

Dossier Technique

Dossier n° 63c - Publié dans Looping n° 52

MOULAGE

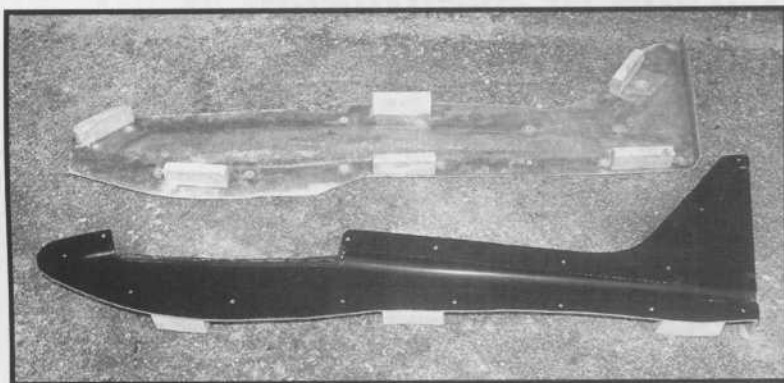
La fabrication d'un fuselage

3ème partie

Thierry Arvieux

Durant les précédents numéros, nous avons vu ensemble comment réaliser un moule, j'espère d'ailleurs que ce dossier aura aidé nombre d'entre vous à se lancer dans l'aventure. Pour ceux qui hésitent encore, ils peuvent suivre toutes les étapes "en direct" (fabrication du master et du moule) grâce à la cassette vidéo Movipro réalisée en même temps que le dossier. (NDLR : Voir en page 82)

Le moule étant terminé, il est grand temps de réaliser le premier fuselage. Tout s'est très bien passé jusqu'à maintenant, il ne faut surtout pas négliger cette étape finale.



Ci-dessus : le moule fini est prêt à sortir la première pièce.

A droite : Tissus, résine, pinceaux... N'oubliez pas de travailler avec des gants et un masque de protection.

Les matériaux

Nous avons utilisé de la verranne et du mat de verre pour fabriquer le moule. Vous pouvez mettre ce qui reste aux oubliettes pour le moment car ils ne servent pas pour mouler des pièces. Ce sont des matériaux de garnissage qui n'apportent pas suffisamment de résistance. Les fuselages seraient trop lourds.

Nous allons utiliser des tissus (taffetas, sergé ou satin) de 50 et 160 g/dm² plus cher mais plus adaptés.

Le taffetas est un tissu classique et régulier qui est peu déformable, surtout si le grammage est important. Celui que nous utiliseront ici



est un 50 g/m² qui sera utilisé comme couche de surface. Si vous en avez, vous pouvez toutefois utiliser un mat de verre "surfacing" de faible grammage qui risque moins de marquer le gel-coat.

Le sergé est plus souple. C'est un tissu tissé très lâche en diagonale, qui enroule très bien les formes mais qui parfois se tient assez mal. Celui que nous avons utilisé est un 165 g/m² tout à fait classique.

Le satin est très déformable et parfaitement adapté pour les formes complexes. Son tissage est large mais régulier.

Une stratification est plus solide si l'on multiplie les couches au lieu d'en mettre une seule plus importante. Mieux vaut 3 épaisseurs de tissu de 100 g/m² qu'une seule de 300 g/m², même si le travail est plus long.

La résine sera bien sûr de l'époxy beaucoup plus souple (donc

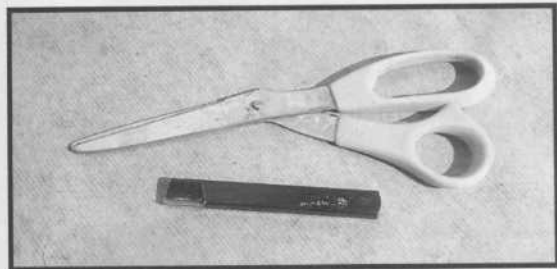
Looping 19

moins cassante) que de la polyester. Nous avons employé la référence 5082 de chez Polyplan. Le mélange se fait avec 100 g de résine auxquels on ajoute 23 g de durcisseur. Ce n'est donc pas un mélange à 23% comme certain le pense. Réfléchissez bien avant de faire vos mesures car le mélange doit être précis.

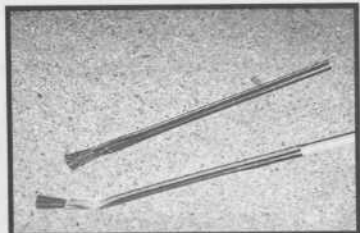
Les caractéristiques mécaniques de l'époxy sont nettement supérieures à celles de la résine polyester. En revanche, il est vrai qu'elle coûte environ deux fois plus cher. A vous de voir mais je sais désormais qu'il est souvent préférable d'y mettre un peu plus cher (expérience personnelle).

Nous avons utilisé du gel-coat polyester compatible époxy, de couleur blanche, qui utilise un durcisseur de 1 à 3%. Pour le diluer, nous utilisons du styrène monomère et de l'acétone. La cire est la même que celle utilisée sur le mastic.

Les outils



Une paire de ciseaux à axe déporté est bien pratique pour couper les tissus au ras du moule. L'objet en dessous est un outil à affûter les lames simple et pratique.



Au catalogue Du-Bro, des pinces jetables qui peuvent être pliées ou prolongées avec une simple baguette. Bien pratique pour fermer le moule.

Il faut peu de chose pour mouler un fuselage : quelques pinces pour tamponner la résine et imbibber les tissus. Préparez un bocal avec de l'acétone pour les mettre à tremper. Un bocal avec un couvercle évite à l'acétone de s'évaporer. Les pinces sont plongées dedans jusqu'à une nouvelle utilisation. Pour aller fermer le moule, il faut un petit pinceau. On en trouve au catalogue Du-Bro qui valent 3 fois rien. Le corps est une tôle roulée qui se plie facilement et qui peut surtout être prolongée avec un simple tourillon enfoncé dedans.

Un cutter avec une lame bien affûtée sera utile pour couper les tissus quand la résine est "amoureuse". Il faut également une bonne paire de ciseaux de préférence à axe déporté pour couper le tissu au ras du moule.

On trouve dans les foires de petits affûteurs bien utiles pour redonner du service aux outils qui ont soufferts.

Moins courant mais quasiment indispensable : la lampe-torche permettant d'éclairer l'intérieur du moule lors de la fermeture des demi-coquilles.

Gel-coat, ou pas ?

Avant d'attaquer le moulage, vous devez déjà savoir si vous allez gel-coater le moule ou pas. Avec ou sans, chaque méthode a ses avantages et inconvénients.

Le gel-coat permet d'obtenir une surface propre et régulière, sans laisser apparaître de micro bulles en surface.



Si vous en êtes à votre premier moulage, mieux vaut vous en passer pour plusieurs raisons.

Déjà, votre pièce moulée vous reviendra moins cher sans gel-coat. Ensuite, elle sera translucide, ce qui vous permettra de voir les éventuels défauts (bulles, chevauchements des tissus...). Votre plan de joint ne sera sans doute pas parfait, ou alors vous êtes vraiment doué. Si vous devez remastiquer ce plan de joint, la finition sera loin d'être propre puisqu'il faudra repeindre. Quel intérêt d'avoir soigné le gel-coat s'il faut le recouvrir par de la peinture ? Pour poser le gel-coat, vous pouvez utiliser un pinceau doux. Pour faciliter l'étalement, vous pouvez le diluer avec 10% de résine. Le résultat est souvent assez moyen et parfois lourd.

L'idéal est d'employer un pistolet avec une buse de 1 à 1,2 mm. Le pistolet le plus ordinaire est suffisant. Diluez votre gel-coat avec une quantité de 20% maximum ; si vous diluez davantage, vous risquez d'altérer les qualités du gel-coat. Il ne faut pas perdre de temps car il s'agit de polyester, donc le séchage est rapide. Nettoyez vos outils dès que le travail est terminé.

Pour info, nous avons utilisé 100 g pour gel-coater le moule du fuselage et celui de la verrière.

Des gabarits pour découper les tissus

Afin d'éviter de gâcher trop de tissu, il est préférable de découper des gabarits, en carton par exemple, qui serviront de patron. Prévoyez-les un peu large la première fois (5 cm environ tout



autour de la forme), vous retablirez ces gabarits au fur et à mesure que vous prendrez de l'expérience. L'utilisation d'un patron permet de gérer économiquement ces tissus, la perte est minimum.

Cirage et éventuelle protection du moule

Le cirage du moule est maintenant classique pour vous : on passe la cire avec un chiffon doux, on laisse sécher puis on lustre avec un autre chiffon propre et ainsi de suite. Pour un premier moulage, vous pouvez cirer une dizaine de fois par sécurité. Par la suite, 2 à 3 couches suffiront.

En cas de pulvérisation de gel-coat au pistolet, il faut masquer les bords du moule avec un ruban de masquage pour éviter de tout salir. Ce ruban sera retiré au moment du moulage.

Deux possibilités s'offrent à vous maintenant que le gel-coat est posé :

- Soit vous avez quelques heures devant vous et vous attendez que le gel-coat soit amoureux puis vous attaquez le moulage.
- Soit vous laissez bien sécher (même plusieurs jours si vous



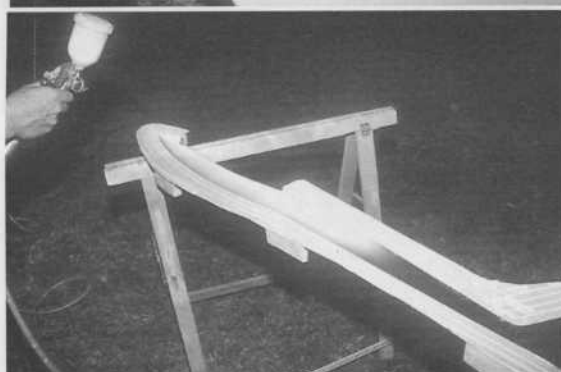
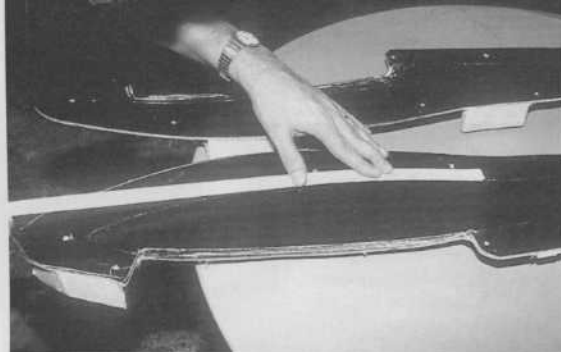
Le gel-coat, son durcisseur et les produits pour le diluer : styrène et acétone.

Un gabarit évite de faire trop de chutes pour découper les tissus. Notez la bande découpée à 45°.

Une fois de plus, l'opération "cirage/lustrage" ne doit pas être négligée.

Si vous gel-coatez, il est indispensable de protéger les bords du moule.

La pose du gel-coat au pistolet est bien plus propre et régulière qu'au pinceau, mais si vous n'avez pas le choix...



n'avez pas le choix). Cette méthode évite à la trame du tissu de réapparaître à travers le gel-coat. Comme celui-ci a été passé au pistolet, la surface à l'air n'est pas complètement lisse et permet quand même à la stratification d'accrocher.

Moulage

Assez bavardé, au boulot ! Nous avons décidé pour ce premier fuselage d'utiliser trois couches de tissu. Une en 50 g/m² qui servira de couche primaire, suivie de deux 165 g/m² dont une utilisée à 45°. Nous avons donc préalablement découpé nos tissus à l'aide du gabarit. Pour vos découpes, utilisez toujours des ciseaux parfaitement affûtés. Il est à noter une particularité au niveau de la découpe des tissus. Si vous voulez optimiser au maximum la résistance mécanique de votre fuselage en utilisant le moins de couches de tissu possible, alternez une couche avec les fibres à 45° puis une autre fibres horizontales.

Préparation des différents ingrédients

Nous allons avoir besoin d'utiliser quelques grammes de charge pour notre résine. Nous utiliserons un peu de micro-ballon ainsi qu'un peu de fibres broyées. Après avoir pesé les tissus, nous préparerons 100 g de résine. Il faut savoir que pour un poids donné de tissus, la quantité de résine à préparer sera à peu près équivalente. Des petits bacs en plastiques sont idéals pour faire les mélanges à part.

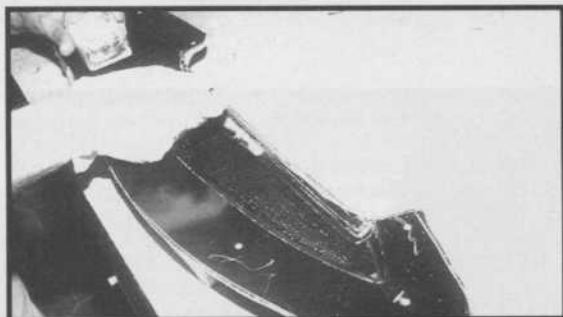
Pose des tissus

Après s'être assuré que le moule a été correctement ciré (et éventuellement gel-coaté), vous pouvez préparer une dizaine de grammes de résine chargée de fibres broyées. Ce mélange servira à remplir les arêtes de notre moule, notamment au niveau de la verrière. Un tissu aurait du mal à épouser parfaitement les angles. Souvent, pour ce travail, on utilise plutôt du micro-ballon. Personnellement, je trouve qu'à l'usage c'est cassant, alors que la fibre broyée assure une excellente tenue mécanique. Réalisez donc un



A gauche : une première couche de résine est étendue sur la surface du moule.

Ci-dessus : préparation d'une petite quantité de fibrette pour renforcer les angles.



Ci-dessus : les angles de l'ouverture de la verrière sont renforcés à la choucroute avant la pose des tissus.

Ci-contre : Les deux moules sont garnis. Il n'y a plus qu'à agrafer les bords.

congé de cette fine choucroute partout où nécessaire.

Lors de cette étape, ou plutôt d'exercice de style, veillez à ne pas emprisonner de bulle d'air sous votre congé. Après avoir posé une petite

couche générale de résine pure au pinceau, il vous faudra mettre en place la première couche de tissu. Nous mettons par habitude un taffetas de 50 g/m². Ce tissu est très finement tissé, c'est donc lui qui nous donnera le meilleur état de surface, car lors de la réalisation d'une pièce moulée, on commence en fait par la finition.

Enfin, c'est parti pour une séance endiablée de tamponnage. En effet, lors de la stratification, il est préférable d'utiliser votre pinceau comme si vous faisiez du pochoir. Le moule ayant été précédemment mouillé, il ne sera pas nécessaire de rajouter beaucoup de résine. Ne cherchez pas à plaquer parfaitement le tissu dès le



Utilisez une bonne lame pour découper les tissus qui dépassent, quand la résine est amoureuse. Attention à ne pas décoller la pièce du moule.



Même principe pour la verrière qu'il ne faut pas oublier.



départ. Contentez-vous de bien l'étaler. Quand vous y reviendrez, vous pourrez constater que la résine l'a bien pénétré et qu'une partie du travail est déjà faite. Une fois le tissu parfaitement mis en place, découpez l'excédent de tissu tout autour du moule. Il n'est pas nécessaire de débuller comme c'était le cas pour la fabrication du moule car les tissus s'imprègnent plus facilement.

Maintenant, il est temps de songer à la couche suivante. Cette deuxième strat sera réalisée avec un tissu de 165 g/m² (sergé), les fibres à 45°. La pose de ce dernier n'en sera que facilitée. Il est plus facile de faire épouser n'importe quelle forme à un tissu utilisé, les fibres à 45°, à l'inverse plus difficile lorsque les fibres sont horizontales. Pas de raison de s'arrêter en si bon chemin, vous pouvez maintenant mettre en place la dernière couche de tissu, qui elle sera aussi un 165 g, mais cette fois-ci, utilisé fibres à l'horizontale. A ce stade, on peut à volonté rajouter toutes sortes de renforts mécaniques, on pourrait même envisager de mettre en place les gaines de commandes.

Renforts



Ci-dessus : les principales couches de tissus ont été posées. Quelques renforts peuvent être ajoutés comme ici, au pied de dérive.

Divers renforts : la bande de tissu hybride verre/carbone sur toute la longueur du fuselage, le petit renfort en contre-plaqué au niveau du renvoi de la commande de stab et quelques mèches de kevlar derrière le bord d'attaque de la dérive.

Nous avons choisi de mettre sur toute la longueur un gros longeron (ou plutôt renfort). Pour ce, nous avons utilisé un ruban composite hybride (verre/carbone) de forte densité. Il renforce considérablement l'arrière, où le pied de dérive est souvent fragile. Comme en plus l'aile du Cortals est médiane, cette bande passe exactement à son niveau. Sur l'avant, une fois la platine radio collée, nous obtiendrons un solide caisson. Nous avons aussi décidé de rajouter une couche de 165 g au niveau de la dérive et du pied de dérive. La première coque étant garnie, vous pouvez en faire de même avec la seconde. Laissez polymériser l'ensemble pendant au moins dix heures.

Il est possible d'ajouter d'autres renforts, par exemple des pièces de contre-plaqué placées aux points stratégiques en s'aidant d'un gabarit de mise en place.

Fermeture du moule

La résine étant maintenant polymérisée, nous pouvons alors arracher l'excédent de tissu au niveau du plan de joint. Il est fort conseillé d'utiliser une lame de cutter neuve. Gare aux doigts. Si vous avez eu la patience d'attendre que la résine soit amoureuse,

le travail est facilité. Après avoir pratiqué cette opération sur les deux demi-coques, il va falloir dépolir tous les contours intérieurs du moule avec un papier de verre moyen. Ceci afin de donner une bonne accroche à la résine qui imprènera la bande de tissu de fermeture. Il existe d'autres méthodes de fermeture. Nous avons choisi celle-ci compte-tenu des ouvertures généreuses de notre moule.



Pour que la bande de fermeture adhère bien, il est nécessaire de rayer la surface avec un morceau de papier de verre.

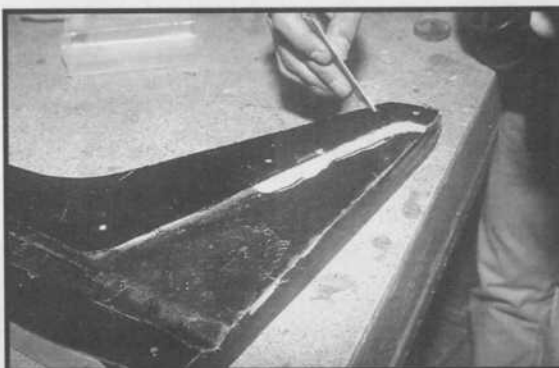


Des bandes de fermeture peuvent être découpées dans le tissu mais les bords s'effilochent.

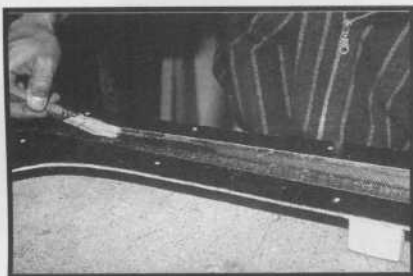


Ci-contre : un ruban du commerce est beaucoup plus pratique.

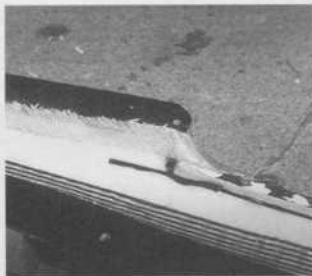
Ci-dessous : mélange de résine et de microballon pour fermer le bord d'attaque de la dérive.



Faire un bon congé sur chaque demi-moule car il n'y aura pas de bande de raccordement à cet endroit.



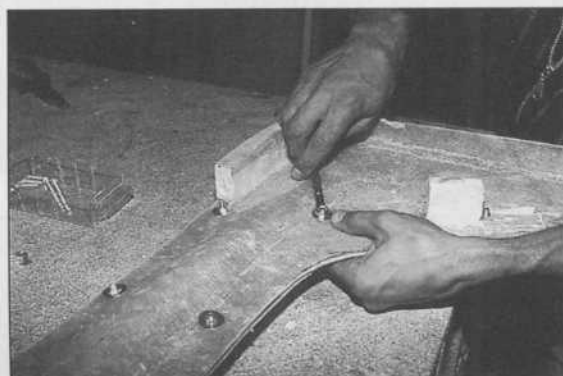
Bien humidifier les bords de la pièce à la résine avant de poser la bande.



La longueur de la bande est prévue un peu plus longue que la partie à fermer. Notez les renforts en mèche carbone autour de la verrière.



Fermeture du moule.



Ne pas serrer trop fort les boulons de fermeture pour ne pas abîmer le moule.

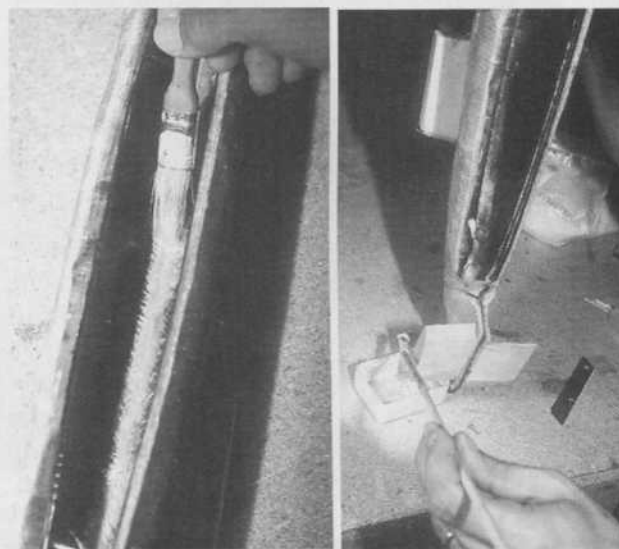


Pour passer la bande dans le fuselage, celle-ci est immobilisée sur une baguette de bois.

Après avoir imprégné de résine les pourtours préalablement dépolis, nous pouvons alors refermer notre moule à l'aide des multiples boulons de serrage. Ceci étant fait, le plus rigolo reste à venir. Je veux bien sûr parler de la mise en place de notre ruban de fermeture. Utilisez pour cela un ruban destiné à ce type d'usage (Polyplan) (au moins un 100 g/m² de 2 cm de large). Cependant, vous pouvez réaliser vous-même vos propres bandes de tissu à partir de votre rouleau de sergé. En fait l'idée n'est pas très bonne, car lorsque vous découpez une bande de tissu, cette dernière a toujours une fâcheuse tendance à s'effiloche, ce qui peut devenir



Un pinceau à rallonge est nécessaire pour plaquer le tissu tout du long.



On a deux accès pour travailler : l'arrière de la dérive et l'ouverture de la verrière.

A droite : un peu de choucroute est enfoncée dans la pointe avant du fuselage.

franchement chi... lors de la pose de la bande. La pose, parlons-en, il va falloir ruser.

Découpez d'abord les longueurs de bandes voulues avec un peu de marge. Procurez-vous ensuite une baguette suffisamment longue que vous enfilerez par l'arrière jusqu'à l'ouverture de la verrière (mieux vaut être deux pour cette opération).

Pointez cette bande de fermeture à la cyano sur la baguette côté verrière. Tirez délicatement la baguette vers l'arrière jusqu'à saisir l'autre extrémité de la bande, assurez-vous que cette dernière ne soit pas vrillée sur son parcours. Une fois fait, à l'aide d'un petit pinceau emmanché sur un prolongateur (baguette de bois) prenez le temps de bien plaquer la bande de tissu. Cette zone avait déjà été enduite de résine. N'hésitez pas à bien mouiller tout cela. Une lampe torche placée dans l'ouverture permet de voir ce qui se passe à l'intérieur. Les bandes sont maintenant en place (ouf !) nous avons déposé une bonne dose de choucroute dans le nez du fuselage afin de le consolider (qu'il puisse résister à mes futurs poireaux).

Cette fois, je crois que l'on tient le bon bout. Laissez maintenant reposer en paix pendant au moins une quinzaine d'heures. Il est à ce stade indispensable d'être patient.

D'autres méthodes

Pour fermer le moule, il existe bien d'autres méthodes que vous essayerez sans doute.

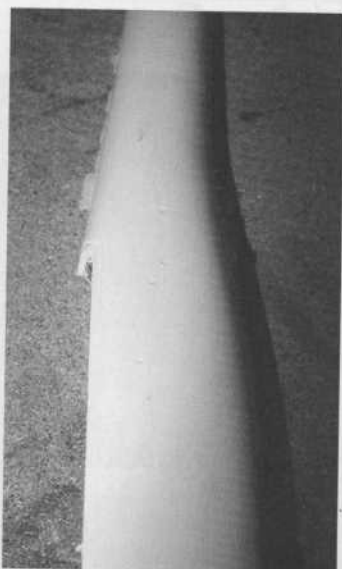
Certains ne posent pas la dernière couche sur l'une des demi-coques. Le jour choisi pour la fermeture du moule, ils poncent cette demi-coque au papier de verre moyen puis ils posent la dernière couche de tissu qui déborde tout autour sur environ 1 cm. Cette couche est légèrement rabattue vers l'intérieur, le moule est

refermé puis le tissu est plaqué sur l'autre demi-coque. Cette solution est très élégante mais il faut prendre garde à ne pas coincer le tissu entre les deux demi-moules.

Une autre méthode consiste à laisser déborder le tissu vers le haut du fuselage sur le premier demi-moule et vers le bas sur l'autre. En superposant l'ensemble puis en faisant glisser, on évite de pincer le tissu. Cette méthode est valable si vous avez la patience d'attendre que la résine soit devenue amoureuse.

Dans tous les cas, la fermeture doit être effectuée avec un mélange de résine fraîche pour que les tissus soient parfaitement imprégnés.

Parlons maintenant démoulage



A gauche : c'est enfin démoulé. Notez les repères de clés d'alignement qui apparaissent parfaitement à la surface du fuselage.

Ci-dessous : le plan de joint sera ébavuré avec un papier de verre fin ou avec une lame prise sur chant.

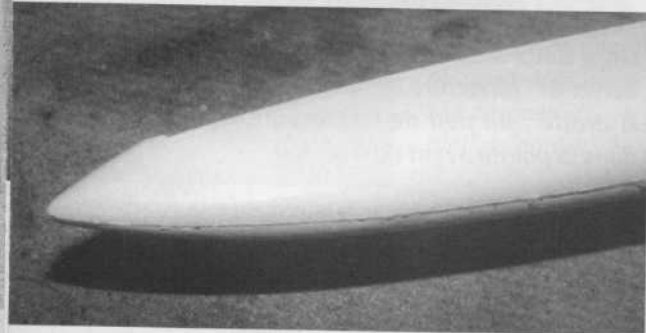
Nous allons simplement voir à combien s'élève l'investissement financier, non pas pour vous dissuader de franchir le pas mais plutôt pour vous faire une idée.

Le master a coûté environ 220 F
Médium : 80 F
Mélaminé blanc : 40 F
Enduit + peinture : 100 F

Divers : 270 F
Gants : 20 F
Masques : 20 F
Papier de verre : 50 F
Pinceaux : 25 F
Sinto finition : 45 F
Acétone : 35 F
Boulons + rondelles : 30 F
Rouleau débulleur : 35 F
Acétone : 20 F

Un tel moule coûte plus de 800 F
Cire : 30 F
3 m² de verrane : 200 F
3 m² de mat de verre : 120 F
6 m de mèches de verrane : 20 F
4 kg de résine polyester : 250 F
1 kg de gel coat à moule : 200 F
Fibrette : 10 F

Un fuselage non gel-coaté 160 F et gel-coaté 180 F
0,5 m de taffetas 50 g/m² : 20 F
1,5 m² de sergé 160 g/m² : 45 F
Fibrette : 5 F
2 m de renfort verre/carbone 2 m : 50 F
100 g de gel-coat + styrène : 20 F
150 g de résine époxy : 30 F
60 cm de mèche carbone : 10 F



Séance frisson. Après avoir retiré tous les boulons assurant la fermeture du moule, il suffit de tirer dessus pour l'ouvrir et vous entendez le sinistre craquement qui ne doit plus vous effrayer. Sinon, glissez délicatement un outil entre les deux demi-moules. Faites quelques légers mouvements de levier. Le moule ayant parfaitement été ciré, c'est avec une grande facilité que la première moitié se détache. Pour la seconde, il faut tirer sur le fuselage sans le déchirer. Si ça force, c'est que le cirage/lustrage n'a pas bien été effectué. Pour notre part, c'est venu tout seul du premier coup. Il arrive même que le moule s'ouvre de lui-même à peine le dernier boulon de fermeture dévissé.

Alors, qu'avez-vous entre les mains ?

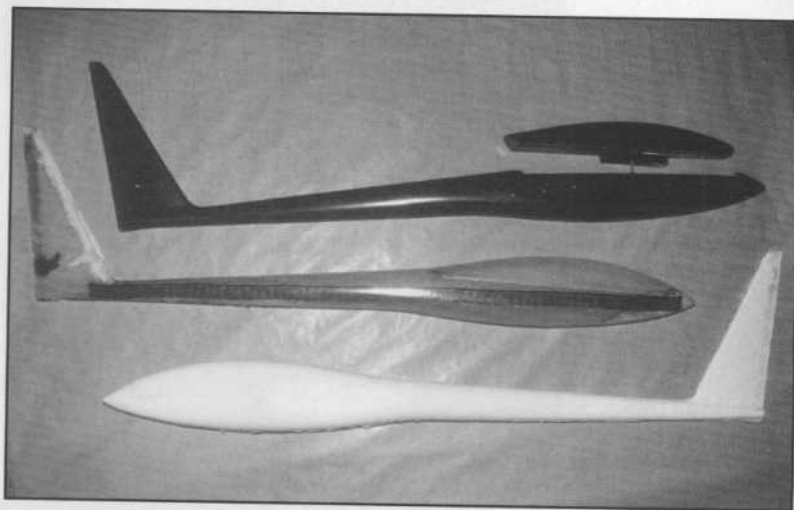
Une merveille dans tous les cas puisqu'il s'agit de votre premier fuselage. Vous ne pouvez être que satisfait.

Un léger ponçage sera effectué pour ébavurer le plan de joint. Si votre moule n'est pas gel-coaté, il reste à le traiter pour recevoir une finition peinture, de la même manière qu'a été fignolé le master. N'oubliez pas de le dégraisser pour enlever la moindre trace de démoulant sur laquelle la peinture ne pourrait accrocher.

Bilan

Le travail a été fait pour le plaisir, alors ne totalisons pas leurs heures passées (40 h sur le master, 15 h sur le moule et 5 h sur le fuselage)...

24 Looping



Voilà le résultat : en haut le master, au centre un fuselage sans gel-coat (on voit bien les renforts) et en dessous un fuselage gel-coaté blanc.

On voit qu'un fuselage seul comme celui du Cortals (1,15 m de long) revient déjà à un peu moins de 200 F, sans compter l'amortissement du moule et la main d'œuvre.

Avant de vous lancer, vérifiez que ce que vous recherchez n'existe pas déjà sur le marché...

Mais quel satisfaction d'avoir réalisé son propre modèle. N'hésitez pas à franchir le pas vous aussi, et bon travail...