



Le GENOMA
Planeur F3J de dernière génération pour tous
Construction de l'aile

Construction du planeur de F3J le GENOMA

4^{ème} partie : L'aile, ses moulages, son
montage



Le GENOMA F3J



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Sommaire :

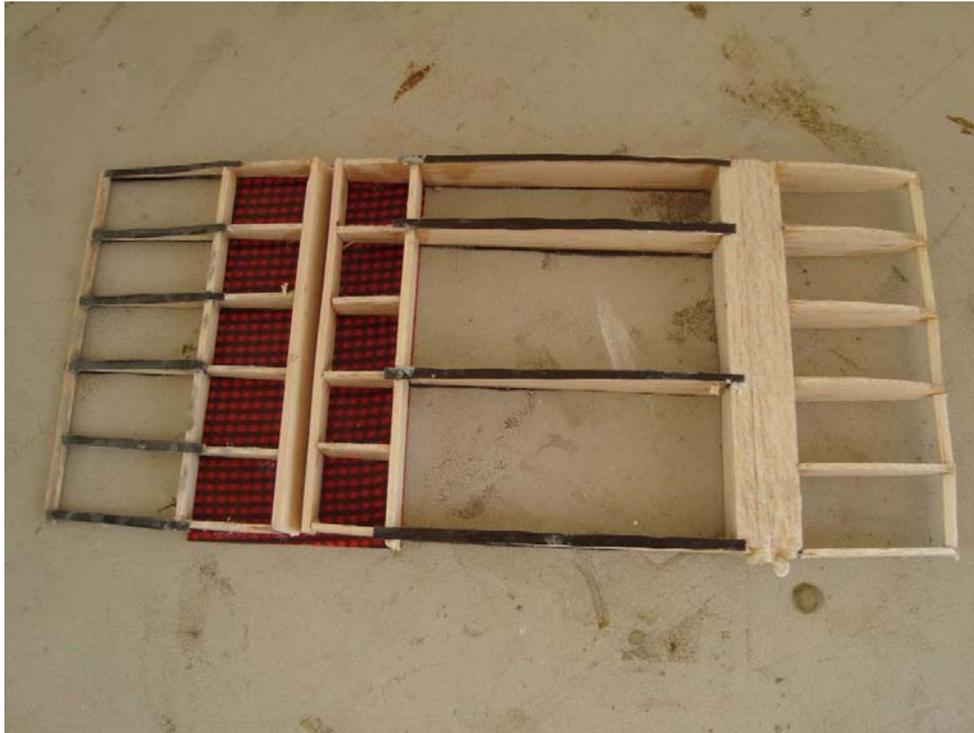
Construction de la structure de l'aile.....	3
Les modifications envisagées.....	4
Gamme de montage et difficultés à surmonter.....	5
Montage de la structure de l'aile.....	6
Montage des servos d'aile.....	10
Moulage des peaux des D-Box.....	11
Moulage des D-Box avants.....	11
Moulage des D-Box arrières.....	12
Collage des D-Box.....	14
Construction des bords marginaux.....	15
Entoilage et finition des ailes.....	20



Le GENOMA Planeur F3J de dernière génération pour tous Construction de l'aile

Construction de la structure de l'aile

Avant de se lancer dans la construction complète de l'aile, une maquette à l'échelle 1 d'un tronçon de 10cm a été réalisée.



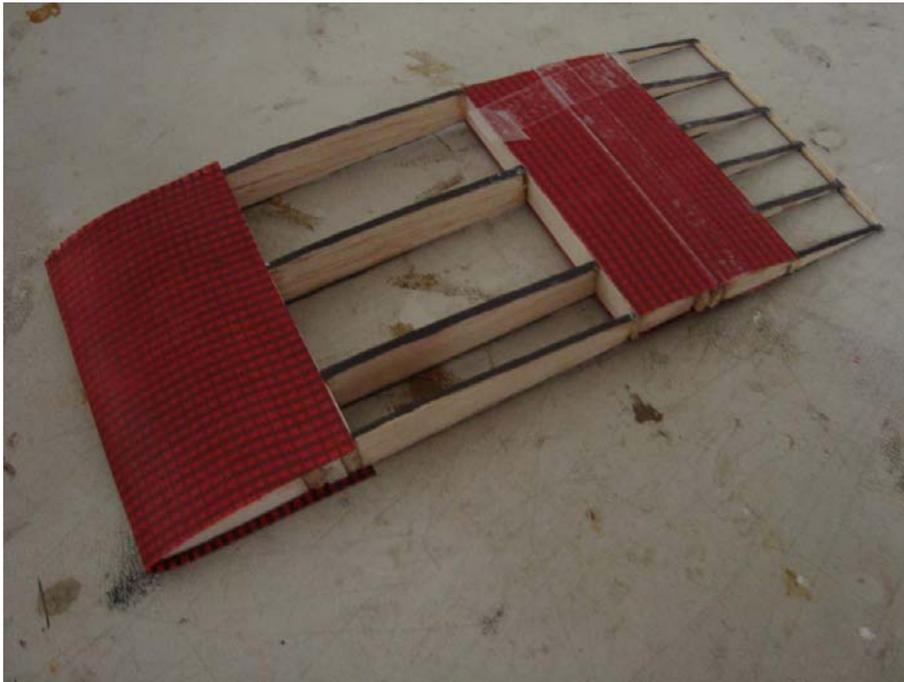
Maquette de la structure. Remarquez les chapeaux de nervure qui débordent de quelques millimètres.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile



La maquette terminée avec réalisation de l'articulation à l'intrados et de l'étanchéité du volet par scotch. La rigidité de l'ensemble est assez impressionnante pour seulement 8gr/dm² !

Cela a permis de réaliser la gamme de montage, d'identifier quelques difficultés et de réaliser quelques optimisations.

Les modifications envisagées

La première modification décidée suite à cette « maquette » est de raccourcir la profondeur du longeron arrière. 25mm c'est trop ! 15mm est largement suffisant.

En effet, la déformation de l'aile ne s'obtient plus par déformation du D-box avant ou même arrière, mais par déformation des nervures entre ses deux caissons. Cela montre bien l'importance des chapeaux de nervure en carbone qui font toute la rigidité à cet endroit là. Les remplacer par un chapeutage balsa serait une erreur. Si la résistance en torsion ne s'avère pas suffisante, il faudra mettre des nervures à 45° en croix. Mais nous n'en sommes pas là.

La deuxième est d'augmenter la maille des D-box arrière et gouverne. Au lieu d'avoir des nervures tous les 2 cm, elles seront positionnées tous les 4cm.

La troisième est de découper les nervures en trois morceaux :

D box avant, Partie centrale jusqu'à l'articulation des gouvernes et partie gouverne.

Les D-box arrière et des gouvernes seront donc réalisés par adjonction de lisses entre les nervures, lisses qui seront découpées dans une baguette.



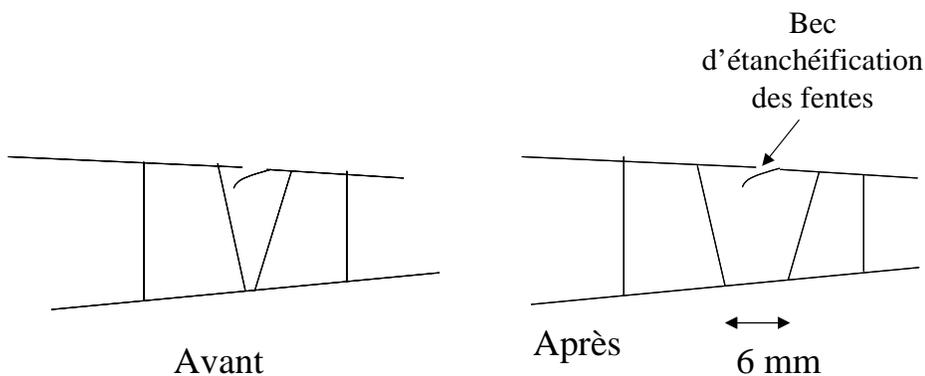
Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Ces deux dernières modifications ont été adoptées afin de limiter le temps de construction qui était de 40h et qui doit tomber à une vingtaine d'heures environ.

La quatrième modification consiste à créer un espace entre la gouverne et la partie fixe. En effet, le faible jour actuellement prévu, entre les deux champs biseautés en balsa, ne permet pas d'avoir suffisamment d'espace pour loger un système d'étanchéification des fentes et d'avoir un débattement vers le haut correct. Un jour de 6 mm minimum est nécessaire qui va permettre d'intégrer un petit bec de fermeture des fentes de gouvernes.



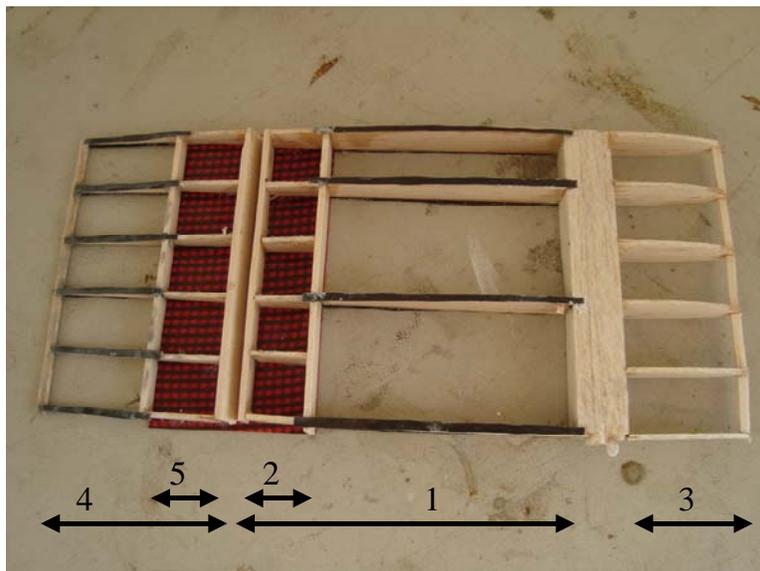
Le nouveau plan d'aile et le dessin des différentes sections sont donc modifiées :



"Découpe aile
GENOMA F3J.xls"

Gamme de montage et difficultés à surmonter

Tout part du longeron.





Le GENOMA Planeur F3J de dernière génération pour tous Construction de l'aile

Ordre de montage des différents caissons de l'aile.

On construit à plat une bonne assise en profitant du profil plat, puis on attaque les autres caissons.

Montage de la structure de l'aile.

Premier travail : Poser le système de fixation principal de l'aile. Tous les efforts passeront par-là. Un contreplaqué de balsa avec fil de bois croisé est créé. Afin de parfaire la dureté, du Contreplaqué est collé dessus et dessous. Le tout, une fois mis en forme, est collé à l'époxy rapide sur le devant du Longeron principal. Pour assurer une bonne solidité, un fil de « Kevlar » est enroulé tout autour. Lors du collage de la peau du D-Box, les fils seront résinés.



Le bloc servant à immobiliser l'aile sur le fuselage est collé sur le longeron principal. Puis solidifié avec une belle ligature en fil de pêche « aramide » tressé.

La construction doit se faire « caisson » par « caisson ». On procèdera donc en 5 étapes



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile



Deux fois 5 planches pour faire deux tronçons. Le travail peut commencer. Notez que ces découpes ont été usinées en 5 parties. Cela conduit à un temps de montage prohibitif. Des découpes en 3 morceaux sont adoptées pour les autres constructions.

Les difficultés à surmonter sont :

- Le bon espacement des nervures. Il n'y a rien de plus disgracieux que des nervures espacées de façon irrégulière ou non alignées entre les différents caissons. Pour cela marquer au feutre les différents espacements de façon très précise et coller bien sur les marques.
- La bonne perpendicularité des nervures. Une petite équerre est très utile.
- Le bon alignement des différents éléments. Pour cela, la découpe CN est un atout non négligeable. Travailler sur un chantier bien plat. Pour avoir un travail bien régulier, faire un gabarit aux dimensions de l'espace inter nervures (1,8 cm et 3.8 cm).
- L'alignement entre la partie avant (tronçon 3) et la partie centrale (tronçon 1). Pour cela ne pas hésiter à mettre une petite cale sous le bord d'attaque. C'est même recommandé. Positionner aussi rapidement les nervures d'extrémité pour donner le bon alignement général. Ce serait dommage de devoir tout décoller !
- Le réglage en hauteur des différentes parties :
 - Le premier tronçon doit légèrement dépasser de part et d'autre du longeron (2*0.8mm). On peut donc mettre une petite cale sous le longeron pour le montage.
 - Le deuxième tronçon (le D-box avant) doit affleurer le longeron.
- Bien réfléchir à la hauteur des différentes baguettes tirées de planches de 20 constituant les longerons arrière. Ils doivent être aux dimensions des éléments 3 et 4 et légèrement biseautés.
- Le jour nécessaire à l'articulation des volets / ailerons doit être comblé par une baguette de 6 mm de large afin de garantir la rectitude des gouvernes dans le sens de l'envergure.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Cette cale n'est pas collée mais pointée régulièrement afin de pouvoir l'enlever une fois la construction achevée.

Attention ! Les pièces sont presque toutes identiques, mais pas totalement. Pour éviter d'intervertir deux pièces, les découper au fur et à mesure.
De plus on peut facilement confondre un intrados avec un extrados. Donc méfiance !



Découpe des nervures au fur et à mesure

Bien les poncer.



Petit ponçage avant collage.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

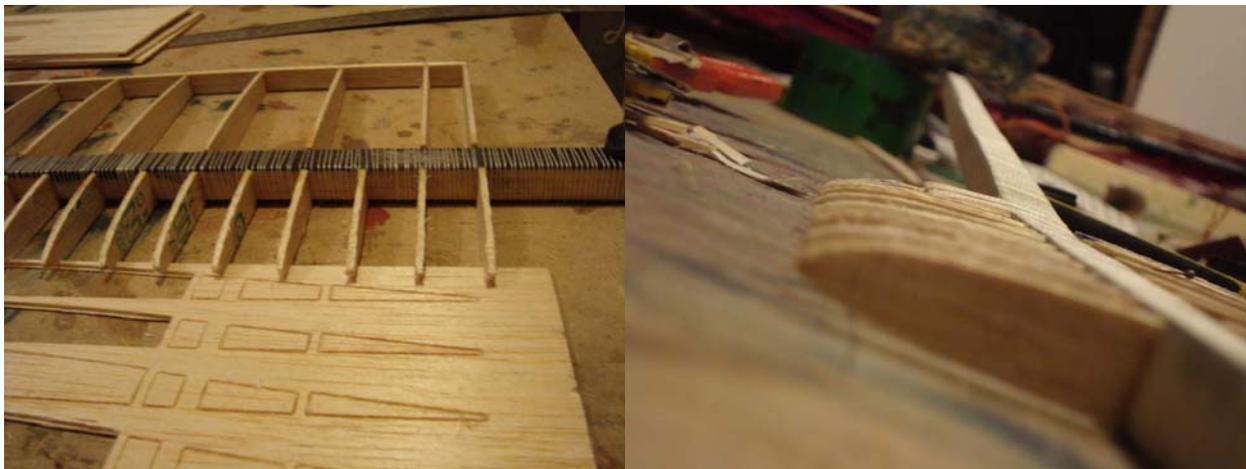
Construction de l'aile

L'assemblage se fait à la cale. D'abord tous les 4cm, puis ensuite, les nervures intermédiaires tous les 2 cm quand de besoin. Cela permet d'avoir un alignement régulier entre les différents étages de la construction.



Montage des nervures à la cale. On monte d'abord les nervures tous les 4 cm puis celles intermédiaires tous les 2 cm. Remarquez la cale a un double usage et sert aussi bien pour l'intervalle de 3.8cm que pour 1.8cm. Notez aussi le biseau en coin de la cale qui évite son collage.

Noter que pour le tronçon central, il n'y a que 2 cm entre les deux premières nervures puis 4 cm ensuite, afin d'avoir une assise correcte avec le fuselage (le fuselage fait 4cm de large. Pour monter la partie avant (section n°3), mettre une petite cale sous le bord d'attaque afin de coller les nervures à la bonne inclinaison. Vous obtiendrez alors un alignement et une courbure parfaits.



Montage du D-box avant en positionnant sous le BA une petite baguette. Photo de droite, un alignement parfait des nervures. Noter aussi que les nervures avant affleurent le longeron.

Pendant le montage toujours vérifier tous les alignements. Tout doit être bien rectiligne.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

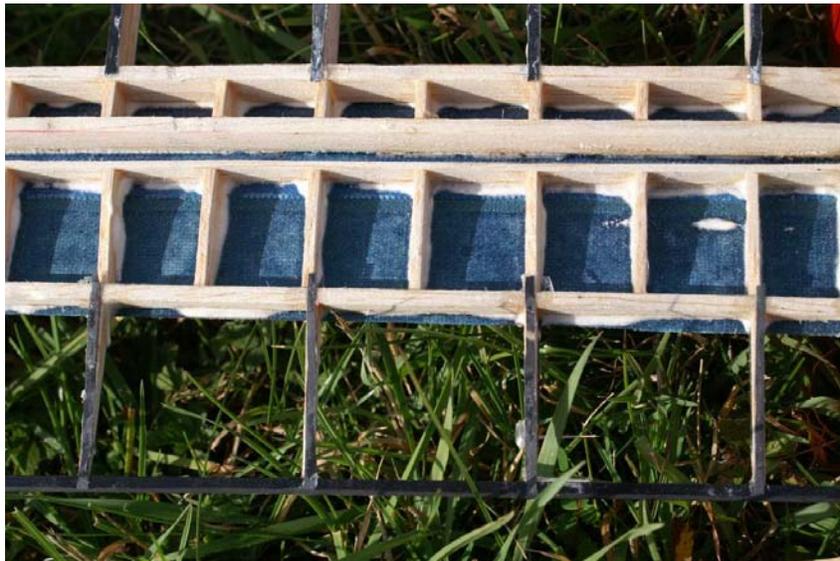
Ainsi, pour le montage de la section 4, mettre temporairement une baguette de 6 mm d'épaisseur afin de combler le jour nécessaire à l'articulation de la gouverne. Vous assurerez ainsi une construction parfaitement rectiligne, ce qui est primordiale.

Et lorsque l'on franchit un dièdre, il faut veiller à ne pas introduire de vrillage.

Pour cela, utiliser soit une cale, ou alors bloquer le longeron en veillant, avec un réglet, à ce que les nervures en l'air soient à la même incidence que celles à plat.

Vient le moment de mettre les chapeaux de nervure sur les tronçons 1 et 5. Utiliser la même technique que pour le stabilisateur.

Déborder de quelques millimètres de chaque côté.



Chapeaux de nervure sur les tronçons 1 et 5. Déborder sur les longerons pour une bonne résistance de l'ensemble de l'aile.

Montage des servos d'aile

Tout comme le Supra originel, tous les servos ont été montés dans le tronçon central avec un système RDS (voir article spécifique). Si cela simplifie le câblage et concentre les masses, cela a l'inconvénient d'avoir des ailerons beaucoup plus sujets au fluting lors des prises de vitesse. Il est ainsi difficile d'aller au-delà de 40m/s sans déclencher ce phénomène.

Heureusement, même avec une motorisation de 1.1 kw, les montés verticales à près de 30m/s ne donnent pas lieu à un tel phénomène.

Pour retarder ce phénomène, on peut très bien monter les servos de façon classique avec les volets attachés en leur milieu et les ailerons au premier tiers.



Le GENOMA Planeur F3J de dernière génération pour tous Construction de l'aile

Pour une application formule France ou F5J, des servos de 3kg font parfaitement l'affaire. Mais vous pouvez monter des servos utilisés en F3J ou F3B.

L'important pour immobiliser chaque servos, c'est de créer une boîte tout autour, et de veiller à ce que les efforts soient bien répartis.

Une boîte en baguette de balsa de 50/10^{ème} environ est confectionné et le servos collé dedans. Pour bien répartir les efforts, le dispositif est complété par deux plaques de balsa de 10/10^{ème} emprisonnant l'ensemble par le dessus et le dessous. Les nervures et les longerons participent ainsi à la reprise des efforts.



Le servos est parfaitement immobiliser par un habillage en balsa. Le servos est collé à la cyanoacrylate. Deux plaques de balsa ou de composite (non encore montés sur la photo) finalisent le dispositif.

Moulage des peaux des D-Box

Moulage des D-Box avants

La technique utilisée est celle du stabilisateur.

Ici les longueurs sont plus grandes donc les travaux sont plus difficiles à réaliser, surtout pour la phase de mise sous vide. Mais en travaillant en plusieurs fois (2 moules par fournée), on y arrive bien. Attention aux bulles au B.A. Elles sont sournoises !

Chaque D-Box est constitué de :

- 1 milar pour l'état de surface (à poser en dernier)
- 1 lai FdV de 48gr/dm² pour la couche de finition
- 1 lai Kevlar de 60gr/dm²



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

- 1 lai Carbone de 91gr/dm².

Chaque lai est découpée avec 1cm de marge au minimum.
Enduire sur le carbone sur le master, puis le Kevlar, et enfin le verre.

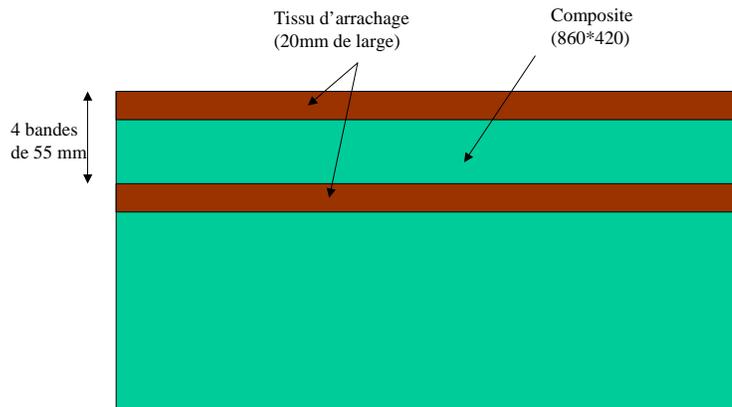
Poser le milar dessus, chasser les bulles et mettre sous vide. Bien veiller à ce qu'une fois le vide fait, il n'y ait pas de bulles entre le milar et le composite. Attention ! elles sont souvent difficile à voir...

Moulage des D-Box arrières

Le moulage est facile. « A piece of cake » comme diraient les Anglais :

Sur un film type mylar peu élastique, encoller une bande de 860*420 de tissu de carbone (90gr/dm²) ou du Kevlar (60gr/dm²).

Les 860 permettent d'avoir 1cm de marge en envergure et les 440 permettent de faire 4 bandes de 5cm + 5mm de marge. Bien veiller à garder une forme bien rectangulaire, avec des bords (surtout dans le longeur) bien droits.



Dimensions et disposition des différents éléments pour constituer 2 extradados et 2 intrados de D-box. Pour constituer une aile entière, il faut répéter ce motif 2 fois.

Ensuite encoller 2 rubans de 2cm de large de tissus d'arrachage dans le sens de la longueur. Ils seront distants entre eux de 5.5cm en commençant par l'un des bord.

On pose un deuxième milar dessus en chassant toutes les bulles, puis c'est le mise sous vide bien à plat.

Une fois sortie du sac, découper les 4 bandes de 850*50 mm. A ce stade les protections de milar des faces extérieures restent en place pour bien protéger les surfaces.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Une alternative peut consister à mouler sur une vitre. L'état de surface est alors « parfait ». L'inconvénient est qu'une fois la peau démoulée, il n'y a plus de protection extérieure. Et comme le composite comporte toujours de micro trous, le collage de cette peau sur la gouverne va détruire ce beau glaçage par capillarité. Il faut donc, avant le collage sur la gouverne, déposer un scotch le 5cm de large sur la face extérieure, en veillant à l'absence de bulles. Le résultat sera parfait.

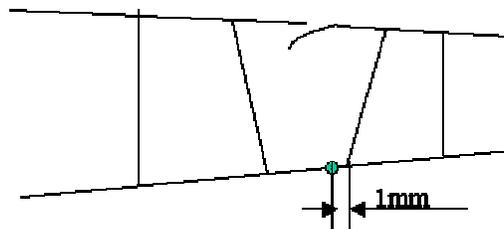


Moulage de la peau du D-Box arrière sur une vitre. Une alternative sans risque si l'on n'oublie pas de passer du démoulant.

Tailler les peaux aux bonnes cotes avec un ciseau ou un cutter.

Vient le moment de marquer l'articulation des gouvernes sur les tissus d'arrachage. Pour cela, prendre l'une des deux bandes ayant le tissu d'arrachage. Ce dernier est destiné à être côté nervure. Le tissu de carbone ou de kevlar sera donc côté visible de l'aile.

Scotcher un régllet sur le côté « tissu » (face externe donc). L'articulation sera située 1mm en avant de la gouverne à l'intrados. Bien repérer cette ligne sur l'aile.



L'articulation des gouvernes se situe à l'intrados à 1mm de la gouverne.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Avec le dos d'une lame de cutter, user le tissu jusqu'à faire apparaître le tissu d'arrachage, mais sans l'abîmer.

Plier ensuite dans un sens puis dans l'autre pour avoir une articulation bien souple. Cela demande un certain « gymnastiquage » de la gouverne.

Collage des D-Box

Le collage des peaux est facile et utilise la même technique que pour le stabilisateur. Procéder en plusieurs fois. Exemple, pour la partie centrale, poser et laisser polymériser :

- Le Bord d'Attaque (B.A.) d'un côté de l'aile,
- Le B.A. de l'autre côté.
- Puis les peaux des longerons arrières d'un côté.
- Et enfin les peaux des longerons arrières de l'autre côté.

Quelques petits rappels :

- La résine chargée de micro-ballon doit rester très fluide.
- N'enlever pas le film protecteur des différentes peaux. Attendre que tous les collages soient faits.
- Pour les D-Box arrières, limiter la colle au maximum (surtout au niveau de la fente d'articulation et laisser polymériser la peau tournée vers le bs afin que la résine coule et adhère bien à la peau.



La structure du panneau central monté. Au fond, sont posés les revêtements formant les différents D-box.



Le GENOMA Planeur F3J de dernière génération pour tous Construction de l'aile



Il reste encore à coller la peau supérieure du D-Box arrière pour terminer l'aile. Remarquez qu'il y a trop de résine sur le D-box arrière. Heureusement, il n'y a pas de coulure dans la partie « articulation ». On voit bien la poche de commande du système RDS.

Construction des bords marginaux

Deux techniques sont possibles :

- Moulage complet dans un moule
- Réalisation d'un saumon comme pour le stabilisateur et la dérive.

Bien que la première solution ait été réalisée, c'est la deuxième qui a finalement été adoptée car les formes du moule n'étaient pas justes... La solution type stabilisateur étant déjà décrite, reportez vous-y pour sa réalisation. La longueur du saumon est de 90mm.

Regardons un peu comment faire un saumon dans un moule.

Cette technique s'est imposée quand on considère la complexité des formes et l'épaisseur du profil (5%, c'est peu).

Nous avons la chance de disposer au club d'une petite fraiseuse CN. Nous avons donc programmé la géométrie et usiné les moules dans du « Médium ». Après 7 heures d'usinage à la fraise boule de diamètre 2mm, nous disposons des formes.

Nota : L'erreur vient du fait que la géométrie de l'aile a changé au cours du projet alors que les saumons avaient déjà été usinés. Ce n'est donc pas un problème de programmation qui nous a conduits à abandonner cette solution.

Un premier ponçage à sec au grain 600 permet d'éliminer les quelques stries restantes.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Reste à durcir les surfaces. Pas de problème. Le médium est poreux et est une véritable éponge à résine. Tant mieux. Chauffer résine et moule sur un radiateur et passer au pinceau la résine en couches fines tous les 2 à 3 minutes. Dès que vous voyez la surface devenir terne, hop, une nouvelle couche. En général, on met 3 à 4 couches avant d'arriver à saturer la couche superficielle du moule.

Une fois polymérisée, un petit coup de ponçage à l'eau au grain 600 puis à la patte à polir permet d'obtenir une surface lisse à défaut d'être très brillante. Mais vue les faibles Re du saumon, un état de surface brillant n'est pas forcément recommandé.

On peut maintenant passer à la stratification.

Tout commence par le cirage, opération qui consiste à passer au moins 5 couches de cire (avec séchage idoine entre chaque couche).

Puis vient celui de la découpe des lés. Pour cela faire des gabarits dans du carton fort ou du Contre plaqué fin. Un seul gabarit permet de faire l'intrados et l'extrados.

Le stratifié sera constitué de plusieurs couches et constituants :

- Un lé de verre (20 ou 40gr/dm² pour l'état de surface)
- Un lé de Kevlar / Carbone de 65gr/dm² pour la rigidité. Il doit être découpé 1 mm plus court que nécessaire afin d'être certain de ne pas avoir un fil de Kevlar qui dépasserait du plan de joint. Comme le Kevlar ne se ponce pas, ce serait assez « catastrophique ».
- Un BA et BF en unidirectionnel Carbone (24K),
- Un longeron en « Dépron » de 3mm.



Tout le matériel est découpé. Il manque juste le longeron en « Dépron ». Remarquez que le moule permet d'obtenir les deux extrémités en une seule fois.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Procéder dans l'ordre :

- Etaler la résine
- Poser le lé de verre
- Poser le BF bien à plat. Comme c'est lui qui sera vu de l'extérieur, s'applique pour que sa pose soit bien régulière.
Mettre le carbone au BF avant le lé de Kevlar permet ensuite un léger ponçage du BF pour éventuellement l'affiner. Avoir le lé en superficie ne le permettrait pas.
- Poser le lé de Kevlar / Carbone
- Poser le BA. Bien l'enduire de résine et le rouler sur lui-même.
- Poser le longeron.
- Fermer le moule.



La stratification faite. Remarquez la résine teintée en bleu foncée, le lé de Kevlar / Carbone dessus le BF, et le BA roulé dans chaque 1/2 moule. Remarquez aussi les deux piétages qui vont permettre de bien aligner les deux 1/2 moules.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile



Polymérisation sous presse. Attention à ne pas mettre un serre-joint au milieu. Cela déformerait le moule et le profil.

Après démoulage, il est apparu les problèmes suivants :

- Le Kevlar / Carbone apporte de la rigidité. C'est bien. Par contre, on ne peut l'utiliser comme un tissu d'articulation. Il faut du Kevlar au niveau du volet mobile. Derrière le longeron, le Kevlar / Carbone sera remplacé par du Kevlar de même grammage.
- Le BF apporte une bonne rigidité. C'est bien. Mais il est trop large en extrémité, ce qui rend impossible toute articulation de volet. Il faut donc le biseauter.
- Un longeron arrière ainsi qu'un longeron de volet sont à insérer.
- Le BA qui se prolonge en extrémité n'est pas une bonne idée. On ne peut faire déboucher les ailerons car l'articulation de ceux-ci est impossible. Pour être certain du bon plaquage des tissus, une fine bande de Dépron remplacera avantageusement le Carbone.



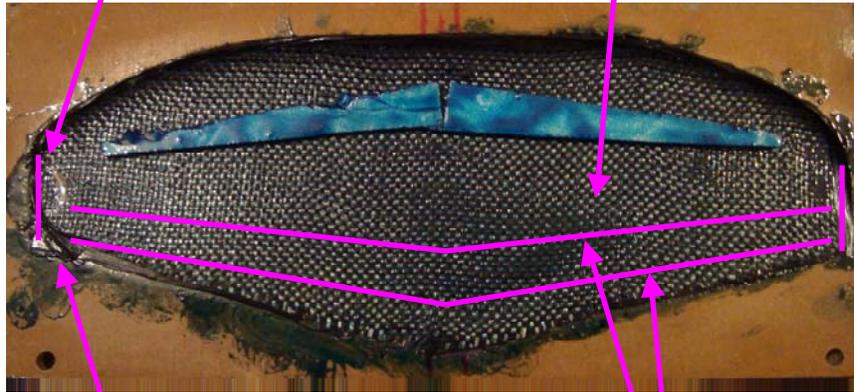
Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Remplacement de l'unidirectionnel
Carbone par bande Depron 3 mm

Kevlar / Carbone 65 gr remplacé
par Kevlar 60gr derrière le
longeron



Unidirectionnel Carbone Bisauté

Ajout de bandes Depron 3 mm

Les modifications apportées pour obtenir de beaux saumons



Second essai. Cette fois ci, avec une résine colorée en rouge. Finalement, la couleur foncée passe mieux. L'articulation est à l'intrados. Un scotch posé d'un côté sur le volet et glissé sous la peau de l'autre, assure l'étanchéité. Noter la fente usinée sur les derniers centimètres du volet.



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Pour réaliser l'articulation, il faut découper d'un côté le tissu (côté extradors) et passer le dos d'une lame de cutter pour enlever la résine sans casser les fibres de Kevlar (côté intrados). Quand on arrive au tissu, il suffit de plier le volet en suivant le trait dans un sens et dans l'autre.

Reste à faire l'étanchéité. Un simple scotch collé sur le volet, dont le reste de la partie collante est neutralisé par du talc, fait l'affaire. Il reste à le glisser sous la peau de la partie fixe. Ce simple scotch permet un mouvement libre sans points durs quand la peau de l'aileron doit passer sous celle de la partie fixe.

Pour les derniers centimètres, les deux peaux sont collées entre elles. Il est impossible de créer une étanchéité parfaite. Une fente d'1 mm de large est alors usinée. Mais comme on est au saumon, donc dans un endroit assez turbulent, cela ne doit pas avoir de grandes conséquences.

Entoilage et finition des ailes.

L'entoilage est assez facile. Ce n'est que des panneaux rectangulaires d'une dizaine de cm de large et de 86cm de long. De l'Oralight a été utilisé, mais tout film thermo-rétractable ira.

La largeur des lés est déterminée en prenant la cote à couvrir et en rajoutant 2*6 mm pour assurer une bande de collage d'au moins 5mm.



Comment entoilé de façon précise un panneau ? Il faut juste y aller petit à petit en commençant par les bords.

On pose à plat le lé, on pointe un coin avec le fer, puis le coin opposé, puis le troisième puis le dernier coin (pastilles 1, 2, 3 et 4 sur l'image).



Le GENOMA

Planeur F3J de dernière génération pour tous

Construction de l'aile

Vient ensuite le moment d'assurer le collage du pourtour. Commencer par quelques points tout autour afin d'être certain d'avoir un collage régulier (pastilles 5, 6, 7, 8 et 9 sur l'image).

Passer un chiffon doux immédiatement après avoir passé le fer afin de parfaire l'adhérence du film et éliminer les bulles.

Lorsque les bords sont bien collés, on peut tendre le centre.



Résultat de l'entoilage : Un film aux bords parfaitement droits.