CUI-CUI, L'Ornithoptère

Depuis le jour où j'ai eu en main un petit ornithoptère à moteur caoutchouc, je rêve d'en posséder un radiocommandé de même taille. Grâce aux progrès de l'électronique et à la diminution considérable du poids des accus, le rêve devient réalité. Armé du précieux dossier sur le vol battu du Professeur Poupette (pigeon femelle de 12 ans, photo 1), je pouvais enfin dessiner un plan. Supervisé par cette amie avisée, il ne me restait qu'à entreprendre la construction de l'engin. Découvrons ensemble une machine volante originale qui aurait sûrement plu à Léonard de Vinci et à Alphonse Penaud, tous deux visionnaires et précurseurs dans un domaine encore vierge pour nous, humains : le vol battu !

Jean-Claude Pesce est un modéliste réellement exceptionnel. Exceptionnel comme il en est que les meetings, salons, rencontre clubs ou tout simplement la vie au quotidien vous permet d'en rencontrer. Modéliste chevronné, inventif, passionné de réalisations complexes et désireux de communiquer à leur propos, c'est avec le sourire et l'accent méridional complices que Jean-Claude a très gentiment accepté de partager avec nous, modélistes, cet ornithoptère.
La présentation de ce projet étant particulièrement détaillée afin de donner à chacune et à chacun toutes les chances de « parler oiseau », vous retrouverez Jean-Claude ce mois-ci et en janvier. Pour les plus impatients, le plan est inséré dès ce mois-ci.
Rejoignez un Monde où se mêlent fiction et réalité.
Bref, faites comme nous : éclatez-vous !
PW.

Jean Claude PESCE

Caractéristiques

Le Cui-Cui (baptisé ainsi par notre ami Christian Veyssière à cause du son caractéristique lors du battement des ailes) est un ornithoptère de 51 cm d'envergure pour 45 grammes (**photo 2**). Il se contrôle grâce aux commandes de profondeur et de direction sur son empennage en « V ». La commande des gaz fait varier la vitesse des battements d'ailes pour modifier la vitesse du vol. Les premiers essais véritables se sont déroulés sur le terrain du CAREB à La Fare les Oliviers. Ils ont mis en évidence son autonomie (plus de 10minutes) et son pilotage comparable à celui d'un avion 2 axes de début.

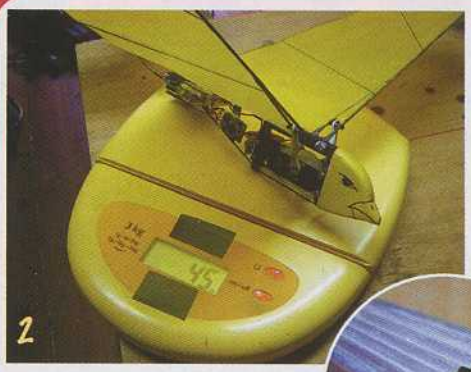
Comment ça marche ?

Cui-Cui est ce que l'on peut faire de plus simple : pas de profil d'aile ni d'incidence variable . La souplesse de l'entoilage assure ces deux fonctions. En effet, sous l'action des battements, l'aile prend la forme d'une hélice ou d'une « voile » qui crée une poussée vers l'avant. Le stabilisateur maintenant une incidence positive sur l'ensemble de la voilure, il en résulte suffisamment de portance pour soutenir la machine. Je conseille à tous ceux qui sont passionnés par les théories sur le vol battu de jeter un oeil sur les sites cités en annexe.

Liste du matériel nécessaire

Pour construire le Cui-Cui vous aurez besoin du matériel suivant :

- Tissu de carbone 95g/m2
- 1 jonc de carbone de 0.5mm, 1mm, 1.5mm, 2mm.
- De la mèche de carbone.
- Du fil de Kevlar (rayon pêche)
- Tube laiton de 1.6mm de diamètre.
- De la corde à piano de 2mm.
- 1 cornière en Alu de 1mm d'épaisseur.
- Chute de CTP 3mm.
- Chute de Balsa 1mm.
- 1 feuille de Litespan de votre couleur préférée.
- 4 roulements à billes épaulés de 2mm intérieur.
- 2 chapes à rotule M1.6.
- 2 chapes à rotule avec épaulement court M2.
- De la visserie M1.6.
- De la visserie M 2.
- 1 bague d'arrêt de roue diamètre intérieur 1.5mm.
- De la gaine thermo-rétractable diamètre 2mm
- 1 moteur DC 5-2-4.
- 1 variateur Kontronik micro10 ou JMP 7.
- 2 servos Westechnik 2.4g.
- 1 récepteur JMP RX5.
- 2 éléments 150mA LiPo.
- 1 pignon 11 dents module 0.3.
- 1 couronne mixte 52 et 14 dents module 0.3.
- 1 couronne 80 dents module 0.3.
- Le tout donnant une réduction de 1/27.



Les Engrenages

Le plus difficile est de trouver les pignons et roues dentées du réducteur. Je me les suis procurés dans un vieux magnétophone et dans des servos. Ne vous découragez pas ! L'important est d'obtenir une réduction de 1/27. On peut aller jusqu'à 1/30, mais ne descendez pas en dessous de 1/27 sous peine de détériorer moteur et accus. Si vous décidez de construire Cui-Cui il vous faudra peut être changer les dimensions du réducteur et sa méthode de construction, les engrenages récupérés ne correspondant peut-être pas exactement aux dimensions de ceux installés sur mon modèle. Mais vous n'allez pas abandonner à cause de deux malheureux morceaux de plastique !

Avant de commencer

Récupérez dans votre supermarché favori des sacs en polyéthylène au rayon fruits et légumes. Ils ont l'aspect du papier calque et qui sont très fins donc intéressants pour nous car ni la colle ni la résine n'adhérent dessus. Préparez-en une vingtaine de feuilles. Je vous conseille également un petit accessoire que j'utilise depuis des années : un profilé en Alu trouvé en grande surface de bricolage sous la forme d'une cornière, plate d'un coté, rainurée de l'autre (**photo 3**). Elle vous sera très utile pour mener à bien certains montages nécessitant un équerrage parfait.

Préparation

La plaque de carbone

La première tâche consiste à réaliser une plaque de carbone de 12cm de côté pour les flancs du réducteur, les manivelles et d'autres petites pièces.

Sur une feuille de polyéthylène, disposez 6 pièces de tissu de carbone de 12 cm de côté, les unes sur les autres (**photo 4**).

Résinez abondamment avec un pinceau de façon à ce que la résine traverse de part en part les couches de tissu (**photo 5**). Recouvrez-le tout d'une autre feuille de polyéthylène puis, à l'aide d'un rouleau à pâtisserie, faites pénétrer la résine dans les fibres (**photo 6**). Retirez ensuite la feuille de polyéthylène se trouvant sur le dessus de la plaque. Munis du même rouleau à pâtisserie et de papier absorbant, «pompez » l'excédant de résine (**photo 7**). N'hésitez pas à retourner la plaque et à recommencer l'opération plusieurs fois. Vous obtiendrez une plaque rigide et légère. Les fibres débarrassées de leur surplus de résine, prenez deux feuilles de polyéthylène «propres » que vous appliquerez de part et d'autre de la plaque de carbone. Vous placerez ensuite l'ensemble entre deux plaques de verre (vitre ou miroir de récupération) (**photo 8**). Le tout est maintenu avec des serre-joints jusqu'au séchage complet (**photo 9**). Vous obtiendrez une plaque de carbone lisse, plane, légère et rigide.

Deux tubes...

L'opération suivante est la fabrication de deux tubes en mèche de carbone qui vont nous servir pour la construction des manivelles et pour l'assemblage de la roue dentée sur l'axe de sortie du réducteur.

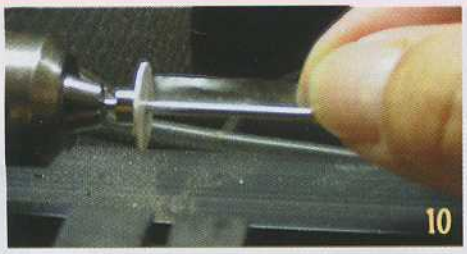
1er tube

Pour fabriquer ce tube de 30mm x 8mm, nous allons enrouler de la mèche de carbone imprégnée de résine sur une corde a piano de 2mm de la même façon que nous enroulerions du fil sur une bobine. Commencez par fabriquer les deux flancs de la «bobine » à l'aide de deux bagues d'arrêt de roue sur lesquelles vous collerez un disque de 15mm de diamètre découpé dans du plastique de carte de crédit. Prendre ensuite une corde à piano de 2mm sur une longueur d'environ 10cm et montez-la sur un mandrin de perceuse ou de tour. Insérez le premier flanc et serrez-le sur la corde à piano. Découpez dans une feuille de polyéthylène un morceau de 3cm x 1cm qui servira de démoulant. Enroulez-le sur la corde à piano. Pour le faire adhérer, vous pouvez humecter légèrement celui-ci (**photo 10**). Insérez ensuite le deuxième flanc à 3cm du premier et serrez-le. Imprégnez éventuellement les flancs avec du démoulant. Votre bobine terminée. Il ne reste plus qu'à enrouler la mèche de carbone autour de la corde à piano et à l'imprégner de résine au fur et à mesure en faisant tourner manuellement le mandrin (**photo 11**). Pas question de mettre la perceuse ou le tour en marche pour réaliser l'enroulement de la mèche. Ceux-ci ne sont utilisés que comme supports afin d'avoir une main libre pour résiner tandis que l'autre tient la mèche.

L'enroulement doit être régulier, sans trou, sinon l'aspect final sera désastreux. De la même façon que nous l'avons fait pour la plaque, après l'avoir généreusement enduit de résine il faudra «pomper » l'excédent. Le diamètre du tube sera d'environ 8mm. Nous l'ajusterons plus tard par ponçage quand il sera bien sec.

2ème tube

Même procédé que pour le premier, sauf que l'enroulement se fera sur un foret de 5mm. Les

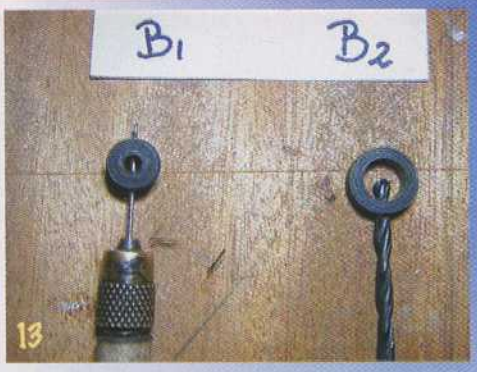


dimensions du tube sont de 10mm de large et 10mm de diamètre. Les flancs seront découpés toujours dans une carte de crédit et espacés de 10mm. Ils seront rentrés en force sur le foret et éventuellement collés provisoirement à la cyano.

Construction du module de réduction.

Fabrication des bagues B1 et B2

Nos deux tubes secs, nous allons les mettre aux bonnes dimensions à l'aide d'un tour ou d'une perceuse préalablement calé(e) avec soin pour être utilisée comme un tour. Munissez-vous d'une cale à poncer, de papier abrasif : ajustez la cote du premier tube à 7mm de diamètre et celle du deuxième à 9mm (**photo 12**). Cette opération terminée, retirez la corde à piano et le foret de 5mm, devenus inutiles, pour ne conserver que les tubes de carbone. Tronçonnez ensuite le premier tube pour obtenir les deux pièces qui serviront à entraîner les manivelles. Leurs dimensions définitives sont : diamètre 7mm, épaisseur 5mm (nous appellerons ces 2 pièces B1). Même travail sur le deuxième tube pour dégager la pièce qui entraînera la couronne de sortie (nous appellerons cette pièce B2). Dimensions définitives : diamètre 9mm, épaisseur 3mm. N'oubliez pas de poncer soigneusement les faces de ces pièces : les collages n'en seront que meilleurs. Il va falloir maintenant percer les pièces B1 de part en part avec un foret de 0.7mm pour y insérer plus tard une goupille. La pièce B2 ne sera percée que d'un seul coté avec un foret de 2 mm. Voilà, vos bagues sont terminées (**photo 13**). Rangez-les soigneusement. Il serait dommage de les perdre...



L'axe principal A1...

... est réalisé en corde à piano de 2mm de diamètre. Sa longueur est de 25mm.

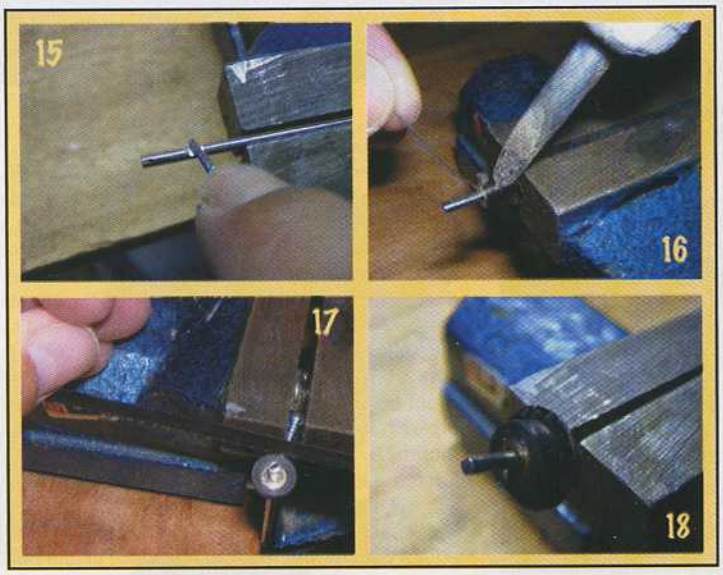
A l'aide d'un disque à tronçonner de 0,6mm d'épaisseur, faites une fente de 4mm de long aux deux extrémités de l'axe (**photo 14**). Le méplat devant servir à immobiliser la bague d'arrêt B3 sera réalisé à la lime ou au disque à tronçonner. Sa position sera déterminée en fonction de vos engrenages (**photo 15**). Agrandissez le trou de la bague d'arrêt B3 à 2mm. Pourquoi ne pas prendre directement une bague de 2mm ? Tout simplement parce que ses dimensions ne convenaient pas à mon montage !

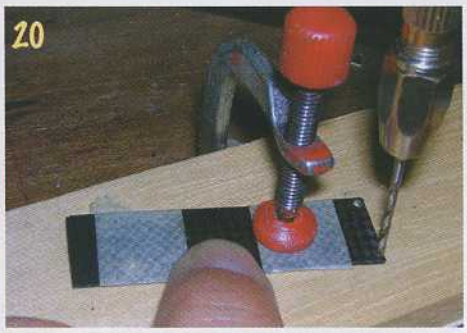
Positionnez B3 sur l'axe à l'emplacement du méplat. Serrez la vis et soudez l'ensemble avec de la soudure à l'étain (**photo 16**). Si la soudure prend mal, utilisez de la pâte décapante. Desserrez la vis et enlevez-là : vous n'en avez plus besoin. Enchassez et collez à l'époxy la pièce B2 sur la bague B3. Ajustez les trous pour qu'ils tombent en face. Insérez une vis de 2mm x 15mm dans ces deux pièces et serrez-la. Sectionnez la partie de la vis qui dépasse (**photo 17**). Une goutte de cyano dans le trou solidarisera cet ensemble. Dans la plaque de carbone, découpez un disque d'environ 12mm de diamètre (en fonction de la roue dentée) et percez son centre avec un foret de 2mm : ce sera la pièce B4. Glissez le disque sur l'axe A1 et collez-le sur l'ensemble B2, B3 (**photo 18**). L'axe est prêt à recevoir la roue dentée qui sera collée à l'époxy sur le disque de carbone. Vérifiez le bon alignement des pièces : la couronne doit tourner sans voilage ni décentrage. Si ce n'est pas le cas, recommencez ou corrigez le défaut car il en va du bon fonctionnement de la machine.

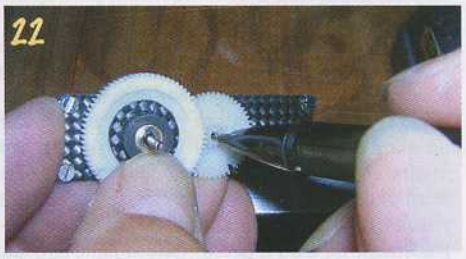
Les flancs F1 & F2

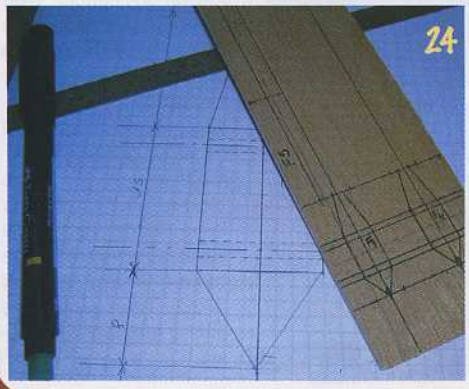
Dans la plaque réalisée précédemment, découpez aux ciseaux deux rectangles de 52mm x 15mm (**photo 19**). Ils constitueront les flancs du réducteur (baptisés F1 & F2). Veillez à ce que leurs dimensions soient identiques et maintenez-les plaqués l'un sur l'autre avec du ruban adhésif pour réaliser des perçages similaires sur les deux flancs. A partir de là, ne désassemblez plus les deux pièces tant que les percements ne seront pas terminés.

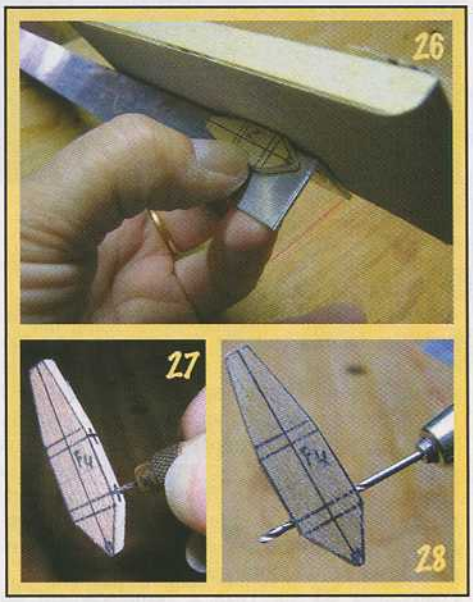
Commencez par percer F1 et F2 aux quatre coins avec un foret de 1,6mm (**photo 20**) et vissez provisoirement les deux flancs ensemble, retirez le ruban adhésif qui va gêner pour la suite. Vous aller maintenant réaliser l'orifice qui va recevoir les roulements de l'axe de sortie. Commencez par faire un avant-trou à 17mm du bord puis agrandissez-le avec une lime (**photo 21**) afin que le roulement à bille rentre en forçant légèrement. Ne vous pressez pas : il faut agir avec précision. Le plus difficile reste à positionner le deuxième roulement le plus précisément possible afin d'avoir un entre-dent correct. Pour cela, il faut d'abord mettre en place l'axe A1 et sa couronne C1 puis positionner l'autre roue dentée C2. Il suffira ensuite, à l'aide d'une pointe, de marquer l'emplacement du trou à percer (**photo 22**). Agrandir le trou comme précédemment en contrôlant en permanence l'évolution de celui-ci. Vérifiez que l'entre-dent est bon en montant le train d'engrenage à blanc. Si votre travail est correct vous pouvez désassembler les deux flancs. Il faut maintenant percer sur le flanc F1 les lumières en forme de haricot (voir plan) qui vont permettre de visser et de régler la position du moteur. Sur l'autre flanc (F2), n'oubliez pas de percer les 3 trous de 3mm qui permettront de visser le moteur et de contrôler l'entre-dent entre le pignon-moteur et la roue dentée (**photo 23**). Les flancs terminés, nous allons attaquer le châssis.

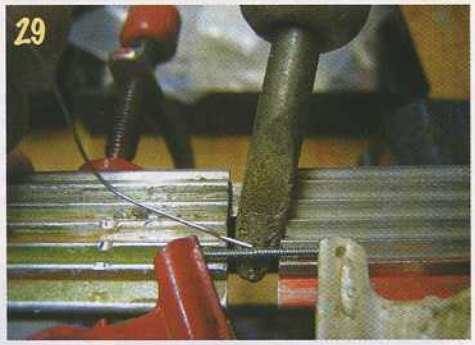












Le châssis

Tracez avec précision les trois pièces F3, F4, F5, qui composent le châssis sur du contre-plaqué de 3mm (**photo 24**). Découpez les pièces avec soin à l'aide d'une scie à chantourner (**photo 25**). Poncer les pièces finement. Vous pourrez vous aider d'une cornière en Alu pour obtenir des chants parfaitement droits et d'équerre (**photo 26**). Les deux pièces F3 et F4 seront ensuite percées de part en part. Pour cela, commencer par faire un avant-trou avec un foret de 1mm. Aidez-vous des repères tracés sur la pièce pour percer droit (**photo27**). Agrandissez ensuite les trous jusqu'à la cote désirée avec un foret de 1,6mm (**photo 28**). Si vous n'avez pas réussi à vous procurer de vis M1,6 assez longue, souder-en deux de 12mm bout à bout. Coupez-leur tout d'abord la tête puis maintenez-les en place dans deux morceaux de profilé rainuré cité plus haut, puis soudez à l'étain (**photo 29**). Il faudra en réaliser quatre. Glissez ces vis dans les trous précédemment percés des couples F3 et F4 et injectez de la cyano pour les immobiliser. Montez les flancs F1 et F2, serrez-les avec des écrous, puis ajustez et collez la pièce F5. Il ne reste qu'à coller le patin en jonc de carbone de 1mm. Votre montage doit ressembler à la photo (**photo 30**). Poursuivons en perçant le couple arrière du châssis d'une profondeur de 1cm (**photo 31**). Veillez à ce que le trou soit dans l'axe du futur emplacement des ailes. Aidez-vous du tracé réalisé sur la pièce F5. Introduisez un jonc de carbone de 1,5mm. Vérifiez qu'il est bien positionné, puis collez-le. Découpez dans la plaque de carbone la pièce F6 et collez-la en place. Positionnez le jonc de carbone de 1mm en laissant un espace au niveau du croupion pour y enfoncer la tige de l'empennage. Percez les deux trous de fixation des ailes. Le châssis est terminé. Vous pouvez le vernir ou le peindre (**photo 32**).

L'axe A2

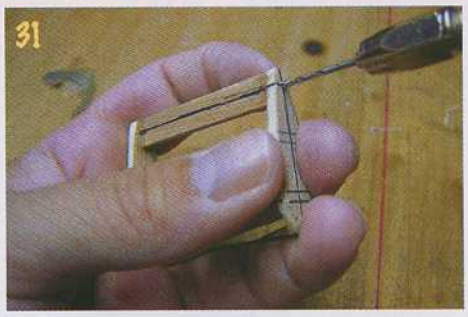
Préparez un axe en carbone de 2mm x 25mm, collé à mi-longueur dans le moyeu de C2.

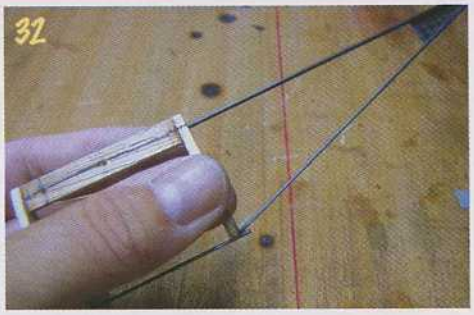
Montage du réducteur

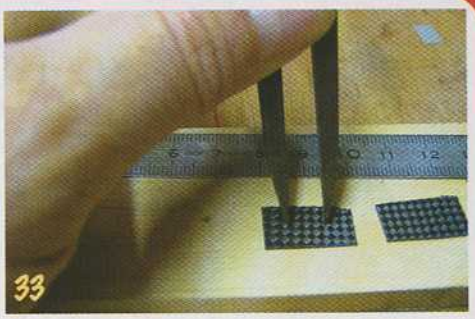
Les flancs F1 et F2 démontés, installez les roulements avec l'épaulement à l'intérieur et collez-les. Glissez de petites bagues réalisées en gaine thermo-rétractable de part et d'autre des axes A1 et A2 afin de régler la position des couronnes et d'éviter qu'elles ne se frottent. Placez l'axe A1 dans son emplacement puis l'axe A2. Assemblez les flancs sur le châssis. Faites un essai en faisant tourner les engrenages. Il ne faut pas qu'il y ait de point dur ou de frottement. Vérifiez aussi l'entredent. Tout doit tourner librement. Si ce n'est pas le cas, ajustez les roulements ou les flancs avec plus de précision. Une fois les essais terminés avec succès, collez les bagues de blocage, coupez l'axe A2 à la bonne dimension et protégez le réducteur contre d'éventuels résidus qui pourraient bloquer roulements et pignons. Nous monterons le moteur plus tard, en même temps que l'électronique.

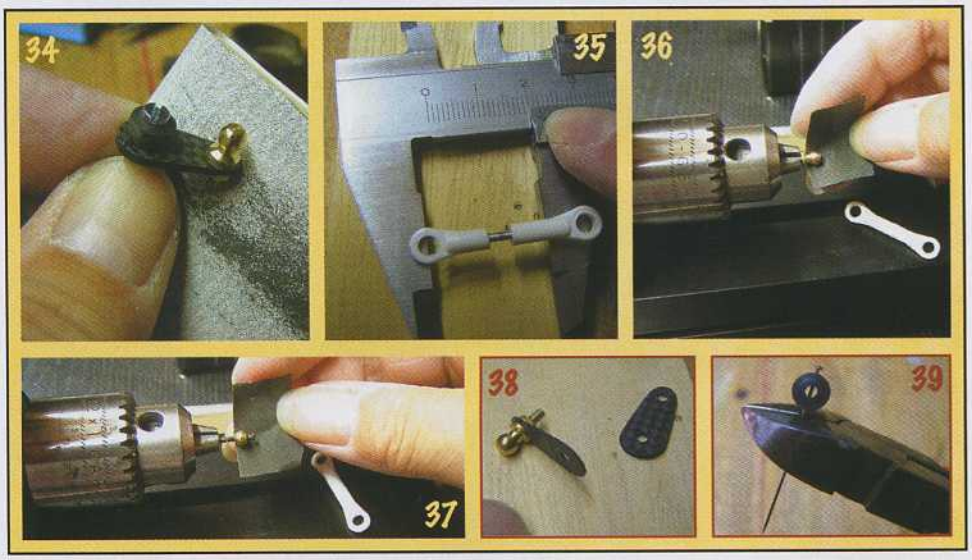
Fabrication des manivelles et des bielles

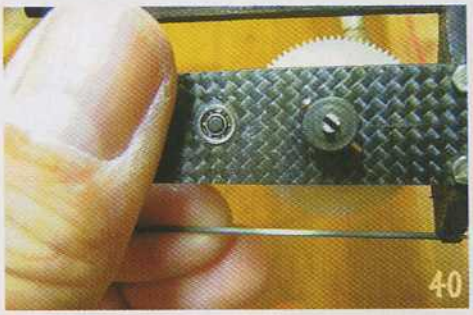
Découpez dans la plaque de carbone deux rectangles de 20mm x 10mm environ. Tracez avec précision l'emplacement des trous à l'aide d'un compas (**photo 33**). L'entre-axe est de 9mm. Percez ces deux pièces simultanément avec un foret de 2mm. Assemblez provisoirement les deux rectangles avec la rotule et la bague B1 puis



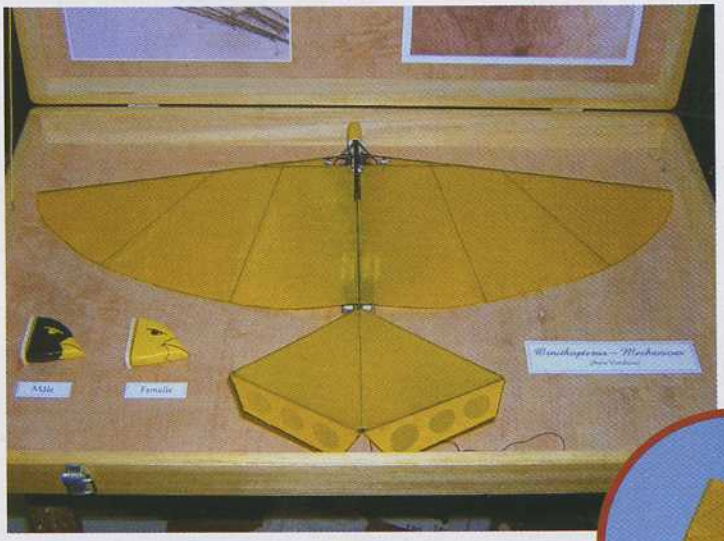


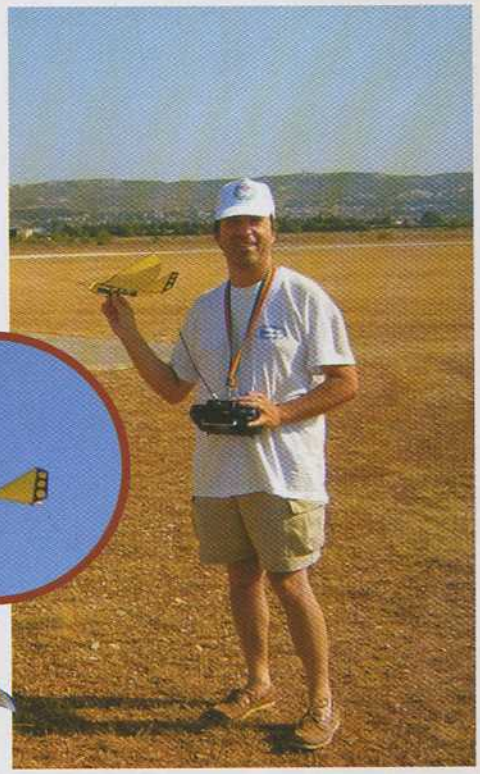






poncez délicatement afin d'éliminer le superflu (**photo 34**). La réalisation des bielles ne pose aucun problème. Raccourcissez les chapes afin d'avoir l'entre-axe des rotules espacé de 22mm et assemblez-les avec une vis de 2mm préalablement décapitée et coupée à la longueur (**photo 35**). Il faut maintenant roder les 4 rotules. Il suffit pour cela de les monter sur une perceuse puis de les poncer légèrement avec de l'abrasif fin (600 ou plus) et de l'eau (**photo36**). Il faut que les chapes puissent bouger avec un minimum de frottement et sans aucun jeu. Procédez lentement. Attention : les rotules des ailes sont différentes. Il faudra les coller à la cyano sur un foret de 1,6mm pour les roder (**photo37**). Pour décoller la rotule, chauffez-la avec un briquet. Ces opérations terminées, vous pouvez vissez les rotules épaulées sur les manivelles et couper l'excédent de filetage (**photo 38**).





Montage des manivelles sur l'axe de sortie A1

Préparez les deux bagues B1 en les munissant d'une épingle coupée à la longueur qui servira de goupille (**photo 39**). Glissez une bague B1 sur l'axe A1 (**photo 40**) et collez une manivelle sur la bague (**photo 41**). Attention à ne pas coller l'axe ! Pour cela, collez légèrement les pièces, retirez-les de l'axe et terminez le collage. Faites la même opération de l'autre coté en alignant parfaitement les deux manivelles. Méfiez-vous : un décalage important affecterait certainement le bon comportement de la machine.

Suite et fin le mois prochain

CUI-CUI, L'Ornithoptère