

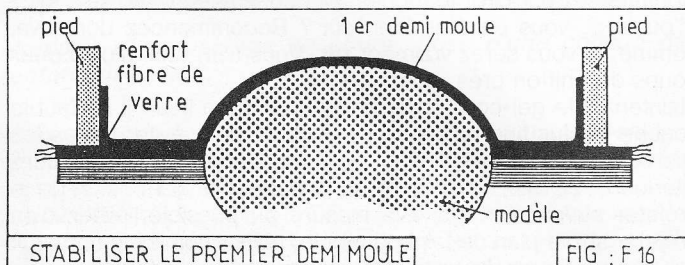


Dernière opération sur le premier demi-moule : pose des pieds. NB : merci les copains!

La couche suivante, ou plutôt les deux ou trois couches suivantes, seront des mats de verre pour ceux qui utilisent la polyester et des vérannes pour ceux qui ont pu se payer de l'époxy. Dans l'un ou l'autre cas, chaque couche fera environ 450 à 600 gr/m². Là encore, évitez de faire des congés dans les angles. Ne préparez pas trop de résine à la fois car elle pourrait s'échauffer et prendre en masse. Il faut autant que possible éviter tout échauffement du moule durant cette opération, ni localement (c'est pourquoi il ne faut pas faire de congés ni de surépaisseurs locales) ni sur une grande surface. Tout échauffement est un risque de déformation ultérieure du moule. Certaines résines sont tellement réactives qu'il faudra attendre entre chaque couche que la résine ait pris avant de passer à la couche suivante. La chaleur dégagée par la réaction chimique d'une couche échauffe la couche suivante qui s'échauffe d'autant plus à son tour, etc...Le phénomène peut prendre une ampleur inquiétante.

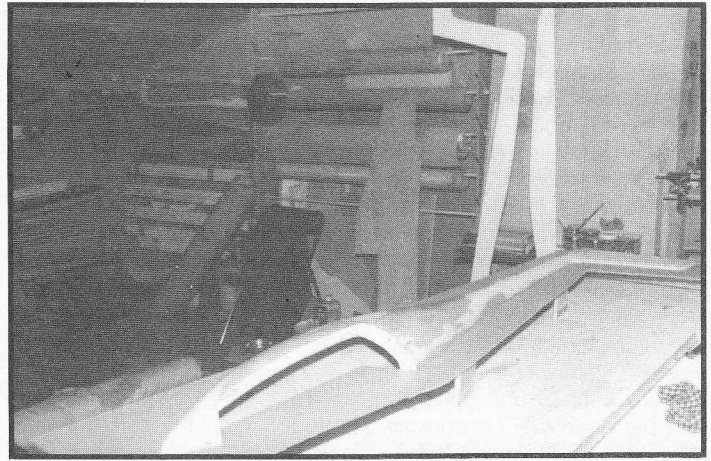
Si la dernière couche est bien belle comme cela, n'allez pas plus loin. Mais si, comme ça arrive souvent, cette dernière couche est rugueuse et pleine de petites pointes qu'on se plantera dans les doigts lorsqu'on voudra manipuler ce moule, mieux vaut finir par une couche de tissu fin ou de mat de surface : ce sera tellement plus agréable, plus tard....

Finissez enfin ce premier 1/2 moule en y collant par-ci par-là quelques pieds en n'importe quoi, qui permettront à ce moule de reposer bien stable sur un chantier sans se vriller. Ca aussi, c'est facultatif, mais c'est tellement plus agréable plus tard... Assurez ce collage à l'aide de bouts de tissus de renfort.

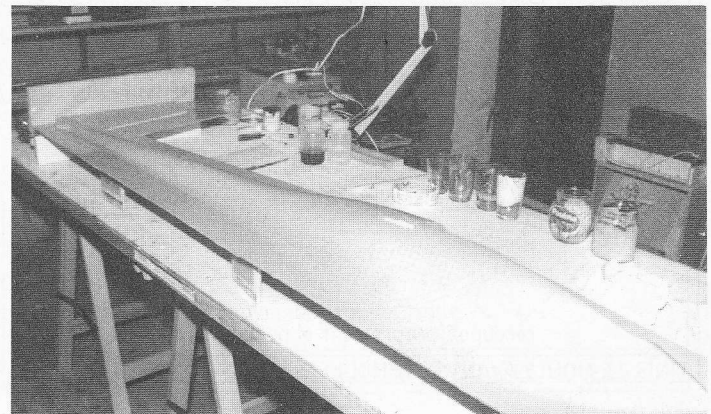


Laissez cette première moitié durcir au moins 24 heures avant de passer à la suite. Surtout ne démoulez pas ! Ne vous précipitez pas pour voir le résultat de suite. Il va falloir faire durer le suspense jusqu'au bout !

Commencez par ébarber très grossièrement ce qui dépasse de la table. Ne fignolez pas : on fera mieux plus tard. Puis démoulez la table qui nous a servi à réaliser le plan de joint et peut maintenant terminer sa vie dans la cheminée... Bon sang ! Ne démoulez pas le modèle ! Ne soyez donc ni pressé ni inquiet. De toute façon, si vous avez bien suivi mes conseils, c'est sûrement impeccable ! De plus, c'est le seul moyen de réussir un raccord parfait entre les deux moitiés du moule et d'avoir plus tard une "c couture" quasi parfaite sur vos futurs fuselages.



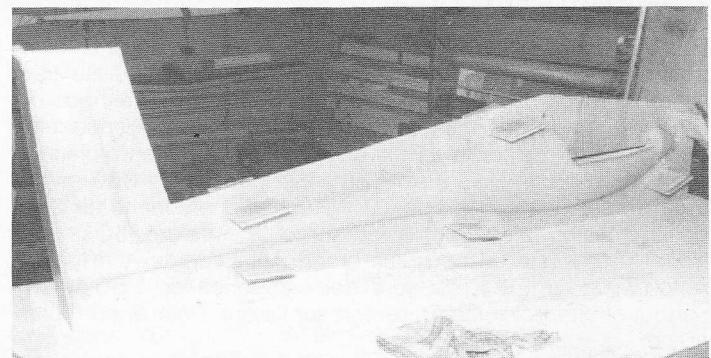
Le premier demi-moule quasiment terminé. On vient de retirer la table. Ne pas démouler maintenant le fuselage.



C'est reparti pour le deuxième demi-moule ! Première opération, gel-coatage, bien évidemment !



Troisième opération du deuxième demi-moule. Une couche de mat de verre en surface. On devine les mèches dans les angles vifs.



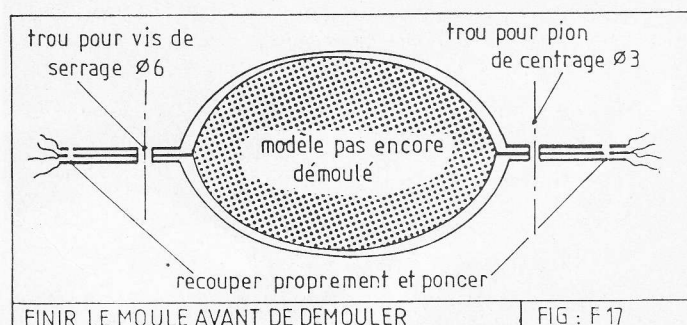
Le moule est terminé. Il ne reste plus qu'à démouler ! Le suspense tire à sa fin !

Nettoyez soigneusement tout ce qui a pu rester collé sur le plan de joint du moule et ce qui a pu couler sur le modèle. Retirez le scotch qui protégeait ce côté du modèle (j'espère qu'il a bien rempli son office). Reprenez la litanie du cirage sur toutes les parties du modèle que vous avez pu rayer ou abîmer et sur toutes les parties qui ne sont pas encore cirées, en particulier sur le plan de joint.

Et puis vous recommencez dans le même ordre toutes les opérations déjà faites pour la première moitié du moule : c'est tout pareil !! Je ne redétaille pas : vous connaissez maintenant. Bon je vous plante là : bon après-midi !!

Ça y est ? C'est tout beau, bien moulé ? Vous avez laissé sécher au moins une bonne semaine dans un endroit bien chaud ? Parfait ! Halte-là ! Encore un peu de suspense : ne démoulez pas encore. Plus qu'une paire d'heures d'attente, promis ! Commencez par découper (proprement cette fois) tout le contour inutile du moule. Ceux qui peuvent disposer d'un disque à tronçonner diamanté s'en sortiront en trois minutes avec le sourire. Les autres jureront beaucoup et consommeront moult lames de scie... faut ce qui faut !

Puis percez à travers le plan de joint des deux 1/2 moules des



trous qui serviront à serrer ensemble les deux demi moules. Et les perçant maintenant, vous serez sûr que ces trous tomberont bien l'un en face de l'autre. Envisagez un trou tous les 15 à 20 cm et aux points névralgiques seront nécessaires. On peut aussi percer 3 à 5 trous de Ø 3 mm dans lesquels on enfilera plus tard des petits bouts de corde à piano qui serviront à bien repositionner les deux moitiés du moule l'un en face de l'autre : c'est plus précis que seulement par les vis de serrage.

Allez, le suspense est terminé à présent : démoulez ! Pas facile hein ? Commencez par décoller le plan de joint des deux demi moules en faisant coïncider avec une lame de couteau. Tout autour. Maintenant insistez un peu plus au droit du nez. Au besoin, écarterez avec une lame de couteau puis enfiler-y un ciseau à bois et utilisez le pour faire levier. Si ça ne veut pas venir par l'avant, essayez pareil par l'arrière. Brusquement, vous entendrez un énorme craquement sinistre qui signifiera que c'est démoulé ! admirez !!

Pour ceux qui ont moulé directement sur le bois brut, il faut encore finir l'intérieur. Poncez le plus gros au papier 400 avec de l'eau savonneuse, puis finissez successivement avec du grain 800 et enfin 1200. Vous pouvez finir avec de la pâte à polir : c'est permis... et même conseillé !

En cas de défaut plus ou moins local (bulle par exemple) grattez soigneusement la zone incriminée pour enlever toute trace de démoulant, remplissez le trou avec du gel-coat en le mettant le mieux possible du premier coup. Et puis reponcez comme d'habitude au papier à l'eau légèrement savonneuse, grain 400, 800, 1200, puis pâte à polir... quand c'est bien fait, on n'y voit plus rien.

Et bien, ma foi, ça y est : le moule est terminé ! Même si vous ne vous en servez pas tout de suite, passez-y une bonne couche de démoulant : sait-on jamais ce qui pourrait arriver et... c'est l'assurance vie d'un moule !

MOULER LE FUSELAGE

D'abord une petite digression sur les produits à employer. C'est important tout de même : c'est cette pièce qui va voler... et surtout... atterrir plus ou moins bien !! Reportez vous aussi au chapitre sur les matériaux qui vous en dira plus.

Pour la résine, pas d'hésitation : ce sera de l'époxy. Ceci posé, les tissus seront donc désenzymés compatibles époxy. Mais combien en faut-il, et quel genre ? Éliminons le carbone, trop peu résistant aux chocs, sauf peut-être pour des renforts très localisés. Reste donc le verre ou le kevlar. Le kevlar est particulièrement difficile à travailler, surtout pour un fuselage. Mais il permet de construire léger et très solide. Je déconseille formellement de faire son premier fuselage en Kevlar mais quelqu'un qui maîtrise bien la technique peut avantageusement s'y risquer.

Reste donc les tissus de verre. Pour un fuselage, il faut un tissu très déformable. On choisira donc soit un taffetas tissé très lâche (on voit un trou bien large entre chaque fibre) soit un satin, de préférence sergé. Le fil sera de préférence une silionne (plus résistante). Pour un petit fuselage (genre planeur de 2 à 3 m) on utilisera soit une seule couche de 350 gr/m² environ, soit une couche de 100 gr/m² et une couche de 250 gr/m². Puis on rajoute un renfort sur tout l'avant de 250 gr/m². Pour un fuselage un peu plus grand (planeur de 4 m genre ASW17 ou ARIEL), ce sera deux couches de 250 gr/m² partout et une troisième en renfort sur l'avant. Pour encore plus grand... à vous de voir !

Tout cela s'entend pour une stratification impeccable, c'est à dire en mettant juste ce qu'il faut de résine : c'est comme ça qu'on construit léger et solide. On peut aussi rajouter de petits renforts ici ou là, aux endroits où ça casse d'habitude : autour

des clés d'ailes, de stabilo, aux ouvertures de verrière ou d'ailes, fixations de train ou de cloison pare-feu etc...

La couche de surface maintenant. Reportez vous au chapitre sur les matériaux pour choisir un gel-coat ou son remplaçant. Bien. Rassemblez vite tous ces matériaux et retrouvez moi pour la suite.

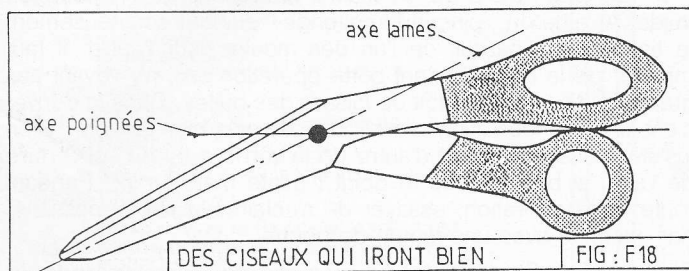
Commencez par cirer le moule soigneusement. C'est déjà fait M'ouais ... vous en êtes bien sûr ? Recommencez donc, vous en êtes sûr. Vous n'en êtes plus à des coups de chiffon près, non ?

Maintenant le gel-coat... ou ce qui en tiendra lieu ! Il en faut une couche la plus fine possible, juste assez pour éviter toutes les microporosités superficielles qui compliqueraient la peinture ultérieure. Le mieux est de diluer largement le gel-coat et de projeter au pistolet. Dans la mesure du possible, évitez de projeter sur le plan de joint du moule, mais sinon, cela ne sera pas grave. Faute de pistolet, le pinceau fera l'affaire mais ça sera plus lourd et moins joli. Si le fuselage n'est pas trop étroit on peut essayer le rouleau : il existe de petits rouleaux à mousse assez pointus qui donnent de très bons résultats. On peut aussi employer des peintures ou apprêts en bombe.

Si vous avez employé une peinture monocomposant ou en bombe, il faut absolument laisser sécher cette couche à fond car elle sèche uniquement grâce au contact de l'air. S'il s'agit d'un produit à plusieurs composants (gel-coat ou peintures apprêts époxy ou polyuréthane), on doit attaquer le moulage dès que la couche est dure et tant qu'elle colle encore un peu au doigt.

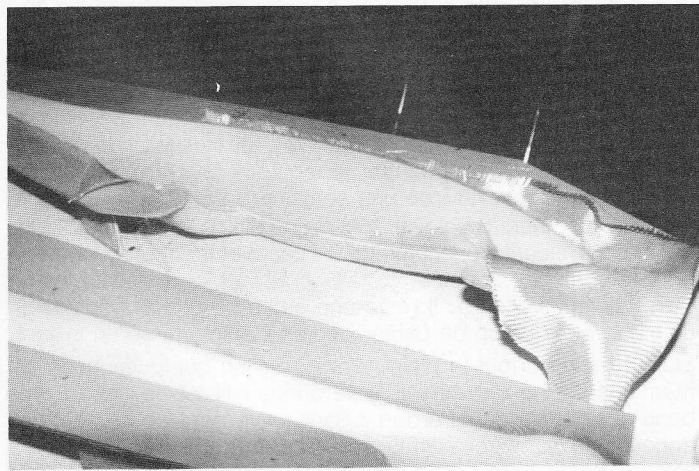
Pendant que le gel-coat prend (ou avant de le passer s'il sèche vite !) découpez tous les tissus de verre qui seront nécessaires. Couper plutôt large, disons au moins 3 cm de rab dans tout

les directions. Préparez aussi tous les outils qui seront nécessaires : pinceaux, pots propres, balance pour doser la résine, gants... et une paire de ciseaux. J'insiste sur ces ciseaux car ils ont une très grande importance. Ils doivent être parfaitement affûtés et choisis parmi des ciseaux dont la lame n'est pas dans l'alignement des poignées :



Cette forme de ciseaux permet de mieux réaliser les opérations de découpe des tissus dans le moule. Il faut aussi un petit "pinceau à rallonge". C'est un pinceau de 8 à 10 mm de large, suivant l'étréitesse du moule, dont on plie un peu le métal qui en tient les poils, un peu à la manière d'un pinceau à radiateur. Puis on enfle le manche dans un tube d'aluminium de 6 à 8 mm de diamètre et on l'immobilise par un bout de scotch. On obtient ainsi un pinceau dont le manche très long permet d'aller dans tous les coins et recoins du moule même s'il est fermé. La "rallonge" de manche en alu peut être pliée à volonté pour s'adapter à toutes les formes de fuselage.

Autre conseil, lorsqu'on travaille seul, il vaut mieux ne pas préparer plus de 50 gr de résine à la fois. Ainsi, on utilise toujours de la résine fraîche donc moins visqueuse et qui imprègne mieux les tissus et plus vite.



Moulage d'un fuselage en cours : pose d'une couche de renfort sur l'avant.

Allons-y maintenant. première opération : armer tous les angles vifs de façon à y éviter les bulles. Plusieurs produits peuvent remplir cet office. Une mèche de kevlar représente l'idéal... et le plus difficile à bien poser. On peut aussi employer une mèche de verre, à peine plus facile à poser, mais qui renforce aussi. Plus facile à poser, mais qui ne renforce pas ou si peu, de la fibre coupée imprégnée de résine ou encore un mélange résine + microballon assez liquide. Essayez de travailler le plus vite possible et, de toute façon, pas question de s'arrêter en route pour souffler un peu : depuis le remplissage des angles vifs jusqu'à la fermeture finale du moule, tout doit se faire d'un seul coup et avant que le premier mélange de résine n'ait eu le temps de durcir, ni même d'être vraiment gélifié.

Dès que les angles vifs sont remplis, étaler une couche de résine sur toute la surface du moule et poser dessus la première couche de tissu. Commencer par le tissu le plus léger lorsqu'on utilise plusieurs qualités différentes. Imprégner cette couche soigneusement.

Pour imprégner vite et bien, il existe plusieurs astuces. D'abord, il est inutile de vouloir avancer avec méthode, en insistant partout

jusqu'à imprégnation complète. Il vaut mieux passer un peu de résine partout, rapidement, sans insister, et laisser cette résine pénétrer toute seule le tissu par lente capillarité. Par exemple, commencer par le nez et aller rapidement jusqu'au bout de la dérive. Arrivé là, revenir au nez et constater que le tissu est déjà imprégné presque partout comme il faut ! Il n'y a plus qu'à fignoler de-ci de-là. Autre astuce : ajouter toujours plus de résine sur les parties verticales du moule et pratiquement rien au fond : de toute façon, la résine coulera le long des parois. En n'agissant pas ainsi, on risque de se retrouver avec trop peu de résine dans les zones verticales, et une véritable piscine au fond du moule. Dernière astuce : toujours commencer par placer le tissu sur tout le moule avant de commencer à l'imprégner. Pendant que vous travaillerez à un bout, l'autre bout commencera à s'imprégner tout seul en pompant la couche de résine que vous avez étalé dans le moule.

Il faut encore imprégner le tissu qui dépasse du moule sur 1 à 2 cm au-dessus du plan de joint. Mais ce n'est pas nécessaire sur tout le tour des deux demi-moules. Il suffit d'imprégner ainsi ce qui sera le dessous du fuselage sur l'un des moules et ce qui sera le dessus du fuselage sur l'autre moule. Vous verrez pourquoi un peu plus loin.

C'est maintenant qu'intervient l'opération délicate. Avec les plus beaux ciseaux que vous pourrez trouver, il va falloir recouper l'excédent de tissu. Voir le croquis ci-dessous :

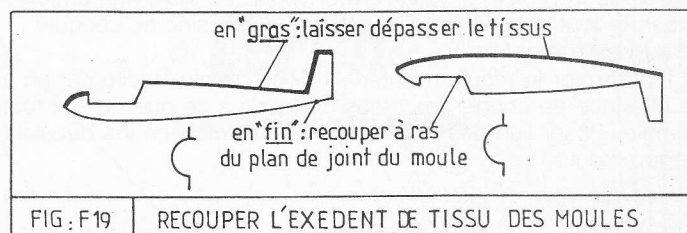
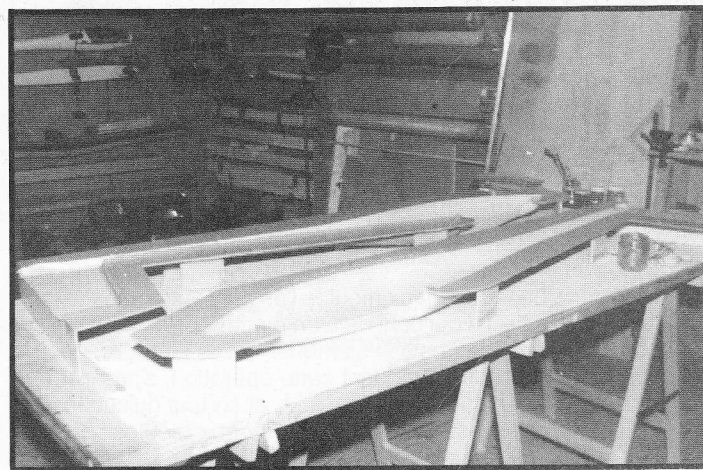


FIG : F19

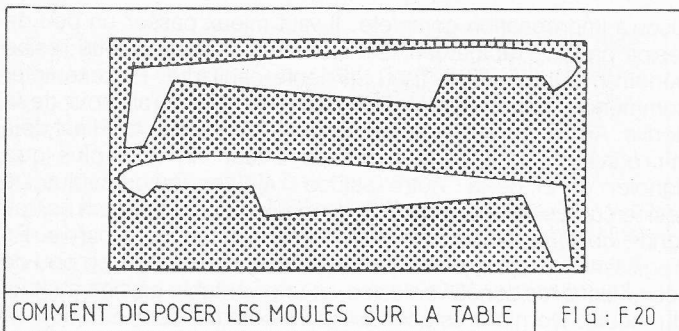
RECOUPER L'EXCEDENT DE TISSU DES MOULES



Remarquez la disposition des deux demi-moules sur la table de travail. Les tissus sont posés, imprégnés, recoupés comme il convient. Il ne reste plus qu'à fermer le moule.

Là où le tissu a été imprégné au-dessus du plan de joint du moule, couper en laissant dépasser du moule environ 1 cm de tissu. Partout ailleurs, couper à ras du plan de joint. J'insiste sur la nécessité de couper bien à ras du plan de joint : c'est indispensable. Tout morceau de tissu qui dépasserait du plan de joint risque d'être la cause d'une bulle lors qu'on ferme le moule. Il vaut mieux que le tissu soit en retrait de quelques millimètres plutôt que le contraire. En fait, après recoupe, il est presque toujours possible de fignoler en déplaçant un peu le tissu dans le moule.

Ainsi donc, sur l'un des moules, le tissu est recoupé à ras du plan de joint sur le dessous du fuselage ; et, sur l'autre moule, c'est le dessus du fuselage qui est recoupé à ras. Pour ne pas me tromper, j'ai l'habitude de travailler sur une table placée de façon à pouvoir tourner autour, et j'y dispose les moules ainsi :



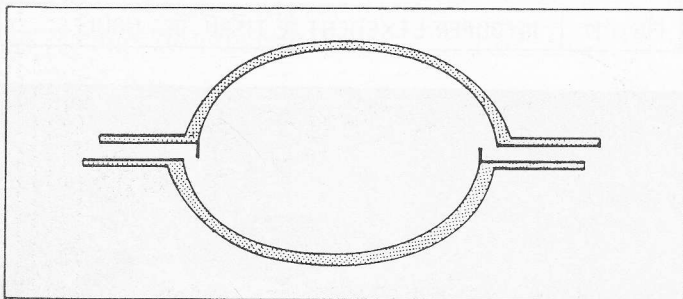
COMMENT DISPOSER LES MOULES SUR LA TABLE

FIG : F 20

Je travaille donc sur chaque moule en me plaçant tantôt d'un côté de la table, tantôt de l'autre. Lorsque je dois imprégner le tissu au-dessus du plan de joint du moule, je le fais toujours du côté situé vers le milieu de la table ; de même, je recoupe à ras du plan de joint le tissu qui se trouve du côté le plus près de moi, ce qui est plus facile d'ailleurs ...

Tout ça, c'était pour la première couche de tissu. C'est tout pareil pour la deuxième couche et pour la troisième si besoin, et pour les renforts de-ci de-là. Poser le tissu en place sur toute sa surface, l'imprégner et le recouper, toujours en le laissant dépasser du moule d'un côté et en le recoupant à ras du moule de l'autre côté. Si, à la fin de tout cela, vous vous apercevez qu'il y a beaucoup trop de résine ici ou là, vite Sopalin ! Slurp, on essuie le trop plein et voilà l'erreur réparée ! Mais vite, toujours très vite tout cela : il faut finir avant que la résine ne coagule ... pardon ... ne gélifie !

Il faut fermer le moule maintenant. Rien de plus facile car on a eu l'astuce de couper les tissus de façon à ce que ce soit tout simple. Poser l'un des moules sur l'autre, mais en les décalant légèrement :



COMMENT PRESENTER LES MOULES POUR FERMETURE

FIG : F 21

On peut donc poser les deux moules l'un sur l'autre sans risquer de déplacer les tissus qui sont déjà en place. Après, faire glisser doucement les moules pour les amener à leur place respective l'un par rapport à l'autre. Pendant cette opération, s'assurer que les tissus se placent bien comme il faut, et surtout qu'aucun petit bout de tissu n'est resté pincé entre les deux moules. Eclairer

l'intérieur du moule pour bien voir ce qui se passe dedans. Si besoin, repousser un peu le tissu en enfilaant un réglé entre deux moules. Si tout va bien, finir de serrer les deux moitiés du moule avec les vis prévues à cet effet. Ça commence à prendre tournure, non ?

Il est préférable de finir ce fuselage avec de la résine fraîche. Il en faut peu : 20 à 30 gr, mais il vaut mieux qu'elle soit bien fluide. A l'aide du " pinceau à rallonge " plaquer soigneusement le tissu, qui dépassait de l'un des moules, sur l'autre. Il faut rajouter de la résine durant cette opération car, n'y voyant rien de grand chose, on a vite fait de laisser des bulles. Dans la dernière phase, c'est facile à condition d'avoir un pinceau bien adapté. Bien insister aussi de part et d'autre de la verrière ou de l'ouverture de l'aileron, si besoin avec le doigt (ganté bien sûr)... Pendant toute cette opération, essayer de s'éclairer le mieux possible, par exemple avec une lampe de poche.

Et bien voilà ! C'est terminé ! Il n'y a plus qu'à laisser prendre la résine, de préférence dans un endroit chaud. Plouf ! font les pinceaux en plongeant dans l'acétone ! N'oubliez pas de nettoyer soigneusement les ciseaux qui doivent être dans un parfait état !

Ah, encore un truc ! A l'arrière de la dérive et autour de l'ouverture de la verrière ou de l'aileron, il y a sûrement des tissus de verre imprégnés de résine qui dépassent du moule. Si vous attendez que la résine ait durci tout à fait pour les recouper, ce sera très pénible : cutter impuissant, alors papier de verre, poussière partout ! Mais si vous le faites quand la résine est encore en phase gel, c'est à dire qu'elle commence seulement à durcir, 30 secondes ce sera réglé avec un cutter bien affûté : facile et propre ... le pied quoi !

Il vaut mieux attendre le plus longtemps possible avant de démouler : cela évitera au maximum toutes les déformations qui pourraient se produire si on est trop pressé. Si vous pouvez disposer d'un lieu où la température est élevée (50 à 60 °C) pendant 12 heures dans cette ambiance sera probablement un minimum. En été, c'est la température qu'on atteint dans une voiture fermée en plein soleil. En hiver, on obtient des températures intéressantes au-dessus d'un radiateur de chauffage central. Attendre que le moule ait complètement refroidi avant de démouler. Si on ne peut pas chauffer le moule, il faut être très patient ... Moi, je compte environ une semaine à 20°C.

Allez on démoule ! Enlever toutes les vis, ouvrir le moule, si besoin en s'aidant d'une lame de couteau, et tirer sur le fuselage pour le sortir. En principe, ça fait " crac " et le modéliste fait un " oh ! " d'admiration ... Il reste une petite bavure tout autour du fuselage qu'un coup de papier de verre enlèvera en un instant.

Mais il reste surtout le plaisir d'avoir réalisé quelque-chose de nouveau même et de ne rien devoir à personne ! N'est-ce pas le plaisir de faire de beaux fuselages ? Pardon ? Sans sa verrière on ne peut pas encore bien en juger ? Infatigable !!! Bon, bon, d'accord ; on va y aller ! On va la faire, cette verrière ! Rendez-vous au prochain chapitre.



4^{ème} PARTIE

LA VERRIERE

Voilà encore une pièce qui semble effrayer beaucoup de modélistes. Faire une verrière n'est pourtant pas difficile : il suffit d'un four et d'une matière première adéquate. J'ai déjà abordé, dans le chapitre au sujet des outillages, comment se bricoler le four idéal ... ou tout au

PRINCIPE

Tout d'abord, j'élimine le cas des verrières de forme développable. Ces verrières peuvent être réalisées directement en courbant une feuille plane et j'ose croire que vous n'avez pas besoin de longues explications pour réaliser ce genre de pièce !

Je ne m'intéresse donc ici qu'aux verrières de forme non développable. Pour réaliser cette pièce, il va falloir déformer une feuille plane. L'opération s'appelle du thermoformage. Certains plastiques ont la propriété de devenir malléables lorsqu'on les chauffe. On peut les déformer à volonté tant qu'ils sont chauds. Puis, lorsqu'ils refroidissent, ils reprennent leur rigidité habituelle. C'est cette caractéristique que nous allons utiliser.

La suite des opérations est donc la suivante : chauffer une feuille de plastique transparent ; lorsqu'elle est bien chaude, l'emboutir sur un poinçon ayant la forme qu'on veut obtenir ; puis la laisser refroidir sur ce poinçon. Voyons tout cela en détail.

POINÇON

Si vous avez fabriqué votre modèle de A à Z comme je l'ai décrit au chapitre " fuselage ", vous avez déjà fabriqué ce poinçon avant de terminer la finition du modèle du moule de fuselage. Si vous n'avez pas suivi cette étape, rappelons-en les grandes lignes.

Premier objectif, disposer d'une forme de cette verrière, en creux. C'est à dire qu'il faut disposer d'une pièce dont l'intérieur est à peu près lisse et possède la forme de la verrière qu'on désire, mais en creux. Disons que vous avez taillé un bout de polystyrène expansé à la forme que vous désirez, que vous

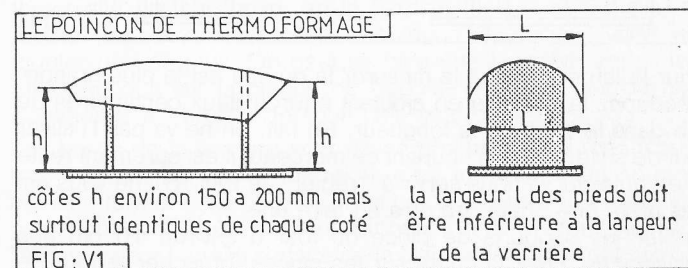
moins suffisant pour nos besoins modélistes !

De même, j'ai déjà décrit, dans le chapitre sur la fabrication du moule de fuselage, comment fabriquer le moule de verrière ; mais je vais quand même y revenir partiellement ici.

l'avez recouvert de deux couches de tissu de verre imprégné de résine époxy, que vous avez fini proprement cette surface, et que vous en avez tiré un moule à peu près propre ... Il existe une autre méthode moins reluisante que tout le monde aura deviné mais sur laquelle je préfère ne pas m'étendre ...

Dans cette forme en creux, on va mouler le poinçon. Il faut une couche épaisse de gel-coat, si possible un gel-coat qui résiste bien à la température mais ce n'est pas essentiel. Ensuite quelques couches de tissu de verre, disons qu'il faut que cela représente au total environ 1500 gr/m².

Démouler et monter ce poinçon sur un support qui lui permettra de tenir debout à environ 10 cm du sol et à peu près à l'horizontal.



Finir la surface du poinçon au papier de verre grain 320 maxi de façon à laisser cette surface finement rayée. Il ne faut surtout pas la polir car lors du moulage de la verrière, si le poinçon était poli, on emprisonnerait de l'air entre lui et la feuille de plastique ; les bulles d'air ne pourraient pas s'échapper et créeraient des déformations inesthétiques.

LA MATIERE

Avant tout, rassembler tout ce qui sera nécessaire : le poinçon, le four, les pinces pour tenir la feuille de plastique, un petit bout de chiffon non pelucheux Aïe ! Il nous manque l'essentiel : la matière première !! Ennuyeux car ce n'est pas le plus simple.

Quelle est donc la nature de cette mystérieuse " feuille de plastique " dont je vous parle depuis un bout de temps ? En fait, c'est la majeure partie du secret de la réussite d'une verrière. Plusieurs matériaux peuvent faire l'affaire . Le mieux, c'est la

Cabulite. Vient ensuite le PVC transparent thermoformable (attention, il existe des PVC qui ne se thermoforment pas). Le rodhoïd peut convenir, à la rigueur, si la verrière que vous voulez ne demande pas trop de déformation. Le plexiglass et les polycarbonates (LEXAN) se thermoforment aussi mais demandent des températures difficiles à obtenir avec ma méthode et je déconseille. Donc, tâchez de trouver de la Cabulite ou du PVC thermoformable.

Où trouver ces produits ? Chez le fabricant, peut-être, mais je doute qu'il vous livre pour moins d'un kilomètre carré ! Il faut donc un détaillant. Une fois de plus, on trouve tout dans l'annuaire ou le minitel. Pages jaunes, voyons voyons, ... "Cabulite" ... non rien : m'étonne pas ... essayons "plastique" ... rien non plus ! C'est pas possible ! Ils doivent quand même connaître les matières plastiques dans les PTT ! Qu'ai-je dit ? " matières plastiques " ? pourquoi pas ? Voyons voyons, ... " matières plastiques " ... Victoire ! Maintenant, cherchez aux rubriques " produits pour l'industrie " ou " outillage et matériel pour la transformation " ou encore " transformateurs ". Là-dedans, vous trouverez sûrement votre bonheur. Au pire vous trouverez for-

cement un artisan qui fait du thermoformage et qui pourra vous dire où trouver ces produits, voire vous en revendre ce qu'il vous faut.

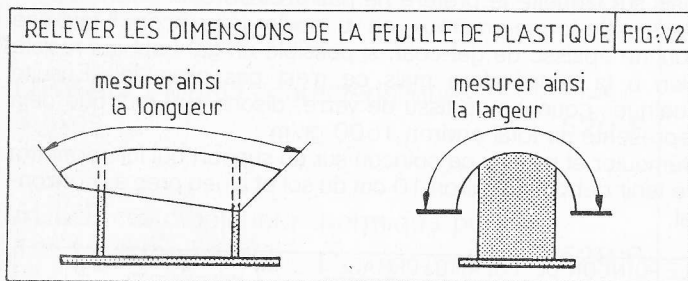
Autre source d'approvisionnement : les détaillants en modélisme ! Ben oui : tout bêtement. Robbe et Graupner (au moins eux) vendent ce qu'ils appellent du rodhoïd pour faire des verrières. Généralement teinté, ce rodhoïd n'en est pas, heureusement car il se thermoforme parfaitement. Le seul inconvénient est que les plaques sont minuscules et très chères.

Comme vous avez de grandes chances de rater les premiers essais, il vaut mieux vous approvisionner ailleurs, le temps de vous faire la main.

Derniers détails, qu'il s'agisse de Cabulite ou de PVC thermoformable, il vous faut une plaque de 1 mm d'épaisseur. Ensuite ces deux matériaux existent en transparent, bleuté, verdâtre, marron, laiteux ; on peut aussi peindre la verrière par l'intérieur avec les peintures en bombe transparentes destinées à faire des bandeaux sur les pare-brises des voitures ; bref, coté décoration, tout est possible.

THERMOFORMONS

Cette fois ça y est : on a tout ce qu'il faut. Alors on y va ! Avec un régllet, mesurez les dimensions développées de la verrière à faire (sur le poinçon) .



Pour la largeur, il faut la mesurer là où elle est la plus grande. Découpez la Cabulite en ajoutant environ deux centimètres de rab dans le sens de la longueur. En fait, on ne va pas l'utiliser tout de suite, mais en coupant ce morceau, il est sûrement resté une chute qui va nous servir à " régler " le four. S'il ne vous est pas resté une chute, y'a qu'à en faire une ...

Régler les supports de pince du four à environ 10 cm des résistances. Fixer la chute sur les pinces, brancher le four, le laisser chauffer quelques minutes et placer la chute de Cabulite pour la faire chauffer. Après quatre à cinq minutes, on peut estimer que la Cabulite ne chauffera pas plus. Il s'agit de savoir si elle est trop chaude ou trop froide.

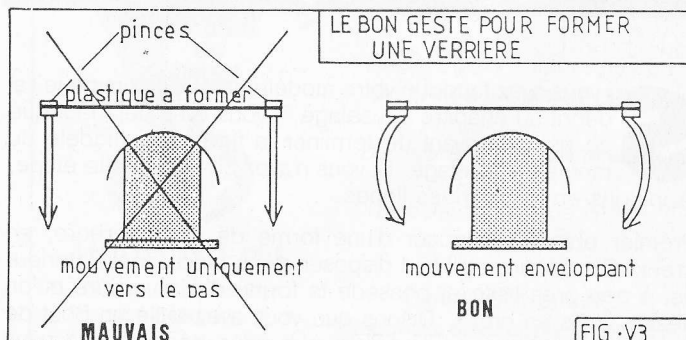
Commençons par "trop chaud". Ça se voit très bien : la Cabulite commence à brûler ! oh, pas avec de grandes flammes, rassurez-vous, rien de dangereux ! Simplement, on voit apparaître à la surface des petites cloques rondes. On dirait des "yeux dans le bouillon". Le phénomène commence à se produire près des pinces d'habitude car la Cabulite, devenant souple lorsqu'elle est chaude, s'incurve vers le bas si bien que le centre de la plaque se retrouve plus loin des résistances et donc moins chaud. Bien sûr, si vous constatez ce phénomène, c'est que la plaque est trop près des résistances. Il faut donc baisser les supports du four d'un cran, mettre une " chute " neuve et recommencer. Et ainsi de suite jusqu'à ce que la Cabulite ne brûle plus. Là, on a défini le bon réglage du four.

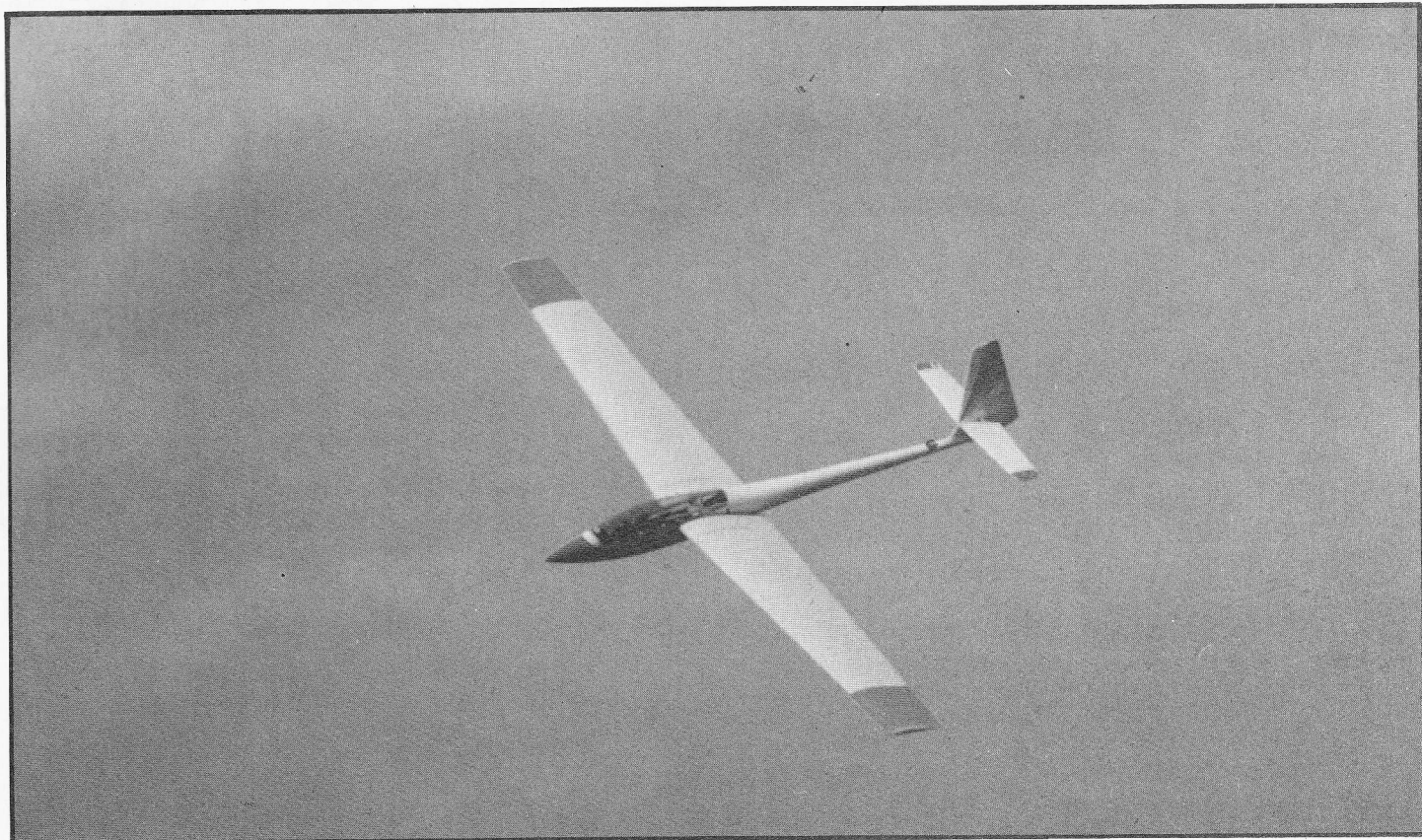
Et si, au premier essai, la Cabulite ne brûle pas ? C'est probablement qu'on est beaucoup trop froid : ce serait un miracle de définir le bon réglage par hasard. Comme il est pratiquement impossible de savoir si on peut chauffer davantage sans l'avoir essayé, essayons ! Monter les supports du four cran par cran en recommençant l'essai à chaque fois. Attendre un bon moment à chaque étape que la température se stabilise. Lorsqu'on verra

apparaître les petites cloques signalant qu'on est allé trop haut, il suffira de redescendre d'un cran pour être sur d'être au meilleur réglage possible. Vous voyez bien qu'il valait mieux utiliser une chute pour faire ce réglage !!!

A présent, allons-y pour le premier essai. Placer le poinçon sur la plaque de base du four. Fixer le morceau de Cabulite sur les pinces et mettre le tout à chauffer. L'ennemi n° 1, maintenant, c'est la poussière. Le moindre grain de poussière sur le poinçon, ou sur la face de la plaque de Cabulite qui viendra au contact du poinçon, laissera une trace sur la verrière. Mais qu'est-ce que ça change ? C'est difficile à éliminer complètement la poussière ! Surtout sur ces bouts de plastique constamment chargés en électricité statique. A vrai dire, je ne connais pas de solution parfaite. On peut utiliser un chiffon à peine humide, mais vraiment à peine. S'il est trop sec, il ne fait que soulever la poussière qui retombe aussi sec d'où elle vient, attirée par l'électricité statique. Trop humide, il laisse de fines gouttelettes d'eau sur la pièce qui vont sécher rapidement ... en laissant sur la pièce leur sels minéraux, ce qui revient au même ! Il faut donc trouver l'humidité " qui va bien ". Certains camarades modélistes m'ont dit avoir trouvé la solution sous la forme de chiffon anti-statique, genre " essuie-disque ". Personnellement, je n'ai jamais trouvé un de ces chiffons qui me donne satisfaction ; je n'ai peut-être pas trouvé la bonne marque ...

Mais ne nous laissons pas arrêter par quelques grains de poussière ! Bien sûr, il faut travailler à deux, chacun à un bout des pinces. Dès que la Cabulite est bien chaude, passer un dernier coup de chiffon pour se donner bonne conscience vis-à-vis de la poussière, attraper les pinces, les dégager de leur support du four et venir enrouler la Cabulite sur le poinçon en tirant dessus juste assez pour qu'elle vienne bien plaquer partout sur le poinçon. Attention, j'ai bien dit qu'on enroule la Cabulite sur le modèle : il y a là un geste un peu particulier qui améliore le résultat :





Ainsi, au fur et à mesure où on enroule la Cabulite sur le poinçon, on tire dessus juste assez pour la faire plaquer partout. L'avantage, c'est qu'on étire la Cabulite au fur et à mesure des besoins et pas seulement à la fin de l'estampage. On l'étire donc régulièrement sur toute sa surface et, en conséquence, on lui demande moins d'étirement localisé. On obtient aussi une verrière dont l'épaisseur est plus régulière, ce qui évite de se retrouver avec une pièce dont les bords sont extra fins donc particulièrement fragiles. En effet, quand on déforme la Cabulite, on l'étire localement et donc on diminue son épaisseur.

Tout cela doit être fait rapidement pour que la Cabulite n'ait pas le temps de refroidir avant qu'on ait fini la pièce. Mais il ne faut pas non plus aller trop vite de façon à avoir le temps de bien positionner la Cabulite sur le poinçon, et à lui laisser le temps de s'étirer. Disons que l'opération complète demande environ 5 secondes, cela vous donnera un bon ordre d'idée.

Ensuite, continuer à tirer sur les pinces de façon à garder la Cabulite bien plaquée sur le poinçon le temps qu'elle refroidisse assez pour ne plus se redéformer. Disons que cela peut demander entre 1 et 2 minutes ; moins si un troisième larron peut couper le chauffage du four pendant que ceux qui sont au charbon tirent sur les pinces. Il vaut mieux attendre encore 1 à 2 minutes avant d'enlever la verrière du poinçon pour admirer le résultat. Pendant que ça sèche, ... pardon, que ça refroidit, retirer les pinces par exemple.

Ayant loupé une quantité de verrière qui remplirait quelques poubelles, je vais vous décrire les principaux défauts que j'ai rencontrés et le moyen d'y remédier. Ainsi, vous irez peut-être plus vite que moi dans la mise au point de cette technique. La matière perd son aspect transparent et blanchit là où on l'a étirée. On rencontre ce cas surtout avec le rodhoïd. Il n'y a pas grand-chose à faire ... Essayez de chauffer plus longtemps pour obtenir une meilleure homogénéité de la température sur l'épaisseur de la plaque. Ou bien former la verrière plus vite pour qu'elle n'ait pas le temps de refroidir avant la fin du formage. Ou encore, soigner mieux le mouvement enveloppant pour éviter au maximum les étirements locaux. Mais le mieux, et aussi le plus simple, c'est de changer de matériau : la Cabulite et le PVC réellement thermoformable n'ont pratiquement pas ce défaut. La Cabulite est froide avant qu'on ait eu le temps de finir de former la verrière. Cela se produit surtout avec des verrières

très galbées. Il faut essayer d'aller plus vite en formant la verrière sans pour autant négliger le mouvement enveloppant ... On peut aussi chauffer le poinçon, par exemple avec un sèche cheveux, avant de former la verrière : ainsi, il refroidira moins la Cabulite. Mais c'est peut-être aussi parce-que la Cabulite n'est pas assez chaude, surtout vers le milieu de la plaque (là où il faut le plus la déformer). Il faut essayer de chauffer davantage et surtout éviter que la feuille ne creuse entre les deux pinces lorsqu'elle devient molle, en la gardant tendue. A la limite, il faudra peut-être abaisser la résistance du milieu, voire en ajouter une de plus. On peut se faire une idée des zones les plus chaudes sur la plaque de Cabulite en observant où elle commence à "brûler" lorsque cela se produit.

Les bords de la verrière sont exagérément minces, beaucoup trop fragiles. Là, pas d'hésitation, c'est le mouvement au moment de former la verrière qui n'est pas bon, pas assez enveloppant. Un bon mouvement enveloppant répartit correctement l'étirement sur toute la surface de la plaque de Cabulite. Mais ce n'est pas facile à réussir au début.

Petits points partout sur la verrière, donnant des qualités optiques médiocres. Là encore, pas d'hésitation : c'est la poussière. Le chiffon est trop mouillé, ou pas assez, ou pelucheux ... Inutile de vous dire que vous ne pourrez jamais réussir une verrière correcte si vous venez juste de poncer une aile en balsa et que de la poussière vole partout dans l'atelier.

Bulle d'air emprisonnée entre la Cabulite et le poinçon, donnant une déformation locale inesthétique. Cela ne devrait pas se produire si le mouvement a bien été enveloppant ... mais cela se produit quand-même ! Voir alors le dépolissage du poinçon : il doit être finement rayé partout. Si ce n'est pas le cas, ou pas assez, reponcer le modèle avec un papier de verre plus gros. Si ça ne va toujours pas, il faut peut-être chercher l'explication dans la durée de chauffage de la Cabulite. En effet, certaines variétés de matériaux thermoformables fument beaucoup au début du chauffage.

Ça sent d'ailleurs très mauvais ! Après quelques instants, ce dégagement gazeux diminue puis semble disparaître. Il faut attendre de ne plus voir de fumée sortir de la Cabulite avant de former la verrière.

Voilà ! je pense vous avoir exposé tous les problèmes que j'ai rencontrés et le moyen d'y remédier. J'espère qu'à présent la fabrication de la verrière de votre modèle ne vous effraie plus.

5^{ème} PARTIE

LES AILES

Enfin ! Venons-en au plat de résistance : la construction des ailes en plastique !

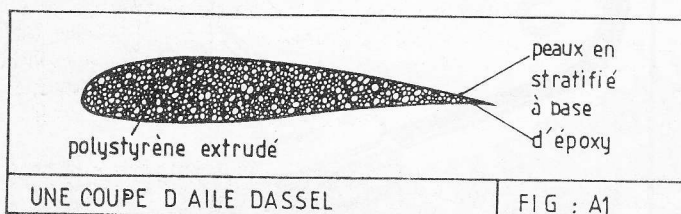
A tout seigneur, tout honneur, commençons par le premier planeur ainsi construit : le DASSEL. Je ne m'étendrai pas sur les détails de construction car non seulement je ne les connais pas bien,

mais encore d'autres que moi sont mieux placés pour vous les décrire en détail puisqu'ils ont employé cette technique ou l'emploient encore. Ces quelques explications peuvent être très utiles pour montrer comment s'y prendre, tout au moins dans les grandes lignes.

LA METHODE EST SIMPLE

Le principe est simple :

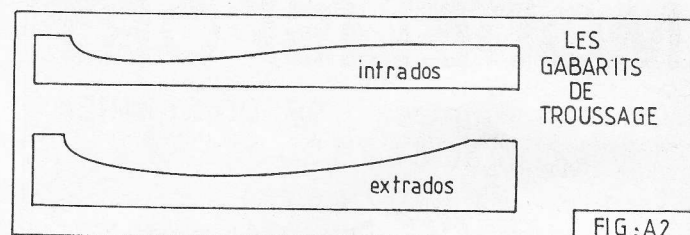
- Fabriquer un jeu de moules, le plus parfait possible (!)
- Stratifier dans ces moules une peau intrados et une peau extra dos, poser dans l'un des demi-moules un noyau d'aile en roofmat et refermer le moule sans laisser à la résine le temps de polymériser. En séchant, la résine colle le roofmat et on obtient une aile dont la structure est à peu près la suivante :



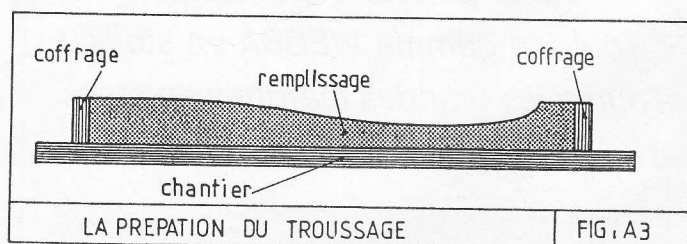
Dans la pratique, AIE !!!

Commençons par le moule : il faut bien en passer par là ! Il est fabriqué directement, c'est à dire sans passer par l'étape intermédiaire de la fabrication d'une aile servant de modèle et qu'on va mouler pour ... obtenir un moule. La technique utilisée est le troussage d'une pâte époxy.

Commencer par découper des gabarits en aluminium représentant les profils essentiels de l'aile à fabriquer et en creux. Le nombre de gabarits nécessaires dépend de l'envergure du planeur et de la longueur de la règle rectifiée dont on dispose (voir plus loin).

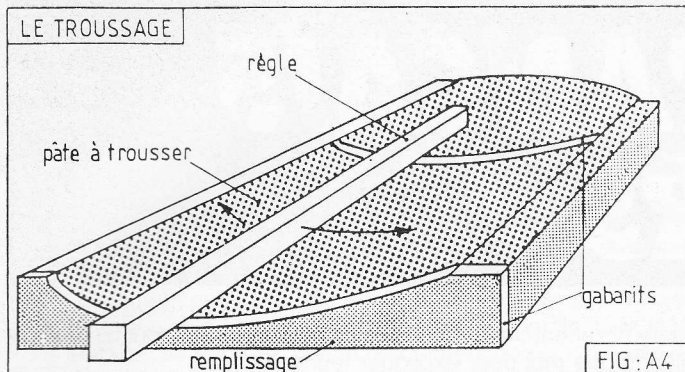


Fixer ces nervures à l'endroit requis sur un chantier et faire un coffrage autour :



puis remplir l'intérieur de ce coffrage avec une pâte spéciale, ou de la mousse, ou du plâtre, ou ... etc ... Arrêtez ce remplissage à quelques millimètres de la partie supérieure des gabarits, la cote exacte dépendant de la pâte à trousser que vous utiliserez.

On en arrive donc au troussage proprement dit. Pour cela, il vous faut une règle rectifiée, c'est à dire parfaitement droite sur toute sa longueur et bien rigide. Préparer et étaler la pâte à trousser de façon à remplir ce qui ne l'est pas encore. Utilisez la règle rectifiée que vous faites glisser sur au moins deux gabarits à la fois pour lisser la pâte le mieux possible à la bonne cote. C'est cette opération qui s'appelle le "trous sage".



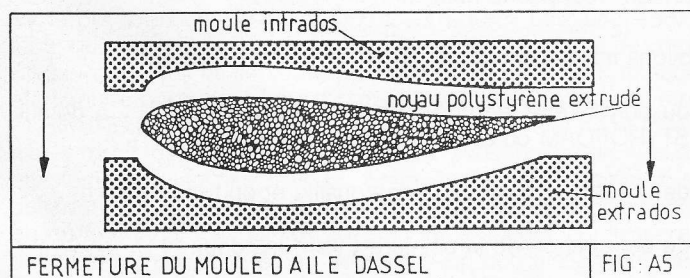
Lorsque la surface paraît suffisamment lisse, laisser polymériser la pâte. Ensuite, il n'y a " plus qu'à " finir la surface en ponçant pour enlever tous les défauts ; en remettant de la pâte (ou une autre pâte, ou du gel-coat, ou ...) pour reboucher les trous restants ; en reponçant ce rajout, etc ... Lorsqu'il ne reste plus aucun défaut, supprimer les rayures dues au ponçage en ponçant avec du papier abrasif de plus en plus fin ; enfin polir pour obtenir un brillant style miroir du plus bel effet. Toute cette finition doit être faite, bien sur, avec une cale à poncer assez grande pour être sur de ne pas creuser le moule entre deux gabarits. De même, il ne faut pas reponcer les gabarits durant cette opération pour ne pas déformer le profil.

Bien entendu, il faudra faire tout cela quatre fois pour la paire d' ailes complète ! Bon courage !! Pour les astucieux et les paresseux, noter qu'il ne faut qu'un seul moule quand l'aile est rectangulaire ou quand le profil est symétrique.

Admettons que vous avez terminé le moule. Voyons comment s'en servir.

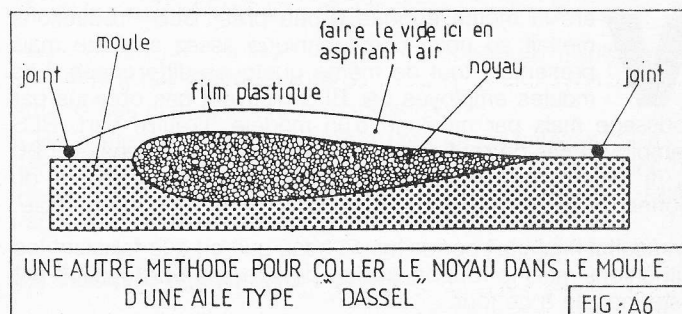
Commencer par les classiques couches de cire ou autre démoulant. Polir soigneusement. Ensuite, à ma connaissance, aucun des utilisateurs de cette technique n'utilise de couche de finition (gel-coat) mais c'est tout à fait possible (le poids !!). On peut aussi utiliser de la peinture ou de l'apprêt en guise de gel-coat, mais il vaut mieux faire des essais préalables pour s'assurer que la peinture restera effectivement accrochée sur l'aile et non sur le moule !! On peut même faire toutes les décorations possibles et imaginables avec de la peinture en masquant telle ou telle zone du moule avec du scotch avant de peindre les autres parties. Mais là aussi, faire des essais : le scotch pourrait bien arracher le démoulant !

Stratifier alors le tissu de verre avec de la résine époxy. Dans le cas du DASSEL, il s'agit de tissu de Kevlar® de 80 gr/m² environ : quatre couches à l'emplanture, puis trois couches puis deux et enfin une seule vers le saumon. Ceci, bien sur, dans les deux moules extrados et intrados. Ne pas laisser la résine polymériser : placer de suite le noyau de roofmat dans l'un des moules et fermer l'autre moule par-dessus. Serrer les deux demi moules : il faut écraser très légèrement le roofmat, de quelques dixièmes de millimètres (deux ou trois !)

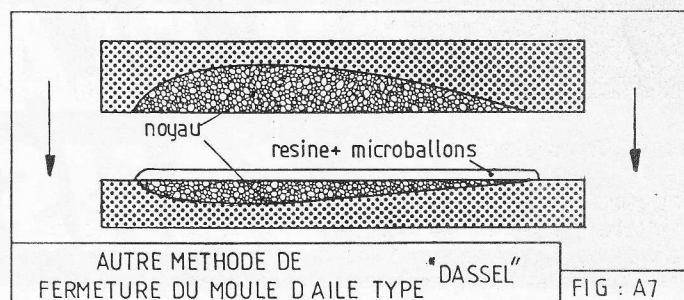


Là est l'autre problème de cette technique : il faut réussir à découper un noyau de roofmat qui soit parfait, non seulement au point de vue état de surface, mais surtout au point de vue respect du profil ; il faut que ce noyau corresponde au moule à un ou deux dixièmes près !!

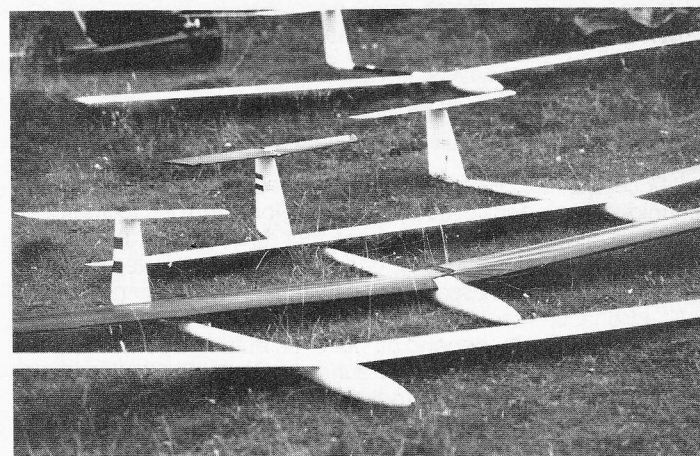
Les Autrichiens y sont parvenus, disent-ils : chapeau bas ! Mais ils ont fait encore mieux : ils ont mis au point une technique permettant de tourner cette difficulté, pour ceux qui ne sont pas des experts du fil chaud mais savent se servir d'une pompe à vide. Agir moule par moule. Stratifier la peau comme d'habitude et poser un noyau dans ce moule. Ce noyau doit être très bien découpé du côté moule, l'autre côté étant sans importance puisqu'il sera éliminé. Mettre un joint de mastic tout autour du moule, poser un film plastique étanche et faire le vide. Ceci va plaquer le roofmat sur toute la surface du moule et assurer un collage parfait de toute la surface du noyau de roofmat.



Recommencer la même opération avec l'autre demi moule. Laisser polymériser les moules séparément. Après polymérisation, ne surtout pas démouler mais recouper tout ce qui dépasse des plans de joint des moules. Ensuite, il n'y a plus qu'à coller ensemble les deux moitiés d'ailes en fermant les moules. J'ignore avec quoi les Autrichiens font ce collage mais personnellement, j'utiliserais un mélange résine + microballon avec beaucoup de microballon pour ne pas trop alourdir.



Je ne vous ai pas expliqué comment se fabrique la fixation de l'aile sur le fuselage parce-que ... je l'ignore ! Mais je vous fais confiance : si vous en arrivez jusque là, vous trouverez bien une idée ! Au fait, mais je crois que vous l'aviez déjà compris, pour cette technique là, débutants s'abstenir !! Toutefois, le résultat est à la hauteur de l'effort accompli : c'est, sans contestation possible, par cette technique que les ailes réalisées sont les plus belles, tant du point de vue aspect que respect du profil.



ET LES FRANÇAIS ALORS ?

Vers la même époque à peu près, BLS Productions mettait au point une technique assez similaire mais présentant tout de même quelques différences. Les moules employés par BLS n'étaient pas obtenus par troussage mais par moulage d'un modèle. D'autre part, BLS n'employait pas de roofmat mais du polystyrène expansé de 20 kg/m³ environ ce qui permettait de l'écraser davantage que du roofmat et donc réduisait la nécessité d'une découpe parfaite.

Le résultat final était certes moins beau que ce que faisaient les Autrichiens mais le rapport qualité/prix de cette production est resté inégalé à ce jour.

Depuis, quelques habitués du F3B ont réalisé leur planeur en faisant des ailes moulées. Si leur technique de réalisation des ailes est similaire à celle des Autrichiens pour le DASSEL, les ailes par elles-mêmes ne sont pas faites de la même façon puisqu'elles sont creuses. Je ne vous expliquerai pas comment

ils s'y prennent : ils l'ont déjà fait ailleurs qu'ici et sont bien mieux placés que moi pour expliquer leur technique.

D'autres, dont je fais partie, ont estimé qu'il fallait trouver un moyen permettant de se passer de moule. Roger CAMPANA a été le premier à y parvenir avec son PIK 20 C de quatre mètres. Sa méthode a été reprise peu de temps après par Gohier Valla qui en ont tiré la fameuse "peau GV".

Avec quelques copains, nous estimions que ces deux méthodes donnaient des ailes trop lourdes car il entrait dans leur composition des matériaux qui ne participaient pas à la solidité de l'ensemble ... ou si peu ! C'est pourquoi nous nous sommes acharnés à trouver autre chose. C'est le résultat de nos recherches que je vais vous exposer. Sachez que la première paire d'ailes construite ainsi date de fin 1980, qu'elle a volé sans grand problème jusqu'en Juin 1987, et n'est probablement pas la cause du crash de cet avion que j'aimais tant. Sachez aussi que tout ce que j'ai pu construire depuis l'a été par cette technique.

UNE AILE EN PLASTIQUE ET SANS MOULE !

D'abord, je tiens à remercier tous les copains qui ont été à la base de la naissance de cette technique, et en particulier Eric Charles qui a été le premier à "sortir une aile" volable (que deviens-tu, Eric ? Donne-moi tes nouvelles !).

Le matériel nécessaire a déjà été décrit, mais rappelons-le :

- Le nécessaire complet pour faire du vide : pompe à vide avec son régulateur, capable de 0,6 Bar, sac à vide, tuyaux, vacuomètre ...
- Le nécessaire complet pour découper le polystyrène expansé : arc à fil chaud, alimentation, machine de découpe ...
- Petit outillage modéliste classique : cutters, scies, poncettes
- Petit matériel pour l'utilisation des produits pour stratifiés : bords, pinceaux, rouleaux ébulseurs, ciseaux, gants ...

A tout cela, il faut ajouter un "outil" qui est le "secret" de cette technique : une feuille de plastique. Nous verrons le moment venu son utilisation, mais décrivons tout de suite ce qu'il faut. Le plastique employé sera ... ce que vous pourrez trouver ! Disons de suite que j'ai déjà essayé polyéthylène, polypropylène, nylon, PVC ... chacun a son D'avantage et ses inconvénients. L'épaisseur de cette feuille dépend du matériau employé. Pour fixer les idées, pour le nylon 0,8 mm suffit ; pour le PVC, choisir de préférence 1 mm ; pour le polyéthylène, au moins 1,2 mm. Il faut que cette feuille ait au moins une face bien polie et le moins rayée possible ; en plus, elle doit être parfaitement plane.

Certaines feuilles présentent souvent des ondulations locales (souvent avec le polyéthylène et le nylon) : évitez les car ces ondulations laisseront des traces sur les ailes. En ce moment j'utilise couramment du PVC transparent en feuille d'un millimètre d'épaisseur que je trouve dans un Super-Marché de bricolage au rayon "articles pour le jardin" en rouleau de largeur 1 m ou 1,2 m au choix. On peut s'en couper la longueur voulue ce qui permet toutes les envergures. Le prix est raisonnable : 45 à 50 Fr le mètre suivant la largeur. Seul inconvénient : l'état de la surface n'est pas terrible ...

Voyons maintenant la matière première nécessaire :

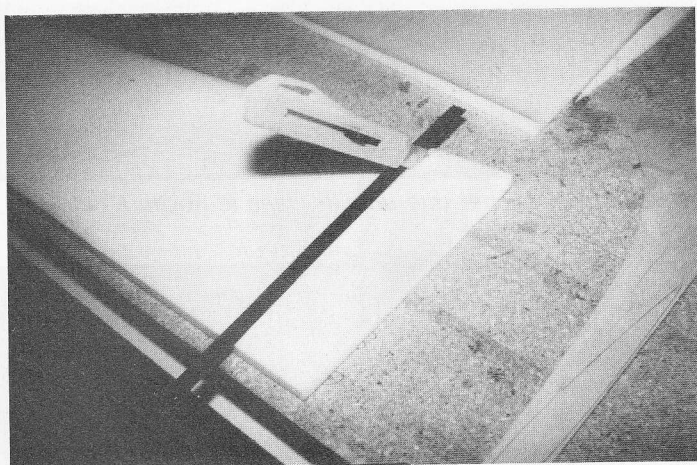
- du polystyrène extrudé (de préférence S-FOAM, à défaut STYROFOAM ou autre matériau d'isolation de sol).
- de la résine époxy de bonne qualité et du tissu de verre.
- du gel-coat ou de la peinture (voire les deux !).
- Peut-être de la soie.
- peut-être du contreplaqué, des baguettes de pin, des blocs de balsa. Na quincaillerie classique modéliste : clés d'ailes, aérofreins, tringleries d'ailerons, etc ...

Bon, au travail maintenant.

PREPARONS LE NOYAU

Je suppose que vous avez déjà défini l'aile que vous allez entreprendre : cordes d'implanture et de saumon, envergure ...

Commençons par le plaisir grinçant de la lime : le tracé et la découpe des gabarits destinés à découper le S-FOAM. Pour le tracé, se souvenir que le revêtement époxy est épais de deux à trois dixièmes de millimètre, c'est à dire à peu près l'épaisseur de S-FOAM que le fil chaud fera fondre. Il suffit donc de tracer l'extrados exactement au profil et l'intrados agrandi du diamètre du fil pour respecter le profil de l'aile à un pouièbre près (tout au moins en théorie !!) .



Remise à la bonne cote du noyau. Coupez au cutter.

Il faut maintenant découper le roofmat. Suivant l'envergure et la forme en plan de l'aile, cette découpe pourra être en une ou plusieurs pièces : à votre guise. Un seul impératif : soignez tout particulièrement cette découpe, aussi bien en ce qui concerne l'aspect général que la précision de la découpe. Tout défaut à ce stade sera quasi impossible à faire disparaître. Reportez vous au chapitre traitant ce sujet. Sachez aussi qu'à partir de maintenant, toute dégradation du noyau de mousse devra être réparée avant coffrage donc ne posez jamais ces noyaux directement sur le chantier où des outils traînent mais toujours protégés par l'une des dépouilles ; soyez adroits : ne lâchez pas les outils sur le noyau, etc ...

La suite dépend entièrement de l'aile que vous allez faire, des équipements qui y seront intégrés, de sa fixation au fuselage, etc ... On peut employer bon nombre de techniques différentes suivant ce qu'on veut faire, ce qu'on a l'habitude de faire, ce qu'on préfère faire ! Je vais tâcher de résumer les principales techniques couramment employées.

A noter: tous les collages d'éléments quelconques sur le noyau se feront avec une colle époxy. Cela pourra être une époxy lente ou rapide, pas d'importance : cela ne dépend que de votre vitesse de travail et de votre impatience . D'autre part, chaque élément rapporté dans le noyau et affleurant sa surface doit être PARFAITEMENT ajusté. En AUCUN CAS un quelconque insert n'a le droit de désaffleurer le noyau sous peine de graves problèmes de solidité à venir. Enfin, toutes les découpes et ouvertures dans le noyau devront être réalisés à l'aide d'un cutter ou du fil chaud mais jamais avec un fer à souder qui laisserait des bords trop durs et en surépaisseur qui laisseraient des traces sur l'aile terminée.

La fixation de l'aile au fuselage.

On peut trouver un nombre impressionnant de méthodes diverses suivant le type d'appareil, son envergure ... Citons en particulier :

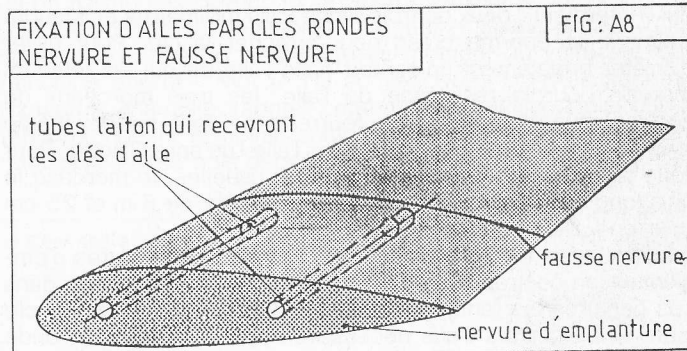
- l'aile d'une pièce posée sur le fuselage et tenue par des élastiques ou des vis nylon.
- l'aile tenue au fuselage par une ou deux clés rondes, le dièdre pouvant être donné par les clés tordues, ou par le fourreau du fuselage ou par les tubes dans l'aile qui sont inclinés.
- l'aile tenue au fuselage par une clé plate et maintenue en incidence par une clé ronde.

Voyons ces cas de figure l'un après l'autre.

L'aile d'une seule pièce présente bien des avantages : il n'y a rien à insérer dans la mousse avant coffrage ! Donc moins de travail, gain de poids ... c'est parfait si l'aile obtenue reste transportable dans une voiture normalement constituée !

La fixation par clé ronde.

On rencontre ce cas pour les planeurs jusqu'à trois mètres d'envergure au grand maximum. Le plus simple consiste à poser une nervure d'implanture et une seconde nervure un peu plus loin et à faire traverser ces nervures par la ou les clé(s). Commencez par déterminer où sera la seconde nervure et coupez le noyau à cet endroit.



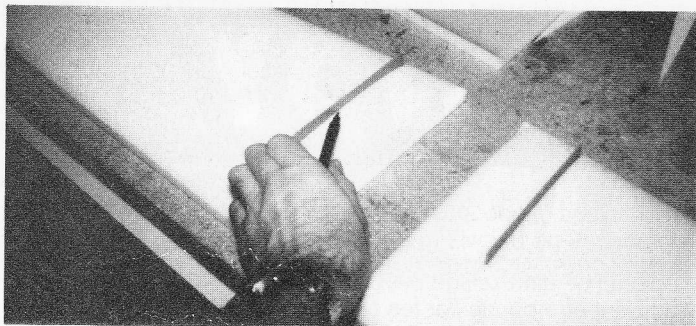
Se servir du morceau de noyau ainsi coupé pour tracer les nervures sur du contreplaqué de 3 mm environ. Ensuite percez les trous qui recevront les tubes. De préférence, découpez et percez les nervures droites et gauches ensemble de façon à travailler plus vite et à faire pareil des deux cotés ... ce sera toujours ça de pris ! Ensuite, reconstituez les noyaux en y intercalant la nervure supplémentaire. Ah oui, au fait, les nervures doivent être parfaitement découpées, pile à la cote ! Si vous n'y arrivez pas, coupez un poil trop petit et vous remplirez le creux obtenu avec du microballon juste avant de coffrer. Mais surtout pas de nervure trop grande qui dépasserait du noyau : ce serait désastreux tant du point de vue aspect de l'aile terminée que du point de vue solidité de l'aile.

Enfin, percer la mousse d'une nervure à l'autre avec ce qui vous tombera sous la main (grand foret, morceau de corde à piano, ...) pour pouvoir enfiler le tube qui recevra la clé.

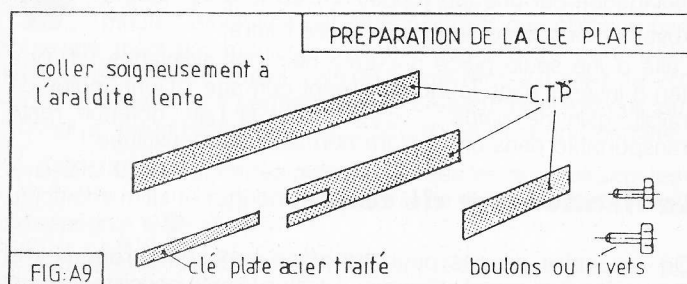
La fixation par clé plate.

On l'utilise en particulier sur les grands planeurs ou sur les avions "petit gros". En ce qui concerne la clé par elle-même et le fourreau du fuselage, faites comme d'habitude pour vous les procurer ... Vous en arriverez fatalement à vous demander comment fixer la clé plate dans l'aile.

Le morceau d'acier plat fixé dans l'aile n'a pas besoin d'être bien grand : 150 mm pour un planeur de 5m d'envergure et 5 Kg, c'est ce que j'emploie avec succès. Mais cette clé est solidement fixée dans un fourreau bien plus long que je fabrique en contreplaqué :



Comment tracer les fausses nervures pour qu'elles soient pile à la cote.

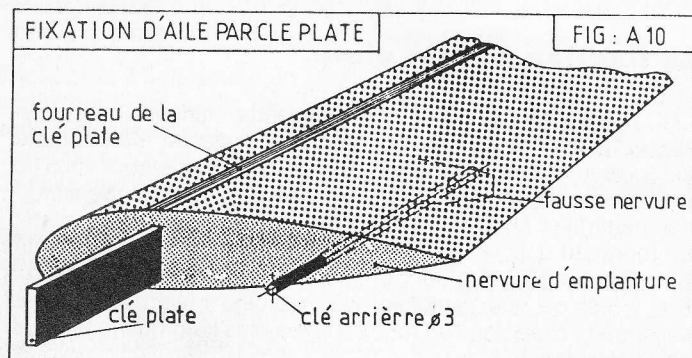


Chaque morceau de contreplaqué fait la même épaisseur que la clé en acier. Le tout est collé à l'araldite lente, très soigneusement : il s'agit bien sûr d'un collage vital. Ensuite, par sécurité, je boulonne ensemble la clé et les deux bouts de contreplaqué qui l'enferment : deux ou trois vis de trois millimètres et il faudra vraiment un énorme crash pour arracher la clé. Pour éviter d'arrêter brutalement un renfort dans l'aile ce qui est toujours mauvais pour la résistance de l'aile, les trois morceaux de contreplaqué constituant ce fourreau ne font pas la même longueur : ils s'arrêteront donc dans l'aile l'un après l'autre. Pour vous donner une idée des dimensions usuelles, le morceau le plus long fait 40 cm pour une aile de planeur de 5 m et 25 cm pour une aile de 3m.

Il faudra aussi tracer et découper une paire de nervures d'emplanture en contreplaqué de 2 à 3 mm d'épaisseur, ouvrir dans ces nervures les fentes nécessaires pour laisser passer la clé plate et percer les trous nécessaires pour la petite clé ronde arrière.

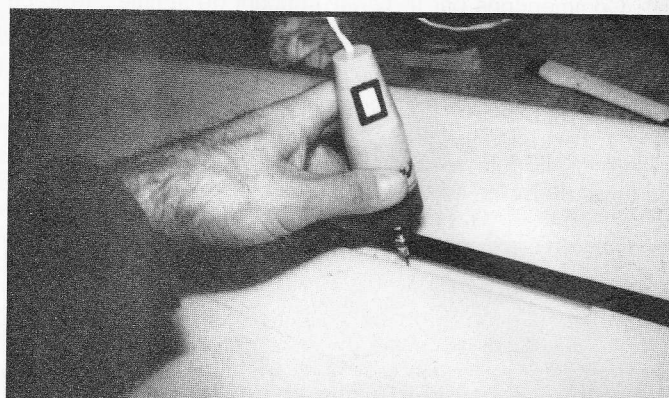
Reste à fixer ce fourreau dans le noyau. Il faut faire une saignée dans le noyau, exactement à la bonne dimension et bien perpendiculaire à la corde de référence de l'aile. Personnellement, j'emploie la DREMEL, en conservant la dépouille intrados sous le noyau. Les petits veinards équipés d'une scie à ruban feront de même. Pour les malheureux n'ayant ni l'un ni l'autre, ils devront se sortir cette découpe à l'aide d'un cutter, de préférence assez costaud et surtout "super affûté" ! Avec un peu de patience, on arrive à faire du très beau travail au cutter dans le S-FOAM, quitte à figoler au papier de verre ... Enfin, collez le tout en place dans le noyau.

Il reste à fixer la petite clé ronde arrière qui sert à tenir l'incidence de l'aile. Employez la technique décrite pour les clés rondes, mais il suffira d'un petit morceau de nervure localisée à hauteur de la clé et non pas d'une nervure complète faisant toute la largeur de l'aile.

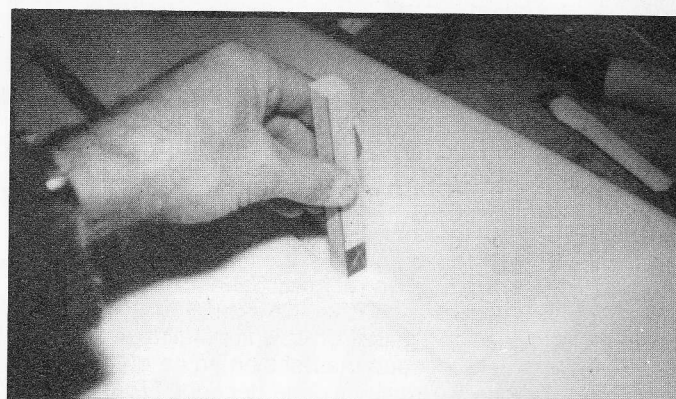


J'insiste lourdement : tous ces inserts doivent être réalisés plus parfaitement possible : en aucun cas ils ne doivent dépasser du noyau ; dans le pire des cas, ils peuvent être légèrement en retrait, étant entendu qu'il faudra reboucher les ouvertures excédentaires au microballon juste avant de coffrer ce qui représentera du travail inutile à un moment où vous aurez d'autres chats à fouetter.

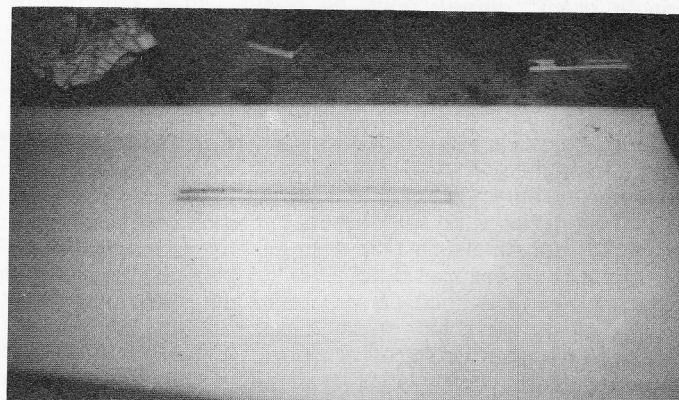
Les aérofreins



Comment ébaucher une entaille dans le noyau à l'aide de la mini-perceuse.



On peut figoler une entaille dans le noyau à l'aide d'un outil vitre bricolé.

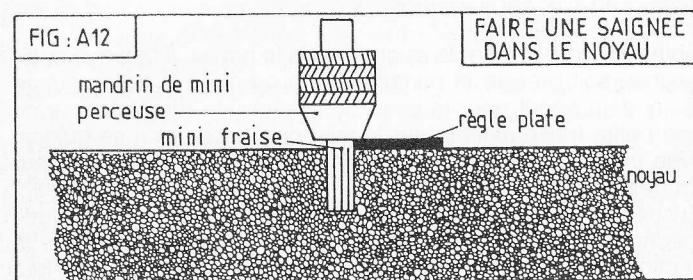
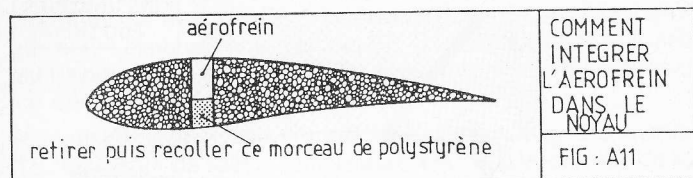


Enfin à sa place, la réglette qui supportera le train d'atterrissage sur notre aile de remorqueur "Super-Bombix". C'est la même façon l'emplacement d'un aérofrein.

J'ai une dent contre ces équipements vicieux, qui passent le temps à refuser de fermer quand je le voudrais ou l'inverse. J'estime que la meilleure solution consiste à s'en passer. Quand on le peut ! C'est pour cette raison que mes derniers planeurs, qu'ils fassent 4 ou 5 mètres d'envergure, n'ont plus d'aérofreins mais des ailerons qui se lèvent et des volets qui se baissent à la mode F3B. C'est presque aussi efficace que des aérofreins classiques et bien plus facile à construire !!! Et en plus, ça ne siffle pas en vol ce qui me repose les oreilles.

Pour les inconditionnels de ces équipements, voici comment s'y prendre.

On peut insérer les AF avant ou après coffrage, au choix. Avant coffrage, il suffit de couper au cutter l'ouverture nécessaire et suffisante pour y encastrer cet équipement. Pour me faciliter la vie, j'ai pris l'habitude de faire traverser toute l'aile à ma découpe, j'enlève le morceau entier, j'intègre l'AF à sa place et je recolte par derrière le petit bout manquant à l'intrados. Il peut être utile, mais pas indispensable, de remplir le puits d'AF avec quelques bouts de mousse : ceci évitera que la pression du vide provoque un affaissement du revêtement au niveau de l'AF. En tout cas, il faut coller l'AF avant coffrage et le laisser monté et fermé pour le coffrage.

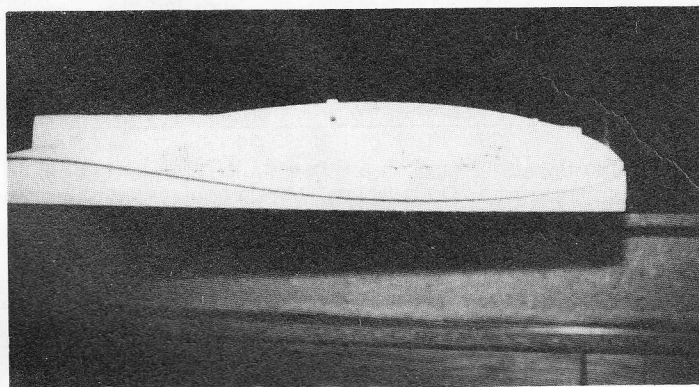


A présent, si le noyau est en plusieurs morceaux, il est temps de les coller ensemble. Collez aussi les dépouilles. Attention à bien respecter la forme en plan de l'aile en collant ces pièces. Après séchage de la colle, poncez légèrement le raccord si nécessaire : le joint doit complètement disparaître.

Les tringleries de commande

Là comme partout, tous les modélistes ont leur habitude, connaissent La gaine qui va bien avec Le câble qu'il faut ... Loin de moi l'idée de vous faire changer d'avis ! D'autant plus que si vous connaissez une méthode qui marche à tous les coups, vous avez bien de la veine et continuez à l'utiliser !

Pour ma part, j'emploie de la gaine intérieure de tringlerie souple KAVAN ou GRAUPNER dans laquelle j'enfile une corde à piano de 0,8 mm de diamètre. Cela donne de bons résultats si on évite les virages trop serrés et si on ne détériore pas la gaine en la posant dans le noyau. Le résultat dépend donc entièrement de la méthode employée pour poser cette gaine dans le noyau. Voilà comment je m'y prends.



Une tringlerie de commande insérée dans le noyau.

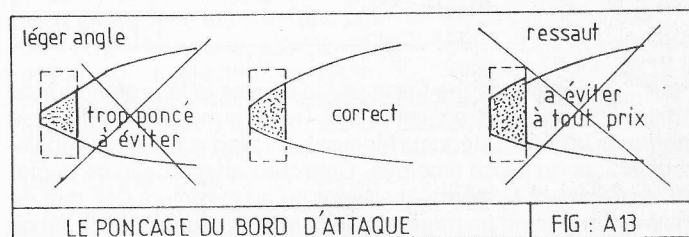
Je réalise une saignée dans le S-FOAM à l'aide d'une petite fraise montée sur la mini-perceuse et en guidant ce travail à l'aide d'une règle. Le mandrin de la mini-perceuse reste appuyé sur la règle tout au long de l'usinage de cette saignée pour ne pas faire varier sa profondeur. De plus, les divers virages sont aussi obtenus en restant guidé sur un gabarit en plastique découpé suivant le rayon voulu. Enfin, au moment de poser la gaine dans le noyau, j'y enfle une corde à piano de diamètre 0,8 mm. Grâce à toutes ces précautions, j'arrive à obtenir des commandes parfaitement libres et pratiquement sans jeu.

Dernier détail, il faut impérativement boucher chaque extrémité de la gaine avant le coffrage. En cas d'oubli, vous prenez le risque de voir de la résine pénétrer dans la gaine, au moment de la mise sous vide, la rendant définitivement inutilisable ! Cette mésaventure est particulièrement désagréable : croyez-en mes tristes expériences !!!

Le bord d'attaque

Je n'ai pas trouvé de technique parfaite pour réaliser le bord d'attaque : j'ai essayé divers moyens, tous plus ou moins efficaces, et en tout cas longs et peu satisfaisants. Il est possible de réaliser le bord d'attaque entièrement après coffrage et tout en plastique : nous verrons cela lorsque le moment sera venu. Mais on peut aussi le faire en bois, bien classiquement, et dans ce cas, il faut s'en occuper maintenant.

Recoupez le noyau d'environ 5 mm tout le long du bord d'attaque au fil chaud ou au cutter. Collez à la place une baguette de pin de la même épaisseur. On peut remplacer le pin par du balsa si on n'aime pas beaucoup le rabot et surtout si on ne redoute pas les chocs sur les bords d'attaque (j'avez jamais vu un buisson traverser la piste juste au moment où votre superbe machine atterrit ? Moi je l'ai souvent vu !!). Après séchage complet de la colle, rabotez cette baguette et finit à la poncette en prolongeant le noyau sans le reponcer mais surtout sans jamais laisser le bois déborder le noyau :



A tout prendre, il vaut mieux poncer légèrement trop que pas assez. Inutile de finir l'arrondi de bord d'attaque maintenant : de toute façon, il faudra y revenir à la fin.

Le saumon

C'est exactement le même problème que le bord d'attaque : je n'ai pas trouvé la panacée universelle ! Mais c'est beaucoup moins ennuyeux car il n'y a pas de forme précise à respecter. Comme pour le bord d'attaque, il est possible de tout faire en plastique après coffrage mais on peut aussi le préparer maintenant.

Le saumon recevant rarement des chocs, le balsa suffira. La largeur de ce saumon en balsa doit être légèrement supérieure à l'épaisseur maxi de l'aile. Commencez par recouper le noyau avant de coller le morceau de balsa et conservez cette petite chute de noyau qui resservira. Après séchage de la colle, reponcez le bloc de balsa en suivant le profil de l'aile. Ne pas D'arrondir, pas même une ébauche. Au contraire, recollez, après le balsa, la chute de noyau. Après séchage, parfaire le raccord d'un coup de poncette si nécessaire.

Il arrive fréquemment que des phénomènes complexes se produisent en bout d'aile lors du coffrage sous vide. Le résultat peut être un mauvais collage du revêtement localisé sur quelques millimètres et situé à moins d'un centimètre du bout d'aile. Ainsi, en recollant un morceau de noyau dans cette zone qu'on

enlèvera lors de la finition de l'aile, le défaut de collage ne se retrouvera pas sur la partie utile de l'aile. Je recommande vivement d'employer la même procédure à l'emplature : avant de coller la nervure d'emplature, recoupez environ un centimètre de noyau et recollez le sur la nervure avant de coffrer.

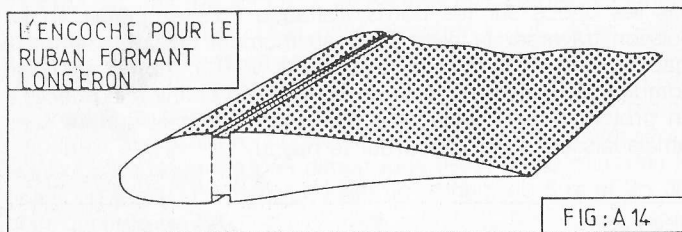
Le longeron

C'est la pièce maîtresse de la résistance de l'aile. J'ai employé de nombreuses techniques différentes, chacune a ses avantages et ses inconvénients, toutes ont donné d'excellents résultats au point de vue solidité, et des résultats variables mais corrects au point de vue facilité de mise en oeuvre et aspect final de l'aile.

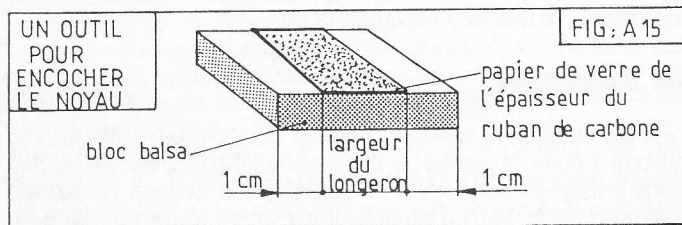
Premier cas : l'avion de moins de deux mètres et 4 kilos ou le planeur jusqu'à deux mètres cinquante et deux kilos. C'est de loin le plus simple : pas du tout de longeron !!! Comme ça c'est tout de suite fait ! Par exemple, l'Axel n'a aucun longeron et s'en passe fort bien. Je n'en avais pas mis non plus sur mon remorqueur Bombix (2m et 4,5 Kg) et il a tenu le coup pendant près de 7 années de bons et loyaux services mais c'était un peu juste. Au-delà, il faut un longeron. J'ai employé deux méthodes différentes, suivant les matériaux que j'ai pu trouver.

* La méthode du ruban de carbone.

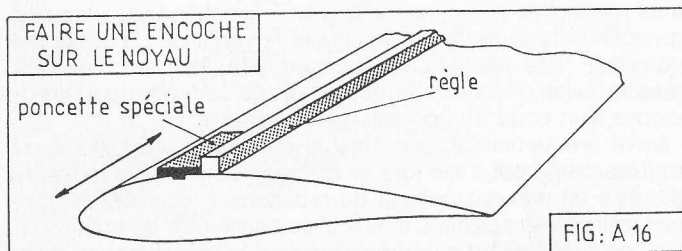
Le ruban employé fait 15 mm de largeur et environ 0,3 mm d'épaisseur. Il est fabriqué par BROCHIER Industries et commercialisé, entre autres, par GV. System. Ce ruban doit obligatoirement être inséré dans le noyau car sinon il causerait une surépaisseur disgracieuse sur l'aile. Il faut donc réaliser une encoche dans le noyau pour y loger ce ruban :



Pour que cette encoche fasse pile la largeur et la profondeur du ruban (sinon, elle se verra sur l'aile terminée), il faut se fabriquer un outil adéquat. Mesurez au pied à coulisse l'épaisseur exacte du ruban employé. Cherchez un morceau de papier de verre faisant la même épaisseur ou au maximum 0,1 mm de moins. Coupez en un morceau de la même largeur que le ruban et de 5 cm de long environ. Préparez un morceau de balsa de 5 cm de long et 2cm de plus en largeur que le ruban de carbone. Collez y (colle contact) le ruban de papier de verre.



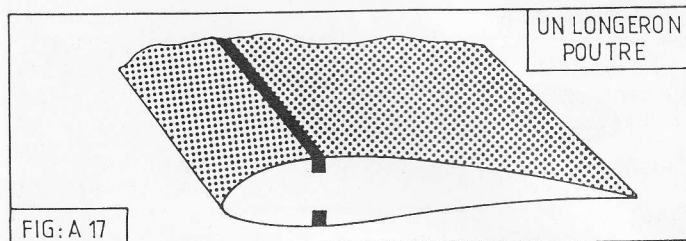
Et voilà un outil qui fera l'encoche pile à la cote sans effort ! Il suffira de le guider le long de l'aile avec une règle. Essayez : vous verrez que c'est plus facile à faire qu'à décrire. Le ruban par lui-même sera posé au dernier moment, pendant l'opération de coffrage.



Je dois ajouter qu'il est impératif de procéder ainsi, sous peine d'obtenir des résultats très laids sur l'aile terminée : un dixième de millimètre d'erreur dans la profondeur de l'encoche se verra. C'est en partie pour cette raison que je vous propose une autre méthode, plus sûre mais plus longue à réaliser.

Le longeron-poutre.

L'ennui du ruban c'est qu'il est difficile de tailler une encoche précise sur 15 mm de largeur. Il sera plus facile de bâtir un longeron respectant exactement le profil s'il est moins large. D'où cette autre méthode.



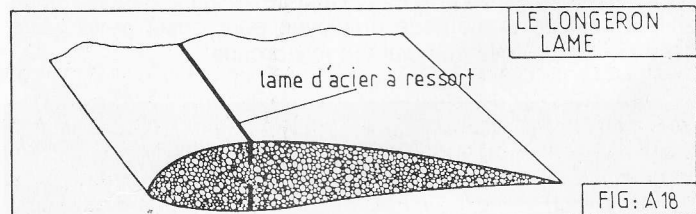
Commencez par tailler la saignée dans le noyau. Il faut que cette saignée soit précise et parfaitement propre. Je la taille comme je l'ai déjà décrit pour la pose des gaines de tringleries : avec une petite fraise montée sur la mini-perceuse et en se guidant avec une règle. Il faut bien maîtriser la largeur et la profondeur de cette saignée.

Ensuite, on va bâtir le longeron directement en place. Il faut des mèches de verre ou de Kevlar ou de carbone. Mesurer la section des mèches disponibles et calculer combien il en faut pour remplir la saignée. N'en gardez qu'un peu plus de la moitié : la résine fera le reste. On peut définir la quantité de mèches nécessaires empiriquement en faisant quelques essais sur des chutes. Imprégnez ces mèches de résine puis essorez au maximum le "trop plein" de résine, par exemple avec un chiffon (opération horriblement sale : gants indispensables !). Ensuite seulement, placez les mèches imprégnées dans leur saignée de l'aile. Chaque fibre des mèches doit rester parfaitement droit : pas question de bourrer ces mèches dans leur saignée n'importe comment ; mais ce n'est pas difficile.

Lorsque la résine a durci, rattrapez le profil du noyau au niveau de cette saignée : poncez le longeron s'il débord légèrement ou bouchez les trous au microballon. En final, il ne doit subsister ni trou ni dépassement.

La lame métallique.

C'est la méthode la plus simple. Le principe consiste à planter une lame de ressort dans le noyau.



Cette lame mesure environ 5 à 6 mm de large et au maximum 0,1 mm d'épaisseur. Où la trouver ? Vous connaissez tous ces mètres ruban qui sont censés s'enrouler tous seuls dans leur boîte (il arrive que ça marche, si si !). La lame de ressort qui remplit cette fonction semble avoir été créée pour nos besoins... Bref, récupérez la sur un vieux mètre "en panne" (?). Nettoyez, dégraissez parfaitement le ressort. Entaillez le noyau avec un cutter parfaitement affûté guidé par une règle pour que cette entaille soit parfaitement perpendiculaire au noyau et bien droite. Poncez la lame de ressort, enduisez la légèrement de

résine pour la coller dans le noyau et enfiler la en place, jusqu'à ce qu'elle affleure juste la surface. Essayez l'éventuel excédent de résine avant qu'elle ne durcisse. Voilà : c'est fait !

Comment dimensionner le longeron ?

Evidemment, tout va dépendre de la solidité que vous voulez ! Si quelqu'un croit savoir comment le calculer, je lui cède la parole bien volontiers ! Pour ma part, je me contenterai de vous donner quelques exemples, l'expérience me semblant le moyen le plus fiable ...

Avion remorqueur de planeurs : envergure 2m30, poids 6kg, allongement 7 épaisseur de l'aile : 15 % . Un longeron-barreau en carbone, largeur 2 mm, hauteur 4 mm, situé à l'épaisseur maxi de l'aile et sur les 2/3 de l'envergure. Un autre longeron, de même dimension mais en Kevlar, situé au niveau de la fixation du train d'atterrissage et ne servant qu'à reprendre les efforts de ce dernier.

Planeur de voltige : envergure 3 m, poids 4 Kg, allongement 15, épaisseur de l'aile à l'emplanture : 10 % . Le fourreau de clé plate prolongé sur 35 cm, une lame de ressort plantée dans le noyau sur la moitié de l'envergure à l'extrados seulement et un ruban de carbone de 15 mm de largeur sur les 3/4 de l'envergure intrados et extrados. Un renfort supplémentaire sous la forme d'un triangle de tissu 100 gr/m² allant jusqu'à 40 cm de l'emplanture et intrados / extrados ! Résultat inutilement trop solide : l'aile ne plie pratiquement jamais, même dans les ressources les plus violentes. D'où le planeur suivant.

Planeur de voltige : envergure 4 m, poids 5 Kg, allongement 17, épaisseur de l'aile à l'emplanture : 10 % . Exactement la même structure que celle du planeur de voltige de 3 m décrit ci-dessus. Solidité largement suffisante : la clé en tôle bleue de 20 mm par 2 mm cassera avant l'aile !

Planeur de Durée-Vitesse : envergure 5m, poids 4,99 Kg, allongement 22, épaisseur de l'aile à l'emplanture : 12 % . Le fourreau de clé d'aile se prolonge sur 40 cm environ. Un longeron-barreau en carbone, de section triangulaire de 7 mm de coté, intrados / extrados, court sur les deux tiers de l'envergure et est prolongé par un petit bout de ruban de carbone largeur 15 mm qui sert surtout à éviter la faiblesse due au logement du servo d'aileron. Là aussi, un renfort en tissu 50 gr/m², triangle allant de l'emplanture à 50 cm environ puis un deuxième n'allant qu'à 30 cm. Une aile pèse 1 Kg en état de vol, tout compris, même le servo. La solidité permet de ne pas se poser de question lors des virages de vitesse et de lui faire subir toutes les vicissitudes de la voltige. En plus, ça plie juste comme il faut ... très joli !!!

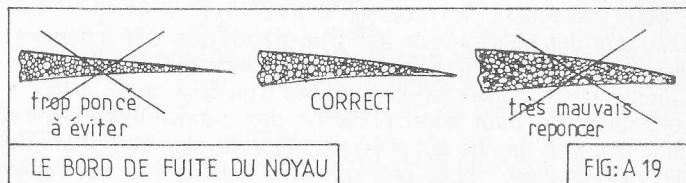
Planeur de voltige : envergure 4m, poids 4,5 Kg, allongement 18, épaisseur de l'aile à l'emplanture : 10 % . Exactement la même structure que le planeur de Durée-Vitesse de 5 m cité ci-dessus à part le longeron-barreau dont la section est carrée de 4 mm de coté. Le dimensionnement est correct : l'aile plie juste assez pour calmer le pilote s'il se défoule de trop ... ! Une aile pèse 850 gr en état de vol.

Voilà, j'espère que ces quelques exemples vous aideront à y voir plus clair. Sachez que toutes les ailes en plastique cassées que j'ai pu voir ont toujours cassé par flambage du revêtement soumis à la compression. C'est pourquoi le principal rôle du longeron est d'empêcher ce flambage : sa principale mission n'est pas de transmettre des efforts. C'est aussi pourquoi je n'ai jamais fait un longeron qui traverse toute l'épaisseur de l'aile : cela ne servirait à rien car le danger ne vient pas de là.

Extrapolons tout de même un peu pour envisager le cas qui intéressera le plus de monde. Soit un planeur d'environ 3m d'envergure pour 3 Kg, destiné à faire le zouave le dimanche, ou un avion genre "multi". Bien que je n'ai pas essayé, je suis certain qu'un longeron-barreau de section rectangulaire de 2 mm de large sur 4 mm de haut, en fibre de verre, suffira amplement, surtout si l'épaisseur à l'emplanture atteint 12 % . Bien sur, à la condition express que le tout soit bien construit, en particulier que le revêtement soit parfaitement collé sur toute la surface du noyau et sur le chant du longeron.

Le bord de fuite

C'est le dernier petit détail à régler avant de coffrer l'aile. Le noyau doit avoir une corde plus faible de 2 à 5 mm que l'aile terminée et se terminer par une épaisseur nulle. Si vous avez obtenu ce résultat dès la découpe du polystyrène, parfait ! Si le noyau découpé est un peu trop petit, ma foi tant pis ! Vous verrez bien ce que ça donnera. Mais s'il est un peu grand, il faut le recouper. Une règle et un cutter s'en chargeront mais il faudra peut être reponcer un peu le noyau pour obtenir une fin sans épaisseur. Cela demande beaucoup de délicatesse; employez un papier de verre assez fin, grain 180 par exemple.

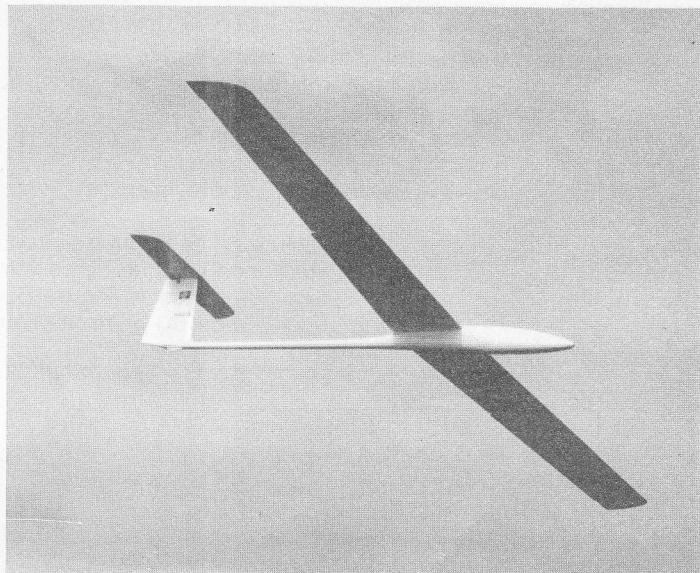


Ouf ! Ca y est, le noyau est terminé ! Est-ce bien sur ? Vérifions. Vous devez avoir préparé (si besoin) :

- le collage des différents morceaux de noyau
- la fixation de l'aile au fuselage : clés, nervures, etc ...
- l'aérofrein est intégré, collé en place
- les tringleries d'aérofrein, d'ailerons, de volets ...
- le ou les longerons
- le bord de fuite
- le bord d'attaque
- le saumon
- la fixation du train (avion à ailes basses)
- etc ...

Toutes les fentes, saignées, trous volontaires ou non doivent avoir été rebouchés avec une pâte résine + microballons ou des bouts de polystyrène. Il est INDISPENSABLE que la surface du noyau soit totalement exempte du moindre défaut, trou ou bosse, qui se verrait inmanquablement sur l'aile terminée. A la rigueur, et si on a bien l'habitude d'utiliser les matériaux stratifiés, on peut admettre de laisser les quelques derniers petits rebouchages pour la dernière seconde, et encore ...

Tracez sur un bout de papier les emplacements exacts des différents éléments inclus dans l'aile et qu'il sera peut-être difficile de retrouver après coffrage car on ne les verra plus. Notez des cotes précises relevées par rapport à des points précis et fiables ... Relevez ainsi les points de départ et d'arrivée des tringleries, la position des aérofreins, etc ...



LE COFFRAGE DE L'AILE SOUS VIDE

C'est maintenant qu'intervient l'arme secrète dont je vous ai déjà parlé : la feuille de plastique épaisse, polyéthylène ou nylon ou PVC ... Par commodité, à partir de maintenant, je l'appellerai PVC. Tout d'abord, il faut découper des panneaux un peu plus grands que l'aile à réaliser, disons environ 2 cm de plus tout autour pour être à l'aise. Comme on va coffrer la paire d'ailes d'un seul coup, il faut 4 panneaux. On peut aussi préparer des panneaux carrément deux fois trop grands qui pourront resservir plus tard pour une aile plus grande : pour peu qu'on ne l'abîme pas, le même morceau de PVC peut servir une infinité de fois ... mais on finit toujours par l'abîmer

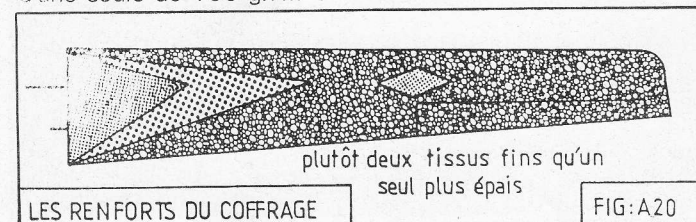
Ensuite, si le matériau n'est pas autodémoulant, ou si on a le moindre doute, il faut le cirer. Soigner tout particulièrement cette opération : ce serait trop bête de louper l'aile maintenant ! A présent vient la décoration de l'aile. Mais oui, dès maintenant ! C'est d'ailleurs l'un des principaux attraits de cette méthode : la finition s'obtient d'origine, sans un seul coup de poncette, tout au moins sur la presque totalité de la surface de l'aile ! Donc peignez ou gel-coatez toute la surface du PVC, suivant ce dont on dispose et que les essais préalables auront montré possible. On peut employer le rouleau ou le pistolet à peinture. On peut faire tout blanc ou toutes les décorations qui passeront par la tête, à condition de retirer le scotch de masquage avant séchage de la peinture car celle-ci n'adhère pas sur le PVC et s'arracherait avec le scotch. Si vous avez utilisé une peinture monocomposant, donc qui sèche au contact de l'air, il faut impérativement la laisser sécher à fond. Au contraire, s'il s'agit d'un gel-coat ou d'une peinture qui n'a pas besoin d'air pour sécher, il faut passer à la suite dès que possible : l'accrochage de la résine sera meilleur.

Pendant que la couche de décoration sèche sur le PVC, découpez et roulez proprement les tissus de verre nécessaires. Au fait, quel tissu employer ? Mes premières ailes étaient faites avec un satin de sillionne de 140 à 190 gr/m² unidirectionnel, c'est à dire qu'il avait huit fois plus de fibres dans le sens longitudinal que dans le sens transversal. Les ailes obtenues étaient très rigides en flexion, mais pas terribles en torsion et surtout tout choc frontal donnait des dégâts excessifs. Par la suite, j'ai employé un taffetas de roving de 160 gr/m², meilleur en cas de choc, mais encore un peu jeune en torsion, surtout pour les très grandes envergures. A présent j'en suis arrivé à mettre deux couches de tissu :

- 1 taffetas de roving de 80 gr/m² fil droit
- 1 taffetas de sillionne de 100 gr/m² fil à 45°

Cette combinaison me convient parfaitement. Quoique ... sur mon dernier remorqueur, j'ai remplacé le verre 100 gr/m² à 45° par du Kevlar 62 gr/m² toujours à 45° : gain de poids, quand tu nous tiens ... ! Evidemment, c'est encore mieux, mais ça commence à devenir du pinaillage coûteux ...

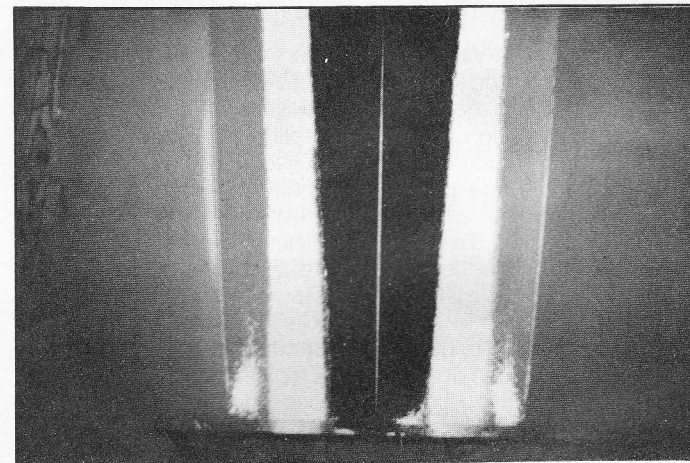
Pour les éventuels renforts d'emplanture ou de début d'aileron, employez le tissu le plus fin possible sinon il risque de se voir sur l'aile terminée. Le mieux est un taffetas de roving de 50 gr/m² et d'employer plutôt deux couches de 50 gr/m² au lieu d'une seule de 100 gr/m² :



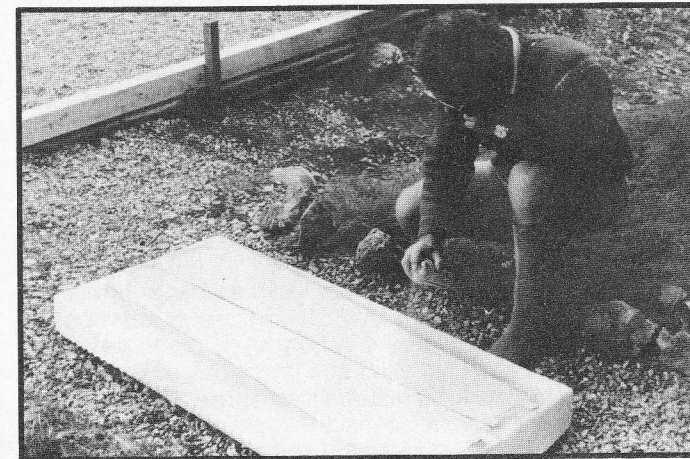
La résine employée doit laisser un temps de travail de près de 2 heures pour pouvoir travailler en paix, sans être trop bousculée. Pour savoir combien il en faut, c'est facile : pesez les tissus découpés, il faudra à peu près autant de résine. Surtout ne pas préparer toute la résine d'un seul coup mais par petites quantités au fur et à mesure des besoins de façon à toujours travailler avec une résine la plus fraîche, donc la plus fluide possible. Il faut aussi préparer la pompe à vide et le sac à vide et s'assurer que tout cela fonctionne normalement.

Allons-y à présent. Plus question de s'arrêter tant que la mise sous vide ne sera pas terminée, donc embrassez votre femme, débranchez le téléphone, fermez la porte et au travail !

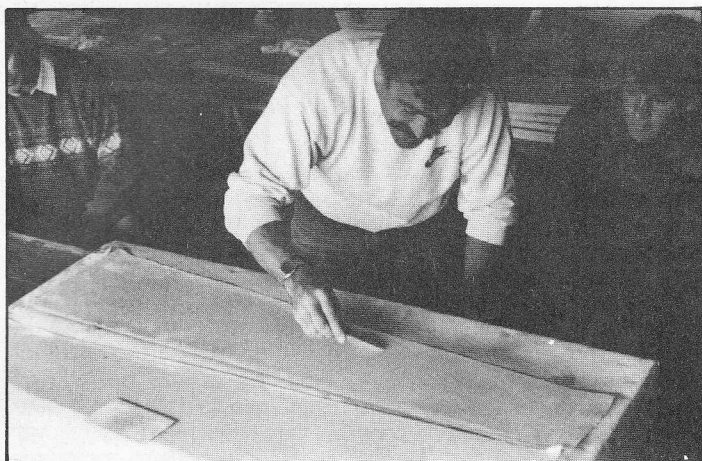
Commencez par disposer les dépouilles intrados du noyau sur le chantier puis ouvrir par dessus le sac à vide. Disposez les PVC peints sur une table soigneusement protégée des éventuelles éclaboussures de résine ... Si vous avez opté pour le longeron sous forme de ruban de carbone, il faut maintenant le poser à sa place et l'imprégner sur toute sa longueur, mais uniquement à l'intrados (difficile de faire les deux cotés à la fois sans dégâts). C'est aussi le moment de reboucher les derniers petits trous avec un microballon si ce n'est pas encore fait.



Les feuilles de PVC décorées prêtes à mouler... Ici un décor bleu-blanc-rouge, style patrouille de France!



Autre méthode : peinture des coquilles de moulage d'aile en fibre durant une démonstration lors de stages de construction organisés par F. Cahour.



Étalement de la résine à la raclette par G. Chaintreuil durant une démonstration en stage.

Étalez de la résine fraîche sur les PVC peints destinés à l'intrados, coté peinture bien sur. Dès que la première feuille de PVC a reçu sa couche de résine, déroulez dessus la première couche de tissu en évitant au maximum de laisser des plis qu'il faut de toute façon supprimer immédiatement. Ne pas essayer d'imprégner de suite ce tissu : il se débrouillera bien tout seul. Au contraire, passez de suite au deuxième panneau de PVC et recommencez l'opération : étalez de la résine, déroulez le tissu, enlevez les plis éventuels et revenez au premier panneau. Pendant qu'on s'occupait du deuxième panneau, le premier a pompé toute la résine disponible et il suffit de compléter les quelques derniers endroits qui ne sont pas encore tout à fait bien imprégnés. Ne pas pleurer la résine : le surplus servira à la deuxième couche qu'on peut maintenant dérouler. Continuez ainsi en sautant d'un panneau de PVC à l'autre jusqu'à imprégner tous les tissus voulus ainsi que les renforts prévus. Inutile de rajouter le plus petit gramme de résine pour assurer le collage du noyau : ce ne serait que des grammes inutiles.

Lorsque tous les tissus sont bien imprégnés sur les PVC intrados, placez les PVC sur le sac à vide, à peu près à leur place sur la dépouille correspondante puis placez le noyau dessus. Bien positionner le noyau par rapport à la feuille de PVC : le bord d'attaque du noyau est en retrait du bord du panneau de PVC d'environ 1 à 2 mm, pas plus.

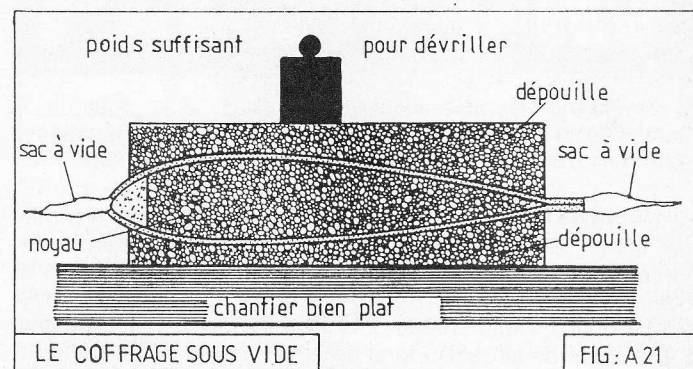
Maintenant, placez les rubans de carbone extrados et rebouchez les derniers trous éventuels sur l'extrados du noyau.

Il ne reste plus qu'à recommencer la litanie de l'imprégnation

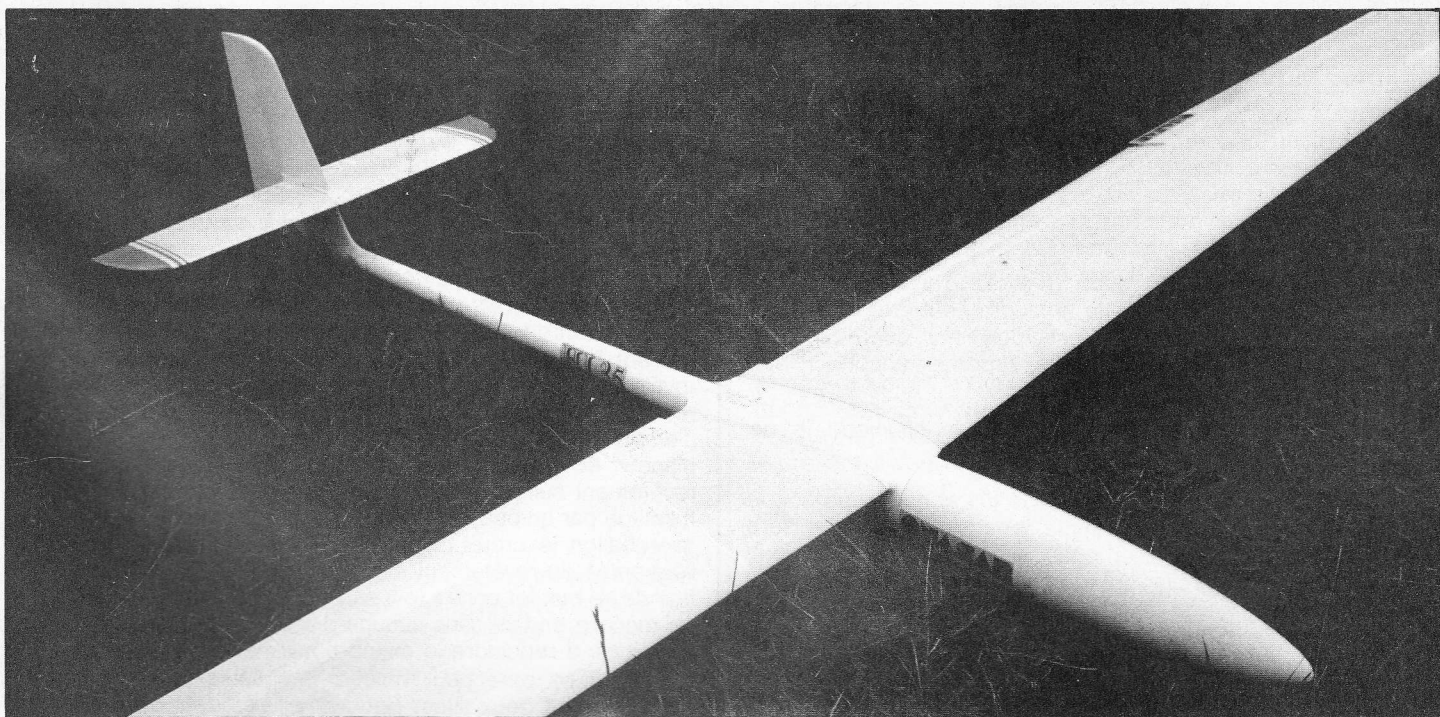
des tissus de verre sur les panneaux de PVC extrados : résine, tissu, etc ... Vous connaissez maintenant.

Lorsque c'est prêt, retournez les panneaux de PVC sur le noyau, en les positionnant de la même façon : le bord d'attaque du noyau en retrait d'environ 1 à 2 mm par rapport au bord du panneau de PVC. Refermez alors le sac à vide soigneusement et branchez la pompe. Inutile de vous fatiguer de suite à placer chaque panneau d'aile bien à sa place par rapport à sa dépouille, contentez vous d'assurer le positionnement des noyaux et de leur panneau de PVC, en particulier méfiez vous des contraintes créées par le vide qui peuvent déplacer les éléments à l'intérieur du sac. Il arrive aussi parfois que le sac à vide soit aspiré en sandwich entre les panneaux de PVC et le noyau : ne pas laisser cela.

Une fois le vide atteint, plus rien ne bougera à l'intérieur du sac : il devient facile de bien repositionner les ailes par rapport à leur dépouille intrados (rappel : celles-ci sont restées à l'extérieur du sac à vide), puis de placer par dessus les dépouilles extrados et de coiffer le tout de quelques objets lourds qui permettront d'éviter tout vrillage. Lorsque tout est en place, débranchez la pompe à vide et relâchez le vide du sac pendant quelques minutes afin de permettre aux différents éléments de glisser les uns par rapport aux autres jusqu'à supprimer tout vrillage éventuel. Rebranchez alors la pompe jusqu'à obtenir une dépression d'au moins 0,6 Bar.



Laissez sous vide le plus longtemps possible : au moins 24 heures mais de préférence nettement plus longtemps. Pour ma part, je laisse à 0,6 Bar pendant 48 heures puis je ramène la dépression à 0,1 Bar et je laisse ainsi une semaine ... La température peut permettre d'aller plus vite : une journée entière dans une voiture en plein soleil en été vaut toutes les temps d'attente mais c'est pas facile de faire cela sans devoir couper la pompe à vide ...



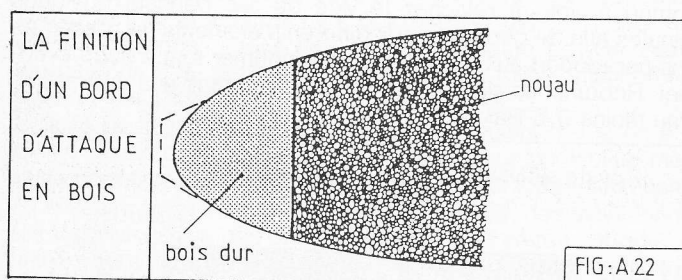
LA FINITION

Enfin, fin de suspens : démoulez l'ensemble, c'est à dire retirez les panneaux de PVC et admirez le résultat. En principe, c'est solide, pas trop lourd et ça brille !

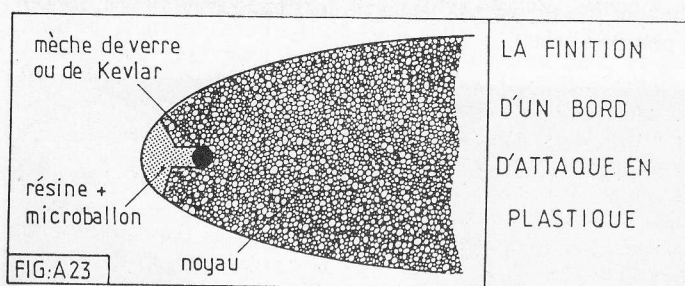
Il reste bien un peu de travail avant d'aller faire voler ce chef d'oeuvre.

Le bord d'attaque et le saumon

Si vous avez opté pour la solution bois et que ce bois est déjà collé sous le revêtement, ce sera simple et rapide : un bon coup de poncette pour arrondir et le tour est joué.



Par contre, si vous avez opté pour un bord d'attaque en plastique, les ennuis vont commencer. Commencez par ébarber les morceaux de revêtement inutiles. Puis faites une entaille dans le noyau sur toute l'envergure avec une petite fraise montée sur la mini-perceuse. Cette entaille peut faire 4 à 6 mm de profondeur et 2 à 3 mm de large. Au fond de cette entaille, placez une ou plusieurs mèche(s) de verre ou mieux de Kevlar imprégnés de résine. Ceci constituera le renfort qui limitera les conséquences d'un choc éventuel. Puis rebouchez le reste de la fente avec un mélange résine-microballon et profitez en pour recoller les endroits où le revêtement ne serait pas bien collé au noyau. Scotchez si nécessaire ...



Lorsque la résine a bien durci, finissez d'arrondir ce bord d'attaque d'un coup de poncette. Il faudra peut-être reboucher encore quelques trous avec du mastic polyester, genre Sintofer, reponcer encore, reboucher encore, reponcer encore ... rien n'est jamais parfait du premier coup !

L'opération est tout à fait similaire pour le saumon : je ne redétaille pas ...

Reste la finition de tout cela, que la solution employée soit le bois ou le plastique. Le plus simple, c'est de cacher la misère sous un bout de scotch ! Bien posé, si le scotch est bien de la même couleur que l'aile ou franchement d'une toute autre couleur pour trancher et décorer, c'est une solution acceptable et qui a le mérite d'être particulièrement rapide. Mais quand on construit un appareil dont on attend performance et élégance, cela tourne au camouflage inadmissible ! Il existe une autre solution.

Repeindre toute la surface mise à nu avec la peinture qui a servi au reste de l'aile. Pendant que cette peinture sèche, placez l'aile le bord d'attaque vers le bas pour éviter au maximum les surépaisseurs le long du raccord. Ainsi, c'est déjà mieux, et ça contentera probablement la plupart. Mais on voit encore le raccord de peinture ! Les inconditionnels de la perfection font la moue. Qu'à cela ne tienne ! Il suffit de reponcer ce raccord avec du papier à l'eau grain 800 minimum puis de polir à la pâte à polir ... Si on a un peu de chance, il doit être possible d'arriver à un résultat absolument parfait : le raccord devient complètement invisible. Inutile de vous dire que je n'y suis jamais arrivé tout à fait : je m'en rapproche, mais ...

Pour le saumon, c'est beaucoup plus simple : il suffit de faire une décoration de bout d'aile et hop ! on cache la misère !!! Qu'a dit "tricheur !" ? J'voudrais bien t'y voir, moi !!!

L'aérofrein

Si tout s'est passé comme d'habitude lors du coffrage, on devine où se trouve l'aérofrein grâce à quelques micro-défauts. Mais il arrive qu'on ne le devine même pas ! C'est là qu'on va voir si vous avez bien noté où il se trouve ... et si vous n'avez pas perdu le foutu bout de papier où vous l'aviez noté !!!

Il suffit de couper le revêtement pour libérer le volet mobile ... encore faut-il couper au bon endroit ce qui réserve parfois quelques surprises plus ou moins désagréables ... Pour couper le revêtement, j'utilise un disque au corrindon monté sur la mini-perceuse : c'est propre, rapide, et ça donne d'origine le jeu nécessaire. En principe, le revêtement reste collé sur le volet mobile de l'aérofrein ce qui lui assure un ajustement quasi parfait. Il n'y a plus qu'à finir la tringlerie si ce n'est déjà fait.

Le bord de fuite

Il suffit de le tracer et de le découper avec une paire de ciseaux. En cas de besoin, fignez d'un coup de poncette. Ensuite, réaffutez ces ciseaux avant de les rendre à votre femme, conseil d'ami !!!

Raccorder les ailes

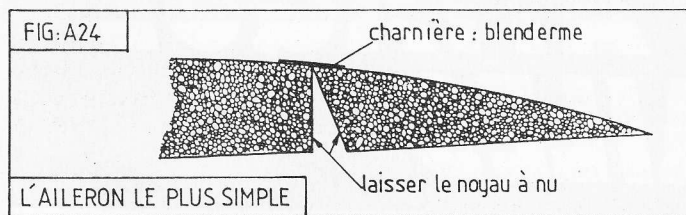
Si vous avez opté pour une version démontable, la liaison des ailes est déjà prévue. Il suffit donc d'araser le revêtement à ras de la nervure d'emplanture à l'aide d'un cutter bien affûté (qui ne le restera pas longtemps !). Fignolez d'un coup de poncette. Il se peut que le fuselage que vous avez prévu d'utiliser ne comporte pas de karmans. Dans ce cas, il faut raccorder l'aile suivant le fuselage. Avant coffrage, tâchez de placer la nervure d'emplanture le plus possible parallèle au fuselage et recollez le morceau de noyau, apparemment devenu inutile, sur la nervure d'emplanture de façon à obtenir une surlongueur de revêtement au-delà de la nervure d'emplanture. Après coffrage, retirez cet excédent de noyau jusqu'à remettre la nervure d'emplanture à nu mais sans abîmer le revêtement. Montez le planeur et recoupez puis ajustez parfaitement l'excédent de revêtement suivant le fuselage. Démontez l'aile et protégez le fuselage par un peu de scotch. Remplissez de mélange résine+microballon le creux restant entre la nervure d'emplanture et l'extrémité du revêtement et remontez l'aile : le microballon va finir de se mouler contre le fuselage. On obtient ainsi facilement un raccord parfait, sans aucune discontinuité du revêtement et sans avoir à repeindre le moindre millimètre carré !

Si vous avez opté pour l'aile d'une seule pièce, il reste à raccorder les deux ailes. Recoupez l'excédent de revêtement

dépassant de l'emplanture et poncez l'emplanture suivant le dièdre voulu ... enfin ... aussi bien que possible ! Collez les deux moitiés au bon dièdre en utilisant beaucoup de microballon pour rattraper les écarts éventuels. Poncez le revêtement localement pour assurer un bon collage des tissus qui assureront la liaison puis stratifiez ces tissus. Combien en faut-il ? Suivant l'appareil deux ou trois voire quatre couches de tissu de 100 gr/m² feront l'affaire ... Ne surtout jamais arrêter deux couches au même endroit ce qui affaiblirait cet endroit en y concentrant les contraintes. Il vaut mieux les décaler, par exemple d'un centimètre à chaque couche, quitte à ce que la couche la plus petite semble ridiculement petite : elle servira quand même. Quand à faire une belle finition là-dessus ... hum ... c'est joli un motif décoratif localisé à l'emplanture, non ?? ...

L'aileron

Le plus simple consiste à le séparer de l'aile d'un coup de scie et de cutter ou de disque au corindon. En cas de besoin, un petit coup de poncette redressera les arêtes tordues ... Ensuite, recoupez l'aileron à l'intrados pour assurer son débattement vers le bas. L'articulation de l'aileron sera réalisée grâce à du blenderme : cette solution est parfaitement sûre, pourvu que ce blenderme soit changé dès qu'il semble vouloir se couper et au moins tous les ans.



Le guignol sera simplement découpé dans un bout de contre-plaqué cinq plis de 2 mm d'épaisseur ou dans du circuit imprimé verre époxy de même épaisseur, et collé dans l'aileron à la colle époxy lente. Il ne reste plus qu'à poser la tringlerie et le tour est

joué. Inutile de recouvrir d'un petit tissu de verre les parties de S-FOAM mises à nu : l'expérience m'a prouvé que c'était superflu.

Allez, vite en vol

Et bien voilà, l'aile est terminée maintenant. J'espère que vous avez réussi à m'accompagner jusqu'ici et que vous arriverez à vous fabriquer le plus bel engin volant qu'on n'ait jamais vu. De toute façon, quoique vous arriviez à vous construire, à vos propres yeux, ce sera le plus bel engin volant existant car c'est vous qui l'aurez fait de vos dix doigts et ce sera votre première récompense. Et quand, après les premiers vols, vous aurez constaté l'amélioration des performances que le plastique apporte, quel régal !

TOUJOURS PLUS FORT

A présent, plus question d'apprentissage, plus question de technique de base : vous en savez assez pour être capables de vous adapter à des situations originales ... et, pourquoi pas, de trouver vos propres trucs.

C'est un peu le sujet de ce chapitre : vous montrer par l'intermédiaire de quelques exemples comment on peut résoudre certaines difficultés, améliorer certains résultats, se simplifier la vie ... ou au contraire compliquer un peu pour affiner l'appareil. Certaines de ces idées sont classiques, connues depuis longtemps ; d'autres sont dues à quelques copains que je tâcherai de citer au passage.

MOULE PERDU

■ J'arrive souvent qu'on ne veuille pas se lancer dans la réalisation d'un moule pour faire une pièce qui a de grandes chances de rester unique. En effet, faire un moule représente malgré tout un gros travail souvent disproportionné avec le résultat à atteindre, surtout si on sait à l'avance qu'on n'a besoin que d'une pièce unique. L'exemple type est le capot moteur d'une maquette originale, mais ce n'est qu'un exemple. La même technique peut être appliquée à bien d'autres cas, tel que des carénages de roues ... voire même un fuselage complet, pourquoi pas ?

La seule limitation à cette technique est liée à sa difficulté : la finition. En effet, n'ayant pas de moule à fabriquer, on gagne beaucoup de temps, du moins au début. Hélas, la finition n'est pas obtenue d'origine au contact du moule, si bien qu'il faut finir la pièce "à l'huile de coude" ce qui fait reperdre pas mal de temps. En plus, aucune chance de gagner du poids par cette méthode.

Mais voyons plutôt comment s'y prendre.

Principes de base :

- 1°/ La résine époxy n'attaque pas les polystyrènes expansés ou extrudés. On peut donc "mouler" directement cette matière.
- 2°/ L'acétone (entre autres) attaque les polystyrènes expansés ou extrudés. Ils peuvent donc facilement les "dissoudre".

A partir de ces deux principes, on peut donc bâtir une méthode toute simple.

Commencez par tailler, dans un bout de mousse de polystyrène, un bloc ayant la forme extérieure désirée, exactement ou environ 1 mm plus petite. Si besoin, on peut évider ce bloc, par exemple pour pouvoir le tailler directement en place, autour d'un bati moteur ou autour d'une roue. La mousse de polystyrène se taille extrêmement facilement et rapidement : un cutter et un bout de papier de verre sont les seuls outils nécessaires. La seule vraie difficulté, c'est le risque d'aller trop vite et de retirer trop de matière, emporté par son élan. Dans ce cas, il vaut mieux recommencer car il est pratiquement impossible de rattrapper proprement l'erreur ... à moins de ne pas être difficile sur l'aspect final de la pièce !

Il vaut mieux employer le polystyrène extrudé qui donnera une meilleure surface, car les expansés ont la fâcheuse tendance à perdre des billes entières ce qui donne un modèle souvent trop approximatif pour un résultat correct. Bien ! Je suppose que vous n'avez eu aucun mal à me suivre jusqu'ici.

A présent, il s'agit de bâtir le stratifié sur ce bout de polystyrène. Trouvez un moyen de caler le polystyrène dans une position qui laissera libre accès à toutes les surfaces qui seront recouvertes de stratifié. Il vaut mieux qu'il soit bien immobilisé, quoiqu'on peut aussi préférer le tenir simplement d'une main pendant qu'on travaille de l'autre main ... mais ce n'est pas toujours bien pratique et rarement propre ...

Contrairement à ce que l'on fait d'habitude, il faut commencer par poser et imprégner le tissu le plus épais, pour finir par le plus fin ce qui permet d'obtenir une surface plus propre d'origine

et diminuera le travail de finition. Bien évidemment, employez de la résine époxy et des tissus compatibles avec ce type de résine. Une résine polyester détruirait irrémédiablement la forme de polystyrène. Soignez au maximum la pose et l'imprégnation de la dernière couche de tissu, toujours pour éviter le maximum de travail de finition.

Lorsque la résine est bien durcie, il suffit de faire disparaître le morceau de polystyrène sur lequel on a bâti la pièce. L'acétone se fera un plaisir de s'occuper de cette tâche ! Si besoin, et si possible, on peut fignoler d'un petit coup de papier de verre.

Il reste à finir l'aspect visible de la pièce. Bonjour la galère ! Commencez par poncer toute la surface pour enlever les plus grosses surépaisseurs. Puis rebouchez au mastic polyester tous les trous restant. Poncez les excédents de mastic pour égaliser la surface ... ce qui révélera probablement des trous oubliés ... qu'il faut remastiquer ... reponcer ... etc ... En final, il faut obtenir une surface lisse, régulière, poncée assez finement pour qu'on ne voie pas les rayures du papier de verre. Evitez les papiers abrasifs à l'eau qui sont gorgés de silicones et risquent de poser des problèmes d'accrochage de la peinture. Enfin, il ne vous reste plus qu'à peindre la pièce : ça, vous connaissez !

Variantes

- Il peut se révéler utile de travailler à l'envers, c'est-à-dire que la surface visible de la pièce terminée sera celle directement au contact de la mousse de polystyrène. La méthode de fabrication revient exactement au même, sauf que la couche de tissu la plus fine sera posée directement au contact de la mousse de polystyrène et non pas en dernier.

- On peut aussi fabriquer un réservoir de carburant de forme très spéciale en utilisant cette méthode. Mais attention : il faut mouler les orifices de remplissage en même temps que le morceau de mousse car il serait difficile de les rajouter après puisque la pièce sera entièrement fermée et ne laissera aucun accès à l'intérieur. Moulage parfait obligatoire : une bulle = une fuite

- On peut encore améliorer le résultat en mettant sous vide la pièce moulée. En employant un plastique très fin qui fera beaucoup de petits plis, on peut améliorer l'aspect extérieur de la pièce ce qui diminuera le travail de finition. C'est aussi un bon moyen pour éviter les bulles, donc les fuites d'un réservoir ... A éviter si le morceau de polystyrène est évidé.

LE BORD D'ATTAQUE DES AILES

Voilà typiquement un tout petit truc qui simplifie diablement la vie, tout en améliorant le résultat. Je le dois à quelques copains des stages des Saisies, mais comme j'ignore qui en a eu l'idée exactement (c'est peut-être une trouvaille collégiale), je ne citerai aucun nom.

Le vide a beau appuyer très fort sur le PVC qui donne l'état de surface des ailes, il arrive qu'il ne suffise pas à le plaquer jusqu'au bout du bord d'attaque. C'est pourquoi il est souvent utile de l'aider. Un simple morceau de scotch fera ce travail ! Avant même de passer la peinture ou le gel-coat sur les plaques

de PVC, les scotcher ensemble par le bord d'attaque, le scotch étant posé coté non peint du PVC. Laisser un peu d'espace entre les deux plaques de PVC, disons entre 1 et 5 mm suivant la forme du bord d'attaque. La suite du moulage s'effectue normalement.

Voilà une idée particulièrement simple et particulièrement efficace. Hélas, elle porte en elle sa propre limitation : difficile, voire impossible à utiliser lorsque le bord d'attaque n'est pas rectiligne sur toute l'envergure : pauvre DISCUS ...

DES FUSELAGES SANS BULLES

La méthode de moulage décrite précédemment est celle qui donne le meilleur rapport solidité/poids aux fuselages. Mais, quand on n'est pas un as du pinceau, on a vite fait de laisser "quelques" bulles par-ci par-là qui réapparaîtront rapidement à travers le gel-coat, obligeant à les reboucher à l'aide de mastic polyester puis à repeindre tout le fuselage ... ce qui n'est pas l'idéal coté temps de travail et poids du fuselage prêt au vol !

Jean-Luc ORAIN emploie quelques trucs simples qui aident bien les amateurs maladroits ... et que de nombreux professionnels feraient bien d'employer aussi ...

Les angles vifs.

Je vous ai conseillé de placer une mèche dans tous les angles vifs pour y éviter les bulles. Hélas, il arrive souvent qu'une simple mèche soit insuffisante pour augmenter suffisamment le rayon du

pli qu'il faudra donner au tissu. Jean-Luc préfère donc bourrer ces angles de "choucroute" constituée de fibre coupée imprégnée de résine. On peut poser cette "choucroute" facilement avec un pinceau à poils assez durs.

Certains fabricants emploient dans le même but une pâte faite de microballons et de résine. C'est encore plus facile à mettre en place mais plutôt catastrophique coté solidité du fuselage ! Au premier atterrissage un peu sec, ce bourrage se fissure. La choucroute est donc nettement meilleure, quoique seule une mèche de roving ou de silone renforce réellement le fuselage. L'idéal est encore de poser une ou deux mèches et de compléter le bourrage "anti-bulles" à la choucroute !!

Le plan de joint.

C'est assurément la partie la plus difficile à réussir sans bulle. La raison est simple : le tissu qui va assurer la liaison entre les deux moitiés du fuselage doit lui aussi faire un virage brusque pour

quitter le contact du moule et se replacer sur les couches de tissu de l'autre moule. Le tout est compliqué que tout cela se place dans le moule fermé et qu'on ne voit pratiquement rien de ce que l'on fait.

Jean-Luc obtient d'excellents résultats en plaçant du microballon mélangé à beaucoup de résine, tout le long du plan de joint, juste avant de refermer le moule. Ainsi, le microballon bourre les espaces restant entre les deux demi-coquilles et Jean-Luc n'a pratiquement jamais de bulle. Voilà une bonne idée !!

Marie-Claire et Michel MOREAU emploient une autre méthode plus subtile. Les bulles le long du plan de joint sont d'autant plus

difficiles à éviter que le fuselage est épais. Le phénomène est aggravé par le fait que toutes les couches de tissu sont recoupées au même endroit, à savoir à ras du plan de joint du moule.

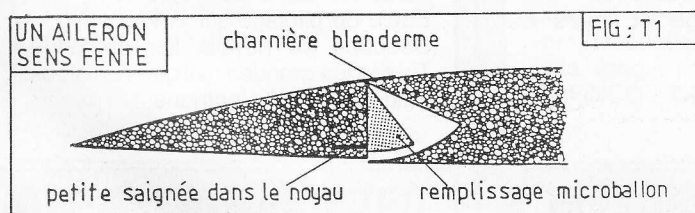
En recoupant les diverses couches de tissu à des endroits différents, par exemple la première couche recoupée à ras du plan de joint, la suivante trois à cinq millimètres à l'intérieur du moule, les suivantes encore trois à cinq millimètres plus loin, ils parviennent à éviter un décalage brutal et obtiennent des résultats quasi parfaits à coup sur. Mais il faut dire que Marie-Claire est une virtuose des ciseaux ...

Voilà quelques bons trucs pour faire du bon boulôt que vous pourrez réemployer dans de nombreux cas.

DES AILERONS INTEGRES

A quoi sert de fabriquer une merveille tout en plastique si les ailerons sont mal finis et apportent des trainées supplémentaires ? C'est la question que je me posais lorsque je fabriquais mes premiers planeurs tout plastique. A l'époque, j'y avais partiellement répondu en utilisant l'incidence variable différentielle à la place des ailerons. C'est l'une des raisons qui ont conduit à cette solution sur l'AXEL. Mais cette solution est incompatible avec les profils d'aile plus porteurs, et devient trop compliquée sur les grands planeurs. Il fallait donc trouver autre chose.

La première solution que j'ai trouvée est de remplir la fente habituelle avec du microballon, et de creuser la partie fixe de l'aile pour permettre les débattements vers le bas.



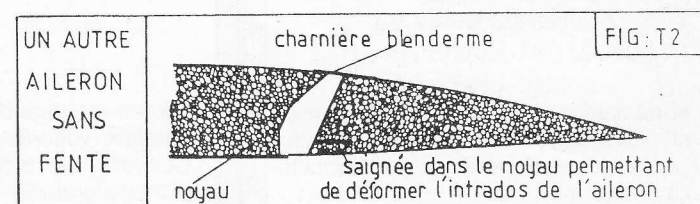
Commencez par séparer l'aileron comme d'habitude. Puis, avec une petite fraise montée sur la mini-perceuse, faites une petite entaille dans le noyau, parallèle à l'intrados et à peu près à un millimètre de celui-ci. Préparez un bon paquet de pâte de microballon, juste assez consistante pour ne pas couler. Remplissez la petite fente avec cette pâte et plaquez l'aileron sur un chantier en l'écrasant légèrement avec des serre-joints pour lui faire perdre environ 1 mm d'épaisseur. Puis rajoutez, sur la tranche de l'aileron, de la pâte de microballon, de façon à construire la partie qui pénétrera dans l'aide. On peut le faire assez bien du premier coup en se servant d'un couteau de peintre, à la manière du vitrier qui refait un joint de mastic sur une fenêtre.

Lorsque la pâte est bien durcie, reponcez l'excédent pour l'arrondir et permettre le débattement dans l'aile. Il faut aussi creuser l'aile. Faites le plus gros au cutter, puis fignolez avec un bout de papier de verre collé sur un morceau de bois arrondi pour donner la forme correcte. Poncez suffisamment aile et aileron pour laisser un peu de jeu entre ces deux pièces. Il est préférable de poser un petit tissu de verre dans l'ouverture ainsi pratiquée dans l'aile car sinon, les bords un peu fragiles se déformeraient (le polystyrène gonfle en reprenant l'humidité).

Autre méthode

C'est une idée signée François CAHOUR. Son principe est le même mais la réalisation est peut être un peu plus simple et rapide.

Là encore, commencez par séparer l'aileron comme d'habitude. Ensuite, recoupez l'aileron sur quelques millimètres de façon à donner un angle à sa partie avant :



Une nouvelle fois, faites une petite saignée dans le noyau pour pouvoir l'écraser légèrement et le faire pénétrer dans l'aile. Par cette méthode, il n'est pas nécessaire de bâtir avec du microballon la partie de l'aileron qui pénétrera dans l'aile. De plus, on conserve le revêtement à cet endroit, donc sa peinture ... Attention, comme il faut recouper l'aileron, il faut absolument couper le bord de fuite de toute l'aile en dernier lieu, sous peine de se retrouver avec un aileron trop petit ...

Encore une autre idée.

Et encore une idée signée François CAHOUR. J'ai envie d'appeler cette idée : "pinaillons un max" !! J'articule toujours mes ailerons à l'extrados de l'aile à l'aide de blunderm : c'est simple et parfaitement efficace. Evidemment, ce blunderm vient en surépaisseur sur l'aile ce qui n'est pas grave, mais

Si j'étais méchant, je dirais que François devrait pinailler ainsi la totalité de ses planeurs, mais comme je suis très gentil (seulement un peu taquin) je m'en garderai bien !!!

Vous en savez presque autant que moi à présent. J'espère que ces explications vous auront familiarisé avec les matériaux composites et vous donneront envie de les utiliser pour construire votre prochaine machine volante. Si vous rencontrez des difficultés ou avez besoin d'autres renseignements, je pourrai peut-être vous répondre par le canal de RCM, surtout si ces renseignements peuvent intéresser d'autres modélistes. A bientôt peut-être !

TABLE DES ANNEXES

ANNEXE 1 **CHOIX D'UN MATERIAU:** **POURQUOI PENSER** **COMPOSITES ?**

I) Introduction

II) Domaine de déformation

- a. Déformation élastique
 - b. Déformation plastique
-

III) Caractéristiques mécaniques à prendre en compte

- a. Essais de traction
 - b. Essais de torsion
-

IV) Commentaires sur le tableau 1

Conséquences

- a. En traction
 - b. En flexion
-

V) Comportement des matériaux

- a. Matériaux homogènes
- b. Matériaux hétérogènes

VI) Analyse des contraintes

- a. Traction
 - b. Compression
 - c. Cisaillement
 - d. Flexion
 - e. Torsion
-

VII) Rappels sur la constitution d'un matériau composites

- a. Les fibres
 - b. La matrice
-

VIII) Applications

- a. Longeron principal
 - b. Revêtement travaillant
-

IX) En guise de conclusion

ANNEXE 2: **BIBLIOGRAPHIE**

Complément

Adresses

ANNEXE 3: **QUELQUES PLANS DE** **PLANEURS DE F3B** **"TOUT PLASTIQUE"**

CHOIX D'UN MATÉRIAU : POURQUOI PENSER COMPOSITES?

par J.-C. Rouais (M.A.C.B.)

I. Introduction

La lecture des revues traitant l'aéromodélisme prouve, s'il en était besoin, du dynamisme qui anime certains passionnés de ce passe-temps. Pour améliorer la performance de leur modèle, toutes les techniques, bien souvent issues de la grande aviation, sont mises à contribution : études théoriques complétées par des essais, utilisation de la micro-informatique, emploi de matériaux de haute technicité. Cette similitude provient du fait qu'à un certain niveau d'utilisation les préoccupations des utilisateurs de deux types d'aviation sont identiques. En particulier, dans le domaine des procédés de construction, la recherche de structure résistante, rigide et légère est le souci constant de ceux qui réalisent et je peux affirmer, sans crainte de démenti, que certaines réalisations de constructeurs de modèles réduits sont d'un niveau bien supérieur à celui de leurs collègues amateurs de la grande aviation.

Cet article se propose de dégager les grandes lignes qui permettraient à un modélisme voulant améliorer son mode habituel d'élaboration de structure ou à celui qui voudrait en créer de nouveau de faire un choix dans les matériaux à utiliser. Cette hypothèse étant faite, nous prendrons, comme sujet d'étude, la réalisation d'une aile devant répondre aux critères suivants : résistance, rigidité, légèreté. Il y a un critère que nous ne prendrons pas en compte dans cette étude : le prix de revient,...

Ces impératifs étant fixés, l'on doit définir les modes de sollicitation auxquels va être soumise la structure. Dans notre cas, l'aile est sollicitée en flexion par la portance et en torsion par la variation du centre de poussée et par l'action des ailerons.

Nous pouvons maintenant entreprendre l'étude que nous nous sommes proposés.

II. Domaine de déformation

Toute sollicitation sur une structure va provoquer une déformation de celle-ci, déformation dont l'amplitude sera fonction de l'intensité de la sollicitation.

En mécanique, l'on distingue deux types de déformations :

a. Déformation élastique

La pièce se déforme, mais reprend sa forme initiale dès que la contrainte est relâchée.

Corde à piano que l'on courbe et qui redevient droite lorsque l'on relâche l'effort.

b. Déformation plastique

La pièce est déformée d'une manière permanente lorsque la contrainte est relâchée.

Corde à piano que l'on met en forme avec une pince pour réaliser un crochet, un train d'atterrissage...

Pour notre exemple, l'aile ne travaillera que dans le domaine élastique et, dans celui-ci, les déformations devront être faibles pour que les fonctions que nous avons imposées à l'aile soient toujours assurées : fonctionnement et stabilité des ailerons ou aérofreins réalisés dans toutes les configurations de vol.

Pour répondre à ces conditions, nous devons être capables soit de dimensionner les éléments de la structure, soit de faire un choix parmi plusieurs matériaux disponibles.

Ce choix ne sera possible que si l'on est capable d'interpréter les caractéristiques mécaniques relatives à ces matériaux.

III. Caractéristiques mécaniques à prendre en compte

Pour bien comprendre la signification des grandeurs que nous allons rencontrer, nous allons décrire très rapidement les essais mécaniques à partir desquels nous les obtenons.

a. Essais de traction

La figure 1 montre le principe de cet essai. Une éprouvette est montée dans les mors d'une machine qui exerce une force F dans le sens de l'axe de symétrie de la pièce. Cette force produit un allongement ΔL .

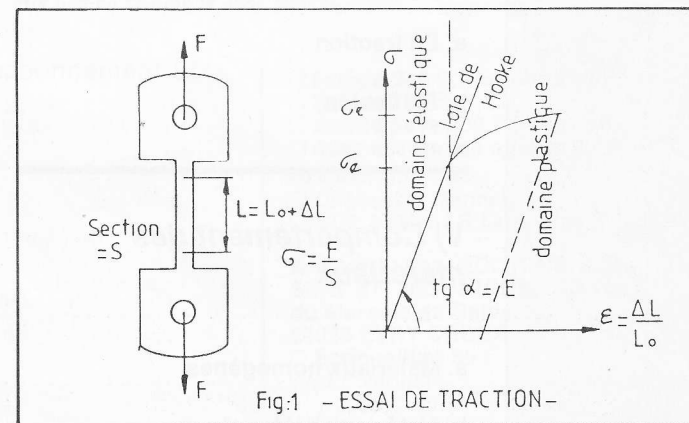


Fig.1 - ESSAI DE TRACTION -

Les résultats de cet essai sont traduits sur un graphique contrainte-déformation sur lequel il est fort aisé de séparer les deux domaines de déformation.

La partie linéaire caractérise le domaine de déformation élastique. Dans ce domaine, il y a proportionnalité entre contrainte et allongement. C'est la relation de HOOKE :

$$\delta = E$$

TABLEAU 1				
Nature	Masse spécifique (g.cm ⁻³)	Résistance à la traction δ_{rt} (MPa)	Résistance à la compression δ_{rc} (MPa)	Module d'élasticité à la traction E (MPa)
		(diviser par 10 pour avoir en Kp.mm ⁻²)		
Spruce	0,5	70	35	13 000
Frêne	0,7	90	45	15 000
Peuplier grisard	0,5	60	35	11 000
Acier (traité)	7,8	1 200	1 200	200 000
Dural	2,8	450	450	72 000
Titane	4,5	900	900	105 000
Caractéristiques sur filament				
Verre E (10 μ)	2,55	2 500		73 000
Verre R (10 μ)	2,5	3 500		83 000
Kevlar 49 (10 μ)	1,45	2 600		132 000
Cabone H.R. (8 μ)	1,7	2 500		260 000
Carbone H.M. (8 μ)	1,9	2 200		380 000
Caractéristiques sur composite unidirectionnel - Matrice époxy - Pourcentage fibres en volume : 60%				
Verre E	2,04	140//	90//	46 000
Verre R	2,01	190//	97//	52 000
Kevlar	1,37	140//	28//	84 000
Carbone H.R.	1,55	130//	140//	130 000
Carbone H.M.	1,65	80//	90//	230 000

$$\delta = \frac{F}{S} : \text{contrainte,}$$

$$E : \text{module d'élasticité en traction,}$$

$$\epsilon = \frac{\Delta l}{L} \times 100 : \text{allongement.}$$

La fin de la partie linéaire de la courbe permet de déterminer la contrainte limite élastique : δ_e

Au-delà de cette contrainte, le matériau va se déformer d'une manière permanente. La rupture de l'échantillon caractérise la contrainte de rupture σ_r , ainsi que l'allongement à la rupture $\Delta l/l$ en pour cent.

La simple observation des courbes de traction (figure 2) permet de caractériser le matériau quant à sa raideur, sa fragilité ou sa ductilité.

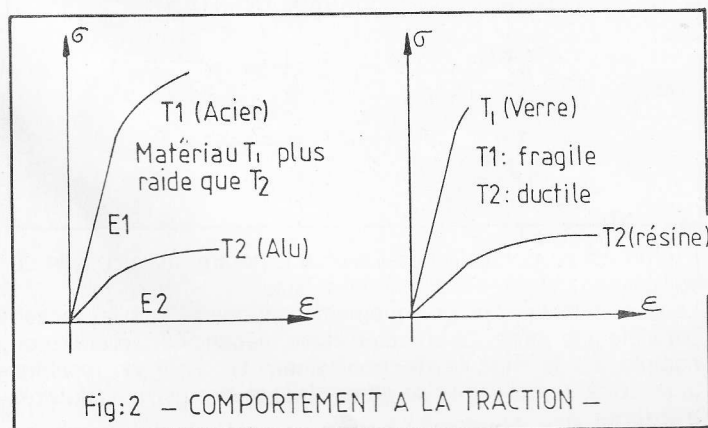


Fig:2 - COMPORTEMENT A LA TRACTION -

Il n'y a pas de relation entre δ_e et δ_r , si ce n'est que plus un matériau est fragile, plus δ_e est proche de δ_r .

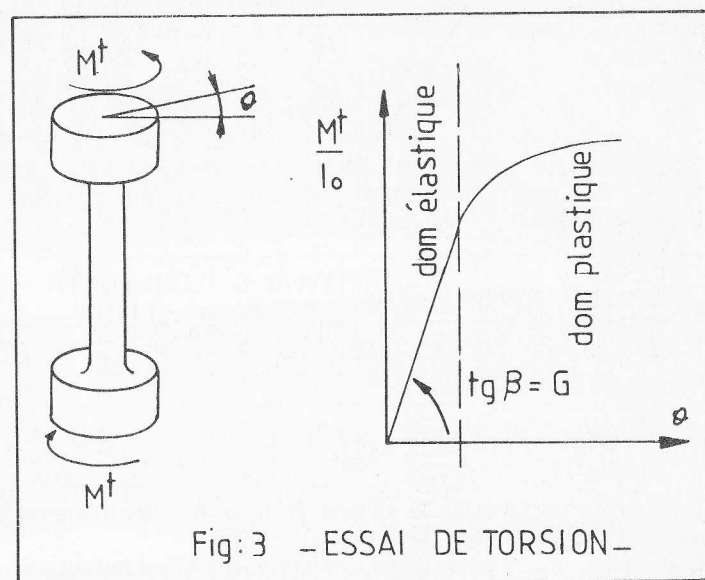


Fig:3 - ESSAI DE TORSION -

B. Essai de torsion

La figure 3 montre le principe d'un essai de torsion et la courbe qui traduit le comportement du matériau pendant cet essai. Là aussi nous distinguons les deux modes de déformations et la pente de la courbe détermine la valeur du module d'élasticité au cisaillement G.

On peut admettre que, pour un matériau homogène, les matériaux métalliques en sont un bon exemple, la valeur de G est voisine de la moitié de celle de E.

Nous pouvons déjà conclure que les performances d'un matériau sont proportionnelles aux valeurs de :

- δ_e : contrainte limite élastique,
- δ_r : contrainte à la rupture,
- E : module d'élasticité à la traction,
- G : module d'élasticité au cisaillement.

IV. Commentaires sur le tableau 1

Ce tableau permettra de faire un choix pour l'utilisation de différents matériaux.

Le premier tiers du tableau rappelle les principales caractéristiques des matériaux usuels. Nous constatons la modicité de certaines caractéristiques du bois, mais ce matériau est inégalable au point de vue densité et facilité d'emploi.

Le deuxième tiers présente les caractéristiques de nouveaux matériaux dont la forme première s'obtient sous forme de filaments continus de faible diamètre, quelques microns. Tant au point de vue densité que caractéristiques mécaniques, ces matériaux sont remarquables, *mais inexploitable dans cet état*. Pour les manipuler, l'on est obligé de les assembler pour former des fils qui peuvent être utilisés sous cette forme ou tissés pour obtenir des tissus. Même dans cet état, ils sont toujours inutilisables.

L'on est obligé de les mélanger à un liant qui aura pour rôle de les rendre utilisables. Le mélange de ces deux matériaux forme le matériau composite. Les performances mécaniques du liant étant généralement médiocres, nous constatons, dans le troisième tiers du tableau, que les valeurs de l'ensemble sont liées au pourcentage de fibres. Notons que le pourcentage en volume de 60% est proche du maximum utilisé, que ce taux de renfort est difficilement accessible à un amateur.

Conséquences

Nous allons, à l'aide de deux cas très simples de chargement, voir les conséquences sur le comportement d'une pièce selon le choix du matériau.

a. En traction

Supposons une poutre de section rectangulaire, soumise à un effort de traction F et dont la contrainte admissible est δ_{ad} . La section nécessaire pour l'utilisation de cette poutre s'obtient par la relation :

$$S = \frac{F}{\delta_{ad}}$$

Supposons que cette poutre soit réalisée avec du frêne, le tableau 2 montre l'évolution de cette poutre si nous utilisons d'autres matériaux.

Matériaux	Acier	Dural	Verre E + résine	Carbone H.R. + résine
Section divisée par	13	5	15	14
Poids divisé par	1	1,25	5	6

Tableau 2 : Variation de la section et du poids d'un longeron réalisé initialement avec du frêne.

En traction, un matériau composite verre-époxy est aussi performant qu'un carbone-époxy.

b. En flexion

Supposons que cette même poutre, *toujours réalisée en frêne*, soit encastree à une extrémité et chargée uniformément. Ce pourrait être le cas d'un longeron principal d'une aile. Sous l'effet de la charge, la poutre va fléchir et cette flèche sera maximale en bout.

Le tableau 3 montre l'évolution de la flèche et du poids suivant les matériaux, *mais en gardant la même section de la poutre*.

Matériaux	Acier	Dural	Verre E + résine	Carbone H.M. + résine
Flèche divisée par	16	6	3,5	19
Poids multiplié par	11	4	2,8	2,4

Tableau 3 : Variation de la flèche et du poids d'un longeron réalisé initialement avec du frêne.

En flexion, un composite carbone-époxy est supérieur à un composite verre-époxy.

Ces deux exemples illustrent tout l'intérêt suscité par l'utilisation des matériaux composites dans certains cas bien spécifiques.

V. Comportement des matériaux

L'examen du tableau 1 montre que certains matériaux se comportent différemment selon qu'ils sont sollicités soit en traction, soit en compression, ce qui nous oblige à distinguer deux classes.

a. Matériaux homogènes

La grande majorité des matériaux métalliques que nous utilisons ont des propriétés mécaniques identiques dans toutes les directions. Il n'y a généralement pas de précaution à prendre pour leur utilisation.

b. Matériaux hétérogènes

Les matériaux fibreux, bois, matériaux composites, ont des propriétés bonnes ou excellentes dans les directions des fibres, mais leur comportement est différent en traction et en compression.

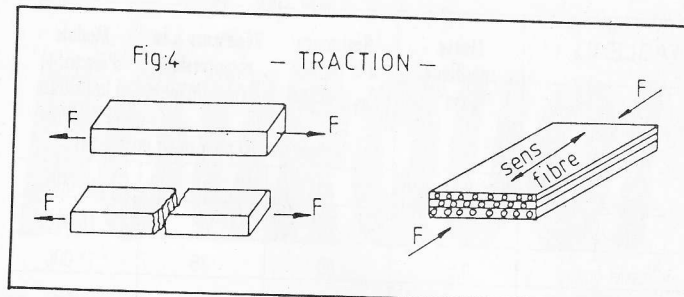
Les propriétés de ces matériaux sont *mauvaises ou médiocres* dans des directions perpendiculaires aux fibres.

Pour l'emploi judicieux des composites, il est donc nécessaire d'analyser les contraintes pour déterminer la direction dans laquelle elles agissent, afin d'orienter les fibres du composite dans cette direction.

VI. Analyse des contraintes

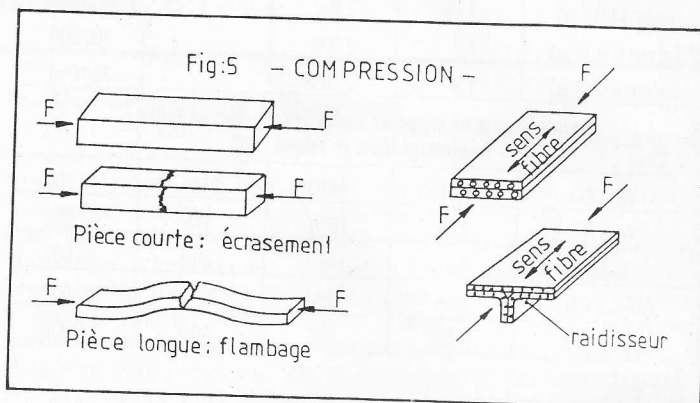
Nous allons rapidement examiner les différents cas de chargement, indiquer les caractéristiques mécaniques à prendre en compte, ainsi que l'orientation des fibres.

a. Traction (figure 4)



Les contraintes sont uniformes dans toute la section perpendiculaire à la force. Les caractéristiques mécaniques à prendre en compte sont δ_e , δ_r en traction. Les fibres du matériau composite doivent être parallèles à la force.

b. Compression (figure 5)



Deux cas sont à considérer :

1. pièces courtes

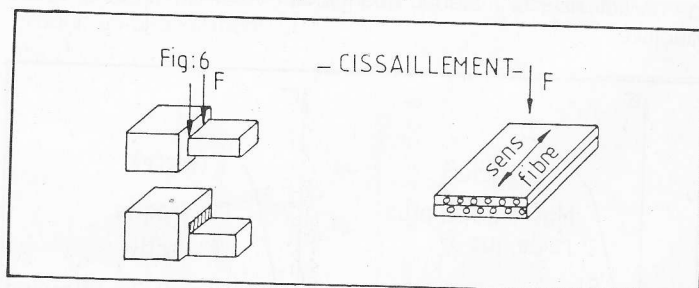
La plus petite dimension de la section n'est pas plus petite que cinq à dix fois la longueur de la poutre. Dans ce cas, les contraintes sont uniformes dans toute la section perpendiculaire à la force.

2. pièces longues

Elles vont être soumises au flambage et les contraintes seront maximales en surface. Les caractéristiques à prendre en compte sont δ_e , δ_r et E .

Pour un matériau composite, les fibres seront dans la direction de la force. Pour les pièces longues, prévoir un raidisseur.

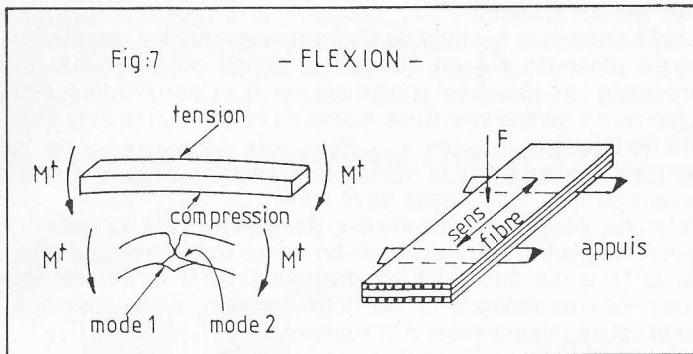
c. Cisaillement (figure 6)



L'effort est perpendiculaire à l'axe de la poutre, mais ce type de sollicitation est rarement rencontré isolé.

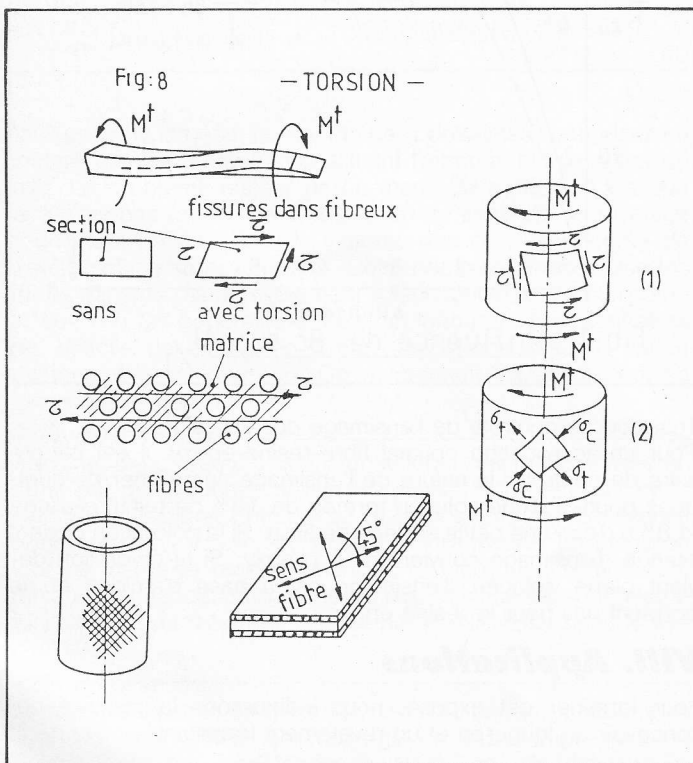
Les contraintes sont pratiquement uniformes dans la section parallèle à la force. La caractéristique mécanique à prendre en compte est le module de cisaillement G . Pour un matériau composite, les couches de fibres doivent être perpendiculaires à la force.

d. Flexion (figure 7)



Les contraintes sont maximales à la périphérie de la structure, où l'on trouve les deux modes de sollicitation : traction et compression. L'on recherche généralement à réduire la déformation ou flèche de la structure, ce qui conduit à utiliser un matériau ayant un module d'élasticité en traction élevée. Pour un matériau composite, les performances en compression sont généralement inférieures à celles en traction, ce qui obligera à calculer la poutre selon ce mode de déformation. *Les fibres seront dans l'axe du longeron, mais avec une forte densité sur les faces externes sollicitées en traction ou compression.*

e. Torsion (figure 8)



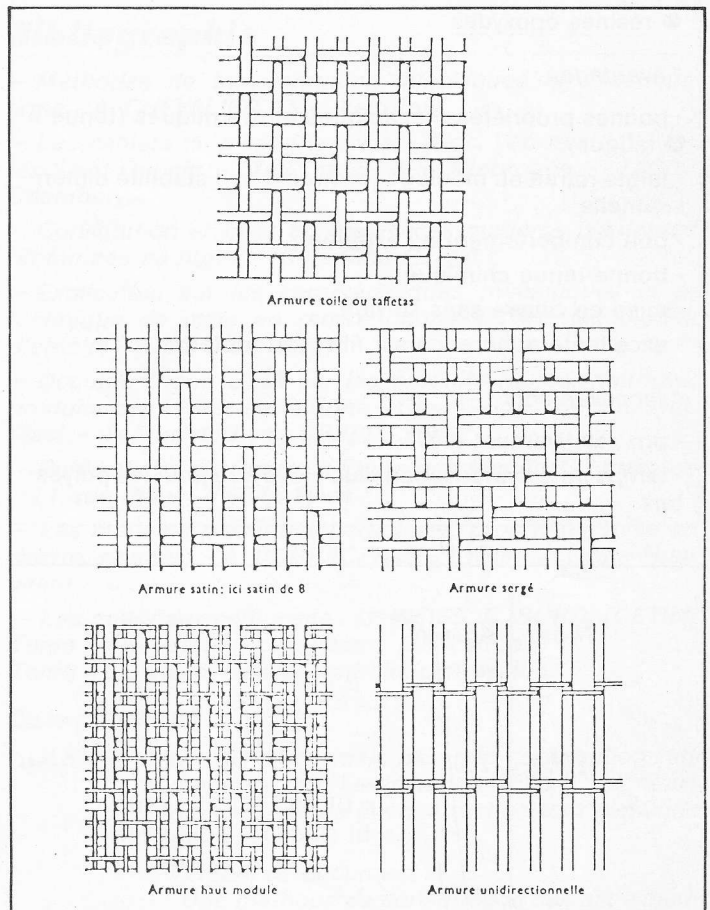
Si nous considérons un élément transversal d'une poutre soumis à une torsion, cet élément est déformé pour prendre la forme d'un parallélogramme. Cet élément est soumis à des contraintes tangentielles de cisaillement qui sont maximales en surface. Dans un matériau fibreux, ces contraintes provoquent des fissures qui se développent en surface et parallèlement à l'axe de torsion (très facile à visualiser sur une baguette de balsa que l'on tord). Le schéma 1 montre qu'un élément de surface représenté est soumis à des contraintes de cisaillement pur. Cette même surface (schéma 2), inclinée à 45° par rapport à l'axe de torsion, est soumise à la traction et compression. Dans un *matériau composite* soumis à de la torsion, pour éviter la rupture de la matrice (résine) sous l'effet des forces de cisaillement, il faut : — pour les plaques, orienter les fibres à 45° par rapport à l'axe de torsion, — pour les tubes, bobiner avec un angle de 45°.

VII. Rappels sur la constitution d'un matériau composite

Un matériau composite est un mélange ordonné de deux matériaux de propriétés fort différentes pour donner un produit fini dans lequel la meilleure des performances de l'un des constituants n'est pas trop altérée par la présence de l'autre. C'est un des rares cas où le bon l'emporte sur le mauvais. *Un matériau composite est constitué de fibres et d'une matrice.*

a. Les fibres

Elles doivent prendre en compte les contraintes, donc présenter des caractéristiques mécaniques élevées. Elles peuvent être en verre, en kevlar ou en carbone (tableau 1). On peut les utiliser sous forme de fils ou de tissus. La figure 9 présente les principaux types de tissages : — le tissage satin est le plus déformable, — le tissage sergé conserve une certaine souplesse, — les unidirectionnels manquent généralement de tenue.



b. La matrice

Dans notre cas, elle sera réalisée à partir de résines thermodurcissables. Elle devra : — *Assurer une forme définitive au produit.* Il faut qu'après polymérisation de la résine, la forme obtenue soit conforme à celle prévue, car il n'est plus possible de la modifier. Les modifications dimensionnelles sont à prendre en compte (retrait, expansion, gauchissement). — *Transmettre les efforts à la fibre.* La résine devra imprégner parfaitement la fibre et adhérer à cette dernière le plus efficacement possible. Cet accrochage est favorisé par un traitement de surface de la fibre, appelé enzymage. — *Protéger la fibre de l'environnement.* La fibre est un matériau fragile et la qualité du composite est liée à l'assemblage fibre-résine. Tout défaut dans cet assemblage altérera les performances du composite. Sont à redouter températures élevées, vieillissement aux U.V., microfissures, diffusion de l'humidité.

Les résines thermodurcissables que nous utilisons peuvent être :

● résines polyesters

* avantages :

- bon accrochage sur fibres de verre,
- possibilité de translucidité,
- facilité de mise en œuvre,
- assez bonne tenue chimique,
- prix réduit.

* inconvénients :

- retrait important (6 à 15%),
- propriétés mécaniques moyennes,
- tenue réduite à la chaleur humide,
- durée de conservation en pot limitée,
- ventilation nécessaire lors de la polymérisation.

● résines époxydes

* avantages :

- bonnes propriétés mécaniques et thermiques (tenue à la fatigue),
- faible retrait au moulage (environ 1%) + stabilité dimensionnelle,
- bon comportement à l'extérieur,
- bonne tenue chimique,
- mise en œuvre sans solvant,
- excellente adhérence sur fibres et métaux.

* inconvénients :

- prix relativement élevé,
- temps de polymérisation plus élevé que pour les polyesters.

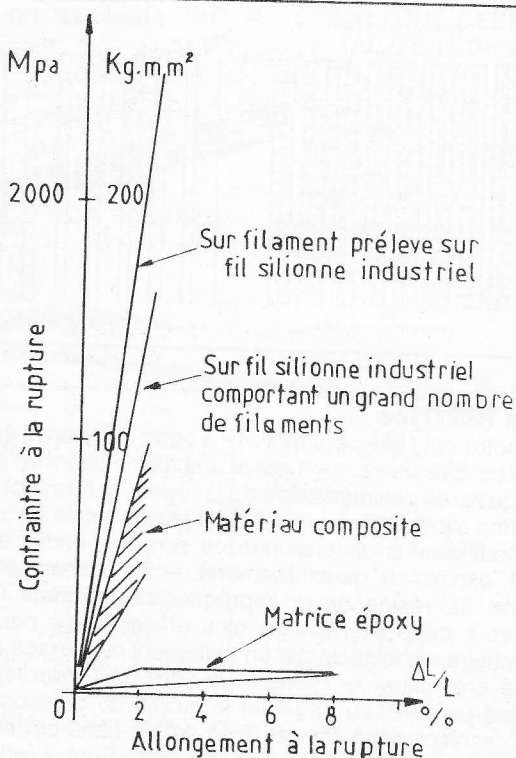


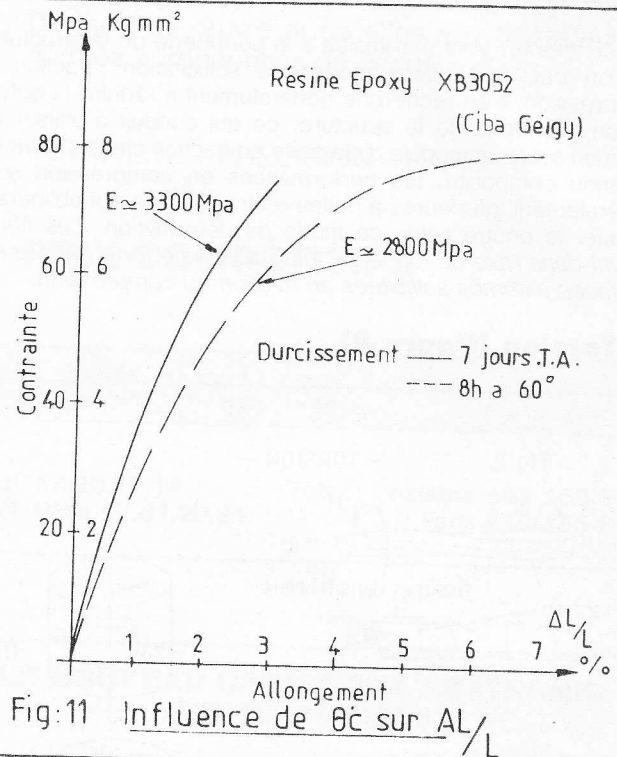
Fig. 10 Comportement en traction

La figure 10 montre le comportement en traction des différents éléments formant un matériau composite, ainsi que le résultat final (fibre + matrice).

Il est à remarquer la chute de performance entre les caractéristiques obtenues sur un filament et celles obtenues sur un ensemble de filaments constituant un fil. Ceci provient des difficultés à contraindre d'une manière uniforme un grand nombre de filaments.

Remarquons aussi que la rupture du composite se produit pour un allongement égal à celui de la fibre.

Pour une utilisation rationnelle d'un composite, il est souhaitable que l'allongement à la rupture de la matrice soit supérieur à celui de la fibre. La figure 11 montre tout l'intérêt de "cuire" le composite au moment de sa polymérisation, cette opération augmentant l'allongement à la rupture.



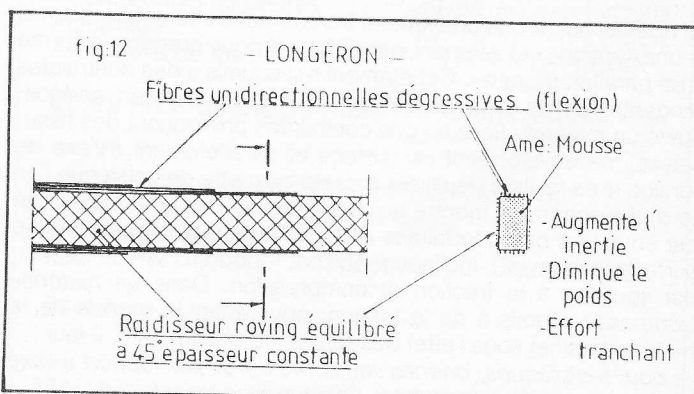
Test pour le contrôle de l'ensimage des tissus

Pour un accrochage optimal fibre-résine-époxy, il est nécessaire de contrôler la nature de l'ensimage. Imprégner de quelques gouttes d'une solution formée de 15% de teinture d'iode et 85% d'eau une petite surface de tissu. Si la coloration devient orange, l'ensimage convient pour l'époxy. Si la coloration devient bleue violacée, l'ensimage est à base d'amidon et ne convient pas pour la résine époxy.

VIII. Applications

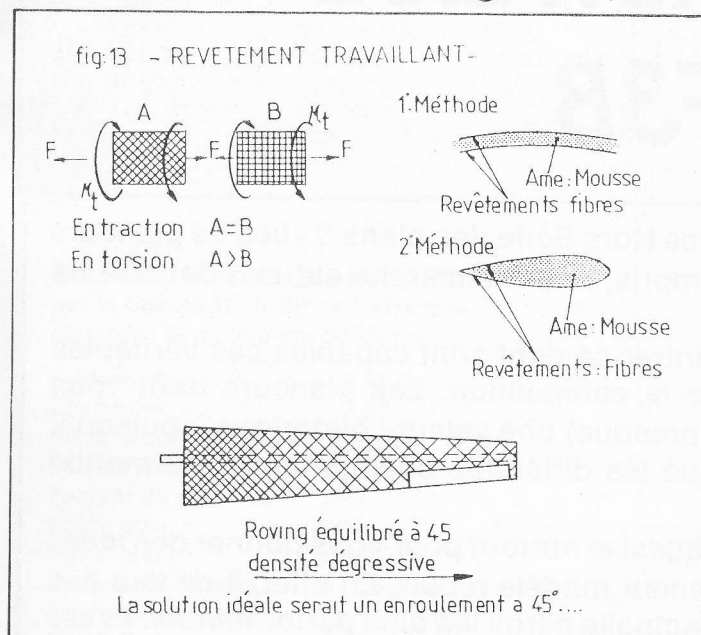
Pour terminer cet exposé, nous indiquerons la manière de concevoir un longeron et un revêtement travaillant.

a. Longeron principal (Figure 12)



Cette pièce maîtresse peut être assimilée à une poutre encastree à une extrémité, libre à l'autre, chargée uniformément, et soumise à la flexion et à la torsion. Les efforts de flexion, de cisaillement et de torsion seront maximaux près de l'encastrement, c'est-à-dire à la jonction aile-fuselage. LA figure montre la disposition et l'évolution des tissus, ainsi que leurs fonctions.

b. Revêtement travaillant (Figure 13)



Dans cette hypothèse, la majorité des contraintes sont prises en compte par les surfaces constituant l'intrados et l'extrados de l'aile. Le problème majeur de ce mode de réalisation est que l'aile n'est pas raccordée d'une façon permanente au fuselage et qu'il faut prévoir, dans la majorité des cas, un système de broche pour assurer la liaison. Cette nécessité impose que les efforts transmis par le revêtement soient concentrés en un point, ce que l'on fait généralement par un longeron. Il devient alors très difficile de distinguer la part des efforts assurée par le revêtement et le longeron. Ce revêtement travaillant peut se concevoir de deux façons :

— première méthode

Une âme, constituée par un matériau léger, est raidie et mise en forme par des couches de tissus stratifiés. On peut, par cette méthode, constituer l'intrados et l'extrados qui, une fois réunis, formeront une aile creuse. Mais il faudra insérer un longeron pour permettre le raccordement au fuselage. Cette méthode, demandant beaucoup d'investissement, des moules sont nécessaires, a été parfaitement décrite par P. NICAUD, dans M.M., août 1983.

— deuxième méthode

Un noyau d'expansé ou d'extrudé de faible densité, découpé au fil chaud, est rigidifié par drapage de tissus imprégnés de résine. Pour des modèles nécessitant une aile d'envergure voisine de 2,5 m, l'on peut envisager une aile non démontable. Celle-ci est réalisée à partir de deux demi-ailes assemblées par recouvrement. Dans ce cas, l'on peut admettre que les efforts de la structure sont assurés par le revêtement. Malheureusement, d'autres problèmes vont prendre naissance à l'interface fibre-mousse lors de conditions trop sévères : décollement, poinçonnage. Dans ces deux cas, les revêtements travaillant seront réalisés à partir de tissus équilibrés (même densité de fils dans le sens chaîne que dans le sens trame), mais les fils seront orientés à 45° par rapport à l'envergure. En effet, au point de vue traction, un tissu équilibré, orienté à 45° par rapport à l'axe de traction, assure la même contrainte qu'un tissu équilibré, orienté à 0°. Avec cette orientation, seuls les fils dans le sens de la traction assurent la contrainte, les fils à 90° ne participant pas du tout. De plus, l'orientation à 45° offre la résistance maximale à la torsion, les fils se trouvent sollicités en traction ou compression pure.

IX. En guise de conclusion

Cet article, présenté lors du stage de conception tout plastique de F. CAHOUR, a été réécrit suite aux discussions que nous avons eues avec les stagiaires, et je pense l'avoir modifié dans le sens souhaité. Par contre, je n'ai pas répondu à leur souhait qui était de donner un mode de calcul, car cela n'est pas simple du tout. Les paramètres à prendre en compte sont tellement nombreux, nature des tissus, densité des fils, orientation des couches, mode d'imprégnation, de polymérisation,... ajouter à cela les conséquences d'une mise en œuvre propre à chaque modélisateur, qu'il aurait fallu être inconscient pour aborder un tel chapitre.

Je me contenterai de vous dire d'observer ce qui se fait autour de vous, de comprendre le pourquoi d'un succès et surtout, lorsque vous aurez trouvé un mode de construction qui vous convient, de bien noter les conditions de travail. Attention aux conséquences imprévues d'abandonner tel type de tissu pour un autre ou d'utiliser une nouvelle résine. Les matériaux composites, c'est comme la cuisine, il y a de bonnes et de mauvaises recettes, de grand chef et d'infâmes gatte-sauce...

Bibliographie

- Méthodes de transformation spécifiques au plastique armé - A. CHEVALIER (Doc. Vetrotex).
- Les cahiers du plastique armé - (Doc. Vetrotex) - Vetrotex-Saint-Gobain - 767, quai des Allobroges - 74000 Chambéry.
- Constitution et mise en œuvre des matières plastiques renforcées de fibres - (Doc. Ciba-Geigy).
- Explication sur les caractéristiques mécaniques et la technique de mise en œuvre données dans les modes d'emploi - (Doc. Ciba-Geigy).
- Documentation CIBA sur les produits (fibres, matrices, produits demi-finis) de la firme - Ciba-Geigy - Départ. Mat. Plast. - 14, rue du Lac - 69399 Lyon.
- Publications du Centre d'Etude des Matières Plastiques - 21, rue Pinel - 75013 PARIS.
- Les matières plastiques (structures, propriétés, mise en œuvre, normes) - A. DOBRACZYNSKI - (Edition Usine Nouvelle).
- Les matériaux composites (J. WEISS, C. BORD) (CETIM)
Tome I : Structures, constituant, fabrication.
Tome II : Calculs, essais, contrôle, conception.

Complément :

EOLE → On ne dira jamais assez la contribution des membres de l'association "EOLE" planeurs aux progrès de la construction tout plastique des planeurs.

Témoin ce document :

→ "Une méthode de construction des ailes moulées et de calcul d'un longeron en carbone." par Guy Revel et Xavier Heriard Dubreuil (Association EOLE).

MTB → Moderner Trag Flächenbau (en allemand avec de nombreux croquis).

Adresses

Rea Industrie : 29, rue Toussaint - 13003 Marseille France - Tél : 91.08.19.08 (Tous produits tissus, époxy, etc....).

CIBA : 14, rue du Lac - 69399 Lyon - Dép. Mat. Plastiques.

HEXCEL France Rézolin : Distributeur Servimétal - 2, rue Ampère - 69680 Chassieu - Tél : 78.90.21.01

VETTER Fils : 3, rue Christine de Wett - 69609 Villeurbanne - Tél : 72.33.22.16

Saint-Gobain Industries - Div. Verre Textile - 62, Bd Victor Hugo - 92209 Neuilly-sur-Seine - Tél : (1) 46.37.10.00

Hawai (Produits planche à voile) - 69, Av. D. Casanova - 94200 Ivry - Tél : (1) 46.72.07.10