

**Manuel technique, Janvier 2005**

# Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

## Usinage

### 1. Généralités

#### Outillage

Vous pouvez usiner les plaques Makrolon® avec l'outillage couramment utilisé pour le travail du bois et du métal. Nous vous conseillons d'opter pour des outils à plaquettes en carbure de tungstène, au tranchant parfaitement affûté et présentant la géométrie correcte.

#### Refroidissement

Dans des conditions normales d'usinage, le refroidissement n'est pas nécessaire. Cependant, en cas de surchauffe localisée, notamment lors du perçage d'épaisseurs importantes, on pourra refroidir à l'eau ou à l'air comprimé exempt d'huile.

Ne jamais utiliser d'émulsions huileuses ou d'huiles de coupe pour l'usinage du Makrolon®. Ces produits contiennent souvent des additifs incompatibles avec le matériau et peuvent entraîner une fissuration sous contrainte.

#### Précision dimensionnelle

Le coefficient de dilatation thermique linéaire du Makrolon® (0,065 mm/m °C) est considérablement supérieur à celui du métal ou du verre. Les contrôles dimensionnels doivent donc toujours être faits à température ambiante.

Attention : lorsque le matériau est chauffé au-delà de la température de transition vitreuse (env. 145 °C), il se produit un retrait d'environ 3 à 6 %, qui est fonction de l'épaisseur du matériau.

#### Feuille de protection

Les plaques Makrolon® sont munies d'une feuille de protection en polyéthylène afin que les surfaces lisses ne soient pas endommagées pendant le transport et le traitement.

Veillez laisser les feuilles de protection sur la plaque pendant le façonnage par enlèvement ou mécanique. Le rayonnement solaire et les intempéries peuvent influencer les propriétés de la feuille, de sorte que des feuilles de protection non enlevées dans ces circonstances peuvent être très difficiles à ôter (avec éventuellement formation de résidus de colle).

**Nos feuilles de protection standard ne sont pas adaptées à une sollicitation thermique.** Une déformation thermique des plaques avec ces types de feuilles de protection n'est pas possible sans problème. Il est dès lors nécessaire d'enlever la feuille avant de mettre en oeuvre des processus comme le séchage, le pliage à chaud et/ou le thermoformage des plaques.

Pour ce genre de travail sur les plaques avec feuille de protection, nous tenons à votre disposition des types de feuilles spécialement prévus à cet effet et non imprimés (production spéciale).

#### Traçage

Le traçage de trous à percer, lignes de découpage, etc. doit toujours se faire sur la feuille de protection. Si nécessaire, vous pouvez procéder au marquage directement sur la plaque avec un crayon à mine tendre ou un stylo feutre. Ne jamais utiliser de pointes à tracer car elles entaillent la surface et peuvent entraîner à cet endroit une rupture de la plaque si elle est soumise à une forte charge.

Manuel technique, Janvier 2005

# Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

## Usinage

### 2. Sciage

#### Scies à main

Vous pouvez découper les plaques Makrolon® avec des scies courantes à pas de denture fin.

#### Scies circulaires

La scie circulaire est l'outil le mieux adapté pour découper les plaques Makrolon®. L'expérience montre que c'est avec des scies circulaires à plaquettes en carbure de tungstène qu'on obtient les coupes les plus nettes.

Le pas de denture varie en fonction de l'épaisseur de la plaque : il est très petit pour les plaques minces et grand pour les plaques épaisses. Assurez-vous que la table est exempte de copeaux et d'impuretés, car ils peuvent endommager la plaque à travers la feuille de protection. Toujours travailler avec une butée. Pour découper les plaques de moins de 1,5 mm d'épaisseur, posez-les sur un support plus épais ou utilisez des cisailles.

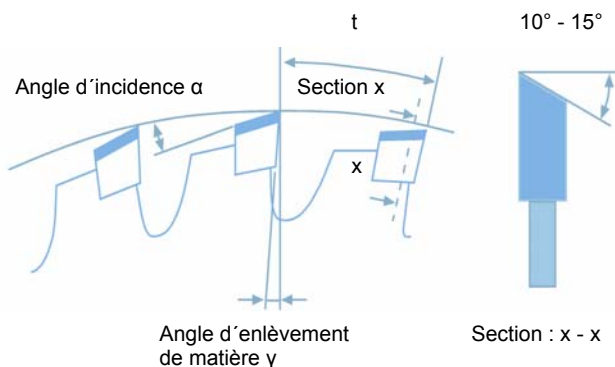


Fig. 1 : scie circulaire

#### Scies à ruban

Les scies à ruban sont idéales pour réaliser des coupes curvilignes, comme celles des pièces formées, ou pour des formes irrégulières. Pour obtenir une coupe nette, il est important que la plaque repose sur un support stable. Pour découper des plaques épaisses, il faut utiliser des scies à ruban à pas de denture plus grand.

Les scies circulaires et les fraises permettent d'obtenir des coupes de meilleure qualité que les scies à ruban.

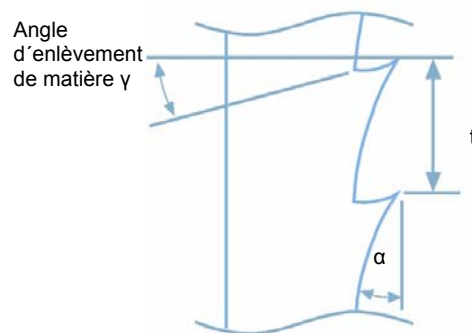


Fig. 2 scie à ruban

#### Problèmes de sciage :

##### Fonte du bord de coupe :

- Vérifier que l'outil est correctement affûté.
- Vérifier la vitesse de coupe et, éventuellement, la réduire. Contrôler la vitesse d'avance et, éventuellement, la réduire.
- Il peut être nécessaire d'utiliser un système de refroidissement.

##### Éclats sur le bord de coupe :

- Vérifier que l'outil est correctement affûté.
- Vérifier la géométrie de l'outil.
- Améliorer le soutien (utiliser éventuellement une cale).

**Manuel technique, Janvier 2005**

**Makrolon®**  
Plaques compactes en polycarbonate

**Usinage**

	Scie à ruban	Scie circulaire
Angle d'incidence $\alpha$	20 - 40°	10 - 30°
Angle d'enlèvement de matière $\gamma$	0 - 5°	5 - 15°
Vitesse de coupe v (m/s)	10 - 17	17 - 50
Pas de denture t (mm)	1,5 - 3,5	2 - 10

**3. Découpage et poinçonnage**

Le découpage et le poinçonnage donnent de bons résultats jusqu'à 3 mm d'épaisseur. Avec des plaques plus épaisses, la coupe est moins nette et le risque de fissuration augmente. On obtient de bons résultats avec des lames très tranchantes à angle de coupe de 45° maximum et en respectant entre la lame et le banc un jeu de 0,01 à 0,03 mm (cf. fig. 3). Si vous souhaitez obtenir des coupes lisses, il est préférable de scier ou de fraiser les plaques Makrolon® à partir de 1,5 mm d'épaisseur.

Pour ce qui est du poinçonnage de trous à très faible tolérance, dans le cas où l'usinage est suivi d'un traitement thermique à une température supérieure à 145°C, il faut prévoir une tolérance positive pour compenser le retrait, c'est-à-dire que le trou doit être surdimensionné d'environ 5 %. Le retrait diminue avec l'augmentation de l'épaisseur de la plaque et du diamètre du trou. On obtient de bons résultats avec des lames à affûtage symétrique.

Pour poinçonner ou découper des plaques Makrolon® de plus de 1,5 mm d'épaisseur, il est préférable d'utiliser des lames asymétriques. Pour obtenir des angles droits, utilisez des lames asymétriques avec un angle de coupe de 30°. La netteté des coupes exige un support ne se

déformant pas et bien aligné par rapport à l'outil de coupe. Cette plaque support peut être réalisée en polyamide ou en polyéthylène à haute densité (PEHD).

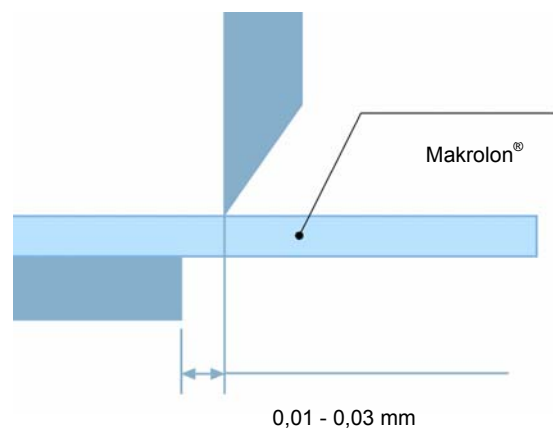
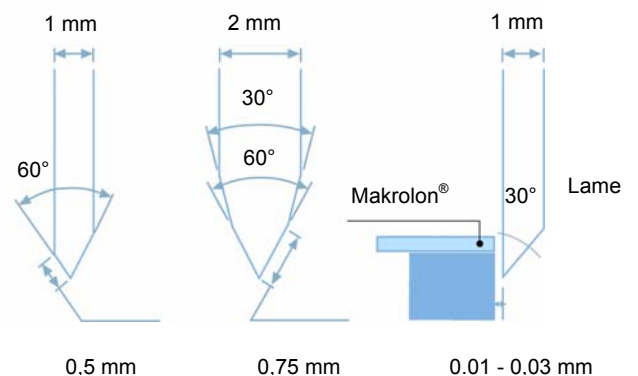


Fig. 3 Pour obtenir des coupes nettes, le jeu entre la lame et le banc doit être de 0,01 à 0,03 mm

Fig. 4 Les types de lames conseillés pour le poinçonnage varient en fonction de l'épaisseur des plaques



**Manuel technique, Janvier 2005**

**Makrolon®**

Plaques compactes en polycarbonate

## Usinage

### 4. Perçage

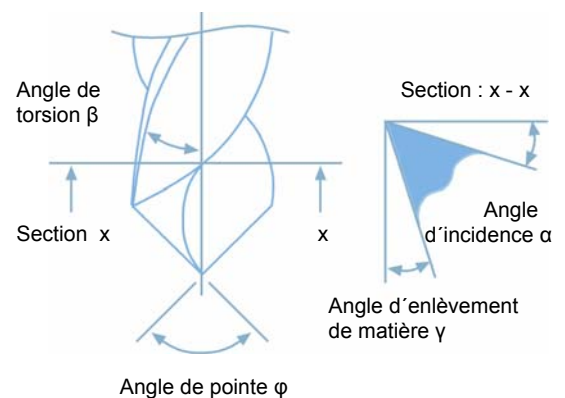
Les forets à métaux courants, s'ils sont bien affûtés, conviennent parfaitement pour le Makrolon®. En général, un refroidissement n'est pas nécessaire. Pour le perçage de trous profonds, il est recommandé de refroidir à l'eau ou à l'air comprimé à sec et de dégager fréquemment le foret pour améliorer l'évacuation de la chaleur et des copeaux. N'utilisez jamais d'émulsions huile-eau ou d'huiles de coupe (risque de formation de fissures dues à la contrainte). Pour le perçage de trous de diamètre important, vous pouvez utiliser des scies courantes (p. ex. fraises trépaneuses ou scies rotatives à lames amovibles).

Les trous doivent être lisses et, dans la mesure du possible, ne présenter ni entaille ni rugosité afin de garantir une fixation fiable de la plaque, éventuellement ébarber.

Angles conseillés pour les forets :

Angle d'incidence $\alpha$	5 - 15°
Angle d'enlèvement de matière $\gamma$	0 - 5°
Angle de pointe $\varphi$	110 - 130°
Angle de torsion $\beta$	30°
Vitesse de coupe	15 - 30 m/min
Avance	0,1 - 0,3 mm/tr

Fig. 5 forets pour plaques de Makrolon®



### 5. Fraisage

Les plaques Makrolon® peuvent être facilement usinées sur des fraiseuses. Le choix de la fraise est fonction de l'usinage souhaité. Utilisez des outils bien affûtés et assurant une évacuation efficace des copeaux.

Angles conseillés pour les fraises :

Angle d'incidence $\alpha$	5 - 10°
Angle d'enlèvement de matière $\gamma$	0 - 10°
Vitesse de coupe	100 - 500 m/min
Avance	0,1 - 0,5 mm/tr

**Manuel technique, Janvier 2005**

# Makrolon® Plaques compactes en polycarbonate

## Usinage

### 6. Découpage au laser

Le découpage thermique des plaques Makrolon®, avec ou sans leurs feuilles de protection, peut se faire avec des lasers de différents types. Cette méthode est idéale pour réaliser des contours complexes. Il est recommandé de présécher les plaques pour obtenir des bords de coupe sans bulles d'air. Il est préférable de procéder à un recuit après le découpage. Le découpage au laser de plaques Makrolon® de plus de 2 mm d'épaisseur entraîne une décoloration des bords de coupe.

Nous recommandons de déterminer les paramètres optimums de la machine en faisant un essai.

### 7. Finissage

#### Ponçage

Vous pouvez préparer les plaques Makrolon® au polissage en les ponçant à sec ou à l'eau, avec des abrasifs courants. La pression exercée par l'outil de ponçage sur la pièce doit rester faible afin d'éviter tout début de fusion.

Travaillez progressivement, en utilisant des abrasifs à grain de plus en plus fin (p. ex. 150, 240 et 400).

#### Polissage

On peut polir les plaques Makrolon® avec des pâtes à polir non alcalines et des disques de type « Reiter » de moyenne densité et de vitesse périphérique comprise entre 20 et 30 m/s.

Le polissage de finition se fait sans pâte à polir avec un disque propre. Ne pas polir les plaques sur de grandes surfaces.

#### Décoration

Avant de traiter les plaques en Makrolon® (peinture, sérigraphie ou formage à chaud), il est conseillé d'enlever à l'air comprimé ionisé les impuretés et la poussière qui adhèrent à la surface.

La **faible adhérence superficielle des plaques Makrolon® AR** rend la décoration très difficile. La **face mate** des plaques Makrolon® NR **ne peut pas être imprimée.**

#### Peinture et impression

L'impression et la mise en peinture du Makrolon® peuvent se faire sans traitement préalable particulier, après un simple nettoyage.

Il convient de n'utiliser que des peintures, vernis et encres compatibles chimiquement avec le Makrolon® afin de ne pas affecter les propriétés du Makrolon® (formation de fissures dues à la contrainte, crevasses, etc.). Les produits adéquats sont disponibles auprès des divers fabricants de peintures et d'encres, dont il faut suivre rigoureusement les conseils d'utilisation.

#### Transfert à chaud

Les plaques Makrolon® peuvent être marquées à chaud à l'aide de films transferts.