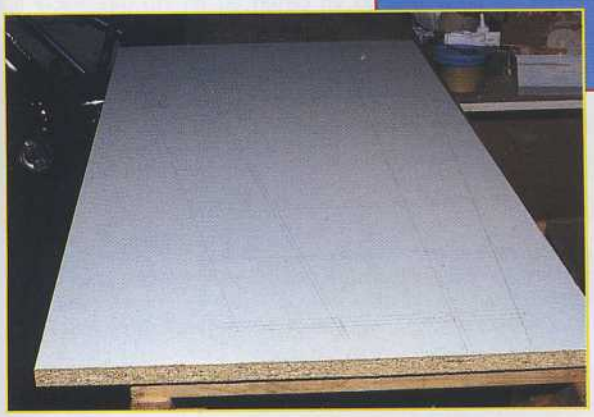
La technique des ailes à nervures en polystyrène extrudé

Depuis la construction de mon petit Sukhoï 26, j'utilise cette technique pour la facilité qu'elle offre à fabriquer des ailes légères et solides, avec un profil constant et régulier. J'en suis actuellement à mon troisième avion (plus les panneaux extérieurs d'une aile en trois parties de planeur de F3J), et pour mieux vous faire comprendre ma technique et certains tours de main, j'ai réalisé une série de photos accompagnées d'explications, ceci pour une meilleure compréhension.

Texte :
Michel Voisin
Photos :
Michel Voisin

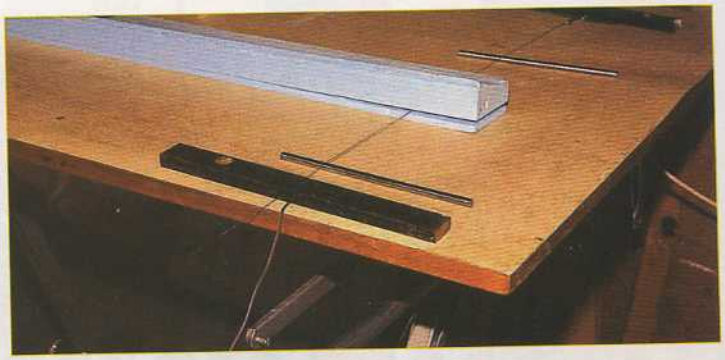
Cette façon de faire est une synthèse de plusieurs techniques pour réaliser des ailes à nervures polystyrènes, (articles parus dans le MRA il y a une quinzaine d'années, signés DAVID THOMAS (n°571 juin 1987) et ROBERT BARDOU (n°586 sept.1988, n°587 oct.1988). On retrouve également un article de ROGER KACI (n°665 mai 1995), synthèse des articles cités précédemment et d'autres de R.BARDOU (n°627, 652,674 675) à mes yeux très intéressants).Alors, si vous voulez essayer, suivez le guide...

Les photos techniques de cet article correspondent à la fabrication des ailes de cet Extra 300 de plus de 2 mètres, que vous découvrirez prochainement en "Plan Exclusif Fly International".



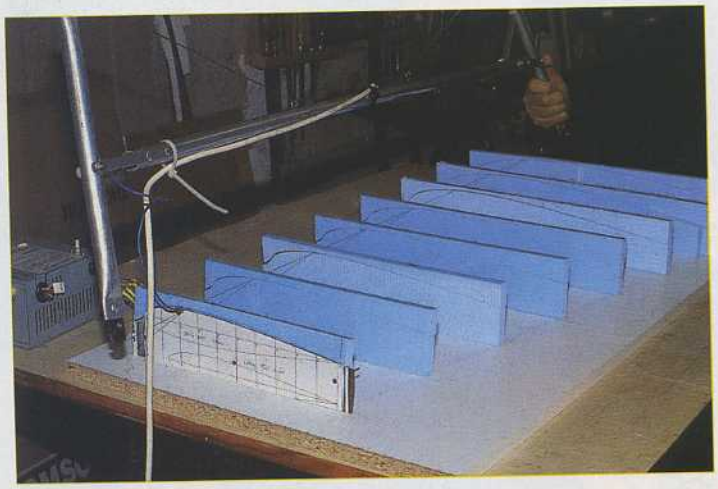
1 Il vous faut un plan de travail parfaitement lisse, clair de préférence et parfaitement plan. J'utilise de la planche de NOVOPAN blanc épaisseur 19 mm que l'on trouve facilement dans les magasins de bricolage sous différentes largeurs et longueurs. Ce plan de travail est lui-même posé sur mon chantier de construction car le Novopan est relativement souple. Dans le cas de cet article, c'est la construction d'un Extra 300S de 2,10 m d'envergure qui est traité. Aussi, pour plus de facilité, (mon atelier est petit et très encombré) j'ai utilisé deux chutes mesurant 1 m x 0,5 m en plaçant l'un contre l'autre les côtés découpées en usine et qui sont parfaitement d'équerre. Les deux planches mises côte à côte, d'un coup d'œil, vérifiez l'alignement. Il faut alors dessiner l'aile (ou les ailes) vue de dessus : position des longerons, baguettes et nervures, limite du bord d'attaque et du bord de fuite. L'avantage d'une aile style "Extra" est que, d'un saumon à l'autre, les longerons sont rectilignes et que ceux-ci seront le prolongement des clés d'ailes.

2 Pour vos nervures, il va vous falloir des "tranches de polystyrène extrudé" (roofmat-styrodur-styropor selon les marques) de différentes épaisseurs suivant le type de modèle envisagé. La manière la plus facile pour les réaliser vous est présentée par cette photo : la scie à fil chaud est placée à l'envers sur un plan de travail lisse et parfaitement dégagé. Elle repose sur son fil qui est lui-même posé sur des cales d'une épaisseur voulue. J'utilise des morceaux de rond d'acier calibré de 6, 8, 10, 12 mm. Après avoir fixé le fil afin que la scie ne bouge pas, il suffit de mettre à chauffer et de passer le polystyrène en le plaquant bien sur la table. On obtient des tranches régulières en épaisseur qu'il suffira de recouper à la longueur et à la hauteur nécessaire. Si vous fixez votre fil sur la table à l'aide d'adhésif, penser bien à mettre l'adhésif là où le fil ne chauffe pas ! Cette façon de faire me permet d'utiliser des chutes et en particulier, des contre dépouilles d'ailes de planeur.

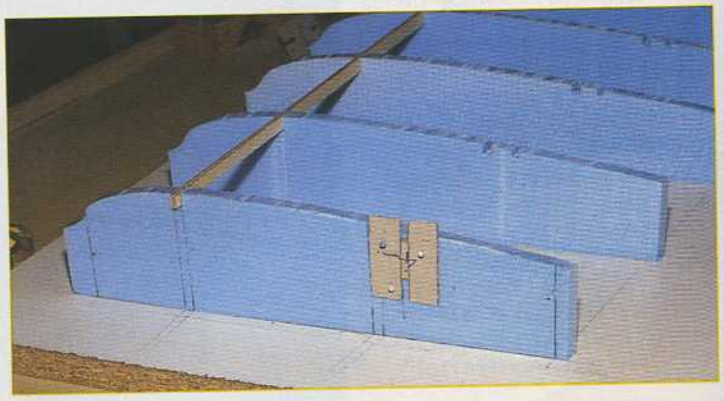


3 Une fois vos "tranches" prêtes à l'emploi, celles-ci sont pointées à la colle PU sur le tracé de l'aile et maintenues perpendiculaires au plan de travail par du scotch pendant le séchage de la colle. Je pense qu'il est possible de les fixer à l'aide de double face mais je n'ai jamais essayé. Je place également des petits blocs d'extrudé aux endroits où les clous maintiennent les gabarits de découpe. Prévoir une "queue" de nervure pour la fermeture latérale de l'aileron. Pour déterminer la longueur la plus pratique pour les nervures, je rajoute 1 à 2 cm, ce qui évite parfois des mauvaises surprises. Si on n'utilise pas de profil symétrique, il faut dès à présent penser à "récupérer" les contre dépouilles supérieures, aussi, il faut coller sur le dessus des nervures soit une planche, soit une plaque de verre transparente (très pratique pour voir à travers) qui permettra de travailler sur l'intrados de l'aile. Avant toutes découpes, je reporte, sur les nervures d'emplanture et du saumon à l'aide d'une équerre plate, l'emplacement des différents longerons et baguettes.

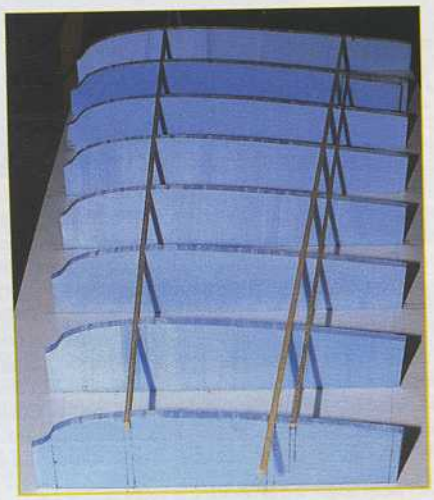
4 Après avoir soigneusement préparé des gabarits de découpe dans la matière de son choix (ctp, alu, formica ou autre) et au profil choisi, mise en place des gabarits d'extrados à l'aide de clou. Vous pouvez voir sur la photo que mes gabarits sont équipés de repères de découpe (du bord d'attaque au bord de fuite), ceux-ci gradués de un à dix. La découpe en est particulièrement facilitée, surtout dans le cas de l'Extra dont l'envergure oblige d'être à deux personnes (mon alimentation de fil chaud est également faiblarde). S'assurer de la bonne position des gabarits en fonction du bord d'attaque et du bord de fuite.



5 La découpe de l'extrados peut alors commencer par le bord d'attaque et se finit par le bord de fuite. L'un des deux opérateurs (celui qui a la plus grande corde d'aile) égraine les chiffres au fur et à mesure, et le deuxième opérateur ajuste la vitesse de découpe en fonction de l'énoncé. Ceci fait, on peut admirer un extrados parfait.



Vous pouvez noter que les longerons ne sont pas de très forte section, et pourtnant, l'Extra passe sans problème toute la voltige, y compris les déclenchés violents. Une structure légère n'engendre que de faibles efforts, C.Q.F.D. !

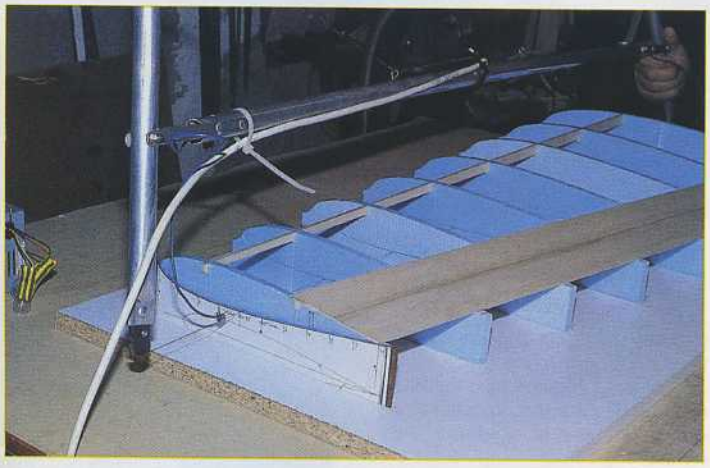


6 A l'aide de petits gabarits en carton ou en ctp (préférable !), découpez l'emplacement des longerons et des différentes baguettes de fermetures d'aile et d'aileron. Les gabarits peuvent être maintenus en place par des petits clous, des épingles ou bien des pinces à linge. Au préalable, je fais des essais dans des chutes d'extrudé afin de m'assurer de la largeur de la découpe (les longerons doivent rentrer sans jeu, en forçant légèrement). En cas de jeu trop important (une découpe qui traîne et c'est le polystyrène qui fond un peu plus !) l'emploi de colle PU corrige bien le problème.

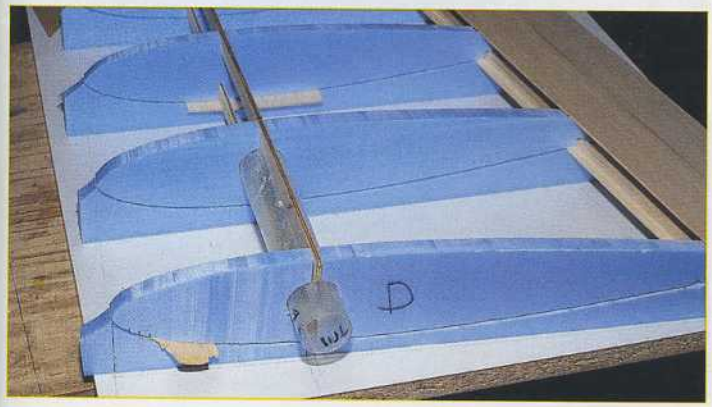
7 Les longerons et les baguettes sont collés avec de la colle blanche ou de la PU (voir ci-dessus !). A propos des longerons, ceux-ci sont découpés dans du ctp de bouleau 4 mm en trois plis. J'ai pour habitude de les utiliser sur chant et pour ceci, il sont dégressifs, c'est à dire plus haut (environ 16 mm) à l'emplanture qu'au saumon (environ 8 mm). Je définis leur hauteur en fonction des tubes de clé d'ailes afin que ceux-ci passent juste entre les longerons.

8 Le bord de fuite, constitué ici d'une planche de balsa 20/10 assez dur est à son tour collé en place. Au préalable et afin de parfaire le collage, je passe un petit coup de papier de verre sur les nervures pour éliminer les fils provoqués par le passage du fil chaud. Il faut alors patienter et attendre que les collages sèchent.

9 On va alors passer à la découpe de l'intrados. Avant de procéder à la découpe, je m'assure après avoir mis en place les gabarits de découpe de l'intrados que le fil chaud pourra sortir sans problème et sans être freiné, ce qui pourrait avoir des conséquences fâcheuses sur le bout des nervures. Découpez l'intrados comme vous l'avez fait pour l'extrados. Le profil étant symétrique, pour effectuer les différentes découpes de baguettes et autre longeron, je retourne délicatement l'aile gauche et la pose sur les contres dépouilles de l'aile droite et vice-versa. Même topo qu'à la photo n°6, il faut simplement compenser l'épaisseur du coffrage de bord de fuite en calant sous les nervures avec des chutes de balsa .

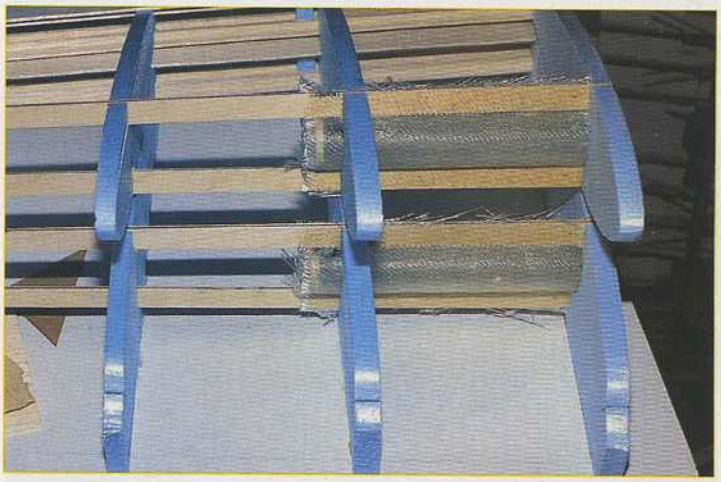


10 Mise en place des fourreaux de clé d'ailes. Ils ont été réalisés à même la clé en deux couches de fibre de verre de 160 g/m2. J'utilise ceux-ci pour "carotter" le polystyrène. Mais avant tout, il faut s'assurer d'être parfaitement dans l'axe des longerons. Un petit croquis sur la nervure d'emplanture avec axe et diamètre du tube rend bien service. Lorsque la nervure d'emplanture et la suivante sont percées, la clé est mise en place dans les fourreaux et il faut ajuster le tout pour que les ailes soient bien alignées. Les fourreaux sont au préalable bouchés à leurs extrémités par une épaisse rondelle de balsa collée en place.

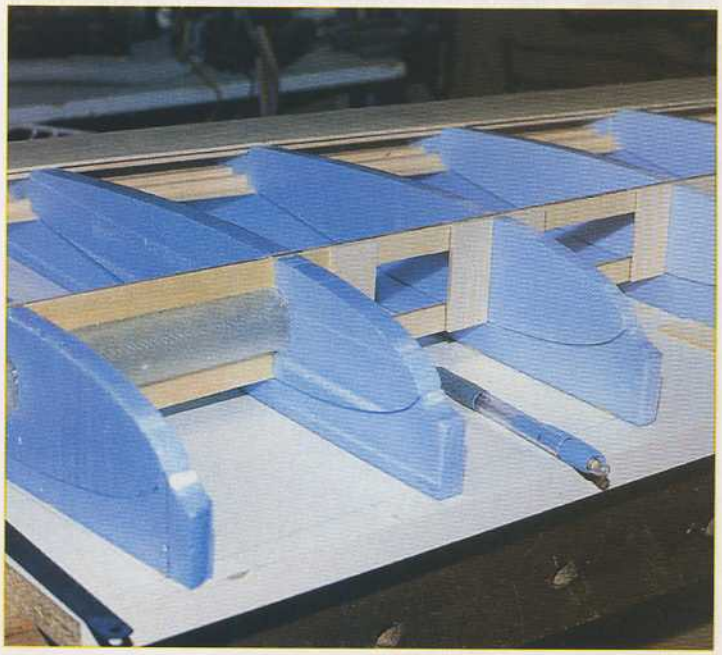


11 Quand vous êtes satisfait de l'alignement (le dièdre est donné par les gabarits de découpe), chargez les ailes sur les dépouilles afin que rien ne bouge et pointer les fourreaux à l'époxy entre les longerons. Les efforts au niveau de la clé seront retransmis par les longerons et non par les nervures, c'est ce qui permet de faire des nervures dans du polystyrène.

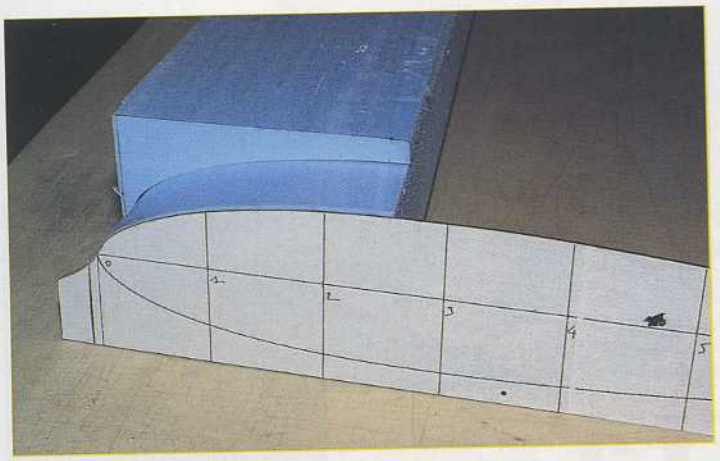
12 La fixation des fourreaux de clé d'ailes est alors renforcée par une couche de fibre de verre 160 g/m2 et résine époxy de chaque côté en emprisonnant les longerons. Lorsque la résine a polymérisé, il suffit d'araser l'excédent au ras des longerons.



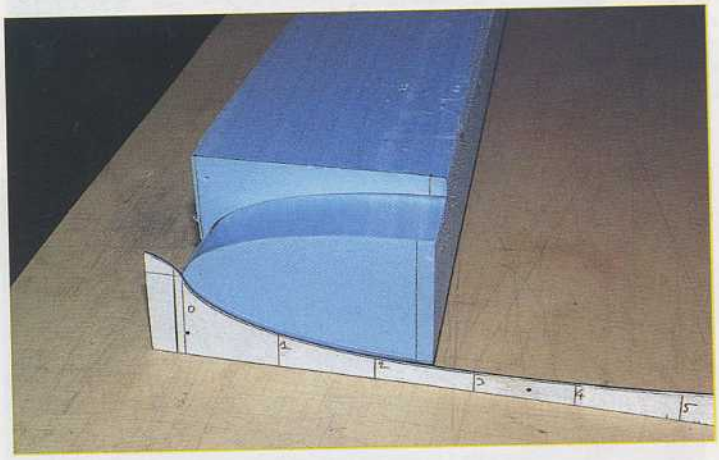
13 On en profite également pour coller des âmes de longerons (dans le cas de l'aile présentée, celles-ci sont ajourées pour simplement prendre en sandwich les nervures).



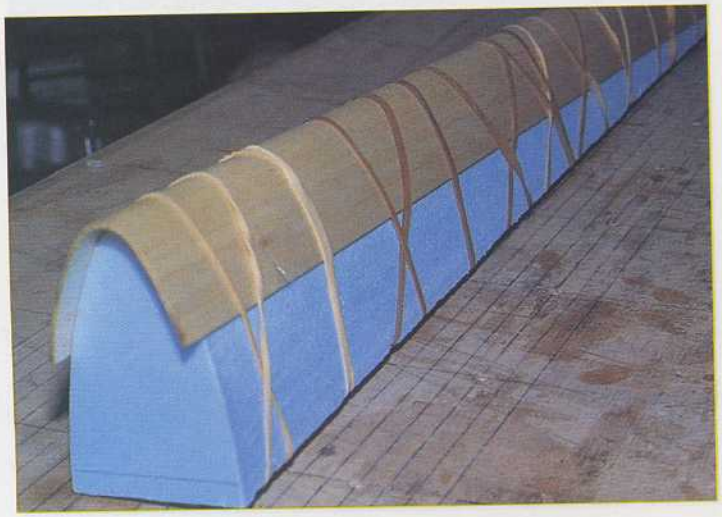
14 Il faut dès à présent penser à faire le coffrage de bord d'attaque de chaque aile .Pour cela, à l'aide des gabarits de découpe, on va découper un demi noyau dans une plaque d'extrudé qui va nous permettre de mettre en forme le coffrage. Tout d'abord, découpez la plaque à la longueur de l'aile, la largeur devant aller du bord d'attaque jusqu'à l'arrière des longerons. Avec les gabarits , découper l'extrados.



15 Puis changez de gabarits et découper l'intrados. Ceci étant fait, détremper à l'ammoniac une planche de balsa d'épaisseur désirée (en l'occurrence, du 20/10mm) que l'on aura préparée d'avance en calculant la largeur nécessaire pour recouvrir toute la partie avant. Travailler avec des gants et des lunettes de protection et de préférence, en plein air.



16 Rouler délicatement le balsa sur le demi-noyau en le centrant du mieux possible. Le coffrage est maintenu pendant le séchage à l'aide d'élastiques ou d'adhésif. Pour les ailes présentées dans cet article, je n'ai mis en forme que la partie centrale que j'ai allongé par la suite avec une demi-planche de balsa de chaque côté (c'est surtout la partie centrale qui nécessite d'être roulée en forme).

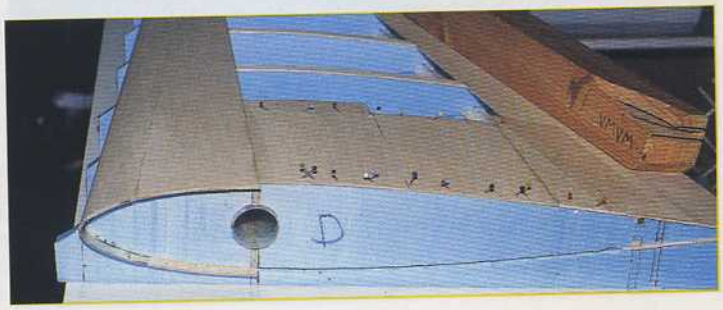


Le Su 26 de Michel Voisin, aux ailes utilisant cette technique moderne et légère. C'est un plan Fly International.

17 Mise en place du coffrage ainsi obtenu et mise à dimension de celui-ci en traçant l'arrière des longerons. Deux planches de balsa m'ont été nécessaires sachant qu'en rallongeant la partie centrale du coffrage de bord d'attaque, la partie enlevée d'un côté a été collée de l'autre côté, occasionnant une toute petite chute.

18 Le bord d'attaque est renforcé par l'intérieur à l'aide d'une couche de fibre de verre de 50 g/m2 plus résine époxy. Je place également quelques mèches de carbone au-devant , ce qui donne de la rigidité à l'ensemble.

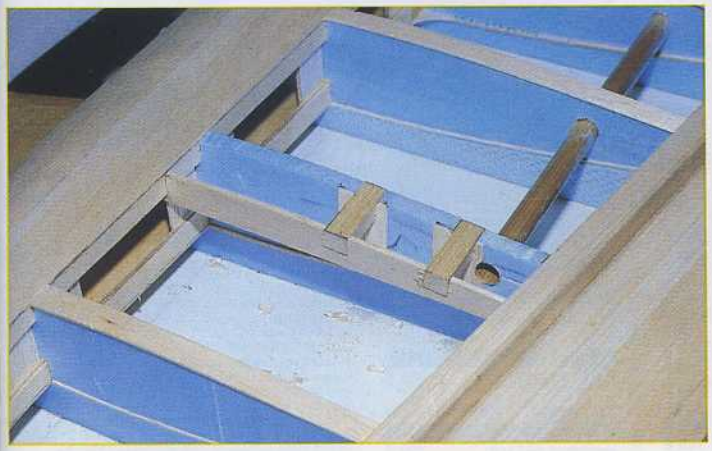
19 Le collage du coffrage se fait à la colle blanche sur les longerons alors que j'utilise de la PU sur les nervures, ce qui me permet de rattraper d'éventuels petits défauts de découpes ou même de petits chocs. Le tout est maintenu par moult élastiques et pinces à linges jusqu'à séchage complet. A l'extrados, l'emplanture est coffrée et les chapeaux de nervures collés en place après ajustage "serré".



20 Après avoir retourné l'aile, un renfort en contreplaqué de 5 mm est collé contre la nervure d'emplanture et contre le fourreau de clé, celui-ci sera percé et taraudé par la suite pour le passage de la vis de maintien de l'aile (allez-y doucement lors du perçage). Un renfort en balsa 50/10 prend place près des baguettes de fermeture de l'aile pour la fixation du téton d'incidence. Puis il faut de nouveau "carotter" les premières nervures jusqu'à l'aplomb du servo afin de passer le fil de celui-ci. Je réalise un tube en papier kraft à l'aide d'un mandrin, en l'occurrence un tube carbone de 8 mm et je colle ce tube de papier dans les nervures. L'emplanture côté intrados de l'aile est à son tour coffrée et les chapeaux de nervures, sauf au niveau du servo, sont également collés.

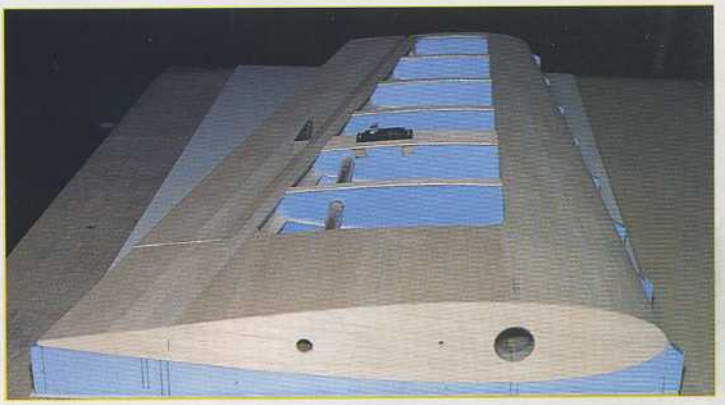
21 Le saumon a été collé. L'aileron est découpé entre les baguettes de fermeture et l'excédent de coffrage arasé. Les découpes sont refermées avec du balsa 10/10 contre les nervures et du 50/10 contre les baguettes après avoir renforcé l'emplacement des charnières et du guignol avec de petits blocs de balsa ajustés et collés entre les baguettes. Lorsque la colle est bien sèche, mise en place des charnières, j'ai pour habitude, après avoir tracé l'axe, de donner un coup de cutter puis d'élargir la fente à la taille de mes charnières avec une lame de scie meulée en pointe.

22 Mise en place du support de servo, pour cela, découper une demi nervure dans du balsa 30/10 et la coller après ajustage contre les longerons et baguettes de fermeture, ceci en ménageant un espace correspondant à la largeur du dit servo. Puis, après avoir tracé la position de celui-ci, entailler cette nervure et son homologue en polystyrène pour y coller deux morceaux de bois dur où sera vissé le servo. J'ajoute deux petits renforts en balsa contre la nervure en polystyrène.



23 Pour renforcer le support ainsi réalisé, l'ensemble sera chapeauté par une large bande de balsa. La nervure d'emplanture est alors collée en place après avoir été percée pour le passage de la clé, du fil de servo, du téton d'incidence ainsi que le passage de la vis de maintien de l'aile.

24 Vous voici en possession d'ailes (ou d'une aile) dont il ne reste qu'à parfaire la finition (découpe arrondie des angles de coffrage, fixation et commande de servo, etc) et à poncer finement l'ensemble avant l'entoilage de votre choix.



Conclusion

Les ailes présentées dans cet article, finies et entoilées à l'Oracover, équipées de servo Hitec HS 77BB, chapes et tige filetée de 3 mm pèsent relativement 474g pour l'une, l'autre affichant 477g (excusez l'écart important !). Pour info, l'aile construite en un tenant pour mon Sukhoï 26 affichait 326 g finie et la paire d'ailes du Scouyou 565 g avec clé en tube de dural). Elles présentent une bonne rigidité et sont économiques à construire (je consomme des chutes d'extrudé et des contre dépouilles qui auraient finies à la déchetterie) et avant tout, présentent un profil parfait sans prise de tête !

J'espère que cet article sera compréhensible, si dans le cas où vous éprouvez des difficultés, vous pouvez demander mes coordonnées à la rédaction. Bonne construction et bons vols !

Le Scouyou est une autre création de Michel Voisin et a fait l'objet d'un plan encarté. Il utilise la même technique pour la voilure.