Le Kaisen (suite et fin)

Un moto-planeur tout composite

Le fuselage terminé, il ne reste plus qu'à réaliser la voilure. Cette fois, nous travaillerons sans moule avec une mise sous vide pendant la stratification. Ainsi, sera-t-il facile de changer de géométrie ou de profils si une nouvelle théorie apparaissait…

Pascal Delannoy

La construction de la voilure fait usage des découpes en Styrofoam en guise de moule.

C'est rapide, économique et néanmoins précis. Les noyaux d'aile, dérive et stabilisateur ont été tout naturellement découpés à la machine CNC. Bien évidemment, tout autre moyen sera parfaitement adapté.

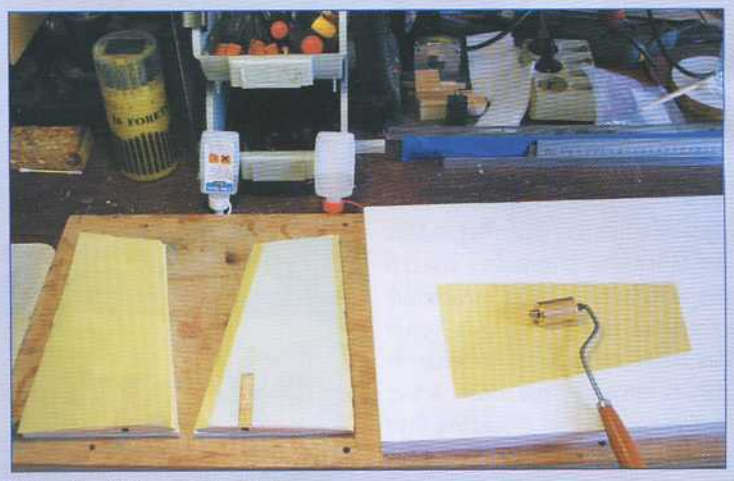
On découpe les noyaux dont on conserve précieusement les dépouilles d'intrados qui servent au moulage.

L'empennage

La dérive et le stabilisateur sont tout composite également. Le travail est rapide et agréable. On découpe le styro 30 kg/m^3, on prépare le fourreau de clé du stabilisateur, la nervure d'emplanture et le bord d'attaque en balsa de la dérive qui sera collé et poncé parfaitement dans le prolongement du volet. Avant de poser le tissu sur les éléments à stratifier, on resserre les mailles du tissu avec un rouleau métallique. Les bords d'attaque sont couverts d'un tissu 60 g (Kevlar)

Collage du fourreau de stabilisateur.

Les noyaux d'aile, dérive et stabilisateur découpés CNC.



Préparation du tissu de stratification.

Mise sous vide de la dérive et du stabilisateur.

ou 80 g (verre) avec du scotch double face transparent pour photo. De l'époxy rapide est appliquée sur le bord du tissu pour éviter que la résine ne décolle tout pendant la stratification avant la mise sous vide. On utilise un tissu Kevlar (61 g) ou verre (50 g) pour la stratification.

Il faut mettre sous vide la dérive et le stabilisateur pendant 24 heures. Ensuite, on ébarbe les bords et c'est terminé. Une CNC facilite la découpe de noyaux ; autrement, il est envisageable d'employer du balsa plume parfaitement poncé en forme. La dérive en Kevlar 61 g pèse 12,9 g et le stabilisateur 32 g.

Les ailes

Les noyaux d'ailes seront coupés aux dimensions suivantes :

- corde d'emplanture : 215 mm ;
- saumon : 160 mm ;
- flèche au bord d'attaque : 30 mm ;
- extrados plat ;
- longueur du noyau : 740 mm.

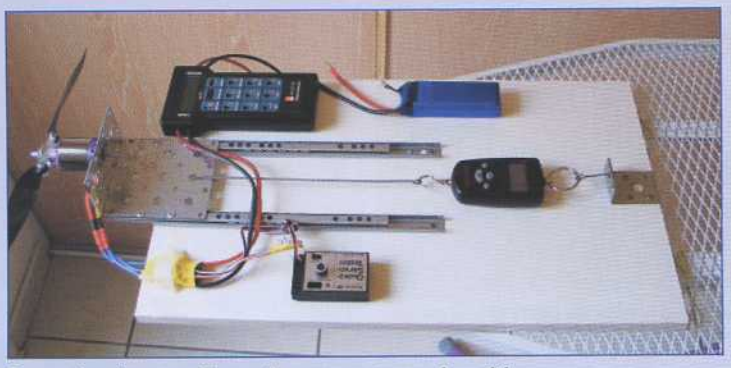
Les noyaux seront frottés avec une cale à poncer en mousse grain 80 ; cela fait gagner du poids et améliore l'adhérence de la résine. Prévoir un bloc de styro plus long de 40 mm environ pour faciliter le moulage (faute de suivre ce conseil, lors de la mise sous vide, on arrondit les extrémités). On découpe de la bâche Polyane de serre (40/100) aux dimensions des demi-ailes. Les tissus à 90 et 45° sont fixés avec un voile de colle en bombe contact puis découpés. En surface, j'ai disposé une couche de Kevlar 61 g fibres dans le sens de l'envergure et en dessous une couche de verre 49 g à 45° avec un renfort en verre 49 g à 45° au niveau du fourreau d'aile. Le Kevlar présente l'avantage de faire charnière. Dans le cas où l'on n'utiliserait pas ce matériau pour coffrer, il conviendra de préparer des charnières en Kevlar.

La motorisation

J'ai choisi un moteur Hextronik 35-55-900 HXT d'UnitedHobbies.com à cage tournante. Le bobinage en fil émaillé multibrins, la qualité de la réalisation, la masse modérée (167 g), la livraison avec les prises déjà soudées et tous les accessoires m'ont conforté dans mon choix.

Les essais sont conformes aux simulations faites sur PC à partir des valeurs électriques (Kv = 896 rpm, Ri = 43 mohm, Io = 1,83A, bobinage 10 tours). Le meilleur rendement (84%) sera obtenu sous 21 A. Sur des hélices Aéronaut (porte-pales entre-axe 40 mm) avec un contrôleur Hobby Wing 40 A (essai *MRA* 795) et un accu Lipo 3200 mAh ou 2200 mAh 11,1 V de 16 mohm chacun de résistance interne à 20°C, on obtient en début de décharge (accu froid) :

Batterie	Hélice	Rpm	I (A)	P.U.	η (%)	Vitesse	Poussée
11,1V	AE12x8	7000	29 A	235 W	80	86 km/h	1350 g
11,1 V	AE12x9	6900	32 A	242 W	79	94 km/h	1280 g
11,1 V	AE12,5x7,5	6850	33 A	233 W	78	77 km/h	1260 g
Timing médium							
11,1V	AE12x8	7200	32 A	249 W	78	87 km/h	1420 g
Timing hard							
11,1V	AE12x8	7300	33 A	258 W	77	88 km/h	1480 g



Test statique du moteur Hextronik avant montage sur le modèle.

Une gaine thermo empêche les fils de toucher la cage tournante.

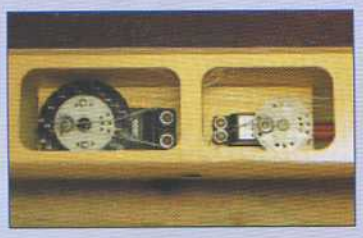
Ponçage avec une cale à poncer.

Pour monter à la verticale (90°), il ne faut pas dépasser une masse en ordre de vol de 1300 g. Dans ces conditions, avec une consommation raisonnable (un peu plus de 30 A), le vol sera à la fois assez long et très dynamique. Les 82 % de rendement classent d'emblée le Hextronik 35-55-900 HXT dans la catégorie des moteurs performants. C'est parfait, d'autant plus qu'avec un tarif de l'ordre de 24 €, il est vraiment abordable. Le timing fait progresser les performances, le timing médium est un bon compromis (température extérieure 20 °C) ; mais en été (30-35°C), pour ne pas faire souffrir accu et moteur, le timing normal est préférable. En hiver, le timing hard permettra des performances verticales flatteuses ! La propulsion (accu, moteur, contrôleur) revient à moins de 80 €.

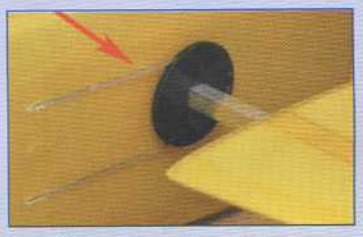
L'équipement radio

Un récepteur 6 voies est nécessaire, la Spektrum se révèle légère et totalement fiable. Des servos offrant une bonne définition sont nécessaires.

Pour les ailerons, des GWS Naro de 9 g sont suffisants en usage normal, des pignons métalliques seraient un plus pour les atterrissages un peu durs. La dérive nécessite un servo format 20 g, un C341 Graupner dans mon cas. Pour la profondeur, j'ai employé un DS821 (format d'un servo standard) digital livré avec la DX7 Spektrum, pignons en résine de 48 g sur roulements et 5 kg/cm de couple. La faible dérive avec les variations de température est appréciable.



Le servo de profondeur et sa grosse poulie à côté de celui de dérive.

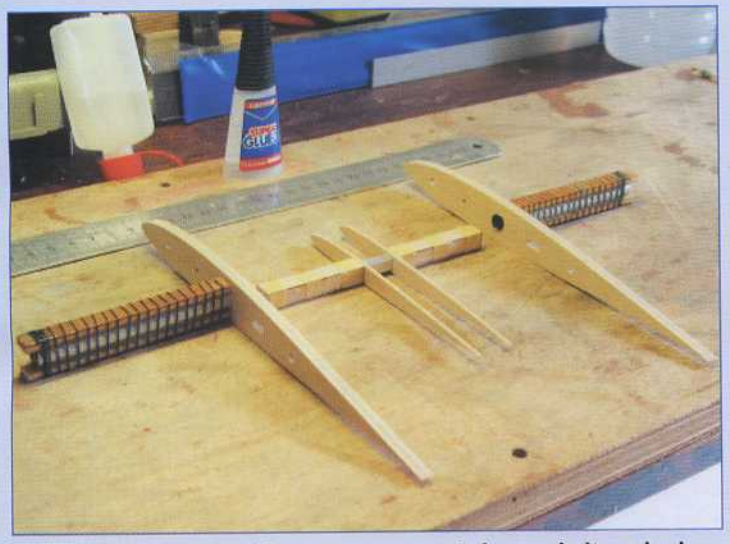


La poulie en carbone est entraînée par un câble doublé par sécurité.

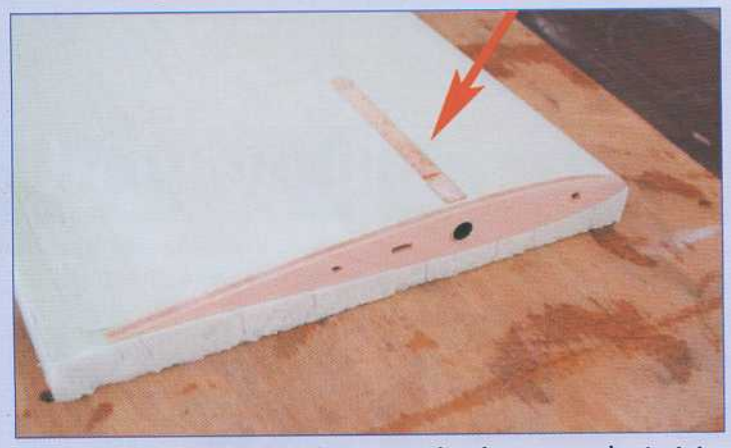
Les réglages

Sur une cellule destinée au vol 3 D avec un stabilisateur capable de tourner à 80°, il faut prendre son temps pour éviter les erreurs ; en vol, le risque de se faire peur n'est pas négligeable... Profondeur cabrée à un peu de plus de 50%, on passe les boucles ; cabrée à fond, on passe les déclenchés. Pour commencer, voici des valeurs raisonnables pour prendre en main le modèle.

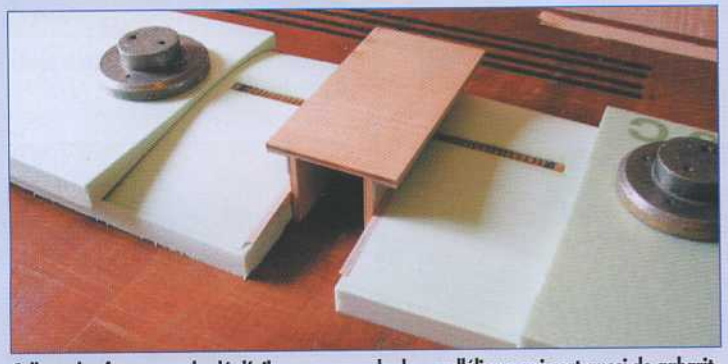
Pour essayer la voltige façon BPLR, le stabilisateur pivotera à 80°, avec au moins 70%



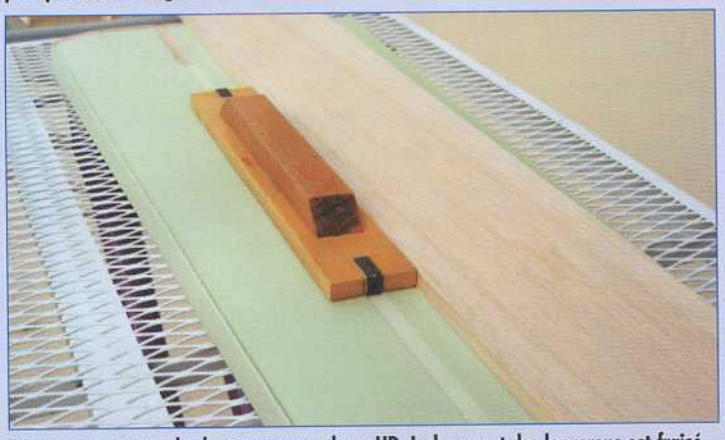
Les fourreaux d'ailes et de stabilisateurs sont terminés. Le fourreau de clé en tube alu 8x9x90 mm est ligaturé à du contre-plaqué ordinaire avec un fil Kevlar 7 kg.



Mise en place de la clé d'aile en tube alu. La nervure d'emplanture contre-plaqué aviation de 50/10 est collée, le saumon est en ctp de bouleau 30/10.

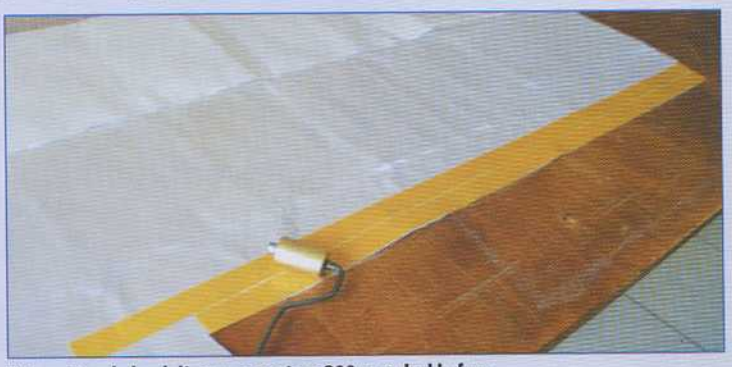


Collage des fourreaux de clé d'aile avec une cale de parallélisme qui sert aussi de gabarit pour percer le fuselage.

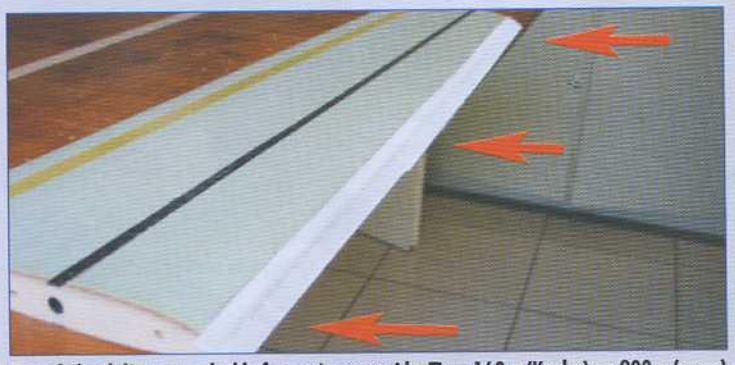


Ponçage avant pose des longerons en carbone UD. Le logement des longerons est fraisé avec une cale à poncer contre une planche en balsa 80/10 pour ne pas marquer l'aile.

Découpe des longerons avec un foret comme référence de calibrage. Ils sont en carbone UD 125 g en deux couches et sont stratifiés au préalable sous vide. Ils seront collés provisoirement par quelques points de «Résist à tout».



Préparation du bord d'attaque en tissu 200 g et double face.



Pose du bord d'attaque, double face + époxy rapide. Tissu 160 g (Kevlar) ou 200 g (verre) avec du scotch double face transparent pour photo. De l'époxy rapide est appliquée sur le bord du tissu pour éviter que la résine ne décolle tout avant la mise sous vide.

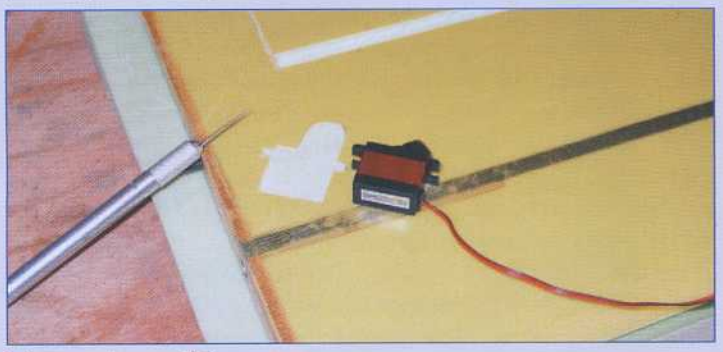
Préparation des charnières en Kevlar (dans le cas d'un coffrage en tissu de verre). Les dépouilles d'intrados sont ensuite immobilisées sur un panneau de mélaminé de 40x180 cm avec du scotch double face. Un tube (ou une cordelette) sert de drain pour faciliter la mise au vide. Le Polyane d'intrados est immobilisé aussi avec un morceau de double face au niveau du bord d'attaque sur toute l'envergure (ainsi, il n'y a pas de risque de glissement).

Stratification d'un panneau d'aile avec de la résine époxy. On laisse le tissu s'imbiber pendant 10 à 15 minutes puis on applique un papier essuie-tout avec un rouleau métallique pour éliminer l'excédent de résine.

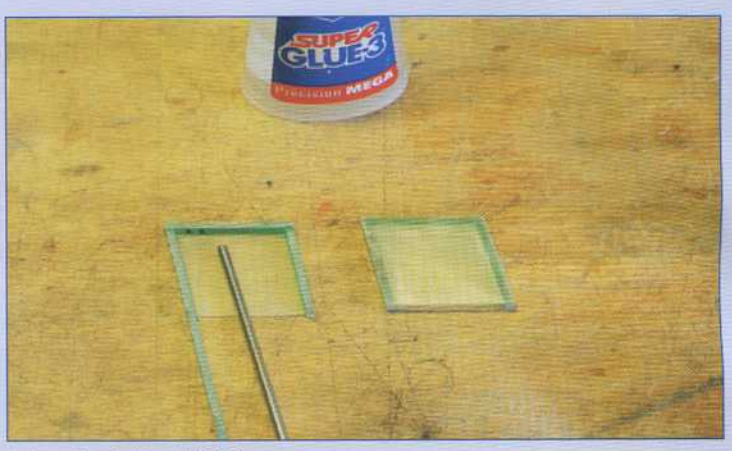
Mise sous vide des ailes avec un pot témoin. On pose le noyau sur l'intrados puis le Polyane avec les tissus d'extrados et il ne reste plus qu'à mettre sous vide avec un Polyane scotché au panneau de mélaminé pendant 48 heures minimum. Laissez ensuite l'aile une semaine avant de la démouler, ainsi les bords de fuites resteront bien droits…

Démoulage de l'aile, le tissu contourne la découpe avec l'effet de la mise sous vide. On démoule donc, on coupe au cutter le bord de fuite, on ébarbe par ponçage le bord d'attaque.

Ouverture à l'intrados des ailerons sur 8 mm de large. On coupe au cutter le tissu à l'intrados (4 mm de part et d'autre de l'axe) pour réaliser l'articulation. Attention de ne pas découper l'extrados qui sert de charnière !

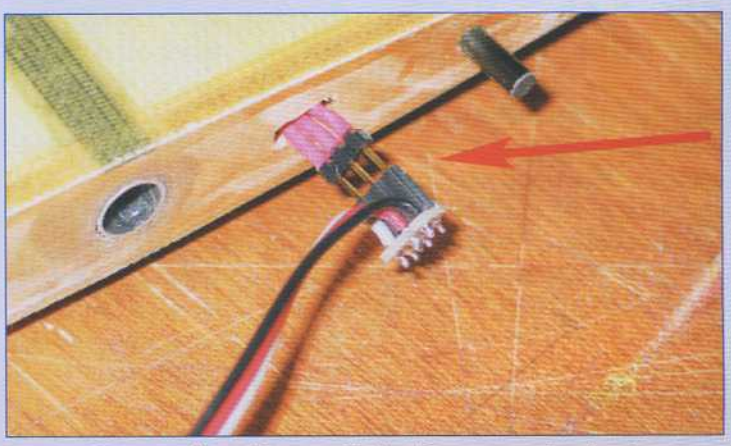


Le logement du servo d'aileron.

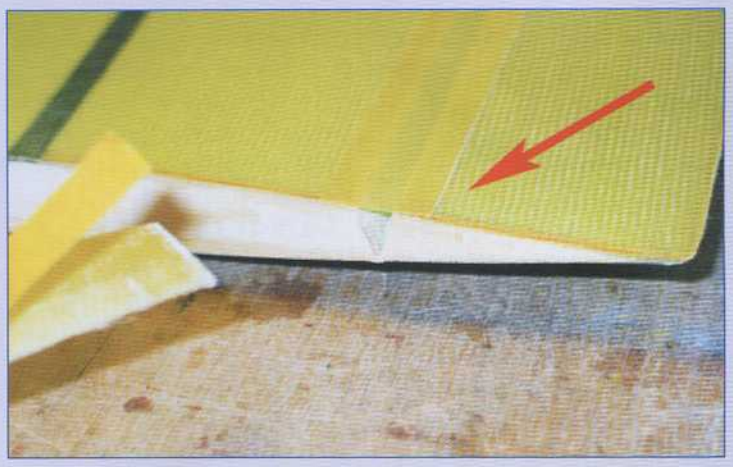


Préparation du dispositif RDS.

Le dispositif RDS terminé.



Les prises Uni seront collées à l'époxy rapide, branchement automatique lors du montage des ailes.



Une bande Kevlar 61 g ferme l'articulation à l'intrados. Elle rend la gouverne étanche.

Débattements relevés au point de plus grande corde du volet				
Désignation	Ailerons	Volets	Profondeur	Dérive
Vers le haut	- 17 mm	- 10 mm	- 20 mm	- 60 mm
Vers le bas	+ 15 mm	+ 10 mm	+ 20 mm	+ 60 mm
Différentiel	20 % en thermique	-	-	-
Exponentiel	30 %	-	25 %	20 %

Mixages obtenus sur un inter 3 positions					
Désignation	(1) Ailerons	(2) Volets	(3) Profondeur	(4) Dérive	Couplages
Voltige	Relevés -1 mm	Coupl.+/-10 mm	Au neutre	Au neutre	3 vers 2
Normal	Au neutre	0 mm	Au neutre	Au neutre	-
Vol thermique	Baissés	+ 3 mm	Au neutre	Coupl+/-10 mm	1 vers 4

d'exponentiel, Pour les mixages, on utilisera 3 phases de vol réglées sur la radio DX7 Spektrum.

Le centrage sera à 95 mm du bord d'attaque pour le premier vol, ensuite, en faisant un piqué à 45°, on le reculera pour obtenir une trajectoire neutre sans tendance à remonter ou à accentuer la pente. Le centrage est facile à régler, on avance ou on recule le pack LiPo en repérant la position optimum au feutre. Idéalement, il faudrait pouvoir centrer l'accu sur le centre de gravité, ainsi un changement de capacité serait sans influence.

Mon premier fuselage étant un peu trop robuste et donc lourd à l'arrière, ce n'est pas possible ; mon prochain fuseau, par contre, le permettra...

Une housse de transport

Avec du tissu molletonné acheté en magasin spécialisé, on confectionne une housse à 3 compartiments d'une longueur de 120 cm pour une largeur de 35 cm. Une sangle et une mousse interne (tapis de sol Décathlon 7x600x1500 mm) permettent un transport sans risque pour la cellule. C'est aussi l'assurance de ne rien oublier...

Derniers essais

L'impatience de voler ne doit pas faire oublier de tester au préalable la portée, moteur coupé et en marche ou de vérifier une dernière fois le bon sens des gouvernes et le centrage. Si tout est correct, on passe à l'étape ultime !

Le montage

Il est très rapide une fois sur le terrain : les ailes avec branchement automatique des ailerons, le stabilisateur que l'on monte sur une clé unique et enfin l'accu posé sur la platine sont autant de solutions qui facilitent la vie. Comptez 3 minutes au maximum. Les ailes sont simplement retenues par un morceau de Durit 3 mm intérieur sur le jonc de centrage avant de chaque aile. C'est fiable et léger.

Le lancé

Il est facile, avec ou sans moteur, en prenant le fuselage sous l'aile. Un lancé légèrement vers le haut permet un départ franc sans risque, l'aile porte vite. La pente ascendante peut ensuite, au moteur, être rigoureusement verticale ! Le comportement à basse vitesse est testé ; le décrochage dans l'axe par basculement vite rattrapé, est rassurant.

Le taux de montée

Le meilleur taux de montée sera obtenu sans vent avec une pente de 45°, le taux est alors de 12 m/s. A la verticale, le taux de montée est réduit à la valeur appréciable malgré tout de 6,5 m/s. Avec un vent force 3-4, la pente de montée optimum sera proche de 60 à 70°. En résumé, en 8 secondes, on atteint 100 m.

Le vol thermique

Avec un léger mixage de confort à la dérive et les volets baissés, le profil SB96 se révèle performant à 43 g/dm² de charge alaire. Sans vent, on apprécie la finesse qui permet de transiter rapidement avec un taux de chute faible, comparable à un planeur rapide de loisir de 2 m d'envergure équipé d'un MH32 ou équivalent. Enrouler une spirale de quelques mètres de diamètre ne fait pas apparaître de tendance à décrocher au saumon, preuve que la corde (160 mm) associée au SB96SV est bien adaptée au nombre de reynolds. La spirale est stable une fois bien centrée, en appui sur le très haut fuselage. Ce planeur de voltige ne demande pas de grosses conditions pour voler, on pourra donc voler souvent à la pente ou en plaine.

Le vol rapide

Je passe en phase «voltige», les ailerons sont alors relevés de 1 mm pour annuler le creux du profil SB96. La transition est alors très bonne sans pour autant égaler un MH30 ou autre profil rapide dédié. Si Eole est présent, on pourra rester ainsi pendant tout le vol excepté à l'atterrissage. La stabilité sur trajectoire est intéressante pour un petit planeur. Les fortes turbulences sont ressenties mais jamais dangereuses.

La voltige classique

Une fois le centrage optimisé (voir réglages), les gouvernes ne présentent pas ou peu d'effets secondaires, à l'image d'un bon multi F3A. La boucle positive (ronde, carrée ou hexagonale) passe avec un badin moyen ; la boucle négative demande un peu plus de badin et un couplage profondeur donne volets. Les tonneaux rapides passent dans l'axe sans correction notable, avec des facettes (2, 4 ou 8) la dérive précise et puissante fait merveille ; lents, les tonneaux passent en étirant considérablement la figure vent arrière pour le plaisir des spectateurs. Un bon pilote les fera sur 200 ou 300 m sans difficulté, c'est très joli à voir ! Le renversement bascule bien sans snaking, sortie ventre ou dos. Le cercle en tonneau aidé par la surface tranche passe à merveille, c'est un point fort de ce modèle. Le vol tranche répond à mon attente : le Kaisen conserve une trajectoire horizontale sans correction à la profondeur ou presque et, dérive à fond, on remonte en demi-boucle ! Il y a peu de motoplaneurs de 1,5 m capables de cet exploit...

Les tonneaux déclenchés sont d'une rapidité étonnante avec les gouvernes en butées, aussi bien en positif qu'en négatif, en montée ou en descente ; un avion ne ferait pas mieux. Le Humpty Bump est précis et de grande hauteur avec la motorisation qui ne s'essouffle pas à la verticale. Les figures composées (Immelman, huit cubain...) profitent du peu d'effets secondaires. La vrille à plat s'arrête après un demi-tour de retard ; il faudrait diminuer le poids en bout d'aile pour s'arrêter net (tissu unique à 45° de 80 g pour le coffrage). Un bon pilote ne s'ennuiera jamais avec ce modèle, un pilote moyen pourra progresser considérablement car toutes les figures passent avec de l'entraînement. Le moteur pourra aider certaines figures mais toutes passent (sauf la remontée tranche bien entendu) en plané.

La voltige 3D

Avec le moteur, tout le domaine «avion 3D» peut être passé, c'est nouveau en voltige moto-planeur. Le Kaisen tient le vol tranche, ce qui permet beaucoup de fantaisies. Le vol pendu à l'hélice (préférez alors une hélice de grand diamètre et faible pas) est classique et stable, moins qu'avec un avion de F3P mais agréable malgré tout. Le torque-roll est inhabituel sur un moto-planeur mais il passe ! Le renversement pendule est accessible à un pilote moyen ; le renversement à facettes très facile, la dérive étant sans effets secondaires. Le vol stationnaire (vent force 3-4) à 45° au moteur est parfaitement contrôlé par les puissantes gouvernes. La descente parachutale sur le dos est faisable : on laisse le moteur au ralenti et on freine pour presque arrêter le Kaisen et on descend ainsi comme au TOC ! Il est à noter qu'à puissance égale, plus la cellule sera légère, plus son potentiel sera élevé par diminution de la charge alaire, notamment en appui sur le fuselage. J'imagine qu'à 1 kg, ce modèle doit être vraiment extraordinaire...

La voltige façon Madslide de BPLR

C'est avec impatience que j'ai testé la possibilité de mettre le stabilisateur à 80°. En planeur, c'est en pente avec des conditions joufflues que cette possibilité est intéressante, les flips sont amusants et sans risque. On mixe les volets avec la profondeur à +/- 40°, centrage arrière, on pique pour prendre du badin, on cabre pour mettre le planeur sur le dos comme un looping serré et, à ce moment, on tire à fond : le planeur bascule alors comme en hélicoptère 3D. Au moteur, c'est dangereux, le vol devient très violent, sensations fortes garanties. Au final, je trouve que la perte de précision sur l'axe de profondeur avec ce débattement énorme pénalise la précision dans tout le domaine de vol classique. Moralité, si on aime les trajectoires pures, autant utiliser un débattement normal. Si on aime les vols très violents, le stabilisateur façon BPLR est à essayer, ensuite chacun appréciera si le résultat est en rapport avec les espérances...

L'atterrissage

On baisse les volets en phase thermique, la vitesse d'approche est alors diminuée. En jouant sur les gaz, on pose aux pieds facilement. Attention la finesse globale

est élevée car la cellule traîne peu, une approche longue est à prévoir par vent faible.

Les développements

Une aile plus légère avec un seul tissu de verre 80 g/m² à 45° (+ renfort au niveau des fourreaux) permettra de limiter l'inertie en bout d'aile. Un fuselage à moins de 200 g, un servo de profondeur de 17-20 g et un soin particulier pendant toute la construction doivent permettre de sortir le Kaisen à 1100 g maximum ; le vol sera alors encore plus performant et joueur dans les phases de vol 3D. Avec un vent fort moyen, une clé en acier de 8 mm lestera un peu le modèle pour le rendre plus pénétrant.

On peut aussi envisager un accu Lipo 11,1 V de 2500 ou 3200 mAh. Je pense abandonner le stabilisateur sur roulements pour revenir à un stabilisateur avec 2 clés de 4 et 2 mm avec un renvoi pendulaire pour obtenir le maximum de précision en tangage. Le Kaisen offre de très belles trajectoires, il est donc à mon avis préférable d'oublier les flips pour optimiser tout le reste du vol.

Conditions de vol

Le vent ne fait pas peur au Kaisen : une force de 40 km/h en rafales est bien supporté, on joue alors avec le vent. Par vent nul, la motorisation joufflue autorise une montée rapide ; les ascendances sont alors plus faciles à exploiter et le vol thermique est possible avec un pilotage agréable.

La sensation aux manches

Mélange de trajectoires de multi et de finesse typiquement planeur, le Kaisen associe les 2 genres sans difficultés : facile à piloter avec des petits débattements, il devient redoutable avec des débattements «3D».

Il vole rapidement au besoin, vole assez lentement en baissant les volets, grimpe à la verticale, descend en tonneaux ou déclenchés très vifs...
Monter dans des thermiques est possible, pas comme un SAL mais comme tout planeur de loisir du commerce bien né.

Il me reste simplement à faire des ailes plus légères surtout vers le saumon pour arrêter les vrilles avec plus de précision mais, compte tenu du bilan général, c'est vraiment raisonnable comme améliorations à prévoir.

Kaisen

En japonais, Kaisen signifie «amélioration permanente». Le fuselage à flancs plats permet d'essayer de nombreuses autres théories sans avoir à tout refaire. L'amélioration permanente pourra aussi se concrétiser par celle du pilotage car cette cellule est performante avec ou sans moteur.

Passage au moteur, volets rentrés.

Passage à basse vitesse sur la tranche.

Et là on n'est pas près d'arriver au bout des possibilités de ce modèle... La seule petite déception vient du stabilisateur à 80°.

Il en découle un pilotage assez exclusif et inévitablement on y perd dans tout le domaine de vol classique malgré une commande parfaite et un servo digital très précis et sans jeu.

A vous de choisir.
Bonne construction et bons vols à toutes et à tous ! ❑

Carnet d'adresses

R&G matériaux composites : www.r-g.de
Distributeur R&G en France : www.topmodel.fr
United Hobbies motorisation : www.unitedhobbies.com
Polyplan : www.polyplancomposites.com

Articles MRA à consulter

Dossier Supergee II tout plastique : *MRA* 791
Dossier fraiseuse CNC : *MRA* 792
Dossier machine de découpe au fil chaud CNC : *MRA* 790
Machine de découpe à poulie : *MRA* 754
Contrôle de mise au vide : *MRA* 798
Banc d'essai moteur : *MRA* 795

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 €