Le Kaisen (1)

Un moto-planeur tout composite

Les moto-planeurs de voltige extrême 3 D sont rares sur le marché, a fortiori si l'on souhaite une machine tout composite, ce qui est absolument introuvable ! Une réalisation personnelle était donc incontournable…

Pascal Delannoy

Des défis techniques pas si faciles à relever même pour un ingénieur aéronautique comme l'est Gérard Bon, le concepteur de la superbe maquette réalisée à l'échelle ¼ donnant une envergure de 5,75 m d'envergure que nous avons le plaisir de vous présenter ici. Compte tenu de la complexité du programme abordé, nous avons choisi de vous proposer cette présentation sur deux numéros afin de ne pas priver nos lecteurs de détails techniques importants.

La rédaction

Pour concevoir ce voltigeur hybride, je me suis inspiré du Madslide de Benoît Paysan-Le-Roux. L'émulation joue un grand rôle dans notre loisir. Impressionné par les capacités en vol de pente hors normes du planeur de BPLR, j'ai étudié la possibilité d'obtenir des performances comparables en plaine sans pour autant détériorer le potentiel en voltige extrême… Les planeurs conçus pour offrir une maniabilité extrême peuvent donner beaucoup de plaisir à leur pilote. A la pente, le Madslide King Size visible en vidéo sur http://jroger.nuxit.net/berliweb/homepage/homepage.htm est extraordinaire… Mais en plaine ou à la pente, lorsque Eole ou les thermiques font défaut, la traînée de la cellule et le profil originel du Madslide, un Ritz 1.30.10, handicapent le pilote qui ne peut plus s'exprimer autant qu'il le souhaiterait. Partant de ce constat et après avoir passé 4 années à tester une cellule en mousse de taille inférieure mais à la géométrie proche, j'ai décidé de réaliser un moto-planeur de voltige 3 D capable de voler parfaitement en plaine comme à la pente quelles que soient les conditions aérologiques.

L'aérodynamique

Pour voler longtemps en plaine, il n'y a pas de miracle, la traînée doit être chassée partout où cela est possible et la charge alaire doit rester raisonnable. Le profil doit cumuler des qualités contradictoires : un Cz maximum voisin de 1, une portance négative rendant possible la voltige inversée ; l'augmentation de la traînée (mise en incidence) est à surveiller pour ne pas gâcher l'énergie cinétique emmagasinée lors des prises de vitesse. Enfin il doit permettre une voltige à vitesse aussi constante que possible… Le profil miracle n'existe pas, mais les SB96 V et VS de 9,35 et 9,75% d'épaisseurs relatives sont vraiment excellents. Le vol avec ce couple de profils (V à l'emplanture et Vs au saumon) est particulièrement agréable pour peu que le nombre de Reynolds soit adapté (vitesse de vol et cordes adaptées). Le SB96 est sain mais accepte de déclencher sur commande, ce qui est indispensable pour un voltigeur digne de ce nom. La portance, avec un peu de volets (le braquage modifie la ligne moyenne du profil), est compatible avec un vol en plaine gratteur car le taux de chute, sans égaler un F3j, est inférieur à un Ritz 1.30.10 par exemple. Pour voler au moteur sur la tranche, j'ai opté pour un fuselage hybride, mi-multi, mi-planeur. La section est réduite à la largeur des accus LiPo 4000 mAh (45 mm). La section ovale autorise une bonne rigidité en torsion. Le stabilisateur peut s'orienter à 80° pour les flips et autres joyeusetés du vol 3D. Un Naca 008 un peu plus épais que le planeur de Benoît est choisi pour augmenter légèrement la stabilité longitudinale (on augmente ce que l'on appelle le volume du stabilisateur). Les flapperons, qui se sont imposés dans les années 80, élargissent notablement le domaine de vol. Associés à un centrage voisin de 40 à 45%, la maniabilité devient très élevée.

Une cellule pouvant suivre les dernières théories

Un nouveau profil apparaît, une disposition différente des ailes et du stabilisateur donne satisfaction sur un autre planeur ? Pour essayer des voies nouvelles, il faut prévoir un fuselage avec des flancs plats sans karman d'aile ou de stabilisateur. J'ai donc retenu un fuselage permettant de transposer rapidement une configuration prometteuse ou, pourquoi pas, une paire d'aile dévouée au vol thermique lorsque l'on souhaite avec un même fuselage avoir deux types de vols radicalement différents.

La motorisation

Pour bénéficier d'un choix important, j'ai retenu un diamètre minimum de 35 mm pour le moteur, voire 38 mm en le reculant. Dans ces tailles, l'offre est pléthorique. Chacun peut donc trouver un moteur correspondant au budget et au niveau de puissance souhaité. La puissance sera comprise entre 200 et 300 W, voire 400 W pour les amateurs de montées verticales en accélérant… Les accus seront des LiPo 2200 mAh 11,1 V d'une masse de 185 g environ. Les hélicoptères de la catégorie T-Rex 450 emploient ces accus, il y a donc du choix car le marché mondial des petits hélicoptères électriques est très dynamique !

La légèreté

La voilure est réalisée sans moule, tout plastique sous vide avec les dépouilles

de noyaux en Styrofoam. Un changement de profil est donc facile. Cette technique permet de faire des ailes durables, légères et rigides en torsion aussi bien qu'en flexion en sélectionnant convenablement les tissus. Le fuselage est coulé dans un moule réalisé à partir d'un master en médium. La charge alaire du fuselage (masse totale divisée par la surface du fuselage) doit rester raisonnable pour pouvoir maintenir indéfiniment le modèle sur la tranche en vol au moteur. La masse des divers éléments est donc à surveiller pendant toute la construction.

Les variantes

On pourra bien entendu faire un fuselage en balsa 30/10 renforcé contreplaqué à l'avant ou tissu si la réalisation d'un fuselage tout fibre à partir d'un moule semble un peu complexe à maîtriser. Mais pour ceux qui aimeraient bien aborder cette technique, nous leur présentons sous forme de «roman-photo» les différentes opérations nécessaires à la réalisation du fuselage et de son moule en composite.

Mais, comme dit plus haut les accros de construction plus classique pourront également se faire plaisir avec le Kaisen. Le plan au format encarté correspond à un planeur de 1,50 m. Il est possible de l'agrandir pour passer à 2 ou 2,50 m si le cœur vous en dit. Les ailes pourront être en polystyrène coffré balsa 15/10 et entoilées. Il faudra alors scrupuleusement surveiller le devis de poids...

La plasturgie

Un modèle tout plastique se mérite un peu, mais il en donne beaucoup par la suite car la finesse en vol est nettement supérieure. Un planeur de 1,50 m, comme celui de cette présentation, offre la finesse d'un planeur de 2 m du commerce avec des ailes en mousse coffrée. Profils respectés à quelques dixièmes de millimètres près, bord de fuite de 6/10 mm, bord d'attaque respecté, état de surface glacé sans aspérité, contribuent à ce gain de performance. La robustesse est idéale, pas d'entoilage qui bouge au soleil, réparations faciles et une résistance aux UV appréciable si on achète une résine époxy adaptée. J'utilise de la HT2 R&G ou de la Soloplast R123 (grande surface bricolage) qui sont à la fois très fluides, sans solvant et dotées d'un module d'élasticité suffisant. Les tissus doivent être désensimés pour être parfaitement mouillés par la résine époxy (une résine polyester est compatible avec tous les tissus mais pas une résine époxy).

Des gants en vinyle sont indispensables tout comme un local parfaitement ventilé. La température ne doit pas descendre sous 22° C pour que la polymérisation se fasse dans le délai indiqué par le fabricant. Une balance précise au gramme près ainsi qu'une calculatrice permettent de faire un mélange parfait. Les résines époxy ne supportent pas une erreur de plus de 2% dans leur dosage. Autrement, on génère une perte irrémédiable en terme de résistance et de qualités mécaniques. Pour les tissus, du sergé pour le fuselage et du taffetas pour les ailes est bien adapté. Le carbone UD 125 g/m² sert à confectionner les longerons, il est stratifié préalablement sous vide. Du kevlar 61 g/m² de R&G a été employé pour cette présentation mais un tissu de verre 80 g/m² est beaucoup moins onéreux et fera tout aussi bien l'affaire surtout si l'on envisage un fuselage peint...

La mise sous vide se fait avec un compresseur pour aérographe branché côté aspiration. La régulation automatique est faite avec le dispositif détaillé dans le *MRA* 798.

Le matériel nécessaire, mélangeur sur perceuse, gants, balance, calculatrice.

Caractéristiques

Envergure : 1520 mm
Longueur : 1090 mm
Hauteur : 235 mm
Surface : 28 dm²
Allongement : 8,1
Masse : 1200 g
Charge alaire : 43 g/dm²
Profils : SB96V et VS96
Volume de stabilisateur : 0,45
Vé longitudinal : 0,5°
Domaine de vol : vent nul à force 5
Temps de construction total : 150 heures
Temps de construction planeur seul : 60 heures
Budget cellule avec moule : 180 à 200 €
Budget cellule seule : 100 €
Budget propulsion : 80 €

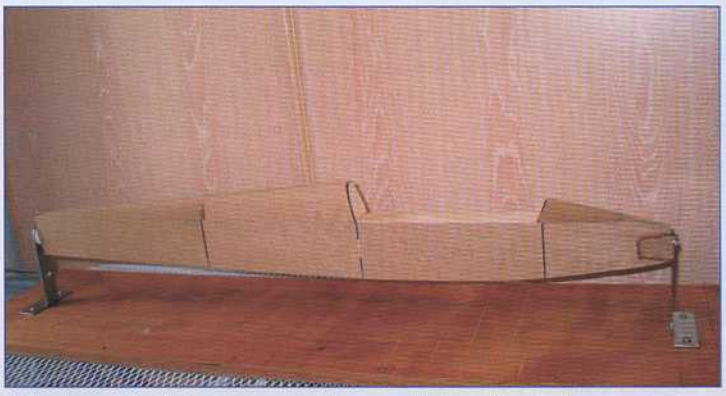
Le Kaisen au sol

Le fuselage

Il constitue le gros morceau de cette présentation puisqu'il faut faire un master puis un moule avant de l'obtenir.

1re étape : le master

On commence par découper les couples qui serviront de guide pour la mise en forme. On découpe ensuite des panneaux de médium (magasin de bricolage, bois tendre et homogène facile à poncer) pour venir entre les couples. Le tout est fixé à la colle blanche à prise rapide.



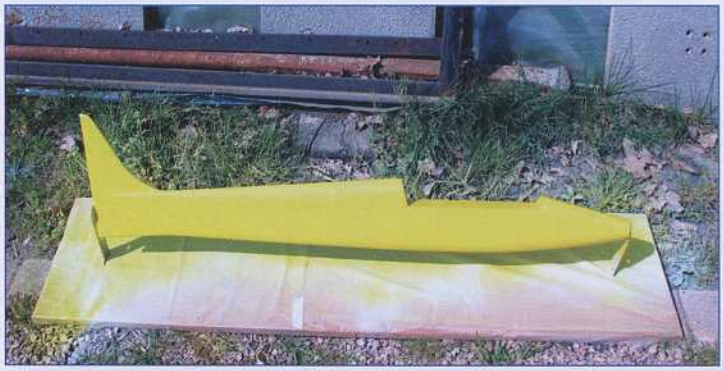
Le fuselage après rabotage et ponçage. Le soyage de la verrière est obtenu avec un contreplaqué 50/10 collé en retrait de 1 mm. Ensuite, ponçage au grain 40, 80, 100, 400 puis 600. Attention de ne pas mordre dans les couples…

Collage à l'Araldite lente de la dérive bien dans l'axe et perpendiculairement.

Le fuselage est entièrement poncé et mastiqué pour éliminer les petits défauts.

Marouflage au tissu de verre 80 g et résine époxy pour obtenir une surface dure.

Le fuselage reçoit maintenant une couche d'enduit bouche-pores. Un ponçage sérieux prépare la surface qui doit devenir brillante en lumière rasante.

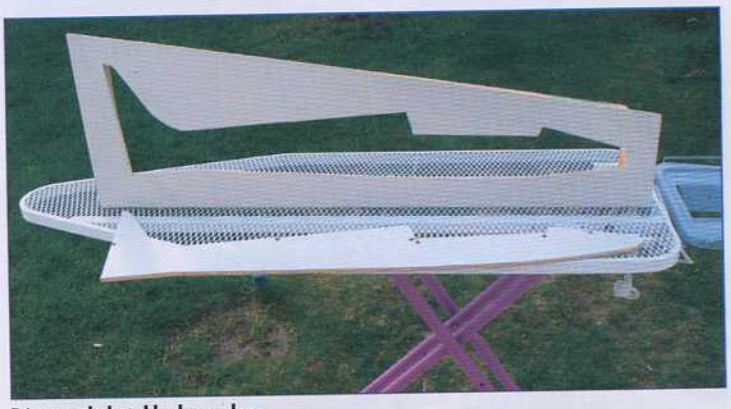


Après une première couche blanc satiné une deuxième couche jaune brillant est appliquée, cette teinte différente met en évidence les bosses qui apparaissent en blanc.

Ponçage au 1200 du fuselage puis polissage.

2e étape : la table de moulage

Un crayon monté sur une équerre facilite le travail de traçage de la table de moulage en mélaminé.



Découpe de la table de moulage.

La table vue de dessous, des cales internes permettent de «porter» le fuselage. Bien ajuster la hauteur pour que le fuselage soit à mi-hauteur, le plan de joint sera alors bien centré. A noter les raidisseurs périphériques.

Le fuselage reçoit une bande de scotch de 50 mm à cheval sur le plan de joint dans l'axe du fuselage. Le fuselage est posé dans la table et le plan de joint terminé avec du Sintofer. Il faut cirer le fuselage (au moins dix couches avec polissage intermédiaire) avec une cire de démoulage compatible époxy. Un manque de cire se terminerait par un collage du master dans le moule !

3e étape : la réalisation du moule

Stratification en extérieur du moule, 1800 g/m². On applique ensuite au pinceau du gel coat époxy teinté bleu (R&G) en couche régulière d'environ 1 mm d'épaisseur. Dans les angles, une mèche de verre (prélevée dans un tissu de 280 g) renforce et limite le risque de bullage. Lorsque le gel coat est «amoureux», il colle encore un peu au doigt, on applique un tissu fin de 50 à 80 g/m², puis une couche de sergé 160g/m². A la suite, cinq ou six couches de sergé 280 g/m² donnent la rigidité au moule.

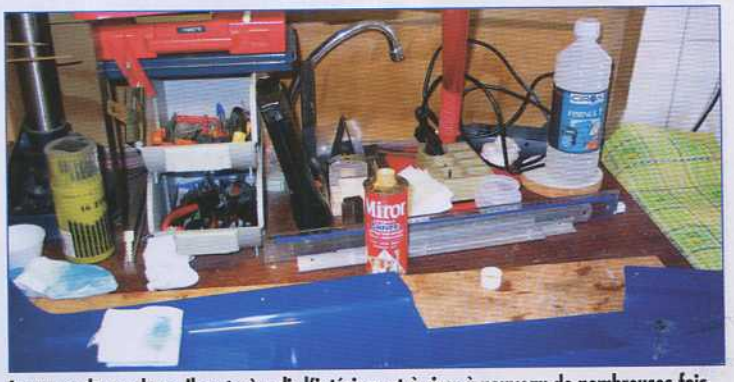
On sépare la table et le moule après au moins 72 h. Attention, ne pas démouler le fuselage de son demi-moule, on enlève le scotch et on recommence les tâches ci-dessus y compris la cire de démoulage (10 couches...).

Le moule terminé avant découpe du contour. Attendre à nouveau 72 h minimum. Cela évite des déformations préjudiciables à la rectitude des fuseaux qui seront moulés par la suite.

Perçage tous les 15 cm et à 15 mm du bord du fuselage de trous de 4 mm de diamètre. Pour garantir un bon centrage, cinq trous de diamètre 3 mm recevront ultérieurement une corde à piano.

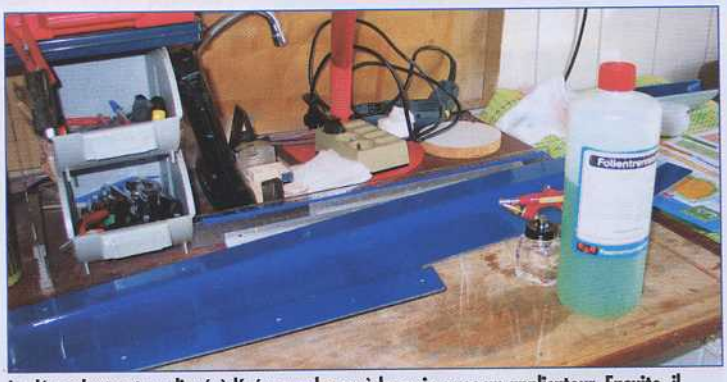
Découpe du pourtour, prévoir 2 ou 3 lames ! Il faut débiter avec une scie sauteuse ou avec un disque diamanté pour les mieux équipés d'entre nous. Le disque sera beaucoup plus rapide... Le pourtour sera ensuite poncé soigneusement pour éviter de vous blesser sur l'arête.

Démoulage final avec des cales glissées sur le pourtour. C'est la fin du suspense. En suivant les conseils ci-dessus, tout doit bien se passer.



Lustrage du moulage. Il reste à polir l'intérieur et à cirer à nouveau de nombreuses fois le moule neuf avant de stratifier un fuselage.

Dernière étape : le moulage de votre 1er fuselage !



Le démoulant est appliqué à l'aérographe ou à la main avec un applicateur. Ensuite, il faut étendre soit de la peinture bi-composant, soit du gel coat de préférence époxy. Cette couche primaire a pour fonction d'éviter au maximum les bulles tout en générant un état de surface de bonne qualité.

La stratification débute. Une couche de tissu fin en surface, du sergé ou satin 50 à 80 g/m², est posée tant que le gel coat est «amoureux», puis deux couches de sergé 160 g/m².

Le moule avant fermeture par recouvrement de couches. Un demi-moule avec 15 mm de tissu qui déborde en bas, l'autre demi-moule avec 15 mm de tissu débordant en haut. Le côté qui va recevoir le tissu de recouvrement est arasé au ras du moule.

Le moule vient d'être fermé. Il faut attendre au moins 48 heures avant de démouler, voire une semaine si votre pièce est à peine à 20°C.

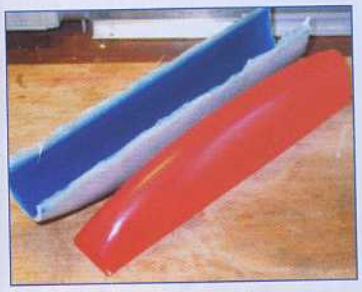
Ebavurage avant le démoulage, c'est d'ailleurs plus facile à faire lorsque la résine est encore un peu souple, avec un simple cutter doté d'une lame neuve.

Démoulage du fuselage...

Le fuselage une fois sorti du moule, on admire le travail, résultat de tant d'efforts. Il pèse 200 g.

Réalisation de la verrière

Maintenant que vous savez réaliser un moule, vous pourrez adopter cette technique pour faire une verrière moulée mais si vous êtes pressé, rien ne vous empêche d'utiliser la méthode de la gaine thermorétractable sur une forme en bois. Dans notre cas, une gaine de 100 mm est nécessaire.



Pour réaliser la verrière, deux solutions s'offrent à vous : soit faire un moule, soit la méthode rapide qui consiste à utiliser de la gaine thermorétractable «moulée» sur une forme en bois.

Accessoires divers et variés

Les pièces telles que platine radio, couple moteur, âme de dérive, renforts de stabilisateur ont été réalisées en contreplaqué stratifié fibre de verre, découpées en ce qui me concerne à

La stratification de différentes pièces en contreplaqué.

La découpe des pièces à la fraiseuse numérique ; on peut aussi utiliser une scie à découper de modéliste !

la fraiseuse CNC. Bien entendu, il est parfaitement possible de les couper à la main...

Stabilisateur et dérive

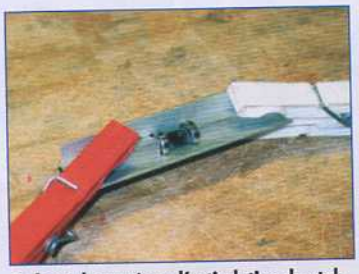
Pour donner toute sa vivacité au Kaisen, le stabilisateur se braque à 80°. Pour cela, il tourne sur une clé montée sur roulement à billes. Cette clé est insérée dans un tube laiton collé dans le fuselage. La difficulté pour effectuer ce montage est de réaliser un perçage parfaitement perpendiculaire. Pour tourner cette difficulté, j'ai réalisé un gabarit en contreplaqué, l'équerrage étant assurée par deux cornières en aluminium. Afin de garantir au mieux cette perpendicularité (deux précautions valant mieux qu'une), j'ai installé mon fuselage sur une table, le tube appuyé sur deux cales, l'ensemble maintenu contre une équerre.

La clé, quant à elle, est obtenue à partir

Voici la méthode utilisée pour obtenir la parfaite perpendicularité du tube en laiton.

de tronçons de tube carré de 6x6mm traversés par du jonc carbone de 4 mm et de deux roulements de servos standards. Pour assurer un alignement parfait des deux tronçons de tube, il a été nécessaire de réaliser un petit montage simple (voir photo). Cet ensemble de 7,2 g assure un fonctionnement parfait de la commande de profondeur.

La commande du stabilisateur est assurée par des poulies en carbone. Ce dispositif permet, en jouant sur le diamètre de la poulie de servo de profondeur, de modifier facilement le débattement tout en utilisant 100% de la course du servo. Comme sur les multis F3A, les poulies évitent tout effet



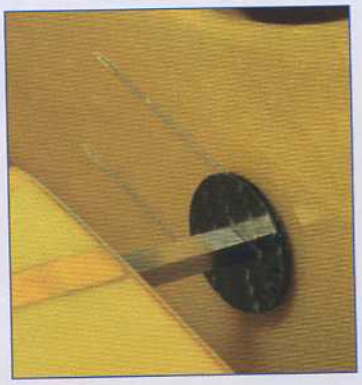
En haut, le système d'articulation du stab, la poulie et le renfort interne de la dérive. En bas, l'art et la manière d'aligner les différents éléments de la clé.

de différentiel inverse qu'un palonnier classique génère habituellement autour du neutre. Les poulies utilisées sur le Kaisen sont fabriquées à partir d'un empilage de rondelles en carbone.

Le travail sur la dérive sera plus rapide et surtout plus conventionnel. Pour réduire un peu la masse de l'ensemble, mais surtout pour ventiler le fuselage, l'âme de la dérive a été ajourée. L'articulation a été confiée à des «charnières» en Kevlar de 200 g, robustesse assurée. Le guignol est quant à lui réalisé en carbone.

Equipement du fuselage

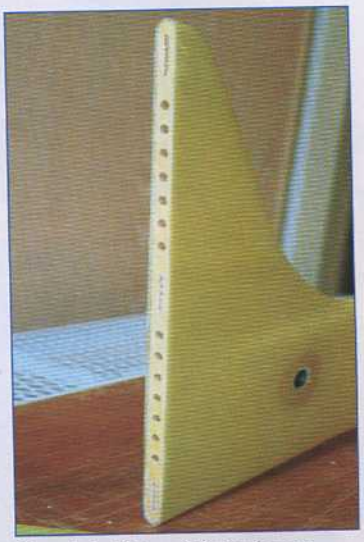
Les platines sont collées à l'époxy avec un tissu de renfort. La platine servos ainsi que la platine principale sont collées avec un renfort en tissu 80 g/m² en surface et dans les angles en liaison avec le fuselage, on évite ainsi que les platines se décollent au moindre choc. Le couple support moteur en époxy



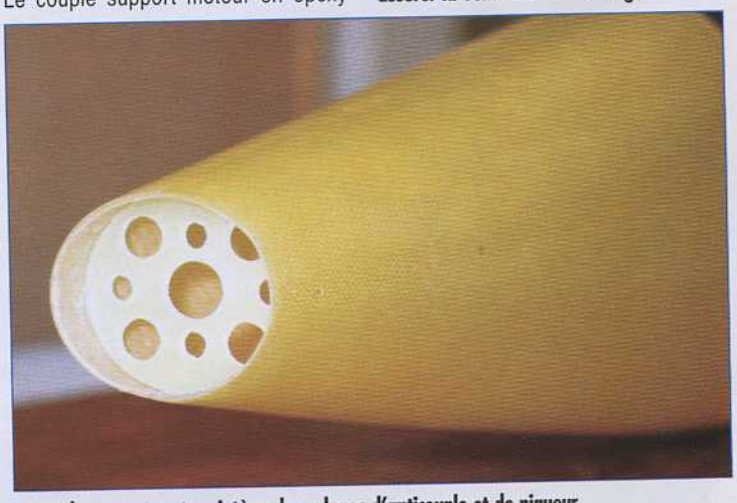
Le système monté provisoirement pour vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble. Il sera démonté en attendant la suite du montage.

1,5 mm est ajouré pour ventiler le moteur. Il est collé avec 1° d'anticouple et 1° de piqueur. Il ne reste plus qu'à monter le moteur, les servos, le récepteur et à tendre les câbles aller/retour en fil de pêche Dyneema (ce fil ne se détend pas) de 18 kg minimum.

On observe alors le fonctionnement exemplaire de la profondeur sur roulements à billes. Les 60 à 80° d'angle en grand débattement sont impressionnants ! ❑



L'âme de la dérive a été ajourée pour assurer la ventilation du fuselage.



Le couple support moteur intègre les calages d'anticouple et de piqueur.