



### LE MOULAGE POLYESTER

*Les réalisations en polyester ont fait preuve de leur supériorité sur les techniques classiques, tant sur le plan esthétique que de la bonne tenue dans le temps. De nombreux modélistes hésitent avant « de se lancer » dans des réalisations en polyester. Souvent parce qu'ils se font des idées fausses des difficultés qu'ils vont être amenés à rencontrer. Cette fiche a essentiellement pour but de vous expliquer comment aborder la fabrication d'objets en stratifié.*

*Nous verrons les différents produits nécessaires ainsi que leur mise en œuvre. Il sera également question de la réalisation d'un modèle, de l'exécution du moule et du tirage des pièces.*

*Cela s'adresse à de très nombreuses disciplines modélistes ou autres: les bateaux (coque racer, vedette, voilier...), les avions ( fuselage de planeur, avion, capot moteur ...).*

*L'emploi des résines est appelé à se développer de plus en plus dans les constructions modélistes. Et il n'y a rien d'étonnant à cela, nous ne faisons que suivre l'exemple des réalisations industrielles sur lesquelles les métaux et le bois sont petit à petit remplacés par des résines armées( voitures, bateaux de plaisance, avions civils et militaires etc...)*

*Il est à noter qu'elles s'imposent principalement pour des réalisations en petite et moyenne série, car elles ne nécessitent pas l'emploi de machines onéreuses (presse à injecter, matrice...) et sont d'un emploi simple. Les types de plastiques durcissant à froid les plus employés sont les résines polyester et les résines époxy.*

#### **La résine polyester**

*Elle est de loin la plus utilisée en moulage et c'est sur elle que portera la suite de ces fiches . Son principal avantage est son prix: trois à quatre fois moins élevé que celui des résines époxy.*

#### **La résine époxy**

*Elles sont surtout connues sous forme de colles telles que: Araldite, Devcon, Hobby Poxo..., se caractérisent par une adhérence parfaite sur pratiquement tous les matériaux ainsi que par une absence de retrait lors du durcissement. Grâce à leur résistance à la flexion, les résines époxy sont surtout destinées à des réalisations d'objets soumis à des chocs importants.*

*Les résines ne présentent pas une grande solidité, leur emploi seul est à déconseiller. Il est nécessaire de les armer de fibres à grande résistance, on obtient ainsi un stratifié.*

*La stratification consiste à mélanger, suivant des techniques bien précises, une résine avec des fibres, chacune ayant un rôle bien précis: la résine permet d'obtenir la forme désirée en rigidifiant l'ensemble, les fibres quant à elles assurent la résistance du stratifié ainsi formé.*

*Il existe plusieurs types de fibres pouvant entrer dans la fabrication d'un stratifié:*

#### **Les fibres de verre ( couleur blanche)**

*Les plus utilisées et les moins chères. Elles existent sous de multiples formes ( mat, tissus...), sont d'un emploi aisé et il est facile de se les procurer.*

#### **Les fibres de kevlar ( couleur jaune)**

*Plus solides que les fibres de verre elles permettent des réalisations plus légères, mais elles sont nettement plus onéreuses, et ne sont en vente que dans certains magasins très spécialisés.*



### LE MOULAGE POLYESTER (SUITE)

Il existe plusieurs types de fibres pouvant entrer dans la fabrication d'un stratifié:

#### Les fibres de kevlar ( couleur jaune)

Plus solides que les fibres de verre elles permettent des réalisations plus légères, mais elles sont nettement plus onéreuses, et ne sont en vente que dans certains magasins très spécialisés.

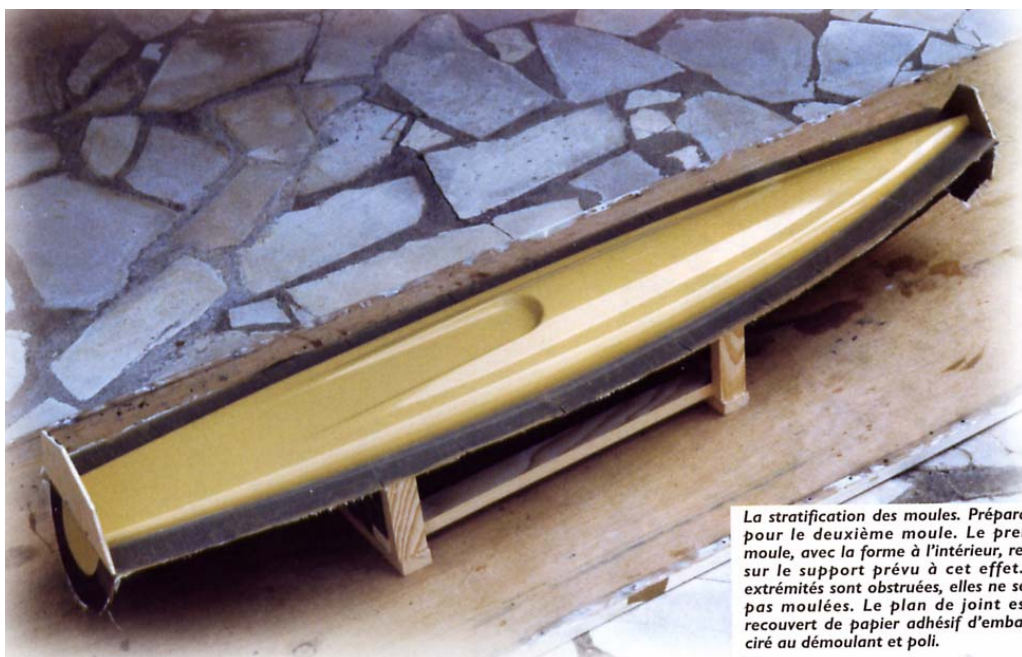
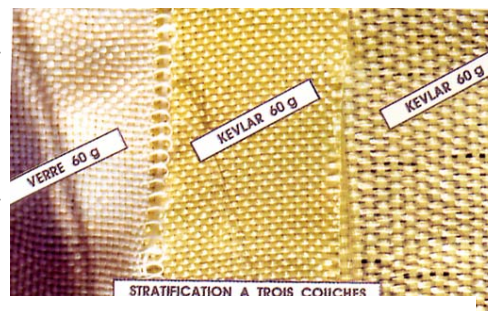
#### Les fibres de carbone ( couleur noire)

Un avantage: une très grande solidité. Un inconvénient: un tarif nettement supérieur aux fibres de verre, c'est la raison pour laquelle elles sont employées parcimonieusement comme renforts dans les endroits où la construction doit rester légère, comme pour les cadènes de haubans, renfort de tube de jaumière.

#### Outillage

Les constructions polyester plus tissu de verre nécessitent un outillage des plus restreints.

- Pinceaux plats de 30 ou 40 mm, pour étaler le démoulant et la résine.
- Un pinceau aux poils fins et souples pour étaler le gel-coat.
- Un petit rouleau dit «patte de lapin » en mousse de 50 mm de large, qui servira à égaliser le démoulant à l'intérieur du moule.
- Une paire de ciseaux de très bonne qualité afin de couper le tissu de verre sans problème.
- Un gros cutter à lames sécables pour égaliser les bords avant le démoulage.
- Des chiffons pour le lustrage de la cire et pour se nettoyer les mains
- Une bouteille d'acétone pour le nettoyage des pinceaux.



La stratification des moules. Préparation pour le deuxième moule. Le premier moule, avec la forme à l'intérieur, repose sur le support prévu à cet effet. Les extrémités sont obstruées, elles ne seront pas moulées. Le plan de joint est ici recouvert de papier adhésif d'emballage ciré au démoulant et poli.



#### **Les matériaux et leur mise en œuvre**

##### **La cire de démoulage**

*Ne pas confondre avec le démoulant liquide qui se passe ensuite.*

*Différents types de cires sont vendus sous l'appellation cire de démoulage ( pâtes, liquides). Toutefois les cires employées pour les meubles ou les parquets font très bien l'affaire.*

*La cire doit être étalée sur la surface du moule, puis après 10 minutes, lustrée à l'aide d'un chiffon doux.*

*Renouveler l'opération jusqu'à obtention d'une surface parfaitement brillante. Cette opération doit être effectuée avec beaucoup de soin, la facilité du démoulage ultérieur en dépend.*

##### **Liquide de démoulage ( alcool polyvinylique)**

*Le liquide de démoulage se passe au pinceau par dessus la cire. Dans de nombreux cas il présente des difficultés d'accrochage sur la surface brillante de la cire. La meilleure solution consiste à favoriser son étalement à l'aide d'un petit rouleau en mousse, au bout d'une ou deux minutes les solvants commencent à s'évaporer et le démoulant devenu épais s'étale plus facilement à la surface du moule.*

*Prendre grand soin à ne pas laisser de parties du moule sans démoulant, pour cela il est bon de teinter le démoulant à l'aide de colorant ou d'encre.*

*Il n'est pas possible de passer deux couches de démoulant, la seconde dissoudrait la première.*

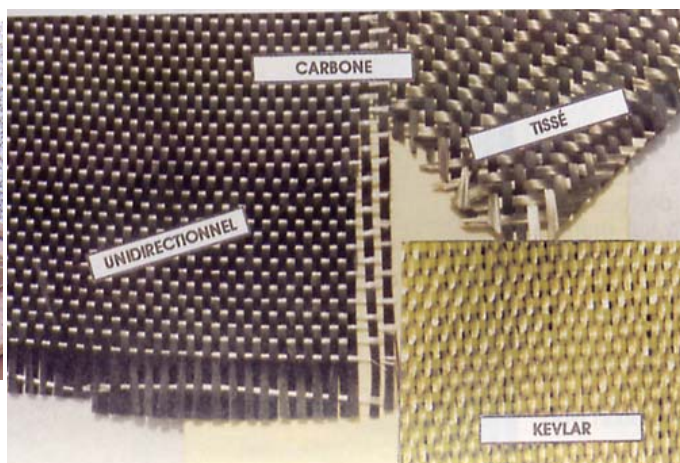
*La couche de démoulant est sèche après 30 minutes. Elle forme alors une pellicule de quelques centièmes de millimètre, inattaquable par la résine polyester. Cette couche est fragile, l'on ne doit donc la toucher ni avec le doigt, ni avec un chiffon.*

*Lors du démoulage la séparation s'effectue entre la surface cirée et le démoulant liquide. Le démoulant restant collé sur la pièce nouvellement moulée. Si des particules restent collées sur le moule c'est le signe que ce dernier était insuffisamment ciré ou lustré.*

*Les traces de démoulant sur la pièce ou le moule ainsi que les outils ayant servi à sa mise en œuvre s'enlèvent facilement à l'eau tiède ( ne pas utiliser de l'eau chaude qui risquerait de provoquer des déformations de surface sur la pièce).*



Les produits. La stratification d'un moule demande une organisation préalable du lieu de travail où tout est préparé, mis à disposition de l'opérateur.





#### **Le gel-coat**

*Le gel-coat se présente sous l'aspect d'une pâte fluide, ceci est dû à l'Aérosil qu'il contient et qui lui permet de tenir sur des surfaces verticales sans couler.*

*Le gel-coat constitue la première couche d'un stratifié, il s'emploie sans renfort de tissu de verre. C'est lui qui donne à la pièce finie son aspect extérieur: couleur, brillant. S'il a été mis en œuvre dans de bonnes conditions il n'est pas nécessaire de peindre les pièces sortant du moule.*

*Le gel-coat le plus courant est blanc. Toutefois il est possible d'en trouver de l'incolore, ou encore de différentes couleurs (rouge, bleu, vert, noir, jaune etc...).*

*Dans la majorité des cas les gels-coats vendus dans le commerce contiennent déjà l'accélérateur, il suffit donc de rajouter avant l'emploi 2 à 3% de catalyseur.*

*Attention: ne pas mélanger de trop grandes quantités à la fois car la vie en pot ne dépasse pas les 30 minutes (15 mn par temps chaud), au-delà de ce temps le gel-coat contenu dans le pot devient gélatineux, puis rapidement dur.*

*Pour les réalisations industrielles le gel-coat est pulvérisé dans le moule grâce à un pistolet à peinture après avoir été additionné d'acétone. A notre niveau, il est plus simple de l'étaler uniformément avec un pinceau plat à poils souples. Cette opération doit être soignée car de là dépend l'aspect de la pièce. Si l'objet moulé doit être peint par la suite on peut tolérer des traces de coups de pinceau sur la surface. Toutefois, le fait de peindre une pièce ne dispense pas de passer une couche de gel-coat avant la résine polyester.*

*Il est nécessaire d'attendre un minimum de cinq heures avant de poursuivre les opérations. La température ambiante ne devant pas être inférieure à 18°C, sinon le durcissement du gel-coat n'est plus assuré. On peut alors avoir recours à une étuve.*

*Le gel-coat doit être employé à raison de 500 g/m<sup>2</sup>.*

#### **Les colorants**

*Les colorants se présentent sous forme de pâtes qu'il faut mélanger avec les gels-coats ou avec les résines afin de les teindre dans la nuance désirée.*

*Il en existe de toutes les couleurs: rouge, noir, blanc, bleu, vert, jaune, orange, mauve...*

*Attention, l'adjonction de colorant dans du gel-coat blanc donne des couleurs pastel.*

*Pour obtenir des couleurs vives il est nécessaire d'employer des gels-coats incolores dans lesquels on ajoute 20% de pâte colorante, avec des pourcentages inférieurs on obtient des couleurs translucides (type vitrail).*

*Il est nécessaire de brasser longuement afin d'avoir une uniformité de coloration. Toutefois, dans la mesure du possible il est préférable d'acheter des gels-coats colorés d'origine.*

#### **L'accélérateur**

*L'accélérateur utilisé avec les résines polyester est de l'octoate de cobalt, il se présente sous l'aspect d'un liquide de couleur mauve sans odeur caractéristique.*

*La résine pure met plusieurs années pour durcir à température ambiante. L'accélérateur, comme son nom l'indique, a pour but d'accélérer le durcissement.*

*Néanmoins pour que la réaction résine/accélérateur puisse avoir lieu il faut ajouter un catalyseur. C'est la raison pour laquelle la plupart des résines en vente contiennent déjà de 0,1 à 0,5% d'octoate de cobalt, elles peuvent cependant se conserver de nombreux mois.*



### LE MOULAGE POLYESTER (SUITE)

#### **Le catalyseur**

*Le catalyseur est du Peroxyde de méthyléthycétone, plus connue sous les initiales MEC.*

*Il s'agit d'un liquide incolore qui doit être manipulé avec précaution, il peut en effet provoquer des réactions allergiques avec la peau, mais il est surtout dangereux pour les yeux. En cas d'accident, se rincer abondamment puis appliquer de l'acide ascorbique (vitamine C) qui est un antidote du MEC.*

*Le catalyseur rajouté à une résine préaccélérée dans une proportion de 3%, lui donne une vie en pot d'environ 30 minutes à 25° C. Par temps chaud, ou pour obtenir une durée de vie en pot plus longue, on peut descendre le % du MEC à environ 1%. Inversement par temps froid ou pour accélérer le durcissement, il est possible de monter la proportion du MEC à 5%.*

**Attention: il ne faut jamais mélanger ensemble de l'accélérateur et du catalyseur, il s'en suivrait une réaction très vive qui élève considérablement la température et peut aller jusqu'à déclencher une explosion.**

#### **Les résines polyester**

*La résine polyester est un liquide ayant sensiblement la même fluidité que de l'huile de ricin, sa couleur varie de l'incolore à un léger jaune. Lorsqu'elle a été préaccélérée à l'octoate de cobalt elle présente une couleur rose qui la ferait passer pour du sirop de framboise, si elle n'avait une forte odeur caractéristique. Cette odeur est due au styrène contenu dans la résine. Une trop grande concentration de styrène peut provoquer des maux de tête, il est donc conseillé d'aérer le local où l'on travaille.*

*Si dans certains cas la résine polyester est employée seule: inclusion à but décoratif (presse papier, porte clé...) dans la majorité des cas elle est alliée à des fibres dans le but d'obtenir un stratifié.*

*Le durcissement des résines polyester dépend de trois données:*

- *La température ambiante qui modifie considérablement les temps de durcissement de 15° à 25° C, le temps peut être multiplié par dix.*
- *Le pourcentage d'accélérateur qui varie entre 0,1 à 0,5%, en doublant le pourcentage, on divise par deux le temps de durcissement de la résine*
- *Le pourcentage de catalyseur de 1% à 5% qui agit comme l'accélérateur (à un niveau moindre) sur le temps de durcissement.*

*Avec un peu d'expérience, on arrive facilement à jouer sur ces trois données pour obtenir le résultat souhaité.*

*Il est à noter que la résine qui a été étalée durcit beaucoup moins vite que celle qui est dans le pot.*

*En effet, toutes les préparations faites à partir de résine polyester sont sujettes à « l'effet de masse », à savoir que plus le volume en question est important, plus la réaction s'accélère, ce qui s'explique comme suit: la résine en catalysant produit de la chaleur, or, plus la température est élevée. Plus la catalysation est rapide, plus elle est rapide, plus elle produit de la chaleur. On obtient donc une réaction en chaîne qui dans certains cas peut devenir dangereuse (température très élevée, explosion du bloc de polyester).*

*Pour éviter ce genre de désagrément, il est conseillé de respecter les dosages de catalyseur et d'accélérateur indiqués par les fabricants de résine polyester.*

*Lors d'une stratification, l'on s'aperçoit après plusieurs heures que la surface de résine reste poisseuse, ceci est principalement dû à l'humidité contenue dans l'air, ce qui empêche la polymérisation.*



tion complète de la résine côté extérieur. Loin d'être gênant ce phénomène favorise la liaison entre les différentes couches (dans le cas où plusieurs couches sont nécessaires).

#### **Mat de verre**

Les mats de verre sont formés de fibres de verre d'une longueur maximum de dix centimètres, disposées sans ordre défini et collées entre elles.

Leurs principales qualités résident dans leurs prix ainsi que dans leurs possibilités d'épouser la plupart des formes sans problème.

Le mat de verre s'achète au m<sup>2</sup>, il se définit par son poids au m<sup>2</sup>. Il en existe qui sont aussi fins que le papier japon, mais les plus répandus sont les suivants: 150, 200, 300, 450 et 600 g/m<sup>2</sup>. Pour une utilisation modélisme on choisira de préférence les 200 et 300 g/m<sup>2</sup>.

Mais malheureusement le poids par mètre carré ne suffit pas à définir correctement un mat de verre, en effet on peut par exemple trouver un mat de 200 g/m<sup>2</sup> qui possède des grosses fibres espacées de plusieurs millimètres et un autre mat, toujours de 200 g/m<sup>2</sup> qui soit constitué de fibres très fines et très serrées. Il est donc nécessaire de comparer chez différents fournisseurs avant d'acheter. Car bien entendu, sur des modèles réduits qui doivent être légers, une seule couche de mat suffit et il n'est pas possible d'employer une qualité dont les fibres sont espacées.

La quantité de résine nécessaire pour imbiber du mat de verre, varie du double du poids du mat ( 600 g de résine pour 1 m<sup>2</sup> de mat de 300 g/m<sup>2</sup>) à son triple (1800 g de résine pour 1 m<sup>2</sup> de mat de 600 r/m<sup>2</sup>).

#### **Tissu de verre**

Comme son nom l'indique, le tissu de verre est formé de fibres tissées entre elles comme de la toile.

Ce type de fabrication lui confère une résistance à la traction nettement supérieure à celle du mat de verre à poids égal. Cela justifie la différence de prix. De plus, la quantité de résine nécessaire pour imbiber un tissu est sensiblement de 1,5 fois le poids du tissu ( ex: pour un tissu de 200 g/m<sup>2</sup> il faudra employer 300 g de résine).

Le tissu de verre devra donc être employé dans tous les cas où la résistance à la traction et le poids sont capitaux. Par contre, du fait même de la faible quantité de résine nécessaire, la résistance à la flexion est très médiocre.

Il existe plusieurs qualités de tissu de verre, qui diffèrent par leur mode de tissage, certains sont très raides et ne peuvent être employés que sur des surfaces planes, d'autres au contraire sont très souples, et épousent relativement bien la plupart des formes sans faire de plis.

#### **Aérosil**

L'aérosil est une poudre blanche à très faible densité ( n'en commandez surtout pas un kilo, vous recevriez un bidon de 25 litres).

Mélangé à de la résine à volume sensiblement égal, l'aérosil forme une pâte, qui est utilisée pour combler les angles vifs lors du moulage.

En effet, les tissus ou mat de verre ne peuvent pas être pliés à angles vifs et à défaut d'être comblés par le mélange aérosil/résine, il se formerait des bulles entre le gel-coat et la première couche de stratifié.



#### **Choucroûte**

*Il s'agit d'un mélange filandreux dont l'aspect rappelle celui de la choucroûte, sans les saucisses et les pommes de terre, d'où son nom.*

*Elle est constituée de résine polyester, de fibre de verre et d'un épaississant: le dolomi.*

*L'avantage de la choucroûte sur le mélange: aérosil + résine, réside dans sa solidité due aux fibres qu'elle contient. Elle est assez peu utilisée dans les opérations de moulage proprement dit, mais plutôt dans les assemblages et pour les fixations d'inserts métalliques.*

*La choucroûte qui se trouve dans le commerce contient pour 1 kg: 500 g de dolomi, 450 g de résine et 50 g de fibre. Le dolomi est une poudre blanche semblable à du talc ( à ne pas confondre avec l'aérosil qui est bien plus léger).*

*Les fibres contenues dans la choucroûte mesurent environ 5 mm, si elles étaient plus longues, le mélange deviendrait inutilisable. Si l'on utilise peu de choucroûte il est intéressant de la fabriquer soit même au fur et à mesure des besoins (problème de conservation). Il suffit pour cela de couper du mat de verre en carré de 5 mm de côté et le mélanger au dolomi et à la résine. On peut ainsi faire varier les pourcentages suivant les besoins: augmenter le dolomi, épaissit le mélange et augmenter les fibres accroît la résistance.*

#### **Mastic polyester**

*Les mastics polyester sont surtout employés en carrosserie pour rattraper les déformations des tôles.*

*On les trouve dans le commerce sous les marques Sintofer, Cosmofer, Valofer... Ils se présentent comme une pâte épaisse de couleur blanche ou grise. Ils sont accompagnés d'un tube de durcisseur en pâte colorée en rouge le plus souvent, afin de pouvoir contrôler l'homogénéité du mélange.*

*Après mélange des deux composants la mise en place doit être faite très rapidement, la prise commence au bout de cinq minutes, suivant les dosages et les différentes marques. De 15 à 30 minutes après, le mastic est suffisamment dur pour être poncé. Grâce à cette rapidité de mise en œuvre les mastics polyester sont utilisés par les modélistes pour de nombreux travaux tant à l'atelier que sur le terrain.*

*Dans les moulages polyester, le mastic est essentiellement utilisé pour boucher les trous provoqués par d'éventuelles bulles d'air, ainsi que pour réparer des détériorations subies par le moule au fil des démoulages. Le mécanisme de durcissement des mastics polyester est différent de celui des résines polyester, il est donc déconseillé d'intégrer des mastics dans une fabrication (l'adhérence mastic/résine étant nettement inférieure à l'adhérence résine/résine). On ne doit pas non plus utiliser les accélérateurs et catalyseurs destinés aux résines dans la préparation des mastics.*

#### **Acétone**

*L'acétone est un solvant bien connu, elle est extrêmement volatile et inflammable, mais elle n'est pas toxique et convient parfaitement au nettoyage des objets ayant été en contact avec la résine polyester ( pinceaux, ciseaux, pistolet ...) ainsi que pour les mains. Le nettoyage à l'acétone doit avoir lieu avant la polymérisation du polyester. De plus l'acétone étant miscible à l'eau, il est très facile de rincer à l'eau tiède savonneuse les pinceaux après leur nettoyage à l'acétone et avant séchage.*

*Les seules précautions à prendre consistent à ne pas fumer au-dessus d'un bocal d'acétone et de fermer hermétiquement celui-ci après utilisation.*