise.
- Veiller à une bonne ventilation pendant le séchage.

**Tableau 3.3: Encres pour sérigraphie des plaques Lexan® sans revêtement**

Fournisseurs	Encres
Sericol	Seritec TH Polyplast PY Uvispeed UX
Diegel	HV/Z
Gibbon Inks & Coating Ltd.	Malercryl Polyvin/Marlerstyrene
Coates	Vynaglaze/Vynafresh /Touchkey/HG/PK/PK-Jet
Pröll	Jet 200/Thermo-Jet/ Noriprint PS
Marabu	Marastar SR/Maraplast D

### *3.2.3 Traitement anti-statique*

---

Comme tous les matériaux isolants, les plaques polycarbonate Lexan® ont tendance à accumuler une charge statique. Il est souvent nécessaire de nettoyer et de décharger la surface avant la peinture ou la sérigraphie. Il suffit souvent d'essuyer la plaque avec une peau de chamois humide ou d'appliquer sur la surface de l'air déionisé. Une autre méthode efficace pour minimiser l'accumulation d'électricité statique consiste à contrôler l'humidité relative. Plus l'humidité relative est élevée, plus l'accumulation d'électricité statique est réduite. L'humidité relative doit, de préférence, toujours être supérieure à 60 %.

### *3.3 Joints et adhésifs*

---

Les adhésifs sont universellement utilisés pour assembler des matières différentes. Au cours des vingt dernières années, les techniciens des polymères ont développé des adhésifs répondant à une large gamme de propriétés et de caractéristiques. La technologie de l'adhésion est devenue une branche de l'industrie des matières plastiques à part entière : elle offre une technique des plus efficaces et économiques pour coller des composants en plastique entre eux ou avec d'autres matériaux. Cependant, il s'agit d'une technologie qui pose parfois beaucoup de problèmes. Certaines colles ou adhésifs donnent un collage flexible, d'autres un collage rigide. Certains peuvent remplir des interstices tandis que d'autres sont utilisés pour un contact étroit. Certains résistent à des températures élevées, d'autres non. Le choix des adhésifs, tout comme celui des domaines d'application, est vaste. Il est donc capital de choisir l'adhésif avec le plus grand soin et de s'assurer de sa compatibilité avec les matériaux utilisés et aussi avec son environnement.

L'importance de la compatibilité chimique a été expliquée au Chapitre 3.1. Le choix et l'évaluation des matériaux adhésifs est une démarche permanente chez GE Structured Products. Une base de données complète d'adhésifs adaptés est disponible et, de toutes façons, il est fortement recommandé de vérifier la compatibilité de tous les adhésifs avant utilisation. Le Tableau 3.5 présente un aperçu des critères de base utilisés pour sélectionner un adhésif et le Tableau 3.6 fournit une liste des adhésifs compatibles en indiquant leurs types génériques, leurs marques et leurs domaines d'application. Les figures 3.2 et 3.3 présentent quelques types de joint courants et peuvent servir de guide pour déterminer la bonne géométrie du joint pour une application donnée.

## 3.3 Joints et adhésifs

**Tableau 3.5 : Groupes d'adhésifs et propriétés**

	Résistance au choc	Comportement à l'humidité	Nombre de composants	Limites de température (°C)	Remplissage des écarts
Epoxy	Mauvaise	Très bon	1 ou 2	200 +	+
Polyuréthane	Très bonne	Bon	1 ou 2	140	+
Adhésif thermo-fusible	Bonne	Bon	1	60	+/-
Silicone	Excellente	Très bon	1 ou 2	250	+

**Table 3.6: Liste sélection adhésifs pour plaques Lexan® polycarbonate**

Type d'adhésif	Nom produit	Colle une plaque Lexan® à	Système simple/mixte	Fournisseur	Commentaires
Epoxy	Scotch Weld DP 110	Métaux, plastiques, caoutchoucs	Mixte	Société 3M	Epoxy à durcissement rapide avec résistance au cisaillement élevée
Epoxy	Scotch Weld DP 190	Plastiques	Mixte	Société 3M	Epoxy avec résistance au cisaillement élevée
Polyuréthane	Bison PUR	Plastiques, métaux, bois	Mixte	Perfecta	
Polyuréthane	Plio-grip 6000	Plastiques, métaux, bois	Mixte	Good Year	Flexible, durée de vie en pot ouvert très courte (10 min.)
Adhésif thermo-fusible	Jet Melt 3736 Jet Melt 3764	Plastiques bois Plastiques bois	Simple	Société 3M	Bonne résistance thermique Résiste à l'huile et à l'eau
Adhésif thermo-fusible	Macromelt XS6335	Plastiques, bois, verre, céramique	Simple	Henkel	Transparent
Silicone	*Silpruf® SCS2000	Lexan sans revêtement Lexan Exell D, Matériaux de construction en Lexan Margard MR5E + FMR	Simple	GE Bayer Silicones	Excellente adhésion, résiste aux U.V. et aux intempéries, flexible
Silicone	*SEA 210	Plastiques, verre, métaux, bois	Mixte	GE Bayer Silicones	Durcit rapidement
Silicone	Multi Sil	Lexan sans revêtement Lexan Exell D, Matériaux de construction en Lexan Margard MR5E + FMR	Simple	GE Bayer Silicones	Excellente adhésion résiste aux U.V. et aux intempéries, flexible
Rubans adhésifs	Scotchtape VHB Range	Plastiques, verre, métaux	-	Société 3M	Double-face Autoadhésif
Rubans adhésifs	Fas Tape	Métaux / plastiques	-	Fasson	Bi-face
Rubans adhésifs	PS-18	-	-	Velcro	Ruban à boucles et crochets
Rubans adhésifs	SR 321 SW 321	-	-	Multifoil	Mousse PE, bi-face Mousse PE, bi-face
Rubans adhésifs	5669	-	-	Sellotape	Mousse PE, bi-face

\* Ces produits sont compatibles avec les plaques Lexan®, Lexan® Exell® D, Lexan® Margard®. D'autres joints silicone peuvent contenir des agents durcissants AMINO ou BENZAMID qui ne sont pas compatibles avec les plaques Lexan® et peuvent provoquer une corrosion de tensions. Consultez le fabricant avant d'utiliser d'autres joints silicone.

Les adhésifs énumérés, les rubans adhésifs et les joints n'ont été testés que dans des conditions atmosphériques normales pour déterminer leur compatibilité et leur capacité d'adhésion avec les plaques Lexan®. Le choix définitif de l'adhésif dépendra de la conception du joint, des circonstances d'utilisation du joint et des conditions atmosphériques réelles. Dans tous les cas, le type d'adhésif devra être testé de façon exhaustive dans les conditions exactes d'utilisation pour déterminer sa compatibilité et son efficacité.

## 3.3 Joints et adhésifs

### Joints en recouvrement

Les joints en recouvrement à double bout fournissent la meilleure répartition des contraintes dans la zone de charge.

Le joint à embrèvement permet une répartition des contraintes plus uniforme qu'un joint conique simple à recouvrement.

Un joint conique à recouvrement simple est plus efficace qu'un joint de recouvrement unique, puisqu'il permet la flexion du bord du joint soumis à contrainte.

Un joint à double recouvrement permet une rigidité plus importante qu'un joint à recouvrement unique.

Un joint à recouvrement simple peut provoquer un clivage et un arrachement de collage sous l'effet d'une charge, particulièrement dans le collage de plaques de faible épaisseur.

Un joint de recouvrement profilé peut être utilisé pour ajouter rigidité et résistance à un assemblage et minimiser le gauchissement des plaques planes.

Les joints de recouvrement à double enture présentent une meilleure résistance aux efforts de fléchissement que les joints à double bout.

### Joints aboutés

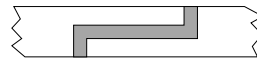
Les joints arrondis centrés par languette et rainure s'alignent automatiquement et peuvent servir de réceptacle à un excès d'adhésif.

Les joints à enture centrés par languette et rainure font office de contrôle de l'épaisseur de la ligne d'adhésif.

Les joints encastrés à languette et rainure améliorent la résistance au clivage des joints aboutés.

Les joints aboutés droits ne sont généralement pas recommandés dans la plupart des applications.

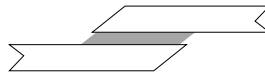
Fig. 3.2 : Configurations de joints en recouvrement



1. Joint de recouvrement à double bout



2. Joint à embrèvement



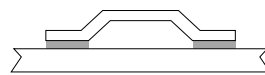
3. Joint conique à recouvrement simple



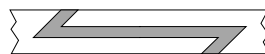
4. Joint à double recouvrement



5. Joint de recouvrement simple

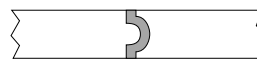


6. Joint de recouvrement profilé



7. Joint de recouvrement à double enture

Fig. 3.3: Configurations de joints aboutés



1. Joint arrondi centré par languette et rainure



2. Joint à enture centré par languette et rainure



3. Joint encastré à languette et rainure



4. Joint bout à bout

## 3.4 Recommandations pour le nettoyage

Le nettoyage périodique de tous les plaques polycarbonate Lexan® se fait facilement et sans produits spécifiques. Cependant, comme tous les matériaux thermoplastiques, certains produits chimiques peuvent endommager la structure et la surface des plaques et il convient d'observer certaines précautions pour éviter l'utilisation de détergents trop agressifs.

Le meilleur produit de nettoyage pour toutes les plaques polycarbonate Lexan® est une solution d'eau tiède et de savon ou un détergent ménager, appliqués avec un tissu doux ou une éponge pour enlever les saletés et les poussières. Toutes les surfaces sont ensuite rincées à l'eau froide puis séchées avec un tissu doux pour éviter les traces de gouttes d'eau. Cependant, dans certains cas, ceci peut ne pas être suffisant et l'utilisation de certains produits contenant des solvants peut être nécessaire pour venir à bout de taches rebelles, de graffiti, etc. Dans ce cas, les produits de nettoyage de la liste suivante peuvent être utilisés à température ambiante:

- Alcool de méthyle
- Alcool d'éthyl
- Alcool butylique
- Alcool isopropylique
- White spirit
- Heptane
- Hexane
- Ether de pétrole (BP 65°)

### Recommandations pour le nettoyage du Lexan® Margard®

La surface unique des plaques Lexan® Margard® garantit une protection supérieure contre les attaques chimiques. Même les graffiti effectués à la peinture en bombe se retirent facilement et rapidement. Bien que le Lexan® Margard® ait un revêtement résistant à l'abrasion, il faut éviter d'utiliser des détergents abrasifs et/ou des instruments susceptibles d'endommager ou de rayer ce revêtement.

La procédure de nettoyage recommandée pour retirer les graffiti, etc. est la suivante:

- Peintures, marqueurs, encres, rouge à lèvres, etc. utilisez un produit spécial pour nettoyer les graffiti. (Voir Tableau 3.7).
- Etiquettes, autocollants, utilisez du kérosène ou du white spirit.
- Terminez par un lavage avec une solution d'eau savonneuse chaude, suivi d'un rinçage à l'eau claire.

Table 3.7: Produits anti-graffitis recommandés

Fournisseur	Produit	Mode d'emploi
Chemalex	Vandalex	Spray/hand
Nucoat	AG 2	Hand/cloth
Prochemko	Graffitex III	Hand/cloth
Jumbo	J.T. Graffity	Spray/hand/cloth

### Nettoyage avant le formage

Avant le formage, il est recommandé d'enlever la poussière avec un pistolet à air ionisé ou d'essuyer la plaque avec un chiffon doux trempé dans de l'eau ou dans une solution d'isopropanol et d'eau.

### Ne pas oublier



- **Ne pas utiliser de détergents abrasifs ou fortement alcalins.**
- **Ne jamais gratter la plaque avec des raclettes, des lames de rasoir ou d'autres instruments pointus.**
- **Ne pas nettoyer les plaques Lexan® au soleil ou à des températures élevées car cela pourrait provoquer l'apparition de taches.**