



Maquettes hélicoptères RC

Michel Maisons

Du rêve à la pratique...

Maitrisez les techniques de base pour construire votre maquette RC et la faire voler



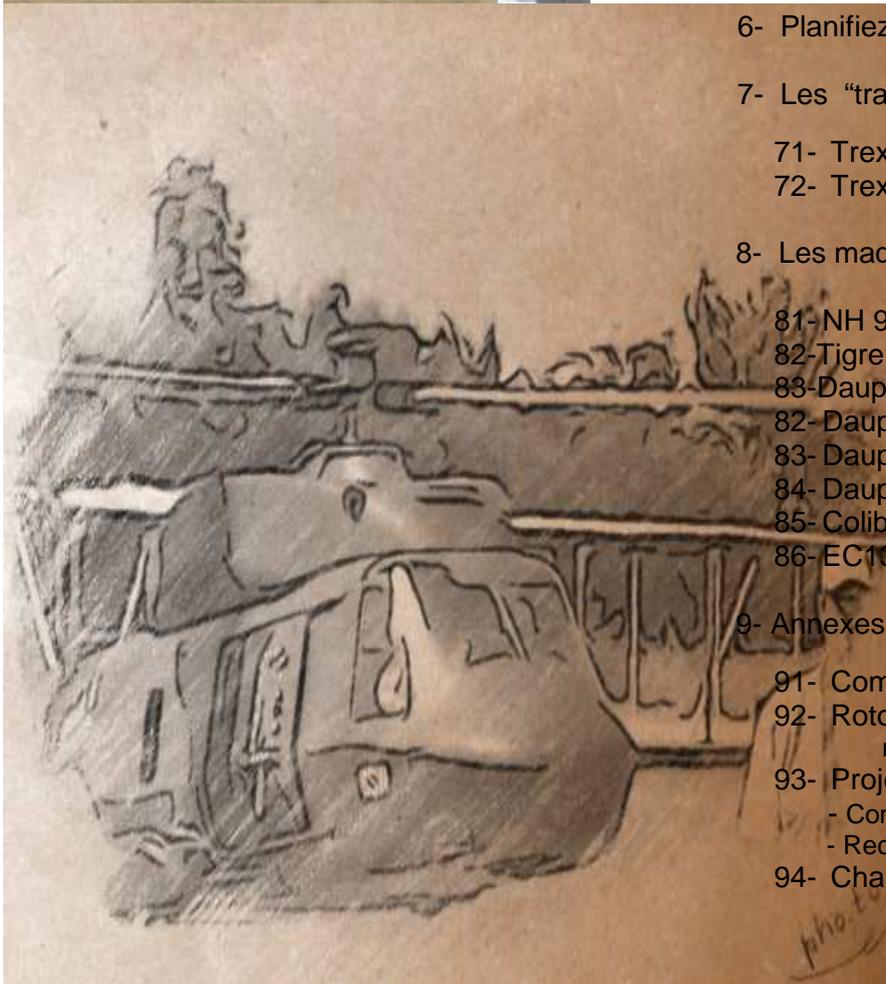
Bien débiter

- Choix du modèle
- Assemblage et réglages en atelier
- Mise en vol / mise au point
- Plan de progression

MAQUETTES HELICOPTERS RADIOCOMMANDES

Bien débiter et progresser

Michel Maisons



Sommaire

1- Introduction.....	page 4
2- Un peu d'histoire.....	5
3- Choix du model.....	10
4- Construction et réglages.....	14
5- Mises en vol / au point	16
6- Planifiez votre progression.....	17
7- Les "trainer".....	20
71- Trex 250.....	20
72- Trex 600.....	24
8- Les maquettes	28
81- NH 90 TTH.....	37
82- Tigre ALAT.....	42
83- Dauphin N2 Corée.....	55
82- Dauphin EC 155.....	62
83- Dauphin N2 Trento.....	73
84- Dauphin Scandcair.....	84
85- Colibri EC120.....	95
86- EC135 ADAC.....	99
9- Annexes.....	106
91- Comment ça vol ?	106
92- Rotors : stabilité versus maniabilité/ réglages.....	116
93- Projets recherche.....	122
- Commandes rotor innovantes	
- Recherche de la vitesse	
94- Championnat de France..	132

1 - Introduction

Les hélicoptères radiocommandés se sont développés rapidement ces dernières années pour plusieurs raisons. La maturité technologique des modèles proposés sur le marché, la conception optimisée, les matériaux et la fabrication industrielle de haute qualité, ont permis une réalisation précise garantissant fiabilité et performances. Une autre raison tient dans le progrès des ensembles radio programmables permettant des réglages qui auraient été impossibles mécaniquement, les fonctions de courbes de pas et de gaz permettent d'étendre le domaine de vol dont la seule limite est l'habileté du pilote et son imagination. Le succès des mini hélicoptères électriques a aussi facilité l'accès du hobby au plus grand nombre. La conjugaison de ces facteurs a soutenu la demande permettant de nombreux développements dont l'industrialisation massive, notamment par des sociétés Asiatiques, a permis la réduction du prix.

Le pilotage d'un modèle réduit d'hélicoptère est plus difficile à apprendre que celui d'un avion, sa construction est aussi plus critique. Une installation radio approximative, des commandes de vol imprécises, du balourd sur les rotors principaux et arrière ne sont pas acceptables. Le niveau vibratoire sollicite tous les assemblages qui doivent être parfaitement sécurisés. L'hélicoptère est intrinsèquement instable, vous devrez apprendre à le contrôler au prix d'une longue pratique. Lorsque votre oiseau sera prêt à prendre l'air un nouveau et excitant challenge vous attendra, patience et persévérance seront les ingrédients de votre réussite. Ce processus pourra être frustrant mais il vous apportera de

grandes satisfactions dès que vous commencerez à maîtriser le stationnaire, puis le vol d'avancement, les circuits, l'autorotation...et pourquoi pas le 3D.

La mise en œuvre d'un modèle réduit d'hélicoptère nécessite de nombreuses compétences en termes de réalisation, mise au point, maintenance et pilotage. Pour atteindre votre objectif l'acquisition des compétences de base sera indispensable avant de passer à l'échelon suivant, ne cherchez pas à courir avant de savoir marcher. Si vous êtes prêt pour ce nouveau challenge et désireux de consacrer du temps pour réaliser un appareil dans les règles de l'art et maîtriser son pilotage, les chapitres suivants vous apporteront les éléments pour réussir son assemblage et son premier vol. Relever ce challenge sera une grande source de satisfaction, il n'y aura aucune limite à votre progression qui dépendra uniquement de vous et de votre capacité à dépasser vos limites. Soyez courageux, visez les étoiles cela vous permettra d'atteindre les nuages ou plus. Votre rêve nourrira votre motivation pour progresser et lorsque les désillusions surviendront il vous fournira l'énergie pour continuer.

Ce livre est le résultat d'un travail d'équipe qui s'est prolongé sur de nombreuses années. Je voudrais souligner le rôle d'Yves Coron, Responsable des projets maquettes au sein d'Eurocopter, qui a su transmettre son expérience et motiver son équipe. Ma gratitude va aussi aux Directions Marketing, Communication et Recherche d'Eurocopter, qui ont sponsorisé l'activité maquettes.

2 - Un peu d'histoire

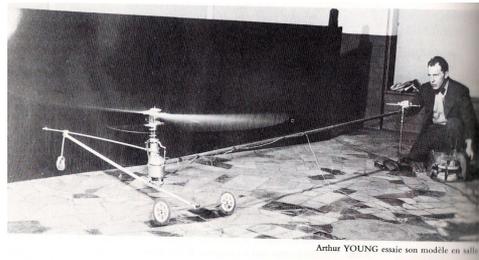
Des appareils fonctionnant en vol libre ont été mis au point dans les années d'après guerre. Leur mise au point est difficile. Ces modèles dérivés du concept mis au point par Launoy et Bienvenu utilisaient un moteur caoutchouc.



Concept Launoy et Bienvenu

L'utilisation d'un moteur thermique améliora la situation. L'architecture rotor contrarotatif était le plus souvent retenue, le moteur positionné sur le rotor principal entraînait une hélice de petit diamètre. Puis on utilisa des réducteurs de couple qui permirent de positionner le moteur dans le fuselage.

En 1940, Arthur Young a testé sur un modèle réduit un nouveau concept de rotor équipé d'un système destiné à améliorer la stabilité dynamique. Cette barre stabilisatrice a été appelée « barre Bell » car son idée fut retenue par le constructeur Larry Bell. Cette innovation a équipé le Bell 47G puis les appareils bipales développés par la société Bell.



Arthur Young teste son concept de rotor à balancier

Lorsque Dieter Schlutter a conçu son modèle réduit, 30 ans plus tard, il emprunta le concept de barre stabilisatrice développé par Arthur Young et y ajouta aux extrémités des palettes développées par Stanley Hiller d'où le nom barre Bell-Hiller. En plus de l'effet stabilisateur de la barre Bell, celle-ci –réduit les efforts de commande des pales les rendant compatibles avec la puissance de commande réduite disponible sur les servos commandes de l'époque. L'Allemagne a été le berceau des premiers prototypes, Dieter Schlutter a démontré, qu'un modèle réduit d'hélicoptère radiocommandé pouvait voler vers la fin des années 60. Le premier kit du Cobra, commercialisé début 1970, était motorisé avec un moteur thermique de 10cc, les pales en bois du rotor d'1m60 de diamètre avaient un pas fixe, il était caréné avec un fuselage en fibre de verre de Huey Cobra, hélicoptère d'attaque US.



Le Huey Cobra de Dieter Schlutter

En 1973 Franz Kavan a commercialisé un Bell Jet Ranger qui a été le premier à effectuer une boucle et une alouette.



Le Jet Ranger de F.Kavan, motorisé par un moteur thermique de 10cm³

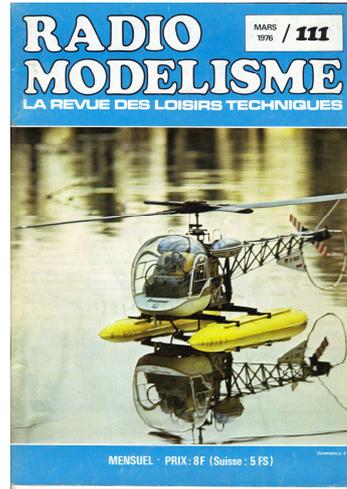


L'Alouette de F.Kavan, motorisée par un moteur thermique de 8 cm³

La société Graupner a commercialisé un Bell 212 puis un Bell 47G.

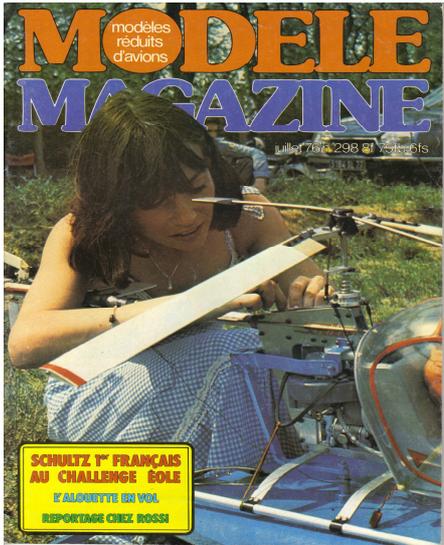


Le Graupner Bell 212 Twin Jet



En 1976 la revue Radio Modelisme présente le Graupner Bell 47G

Ces premiers modèles Allemand étaient des maquettes d'un appareil existant. Le fuselage monocoque en fibre de verre assurait la résistance structurale. Un bâti mécanique minimum supportait le moteur, la transmission et les commandes de vol. Vers 1976 sont apparus des modèles Japonais commercialisés par les sociétés Kalt et Hirobo. La société Anglaise Morley a commercialisé des modèles Lynx, Scout, Bell 47G, Agusta 109 et Hughes 300. Dieter Schlutter a développé fin 1970 l'Heliboy pour répondre à une demande de performance accrue. La structure était constituée de 2 plaques d'aluminium de 2mm d'épaisseur, un tube alu pour la poutre de queue, la tête rotor en balancier comportait une barre stabilisatrice Bell-Hiller et des pales en bois. Ce fut le premier appareil à connaître un succès populaire entre 1980 et 1983.



Heliboy de Schlutter

Ewald Heim a développé en 1983, l'une des mécanique qui est devenue la plus populaire en Europe, commercialisée avec un fuselage Bell 222 et Lockheed. Ces appareils légers et performant lui ont permis d'accéder aux podium des premiers concours internationaux.



Bell 222 commercialisé par la société Graupner

Puis des appareils d'entraînement sans fuselage, Hirobo Shuttle, Kyosho Concept, Kalt Space Baron, ont permis à de nombreux modélistes d'accéder à ce hobby. Après la maîtrise du vol stationnaire et d'avancement, ils étaient prêts pour des appareils plus évolués à pas collectif. Des composants métalliques moulés faisaient leur apparition dans les moyeux rotor, mais il n'y avait ni carbone ni usinage CNC. Les pièces en plastique moulé ont fait leur apparition vers 1984 avec le Shuttle 30 commercialisé par Hirobo. Ses flancs et les pièces mécaniques de la transmission et du rotor étaient en plastique à l'exception du mat rotor en acier. Puis la société Kyosho a commercialisé le concept 30 en 1988 développé par Mr Taya. Cet appareil tout plastique fut un best seller entre 1989 et 1995. En 1998 la société Taïwanaise Thunder Tiger a introduit le Raptor 30 tout plastique qui fut un succès mondial. Les processus de conception et d'industrialisation très sophistiqués mis en œuvre par ces sociétés Asiatiques ont permis d'obtenir des composants légers et robustes à un prix très compétitifs. Des appareils plus sophistiqués, Schlutter Champion et Magic, ...ont été commercialisés entre 1986 et 1988. La société US Miniature Aircraft a introduit avec la série des Xcell, les pièces fabriquées en carbone (flancs, derives...) et l'usinage CNC des composants métallique du moyeu rotor (plateau cyclique, porte pales...)

Entre 1972 et 2003 le marché était dominé par des appareils de la classe 60 (moteur 10cc) pesant environ 5kg avec un rotor de 1m60. Les modèles d'entrée de gamme Comportaient des pièces en plastique injecté, le carbone et les

pièces alu CNC étant réservées aux modèles haut de gamme. Pour répondre à un besoin de puissance les appareils de la classe 90 (moteur 15cc) sont apparus en 2003. Thunder Tiger a été la première société à proposer des kits de conversion pour transformer leur modèle classe 60 en 90; puis ont été commercialisé le MA Fury extreme et Raptor 90.



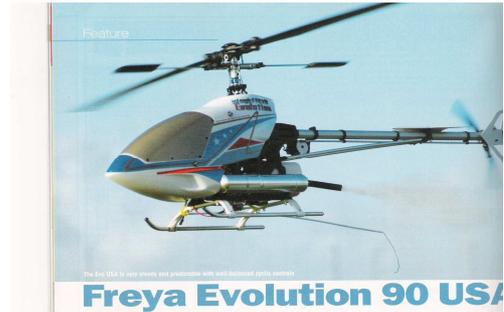
Millennium III Pro
Millennium commercialisé par la société Robbe



Raptor 90SE
Raptor commercialisé par Thunder Tiger



Fury
Fury commercialisé par Miniature Aircraft



Freya Evolution 90 USA
Freya commercialisé par Hirobo



Sylphide 90
Sylphide 90 commercialisé par JR propo

Au milieu des années 80 sont apparu des hélicoptères à propulsion électrique (accu NiCad 1700mA): le Kyosho EPconcept, Ikarus eco8. Le marché a explosé fin 1990 avec les micros hélicoptères Piccolo et Hornet qui ont été largement copié. Ils sont devenus vraiment performant et populaires en 2003 lorsque les moteurs brushless et les accus Lithium Polymère ont été disponibles et abordable.



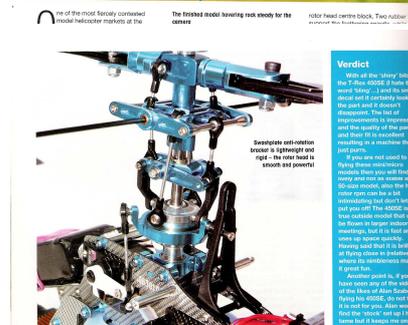
Picolo commercialisé par Ikarus

Puis les modèles Logo commercialisés par la société Mikado ont dominé le marché.



Logo 14 commercialisé par Mikado

En 2004 la société Taïwanaise Align a développé à partir de la conception du Raptor un mini hélicoptère motorisé par un brushless Speed 400 avec une batterie 3S LiPo le Trex 450 qui a conforté la révolution électrique.



Trex 450 et son moyeux rotor en aluminium anodisé bleu

La société Taïwanaise Align a su capter les besoins du marché et développer une gamme complète du mini électrique Trex 250 au Thermique 3D Trex 700.



Trex 600 motorisé par un moteur thermique de 8cm3



La gamme Align du TRex 250 au TRex 700

3- Le choix du modèle

La première exigence est de choisir un hélicoptère qui corresponde à vos besoins. Souhaitez-vous faire du vol loisir, sportif 3D ou de la maquette ? Le choix de l'objectif vous aidera à prendre une décision. Il faudra aussi trancher la question de la taille et de la puissance. Pour des vols 3D la classe 50 est un bon choix, vous pourrez tester des figures à risque sans trop de conséquences sur votre budget. Il sera possible de rendre l'appareil calme ou agressif pour le vol 3D en jouant sur les réglages. Si vous choisissez un modèle classe 90, il vous coûtera plus cher à l'achat et à opérer mais il sera plus stable notamment dans le vent. Reste les modèles électriques, comme pour les motorisations thermique plus l'appareil est gros plus il est cher. Une mauvaise décision pourrait rendre plus difficile votre progression. Il n'y a pas de modèle plus facile à piloter que d'autres, chacun à sa personnalité et son comportement dépend du compromis stabilité/maniabilité recherché et des réglages effectués. Ce sont les réglages des courbes de pas, de gaz et les débattements des commandes de vol qui font qu'un appareil est calme ou agressif donc convient à un débutant ou à un pilote expérimenté.

L'offre étant pléthorique une classification est nécessaire. Le marché des modèles thermiques peut être segmenté en 3 catégories qui sont caractérisées par la puissance du moteur donc le diamètre du disque rotor:

Classe 30/36 : cylindrée de 5 à 6cc

Classe 40/50 : de 6.5 à 8cc

Classe 60/90 : de 10 à 15cc

Les sociétés Align, Kyosho, Thunder Tiger, JRpropo, Hirobo, Miniature Aircraft, commercialisent des kits dans chaque catégorie avec leur gamme Trex, Concept, Raptor, Sylphide, Vibe, Xcell,

Les principales sociétés qui conçoivent, produisent et commercialisent des kits sont :

- **Asie** : Kyosho, Hirobo, Mikado, JRpropo, Thunder Tiger, Align, Gai, Walkera,..
- **Europe**: Vario, Graupner, Robbe, Henseleit, ElyQ...
- **USA**: Miniature Aircraft ...
- **Grande Bretagne**: Century, E-Flite, Twister...

Pour les modèles éclectiques le choix est aussi pléthorique, on distingue 5 segments : micro, mini, petit, moyen et grand. Les avancées technologiques et l'explosion du marché les a rendus très compétitifs en performance et en prix, ils représentent la majorité des développements. Leurs performances sont remarquables, ils sont maintenant au niveau des motorisations thermiques. Un thermique classe 90 délivrera 2,5 à 3kw, un moteur électrique alimenté par une batterie 12S LiPo permet des pics de 5kw (masse 6.5kg) Durant les 20 dernières années leur endurance a augmenté de 5% par an. La plupart peuvent effectuer 10 minutes de vol avec des accus LiPo.

Le nombre de modèles disponibles dans chaque catégorie diminue avec la taille. C'est une pyramide avec quelques modèles très chers au sommet et une pléiade de modèles bon marché à la base. Il y a environ 100 types de micro hélicoptères et une dizaine de grands modèles. Les précurseurs sont le Piccolo Ikarus et le Hornet MS composite, développés il y a dix ans. Puis sont apparus les modèles d'entrée de gamme électriques, les contrarotatifs Hirobo XRB coaxial, Horizon Blade, Gai Hurricane 200, Trex 250, PicoZ et de nombreux clones coaxiaux et les micro PicoZ. Des fuselages permettent de les transformer en maquette très réaliste (Funkey, Thunder Tiger) .

A l'autre bout de l'échelle on trouve de grosse maquettes produite par Vario, Starwood scale models ou de petites entreprises artisanales (Baumann, Scalecopter...) avec des rotors supérieur à 2m et une masse supérieure à 15kg, souvent motorisé avec une turbine et comportant beaucoup de détails maquette, ce qui renforce leur coté exotique et les rend très différents. Ces modèles sont très chers et demandent beaucoup de précautions de mise en œuvre et de maintenance. Ils sont impressionnants à faire voler compte tenu de leur présence en vol, de l'enjeu financier en cas de crash et ils ne pardonnent pas en cas de défaillance technique.

Je vous propose de passer en revue les principaux critères pour guider le choix de votre modèle

3.1- Petit ou gros ?

Les hélicoptères de la classe 60/90 volent mieux, ils sont plus précis, prévisibles et stables. Ils ont plus d'inertie et de présence en vol.

Les classes 30/50 sont plus abordable financièrement. Le prix d'achat, la consommation carburant et le cout des pièces de rechange réduiront l'enjeu financier en cas de crash donc votre niveau de stress, votre progression sera facilitée. Lorsque la taille de l'appareil diminue son inertie aussi, il est plus nerveux, plus sensible au vent et moins visible, il a des commandes de vol moins précises et nécessite moins de rigidité de part sa masse réduite. Les servos sont moins puissant donc moins cher, la consommation carburant réduite de 40% environ. C'est donc votre budget qui orientera en partie votre choix. Dans chaque catégorie vous trouverez des versions différentes qui se différencient par la nature des matériaux utilisés (plastique, carbone, aluminium) et le nombre de roulements équipant la mécanique.

3.2- Quelle architecture ?

La cinématique d'entraînement du rotor principal est assurée par des roues, pignons et/ou courroies. La transmission par courroie est souple mais les pertes par frottement sont plus importantes. Elle nécessite plus de maintenance (réglage de la tension, usure). La tendance actuelle est d'avoir un seul étage de réduction avec une roue solidaire du mat rotor entraînée par un pignon fixé sur la cloche d'embrayage du moteur. Cette conception plus légère et plus compacte comporte un minimum de pièce. La transmission arrière doit être sans jeux afin d'obtenir une meilleure précision de commande et une action du gyroscope efficace. Le choix est entre une transmission par courroie crantée ou par un tube rigide. Une courroie fonctionne très bien, c'est une solution simple et légère plutôt réservée aux petits modèles. L'entraînement par tube nécessite une boîte de transmission arrière et la réalisation d'un alignement parfait. La stabilisation du rotor peut être obtenue avec un dispositif mécanique "barre Bell-Hiller" qui agit comme un pilote automatique (PA) mécanique. Une stabilisation électronique est aussi possible à l'aide de gyroscopes placés sur les axes roulis et tangage. De nombreux systèmes sont commercialisés. Ils sont faciles à installer, à régler et leur fabrication de masse par des sociétés Asiatiques les rend plus abordables. Ces PA électroniques permettent de réduire la trainée du rotor donc d'améliorer sa performance. Ils permettent aussi une simplification de la commande du rotor en réduisant le nombre de pièce, la commande de pas est directe entre le plateau cyclique et les pales. Les rotors multipales sont affectés par des effets induits, roulis et autocabrage, qui compliquent notablement le pilotage. La stabilisation électronique permet de les rendre maitrisable sans un apprentissage laborieux.

3.3- Le choix du moteur : électrique ou thermique ?

Toute solution technique présente l'inconvénient de ses avantages ;
Passons-les en revue :

Un modèle thermique nécessite un équipement de démarrage et du carburant, l'électrique un chargeur et un équilibreur adapté. L'investissement initial est plus élevé pour l'électrique car les batteries sont chères. Par contre les frais de fonctionnement sont plus élevés pour le thermique à cause du carburant. Globalement le coût des 2 solutions est comparable. Il vous faudra plusieurs batteries pour le modèle électrique car si vous rechargez sur la voiture, à la fin de la journée elle risque de ne plus démarrer. Le thermique ne nécessite qu'un plein carburant pour enchaîner les vols. C'est donc maintenant à vous de prendre une décision en fonction de ces considérations. Les performances des premiers modèles électriques étaient marginales à cause de la première génération de moteurs qui chauffaient et avaient de faible rendement. Le développement des moteurs électriques brushless et des batteries Lithium Polymère (LiPo) ont permis un formidable développement de l'offre des modèles électriques dont les performances n'ont plus rien à envier à leur équivalent thermique. Les bas coûts de fabrication en Asie les rendent compétitifs.

Pour une maquette le choix d'une turbine ajoute au réalisme, bruit et odeur de kérosène donnent l'impression d'être sur un tarmac. C'est l'étape ultime de réalisation d'une maquette conforme à l'original. La puissance permet d'ajouter de nombreux détails maquette sans être limité par le devis de masse. Les turbines de dernière génération peuvent être installées sur le plancher mécanique libérant ainsi le cargo pour plus de réalisme.

On trouve aussi sur le marché des moteurs à essence (Zénoa...) dont le coût d'utilisation est faible et ils possèdent un démarreur intégré. Leur fiabilité est excellente par contre à iso puissance ils sont plus lourds et vibrent plus.

Quel pilote êtes-vous ?

Ce hobby comporte de multiples facettes et au fur et à mesure du développement de vos capacités vous pouvez évoluer dans différentes disciplines.

Quel est votre profil? (ils ne sont pas nécessairement exclusifs)

Les pilotes du dimanche : c'est la catégorie la plus importante, leur but est de prendre plaisir à faire évoluer leur appareil en fonction de leur capacité et avec une prise de risque minimale.

Les compétiteurs : ils aiment pousser leur appareil et leurs capacités aux limites. Ils participent à toutes les compétitions, pour gagner, Ils ont la « niaque ». Ils achètent le matériel le plus sophistiqué et le plus cher. Les meilleurs savent vraiment comment régler une machine. Jusqu'à ce qu'ils vous perçoivent comme une menace, ils sont une bonne source d'information, changent souvent de machine qui peuvent constituer de bonnes occasions.

Les maquettistes : ils aiment reproduire un hélicoptère échelle 1, avec autant de détails que possible. Ils préfèrent souvent construire que piloter et passent beaucoup de temps dans leur atelier à réaliser la machine de leur rêve.

Les pilotes 3D : il s'agit de la voltige extrême, sans dessus dessous. Les figures doivent être réalisées aussi bien sur le ventre que sur le dos, en vol d'avancement et en marche arrière. Les réglages sont spécifiques (grands débattement des commandes de vol) afin de pouvoir effectuer sur place boucle et tonneau et cela au ras du sol. Avec l'arrivée sur le marché de modèles très motorisés et performants cette activité est devenue très populaire notamment aux états unis et en Asie.

Malgré cette classification, un peu caricaturale, le spectre d'évolution est continu et vous n'êtes pas forcément cantonné à une seule discipline.

Cependant il est important que vous en choisissiez une car elle conditionnera le choix de votre matériel. Le compétiteur aura besoin d'un matériel haut de gamme, très performant et à la pointe de l'évolution technologique, donc très cher. Le pilote du dimanche se contentera d'un appareil fiable de gamme intermédiaire. Pour faciliter la décision, la visite d'un club local vous permettra de voir les modèles mis en œuvre, on vous conseillera sur les marques, leurs avantages et inconvénients. Vous pourrez aussi bénéficier d'aide pour les réglages et le premier vol.

Puisque vous avez pris une décision quant à la taille et la spécification de l'appareil qui correspondrait au type de pilotage que vous souhaitez, vous pouvez maintenant comparer les marques X et Y, c'est le moment de réduire vos possibilités de choix mais la profusion de l'offre ne vous aide pas. Le prix reste un critère important, la nature humaine nous pousse à rechercher une affaire. Demandez-vous si c'est vraiment une affaire et si elle correspond bien à votre besoin. La disponibilité et le cout des rechanges font partie de l'équation.

Si vous hésitez encore prenez l'avis des membres d'un club local, si ils ont le même modèle ils pourront vous aider lors de la mise au point, ou référez vous à un test paru dans une revue spécialisée.

Le facteur final de décision : le modèle doit vous plaire si vous m'aimez pas son look ne le prenez pas. Si vous l'aimez vous en serez fier et progresserez plus vite.

En résumé vous devez aimer le modèle et sa spécification doit correspondre à votre besoin. La mécanique doit être simple et facilement réparable, les pièces de rechange disponibles et bon marché.

4 - La construction et les réglages

Le soin apporté à la construction est très important car sa qualité vous permettra de garantir la fiabilité de votre modèle. Beaucoup d'erreur de montage sont imputables à la précipitation et/ou au non respect du processus détaillé dans la notice d'assemblage. C'est une question de méthode et de comportement, rigueur et patience sont de mise. La moindre négligence : manque de frein filet, mauvais couple de serrage, mauvais cheminement des fils électriques... sera amplifiée sous l'effet des vibrations et pourrait avoir des conséquences catastrophiques. Identifiez bien les composants ou les liaisons critiques dont la défaillance conduit au crash : pales, liaison mat/moyeux, composants vitaux simplex. Tout est dans la préparation, réfléchissez bien avant de commencer étudiez les instructions, construisez d'abord dans votre tête et déterminer les outillages dont vous aurez besoin. Si vous êtes fatigué, faite un break relaxez vous et changez vous les idées, vous serez plus performant après. Préparez votre plan de travail, déballez les composants dans une boîte, cela vous évitera des recherches à quatre pattes sur le plancher. C'est le maillon le plus faible qui détermine la fiabilité d'une chaîne. Tout système mécanique comportant plus de 2 éléments n'est fiable que si les 2 remplissent leur rôle. Si un composant critique est défaillant l'appareil peut être perdu. Sur nos maquettes nous nous concentrons sur la transmission mécanique dont la fiabilité dépend des vis et des écrous dont la tenue dépend du couple de serrage, dont la pérennité dépend du frein filet. Nous veillons aussi à l'isolation des composants électroniques sensibles aux vibrations et au frottement des fils sur les parties structurales.

Je vous propose en annexe de nombreux exemples de montage et le retour d'expérience de leur mise au point afin de partager le savoir faire et les astuces de réglage. Voici quelques principes pour assurer Le réglage mécanique des commandes de vol

4.1- Rappel du fonctionnement des commandes de vol :

L'incidence des pales varie lorsque le plateau cyclique se déplace verticalement pour le contrôle du collectif ou bascule pour la commande cyclique de pas. En fonction de la position de l'attache de la biellette de pas sur le levier de mixage, plusieurs trous sont disponibles, l'angle de pas augmente ou diminue pour un même déplacement du plateau cyclique. Il est aussi possible de modifier cette sensibilité en modifiant le déplacement ou l'inclinaison du plateau cyclique. Le taux de mixage de la barre Bell Hiller conditionne la variation de l'angle de pas lorsque la barre s'incline. Ce taux est compris entre 60 et 100% ; Par exemple un taux de 70% signifie que lorsque la barre s'incline de 10° le pas varie de 7°. Plus le taux est élevé plus l'effet stabilisateur est important. Cela revient à augmenter le gain de ce pilote automatique mécanique.

Effet du mixage de la barre Bell Hiller sur la commande et la stabilité : une palette profilée est fixée aux extrémités de la barre Bell. Lorsque le plateau cyclique bascule il modifie l'angle d'attaque des palettes faisant basculer la barre à son tour. Etant lié aux pales par l'intermédiaire des biellettes et du levier de mixage, leur incidence varie. Si l'hélicoptère est perturbé par une rafale de vent la barre bascule et modifie le pas afin de le stabiliser en le ramenant vers son assiette initiale. En fonction de la position du point d'attache de la biellette sur le levier de mixage l'importance de la correction varie. Si on réduit la surface de la palette l'effet aérodynamique est réduit et l'effet de stabilisation gyroscopique augmenté. Il est aussi possible de lester les palettes pour augmenter l'effet stabilisateur. Plus de stabilité implique moins d'agilité.

4.2- Réglage de la chaîne de commande du rotor principal :

La base est le réglage du pas en stationnaire à environ 5 degrés, manche de gaz au centre.

Mettre le plateau cyclique en position horizontale, débrancher les guignols sur les servos, allumer la radio pour trouver le neutre du servo puis positionner le guignol perpendiculairement au boîtier du servo. Les leviers du washout sont horizontaux. Ajuster la longueur des biellettes pour obtenir environ 5 ° de pas à mi course du manche cyclique, correspondant au vol stationnaire. Régler ensuite le pas mini (-3°) avec manche de gaz en position basse, puis le pas maxi (10°) manche de gaz en position haute.

4.3- Réglage de la chaîne de commande du rotor arrière :

La position neutre doit permettre d'équilibrer le couple du rotor principal.

Cela correspond à quelques degrés d'incidence sur les pales arrières.

Réglage du gyroscope

Vérifier le sens de la correction : un ordre en lacet avec l'émetteur tenu derrière le modèle, doit correspondre à un déplacement de l'incidence inverse au déplacement du manche

4.4- La programmation de la radio :

Vous devez programmer dans votre émetteur plusieurs phases de vol afin de ne pas avoir à modifier les réglages au fur et à mesure de votre progression.

Mode normal : c'est le mode de démarrage et de décollage. L'origine de la courbe de gaz correspond au régime ralenti du moteur et permet de le régler précisément. Réglez la courbe de pas afin que la position médiane du manche cyclique corresponde au pas en stationnaire (environ 5 degrés). Vous pouvez créer un palier autour de la valeur de pas stationnaire pour adoucir la réponse. La courbe de pas et de gaz sont 2 fonctions indépendantes qui sont mixées

électroniquement par la radio. L'objectif est d'obtenir une vitesse de rotation constante du rotor dans tout le domaine de vol. Le bon fonctionnement du rotor anticouple et du gyroscope est conditionné par ce régime constant du rotor principal. Si le régime varie la compensation anticouple va fluctuer au détriment de la souplesse de fonctionnement.

Idle up 1 : Avec ce mode le régime moteur sera augmenté à faible pas afin de réaliser des descentes en conservant les tours rotor. Le régime de rotation doit être maintenu sur toute la plage de pas entre 1300 et 1500 tours.

Idle up 2 : ce mode doit permettre de réaliser des figures de voltige. Le nombre de tour rotor sera augmenté entre 1600 et 1800 tours. Le pas négatif ira jusqu'à -10 degrés. Cela permettra de tenir les sections vol dos des boucles et des tonneaux.

Autorotation: à programmer sur un switch spécifique avec -4° de pas et régime ralenti.

5- La mise en vol et les mises au point

Les réglages sur le terrain sont multiples et leur interdépendance peut prêter à confusion vous contraignant à tourner en rond avant d'atteindre un niveau satisfaisant. Les réglages de base du chapitre précédent ont été effectués.

Assurez-vous que votre fréquence est libre, puis vérifiez le fonctionnement des commandes de vol. Assurez-vous que les batteries de l'émetteur et du récepteur sont correctement chargées.

Vous devez être calme et relaxé mais vigilant. Prenez le temps d'effectuer une check liste complète avant vol. Rappelez-vous que les réglages nécessitent une approche méthodique, la précipitation peut au mieux conduire à un résultat médiocre au pire catastrophique. Vous êtes prêt à démarrer le moteur : vérifiez si la position ralenti du manche de l'émetteur correspond bien à la position fermée du boisseau situé sur le carburateur. Une vérification visuelle de la position de la commande sera confirmée par un test de sonorité. Actionnez le démarreur, en position ralenti le bruit est plus atténué qu'en position plein gaz. Le pointeau du moteur est ouvert selon les instructions de sa notice d'utilisation. Moteur ralenti, effectuez un essai de portée, antenne rentrée, à une distance de 50m. Vous devez obtenir un ralenti stable, régler si nécessaire la vis de richesse, ajustez le point bas de la courbe des gaz. Si le moteur ne tient pas le ralenti le mélange est trop riche, s'il s'emballe avant de caler le mélange est trop pauvre. L'étape suivante est le stationnaire qui va permettre d'ajuster les courbes de gaz et de pas afin d'obtenir un décollage à mi course du manche collectif. La fumée doit être dense, signe d'un bon refroidissement du moteur, sinon régler le pointeau cran par cran pour enrichir le mélange. Le réglage de la carburation doit aussi être fait plein gaz/plein pas : monté à environ 2m en surveillant le volume de fumée, s'il se réduit le mélange est trop pauvre

dévisser d'un cran le pointeau et visser légèrement le contre pointeau afin de ne pas perdre le réglage du stationnaire. Répéter l'opération jusqu'à ce que la fumée reste visible lorsque vous accélérez. Votre appareil est stable en stationnaire, trim réglés, il faut maintenant ajuster les courbes pas/gaz. Le but est d'obtenir un régime de rotation constant dans tout le domaine de vol. Effectuez une montée verticale le régime rotor ne doit pas varier et la queue doit rester stable. Si le régime diminue remontez la courbe de gaz ou réduisez la courbe de pas afin de rester à iso puissance. Si la queue dévie augmentez le gain du gyroscope si elle oscille réduisez le. Recommencez le test en phase de descente même raisonnement pour les corrections éventuelles.

6- Planifiez votre progression

Vous disposez maintenant d'un appareil opérationnel bien réglé. Vous souhaitez progresser, il faut donc planifier soigneusement cette progression en définissant des étapes clé. Votre courbe d'apprentissage sera influencée par plusieurs facteurs matériels, liés à la fiabilité de votre trainer, et psychologique, liés à votre comportement notamment suite à un crash qui est toujours un grand moment de solitude. La première condition est de disposer d'un appareil bien réglé mécaniquement et électroniquement. Votre préparation mentale est le 2ieme point. L'identification d'un objectif précis (sport / compétition, maquette, vol 3D...) vous permettra de répondre à la question : suis-je prêt à risquer mon appareil bien réglé pour progresser ? La 3ieme étape est d'identifier vos points faibles, cela peut concerner tous les domaines, depuis charger les batteries, vérifier le jeu des rotules, jusqu'à effectuer la check liste avant vol. Une fois identifiés vous devez améliorer ces points et les transformer en forces. Une évaluation régulière de vos compétences stimulera votre courbe de progression. Portez un jugement critique sur vous mais de manière positive et assurez-vous que vous faite quelque chose pour corriger. C'est la méthode PPDC (Program Plan Do Check).

61- L'importance des basiques

Quels sont-ils ? Un pilote 3D a une gamme très étendue qui est composée de quelques figures de base, boucle, tonneau, flip, vol dos, vol arrière, pirouette, autorotation, dont la combinaison permet

l'exécution de figures complexes. Ces figures de base doivent être parfaitement maîtrisées afin de passer à l'étape suivante et progresser. Une confiance totale dans votre capacité à maîtriser votre appareil dans l'exécution des figures de base, à différentes vitesse / altitude, est indispensable avant de passer à l'étape suivante. Effectuer boucle et tonneau à pleine vitesse est impressionnant mais si vous ne maîtrisez pas le vol de face en stationnaire vous risquez d'être désagréablement surpris si vous ratez une manœuvre et que votre appareil se retrouve dans cette configuration. Faire l'impasse sur une figure de base peut ainsi limiter votre enveloppe de vol, créer une situation de panique dont l'issue dramatique est probable. L'acquisition de ces basiques et leur amélioration est donc très important. Cela commence avec l'apprentissage du vol stationnaire et la maîtrise de chaque fonction : roulis tangage, collectif et anti couple. Compte tenu de la disparité de vos niveau, faites un bilan des basics que vous maitrisé et établissez votre plan de progrès. Quelles sont les aides qui peuvent accélérer votre progression sur la courbe d'apprentissage ? Le développement des simulateurs de vol permet à de nombreux débutant de maîtriser le vol stationnaire en quelques heures. Ils permettent aussi de tester des figures sans le stress du crash. La possibilité de vous entrainer sans risque est très appréciable mais il vous faudra transférer vos acquis dans le monde réel c'est là que les problèmes peuvent commencer ! Le modèle simulé est petit et l'environnement manque de profondeur.

6.2- Les clefs du succès

Quelque soit ce que vous apprenez, prenez le minimum de risque

Progresser à petit pas et ne courez pas avant de savoir marcher

Choisissez vos objectifs sans risque de crash

6.3- Le plan de progression

De gros efforts, de la détermination et beaucoup d'heures de pratique seront nécessaires pour atteindre votre objectif. Le plan décrit tous les jalons, commencez par évaluer votre niveau. Pour améliorer significativement vos capacités il faudra travailler dur, respecter les mesures de sécurité et réfléchir à ce que vous êtes en train de faire. L'appareil devra être entretenu selon les recommandations de maintenance et réglé au mieux de vos capacités. Les jalons du plan de progression suivant doivent être respectés.

- **Apprendre à tenir le stationnaire**

Vous devez pouvoir maintenir l'appareil à hauteur de vue pendant au moins 2 minutes sans devoir atterrir ou le repositionner.

Être capable de tenir le stationnaire à bonne hauteur et avec le modèle de côté

Il faut maîtriser l'appareil avec différentes orientations, jusqu'à ce qu'il soit de côté à droite puis à gauche. Vous devez pouvoir le déplacer et le positionner où vous le souhaitez. Vous devez contrôler l'appareil et non l'inverse !

Commencer à déplacer le modèle
Les huit paresseux sont la base pour apprendre à maîtriser les circuits. Déplacer légèrement

l'appareil latéralement à droite puis à gauche rotor de queue vers vous.

- **Huit paresseux horizontaux**

Progressivement orienter le rotor de queue dans le sens d'avancement en décrivant un huit. Maîtrisez la hauteur et la vitesse qui doivent rester constante.

Travailler pour effectuer des huit lentement et précisément, cette étape est fondamentale.

- **Apprendre à faire des circuits et des huit larges**

Elargir progressivement la taille du huit mais toujours à vitesse lente. Vous pouvez faire des variations d'altitude jusqu'à ce que vous ayez confiance dans votre capacité à maîtriser ces déplacements et vous repositionner en stationnaire.

L'étape suivante sera un circuit carré à réaliser à droite puis à gauche.

Augmenter progressivement la longueur des cotés, puis la vitesse.

- **Vol de face**

Le moment le plus délicat du circuit sera le retour vers vous. La stabilité sera conservée avec la vitesse d'avancement. Lorsque l'appareil pointe vers vous la commande en roulis est inversée.

L'ordre en roulis se fera du côté où l'appareil penche afin de le redresser. La maîtrise du vol de face en stationnaire est une étape très importante. Lors de la branche retour du circuit arrêter progressivement l'appareil en le cabrant. Prévoir une position refuge, rotor de queue vers vous en cas de problème. Une fois maîtrisé tentez un décollage de face.

Pirouette

Rotation de 360° autour de l'axe rotor, figure simple à réaliser plus difficile à vitesse lente, désorientation possible lors du passage vue de face.

Vol arrière

Commencez en positionnant la queue vers vous et appliquez du cyclique longitudinal arrière. Puis positionnez l'appareil de côté, reculez vers la droite, puis vers la gauche. Augmentez la vitesse au fur et à mesure de la maîtrise.

Chandelle

Cette figure qui consiste après une montée sur une pente de 45° à tourner l'appareil de 180° permet une prise de vitesse significative lors de la descente afin d'enchaîner d'autres figures de voltige.

Stall turn

La montée s'effectue perpendiculairement au sol, lorsque la vitesse s'annule une sollicitation en lacet fera basculer l'appareil de 180°. Le pas est remis à 0° lors de la prise de vitesse sur la trajectoire de descente puis augmenté progressivement avec du cyclique arrière pour rejoindre la trajectoire horizontale.

Boucle

En vol de translation rapide cabrer comme pour le stall turn, lorsque l'appareil est vertical réduire le pas cyclique jusqu'à 0°, l'appareil passe sur le dos, maintenir le pas à 0° l'appareil commence à plonger avec un peu de cyclique arrière. Lors de la descente le pas est progressivement remis pour sortir à la même altitude. Cela est facile lorsque la manœuvre est bien engagée. Sinon les ennuis commencent : manque de vitesse au sommet, attitude dissymétrique. Les mots clés sont vitesse et altitude.

Tonneau

En translation rapide appliquer un ordre cyclique latéral, lorsque l'appareil est sur la tranche réduire le pas à 0°. l'appareil en vol dos cyclique arrière pour obtenir un pas négatif (environ -4°), cela permet de maintenir l'altitude. L'appareil repasse sur la tranche le pas est remis à 0° puis augmente lors de la sortie de figure.

Autorotation

Apprendre à contrôler l'appareil sans puissance peut vous éviter des réparations onéreuses suite à un crash du une vitesse de rotation rotor insuffisante. Les réflexes acquis vous permettront de sortir de configuration difficile. Le plus simple pour commencer est le simulateur sur lequel il est possible de régler l'inertie du rotor. Cela permet d'apprendre la gestion de l'énergie et de divers type d'approche. Le basculement en mode autorotation deviendra aussi naturel que de freiner sur une voiture. Lors de la descente le flux d'air entraîne le rotor il est donc inversé par rapport au mode entraînement mécanique. Le pas collectif est négatif afin que le flux d'air entraîne le rotor comme les pales d'un moulin. Si ce n'est pas le cas le régime rotor va rapidement diminuer car son énergie servira à maintenir l'altitude. Le temps de transition entre la suppression de l'entraînement mécanique et le pas collectif négatif, est critique car c'est la période durant laquelle le rotor ralentit. Lorsque le moteur se coupe, il faut réagir et réfléchir rapidement ; Il faudra de l'altitude et du temps pour augmenter le régime rotor.

7- Les « trainer » 71- T-Rex 250



Trex 250 avec son émetteur



Stationnaire très stable, tracking ok

Le modèle T-Rex 250 est une évolution logique de la ligne T-Rex, il est dérivé du T-Rex 450, doté d'excellentes qualités de vol et parfaitement adapté à la voltige 3D. La Société Align a réussi à combiner la précision et la maniabilité des modèles T-Rex déjà commercialisés. La qualité de réalisation et les matériaux utilisés en font un excellent rapport qualité prix. Avec un diamètre rotor de 460mm et une masse de 350g, le T-Rex 250 est plus petit que le T-Rex 450 catégorie ou Align a été pionnier et qui permis le succès des mini hélicoptères électriques. Le kit combo contient l'appareil de base pré assemblé, la bulle en fibre de verre peinte, 3 servo cycliques numériques DS 410, un servo numérique DS 420 piloté par un gyro GP 750 pour le lacet, un moteur brushless outrunner 250L avec son variateur 60A BL15X et un accu LiPo 6S de 850 mA et 2 paires de pales principales et arrière.



Terrain privé à Velaux

Assemblage



L'architecture est similaire à celle de la famille Trex 450, à 600, flancs et poutre de queue carbone

Le rotor principal attire de suite l'attention, c'est un joyau d'usinage CNC et de précision. Son architecture est familière, il s'agit d'une réduction des têtes rotor du T-Rex 700 ou 600, obtenue peut être par une réduction d'échelle des plans CAD. Cela s'applique aussi aux mécaniques arrière et à la structure carbone. La tête rotor est livrée assemblée mais il faut vérifier chaque liaison, ajouter du frein filet et vérifier le serrage de chaque vis pour la tranquillité d'esprit. Les portes pales sont montés sur deux roulements à bille, sans butée à bille mais compte tenu de la légèreté des pales ce n'est pas un problème. Le châssis aussi est assemblé, il suffit de

vérifier le bon serrage des vis. Il est constitué de deux flancs carbone d'épaisseur 0.8mm et d'entretoises aluminium. Le mat rotor est tenu par deux roulements montés dans deux entretoises alu. La structure est compacte et très rigide les amateurs de 3D apprécierons. Le rotor arrière est entraîné par courroie, il n'est pas entraîné en autorotation. Le moyeu rotor et la roue principale étant fixés le moteur peut être positionné ; Le pignon d'entraînement comportant 15 dents est simplement collé sur l'arbre moteur. La fixation coulissante du moteur permet un réglage aisé du jeu d'engrènement. Il y a peu de place dans la structure pour intégrer les composants électroniques et le cheminement des fils devra être bien étudié. Le variateur est fixé sous la structure pour un refroidissement optimum, le gyro sur l'étagère et le récepteur dans la structure calé avec de la mousse noire.



Atterrissage sur le coffre de la SLK

Réglages

Une entretoise plastique est fournie ce qui permet d'utiliser l'outillage classique pour régler la plage de pas, - 11°, + 11° conviendra pour la plupart des utilisations. Mettre sous tension afin de trouver le point neutre des servos, puis positionner les palonniers perpendiculairement aux biellettes. Positionner le plateau cyclique horizontalement et à mi course sur le mat, les leviers du wash out horizontaux, régler la longueur des biellettes des leviers de pas afin d'obtenir avec le cyclique à mi course, environ 5°

d'incidence sur les pales. Pour le 3D, 0° de pas correspond à mi course du manche.



La commande du rotor anticouple est fixée sur le palonnier du servo avec un déport de 4.5 mm. Le gyro est fixé sur l'étagère au dessus du récepteur

Pour régler le gyro presser le bouton et une séquence de LED vous guide parmi les options. Utilisez le manche de lacet pour faire votre choix et presser le bouton pour sélectionner la prochaine option. Vous pouvez spécifier le type de servo digital ou normal, le mode inverser, la course servo. Le bras de levier du palonnier sur le servo de lacet est un paramètre sensible. Trop long le gain sera trop important, avec le palonnier rond fournis avec le servo le trou le plus près de l'axe convient bien il correspond à un bras de levier de 4.5mm. Vérifier le sens du lacet en vous plaçant derrière l'appareil émetteur vers l'avant, les pales rotor arrière doivent augmenter leur pas en sens inverse du déplacement du manche de lacet. Vérifier aussi le sens de la correction du gyro en tournant légèrement son boîtier, le pas des pales rotor arrière doit augmenter en sens inverse de la sollicitation.

Le variateur doit aussi être programmé pour prendre en compte les valeurs de pas maxi et mini. En mode hélico vous pouvez opter pour une régulation du régime rotor.

Les valeurs suivantes sont programmées dans l'émetteur sur la courbe de gaz en 5 points:

- 1- 0% → pas -2°
- 2- 40%
- 3- 70% (stationnaire) → pas 5°
- 4- 85%
- 5- 100% → pas 11°

Mise en vol



Lorsque le Mistral souffle, l'entrainement se poursuit dans le salon, approche vers le rondin transformé en drop zone, la précision des commandes réduit les risques

Le fort Mistral m'oblige à effectuer les premiers essais dans mon salon. La prise de tour rotor est très progressive sur sollicitation du manche cyclique et l'appareil se soulève doucement. Quelques corrections sur les trim lacet et roulis et l'appareil est parfaitement stable. Le rotor tourne à environ 3500 tr

mais grâce à la transmission silencieuse et souple cela ne se remarque pas.



Vols dans mon jardin



Approche vers le toit du BBQ

C'est par une belle journée ensoleillée et sans vent que j'ai testé le moustique dans mon jardin. Mise en stationnaire et test du lacet, le gain du gyro réglé à 25% est satisfaisant. Le départ en translation est précis, beaucoup de micro hélicoptère auto cabre, rien à signaler avec le T-Rex 250 quelque soit la vitesse, il va la ou vous le dirigez comme sur des rails. Mais n'allez pas trop loin car sa petite taille ne permet plus d'identifier précisément sa configuration. Le cyclique est homogène et puissant. Les courbes de pas et de puissance peuvent être ajustées selon vos préférences. Après 7 min de vol la puissance diminue sensiblement, retour en stationnaire et atterrissage de précision afin de ne pas décharger l'accu LiPo en deçà de son seuil d'endommagement (3.8V/ cellule)

Avec le deuxième jeu de pales, de forme trapézoïdale, la vitesse de rotation atteint

4200tr, attention à ne pas dépasser 4500tr. Le cyclique est plus nerveux, les démonstrations d'A. Sbatzo ou J. Krauze disponibles sur internet donnent une bonne idée des capacités 3D.



Départ en translation vers la vallée de Coudoux

Conclusion

Il y a peu de temps on ne pouvait que rêver de voler avec un appareil aussi petit. Bien adapté pour une utilisation indoor ou outdoor, il est simple à assembler et à régler. Il s'adresse à des pilotes moyens mais est aussi capable d'un programme 3D. Il est rare de trouver de telles qualités de vol avec un micro hélicoptère. Sa conception et sa qualité de fabrication sont dans la lignée des productions de la société Align, avec un excellent rapport qualité/prix.

72-TREX 600 Nitro

Un hot bird 3D...



La société ALIGN s'est fait connaître avec le succès de l'hélicoptère électrique TRex 450. Pendant cette courte période sur le marché elle a su capter les besoins et a remarquablement développé sa gamme. Le TRex 600 est commercialisé sur le segment très compétitif de la classe 50, ses principaux concurrents sont le Raptor de Thunder Tiger, le Caliber de Kyocho, le Sylphide de JR... Il est proposé en deux versions, standard et pro, avec motorisation thermique ou électrique. La version standard s'adresse aux débutants et à ceux qui souhaitent s'initier au 3D, la version pro aux pilotes 3D expérimentés. Elle comporte deux principales améliorations : les flancs carbonés sont plus légers et rigides que le plastique renforcé de la version standard, un tube de transmission arrière remplace la courroie, la transmission est plus directe et sans maintenance. Le haut niveau de spécification et la participation à sa conception de pilotes de classe internationale, en font un leader sur son créneau. Je vous propose de passer en revue ce « 3D hot bird » version pro.

Montage

La boîte du kit pro combo contient tous les composants nécessaires au montage, y compris le moteur OS 50 hyper et une batterie LIPO avec son régulateur, il ne manque que les pales. Tous les composants sont conditionnés dans des sachets plastiques, référencés dans une notice de montage avec des perspectives très détaillées.

Le montage commence par le rotor principal. Les manchons de pales, en plastique renforcé, sont maintenus sur l'axe de battement de 8mm par deux roulements, la force centrifuge est reprise par une butée à bille. Lorsque vous vissez les rotules des biellettes de commandes de vol sur les manchons, ne pas trop serrer cela risquerait de détériorer le pas de vis, sécuriser la liaison avec de la loctite. J'ai utilisé les rondelles en caoutchouc grise (70° duromètre) pour fixer l'axe de battement dans la tête rotor. 4 rondelles noires, plus raides (80° duromètre) sont aussi fournies pour des vitesses de rotation rotor plus élevées (vol 3D). Il est possible de les mixer avec la noire à l'intérieur.

La tête rotor métallique est fixée sur le mat rotor par un boulon de 3mm. Le mat de diamètre 10mm est creux ce qui augmente sa résistance et diminue sa masse. La barre Bell, les leviers de pas et le washout sont montés sur roulements. N'oubliez pas le frein filet pour sécuriser les liaisons métal/métal des rotules de commandes sur le plateau cyclique métallique.

L'étape suivante consiste à équiper le moteur avec la roue du ventilateur, montée vers le bas afin d'améliorer la

ventilation, puis la cloche d'embrayage et le pignon d'entraînement qui se visse dans la cloche. Le manchon de démarrage est fixé sur l'arbre par 2 vis hexagonales qui prennent appui sur 2 méplats. 2 demi-coques plastiques recouvrent le ventilateur et la culasse. L'ensemble est très compact.

Vous pouvez maintenant tourner votre attention vers la structure. Les flancs carbonés sont équipés de supports en aluminium pour fixer le train d'atterrissage et le moteur. Le mat rotor principal est supporté par 3 roulements montés dans des paliers qui relient les deux flancs. Le roulement du palier inférieur a un diamètre de 9mm, attention à ne pas inverser au montage. Après avoir monté le moteur sur ses supports, vérifier l'absence d'interférence entre le ventilateur et le carénage, régler si nécessaire. Une plaque carbone inférieure complète le caisson qui est très rigide. Vous pouvez ensuite monter le train d'atterrissage et le réservoir carburant qui prend appui sur un joint caoutchouc.

Les guignols de commande du plateau cyclique sont fixés sur un axe montés sur 2 roulements dans les flancs carbonés, éliminer le jeu axial avec des rondelles supplémentaires si nécessaire. Au centre se trouve le guignol de commande du tangage et aux extrémités ceux du roulis. La liaison guignols / servos est du type push/pull. J'ai sélectionné des servos numériques JR DS8311 pour les commandes cycliques. N'oubliez pas de freiner les écrous des rotules montées sur les guignols des servos.

Sur la version pro le rotor arrière est entraîné par un tube carbone. Le tube est guidé par un roulement, la cage interne doit être collée sur le tube avec un point de loctite, attention à ne pas bloquer les billes. Un manchon caoutchouc recouvre la cage externe. L'ensemble est enfilé dans la poutre de queue en aluminium à l'aide d'un tube plastique fournis. Le pignon de la prise de mouvement vers le

rotor arrière et les pignons coniques sont montés dans un boîtier plastique vissé entre les flancs. La poutre de queue s'emmanche dans ce boîtier. Le tube de transmission comporte à ses deux extrémités une liaison cannelée, laisser un jeu de fonctionnement afin qu'il ne travaille pas en flexion.

La boîte de transmission arrière, en aluminium, est équipée des pignons coniques et de l'axe rotor arrière. Le rotor pré-monté est fixé sur l'axe avec une vis hexagonale. Les pales carbone sont fournies. La commande de pas arrière passe par un renvoi intermédiaire fixé sur le flanc carbone. Elle est pilotée par un gyro Futaba GY 401 et un servo 9254. Vérifier la réversibilité en actionnant les pales du rotor arrière, le fonctionnement doit être doux et précis.

La dernière étape consiste à monter le rotor principal dans la structure. Positionnez la roue principale, puis emmancher le mat rotor dans les paliers et la roue principale. Le mat est bloqué sur la roue par un boulon de 3mm. La roue principale, en deux étages, entraîne aussi le rotor arrière en autorotation. Une bague située au dessus du premier palier permet d'éliminer tout jeu axial. Les biellettes de pas complètent l'ensemble, elles sont bien verticales.

J'ai utilisé une radio Graupner MC24. Le raccordement des servos au récepteur se fait dans l'ordre suivant : voie 1 : roulis gauche, voie 2 : roulis droit, voie 3 : tangage, voie 4 : gyro, voie 5 : gain gyro, voie 6 : gaz. Afin d'obtenir un fonctionnement correct du plateau cyclique il sera peut être nécessaire d'inverser le sens de certains servo ou d'inverser la valeur de mixage eCCPM. Deux mixages libres sont utilisés, voie 12 vers 5 pour le gain gyro et voie 11 vers 1 pour le réglage du pas cyclique avec le curseur central, c'est très pratique pour affiner le réglage du pas sur le terrain. L'alimentation est fournie dans le kit : un accu Lipo 7.4V, 1900mA avec son régulateur de tension et un interrupteur

qui commande aussi la bougie. Le régulateur assure la régulation de la tension de l'accu Lipo 7.4 V sur une tension de 5.8V pour le récepteur et sur une tension de 1.5V pour la bougie. Pour démarrer, appuyer sur le bouton start 2 LED vertes et orange s'allume, la bougie est préchauffée pendant 15s puis l'alimentation est coupée automatiquement. Si le moteur n'a pas démarré, reprendre la procédure.

Mettre sous tension pour régler les commandes de vol, positionner le plateau cyclique et les leviers du washout à l'horizontale puis fixer les guignols perpendiculairement sur les servos. Pour le stationnaire la commande de pas de l'émetteur à mi course correspond à environ 5° d'incidence sur les pales principales. Vous pouvez aussi régler à 0° de pas pour vols 3D avec un débattement +/- 10°. Vérifier le débattement du plateau cyclique, il doit rester perpendiculaire à l'axe lors de son déplacement. Vérifier l'absence d'interférence avec le washout en position haute et avec le palier en position basse. Pour vérifier le sens correct du pas rotor arrière et de la correction gyroscopique, placez-vous derrière l'appareil, émetteur vers l'avant, le déplacement du bord d'attaque de la pale arrière doit être inverse au sens de déplacement du manche de lacet sur l'émetteur. Faite aussi le raisonnement physique pour vous assurer que la mise en pas du rotor arrière contre le couple d'entraînement du rotor principal. De même pour le sens de la compensation gyroscopique, le déplacement du bord d'attaque de la pale arrière doit être inverse à la sollicitation que vous appliquez sur le boîtier du gyro.

Vols



Décollage sur le terrain de La Fare les Oliviers



Traking Ok

Après vérification du bon fonctionnement des commandes de vol (roulis, tangage, lacet et sens du gyro) le réservoir est rempli, le moteur s'anime, vérification de la portée radio moteur tournant. Sur une légère sollicitation du pas cyclique le Trex se soulève. La première impression est excellente, le stationnaire stable, les commandes progressives. La commande de lacet est précise avec beaucoup de puissance.

Le premier vol est utilisé pour régler les courbes de pas et de gaz afin de garantir un régime rotor constant dans toute la plage de vol. Tester une mise de pas rapide, si le rotor arrière dévie il faut remonter la courbe de gaz ou réduire la courbe de pas. Le gain gyro est ajusté dans la fonction mixage libre en modifiant la pente de la droite.

Le pilotage est très confortable même à faible vitesse de rotation du rotor à 1400tr/min. L'oiseau est souple et léger dans l'air, il inspire confiance. Le switch idle up est basculé, rotor à 1700 tr/min, le départ en translation est rapide, l'appareil semble sur des rails, boucles et tonneaux s'enchainent sans effort.

Conclusion



Le vol de face doit être parfaitement maîtrisé

La conception est simple, un étage de réduction, deux flancs, trois servo à 120° système eCCPM, commandes directes. Le montage ne présente aucune difficulté en suivant la notice, la maintenance est aussi facilitée. Le kit contient tous les composants nécessaires qui sont moulés ou usinés avec une grande précision. La qualité de la conception et des assemblages permet une grande rigidité et un fonctionnement précis sans jeu, c'est aussi un gage de pérennité des réglages.

Ce kit très complet représente un bon rapport qualité/prix, les pièces de rechange ne sont pas chères, appréciable en cas de crash. La conception réalise un bon compromis entre la masse, la résistance et la fiabilité. Cet appareil est un bon choix pour un débutant ou un pilote confirmé, qui y trouverons une réponse à leurs attentes. Le rapport masse/puissance permet d'excellentes performances grâce à une charge au disque faible. Un pilote 3D expérimenté peut choisir les options

de réglage rendant l'appareil plus pointu et l'amener à ses limites.

Fonctionnement de la barre Bell

La barre Bell stabilisatrice est liée aux 2 pales principales, elle est montée en balancier et orientée perpendiculairement à leur axe. Ce stabilisateur absorbe les rafales en aidant les pales à revenir dans leur plan de rotation d'origine après une perturbation. Il transfère sa stabilité gyroscopique au rotor. En inclinant le plateau cyclique on augmente le pas des palettes, par effet aérodynamique l'une monte, l'autre descend et elles font varier l'incidence des pales par l'intermédiaire de biellettes. Elles stabilisent l'hélicoptère et démultiplient les efforts de commande en roulis et tangage. Ces palettes se comportent comme un gyroscope, elles s'inclinent ¼ de tour après l'action aérodynamique et il en est de même des pales principales qui subissent aussi un retard d'1/4 de tour. Il en résulte un déphasage d'1/2 tour entre la commande et la réaction des pales.

8- Les maquettes

La principale difficulté est le rapport poids/puissance de nos maquettes, induisant parfois des charges au disque élevées rendant le pilotage plus délicat. Par exemple mon Dauphin a un moteur thermique de 3 cv et pèse 9kg, un cheval soulève donc 3 kg. Le Dauphin échelle 1 pèse 6t, il est motorisé avec 2 turbines Ariel de 800 cv ; chaque cheval soulève plus du double. Compte tenu de l'inertie due à la masse, même si le pilote le voulait il ne parviendrait pas à parcourir le ciel à la vitesse ou nous le faisons avec nos maquettes.

Le prix du réalisme : motorisation avec une turbine
Ce type de motorisation apporte la puissance et un bruit envoutant. Il devient alors possible de réaliser des maquettes très détaillées sans soucis du devis de masse La mise en œuvre est impressionnante de réalisme : vous basculez un interrupteur sur votre émetteur, le moteur électrique entraîne votre turbine le gaz s'enflamme avec un claquement caractéristique et préchauffe la chambre de combustion afin de passer en mode kérosène, la turbine accélère le bruit s'intensifie le régime se stabilise autour 90 000 tours, le whoosh de la tuyère est envoutant ainsi que l'odeur qui rappelle un tarmac d'aéroport. Le rotor s'anime et sur une légère mise de pas l'appareil se soulève sans efforts...

Comment ça marche ?

Le principe de fonctionnement du moteur thermique est simple à expliquer : l'explosion d'un mélange air/essence préalablement comprimé, repousse le piston dont la translation dans le cylindre entraîne en rotation le vilebrequin. Ce cycle d'aspiration, compression se produit environ 16000 fois par minute. Pour une turbine il est plus difficile d'expliquer son fonctionnement en une phrase. Le principe d'aspiration, compression, explosion, échappement est le même mais il se produit en continu et sans piston. L'air est aspiré et compressé par une turbine puis s'écoule dans la chambre de combustion ou il est porté à très haute température. A haute température le gaz restitue plus de travail que celui qui a été nécessaire à sa compression, il se détend au travers d'une turbine à laquelle il transmet une partie de son énergie. Ce processus entraîne la turbine en rotation, ainsi que le compresseur qui est monté sur le même arbre. Le principe est simple mais sa mise en œuvre fait appel à des roues, des turbines des flux de gaz et une conversion de l'énergie.

Les maquettes RC Eurocopter

Par Yves CORON, responsable des maquettes volantes chez Eurocopter



Yves Coron présente sa maquette devant l'H/C grandeur

Je voudrais ici parler de notre passion pour les hélicoptères radiocommandés, des grands moments de satisfaction, mais aussi des difficultés rencontrées dans le développement et la promotion de l'activité maquette volante d'hélicoptère au sein d'Eurocopter. Je voudrais aussi féliciter et remercier tous ceux qui ont contribué au succès et à la reconnaissance de cette activité au sein de l'entreprise. Tout a commencé en 1989 où l'objectif a été de réaliser et de faire faire voler une maquette du Tigre. Grâce à la compétence et à l'enthousiasme d'Yvon Mourier (plusieurs fois champion de France en maquette avion, aujourd'hui décédé et à qui je rends hommage) et de Bernard Claret (pilote chevronné et compétiteur en voltige hélicoptère F3C), nous avons pu construire le Tigre, sur la base d'une mécanique Robbe-Schlüter Magic et le faire voler effectivement avant le vrai hélico (dont le 1er vol a eu lieu en avril 1991). La maquette du Tigre et toutes les autres maquettes ont été présentées avec succès en public (salon de Cannes en 1995, film James Bond Golden Eye par la société EON Production, reportages télévisés, y compris avec un film où Eurocopter a pu faire croire que le vrai hélicoptère avait déjà volé, ce qui n'était pas vrai, nombreux salons du

modélisme à Paris, nombreux championnats de France, rencontres européennes annuelles à Cuges les Pins, manifestations sur la base aérienne du Luc, journée portes ouvertes de l'ALAT ...



Salon du Modélisme Porte de Versailles



Bernard Claret se prépare pour une démonstration de son EC135



Championnat de France maquette helico à Aix en Provence en 2005



Maquettes Eurocopter au championnat de France Saint Yan 2003

Ces succès ont renforcé notre crédibilité et nous ont permis d'enchaîner d'autres réalisations plus techniques et innovantes qui ont abouti au vol spectaculaire de la maquette du X3 en 2006.

Les sponsors de l'activité maquette

Pour le compte de la Direction Commerciale, de la Direction du Marketing, de la Direction de la Communication ou des Directions de Programme, il fallait réaliser des maquettes volantes d'hélicoptères existants, aux couleurs d'un hélicoptère réel, avec les couleurs du client. Chaque hélicoptère de la gamme en cours de fabrication chez Eurocopter (Ecureuil, EC120, EC135, EC145, Dauphin, EC155, Tigre, NH90...) a sa maquette volante.



NH90 version TTH ALAT



Tigre HAC ALAT



Dauphin EC155 aux couleurs du prototype Eurocopter, rotor 5 pales



Dauphin N2 Province de Trento





Dauphin N2 Corean Maritime Police



Dauphin N2 Corée



Dauphin N2 Shandscair



EC135 ADAC

Nous avons aussi aidé les clients souhaitant réaliser une maquette volante de leur hélicoptère, à leur couleurs (ex : Ecureuil de la Police Malysienne, Dauphin N4 des Coast Guards Coréens..). En revanche nous avons systématiquement refusé de réaliser des maquettes statiques

destinées à des expositions car cela n'était pas notre motivation. Les maquettes statiques étaient sous traitées par Eurocopter auprès de fournisseurs spécialisés dans ce domaine. Nous leur indiquions toutefois les fabricants de maquettes volantes afin qu'ils puissent éventuellement leur commander des fuselages « nus ». A l'inverse, l'existence de maquettes volantes a permis à la Direction Commerciale de les utiliser comme maquettes statiques lors d'exposition (ex : salons du Bourget) et réaliser ainsi des économies substantielles.



Dauphin Trento au Salon du Bourget 2003

Pour le compte de la Direction Technique (Recherche, Développement, Essais en Vol) nous avons réalisé des prototypes de machines nouvelles (ex : Rotors à flaps, X3, Rotoprop, ...)



Essais rotor à flaps avec le Chef de projet Eurocopter



Yves Coron prépare son X3 pour une démonstration



Démonstration X3 à Cuges les Pins

et des essais en soufflerie avec des éléments des maquettes volantes. La réalisation et la démonstration en vol de la maquette X3 a été un contributeur significatif dans le business case du prototype échelle 1, présenté au PDG par la Direction technique, pour autoriser la fabrication du prototype ECX3 qui a effectué son premier vol 3 ans après.

Pour le compte de la Direction des Ressources Humaines il s'agissait de sensibiliser et initier les membres du personnel, quelle que soit leur fonction dans l'entreprise, à la technique des maquettes volantes, afin de les motiver dans leur fonction liée aux hélicoptères grandeur. Dans cette optique, n'importe quel employé était invité à participer à la construction et au pilotage. Cependant une exigence particulière leur imposait d'apprendre à piloter sur un traîneur et en finale de pouvoir piloter la maquette qu'ils avaient construite. Cette contrainte permettait de sensibiliser le constructeur sur les éléments déterminants du montage garantissant la fiabilité et la

sécurité en vol. Il était également exigé du pilote qu'il connaisse la radiocommande utilisée et qu'il sache régler l'émetteur (sens des commandes, dual rates, mixages, gyroscope...). En parallèle une formation en double pilotage a été également mise en place. Aucune contrainte n'a été imposée sur le mode de pilotage : chacun choisissait son mode (mode 1 gaz à droite ou mode 2 gaz à gauche). Aucune maquette n'était équipée de système FBL (flybarless) car cela n'existait pas encore. Par conséquent les pilotes expérimentés devaient être capables de piloter en rotor multi-pale (donc sans barre Bell) sans système de stabilisation FBL et uniquement avec un gyroscope sur le lacet (en général le gyroscope Futaba GY 401). Michel Maisons et Pierre Berthié qui pilotaient un Dauphin quadri-pale ont réussi avec succès cette transition au multi-pales.



Le Dauphin Corée de Pierre Berthié au championnat de France Saint Yan 2003



Le NH90 de Michel Maisons en configuration 4 pales

Nous avons aussi fait appel à des experts issus de la clientèle d'Eurocopter : bravo en particulier à Rodolphe Parisot, adjudant-chef dans l'ALAT, mécanicien navigant

sur Super Puma qui a réalisé pour Eurocopter un Dauphin Panther (toujours en état de vol plus de dix ans après son premier vol), champion de France en voltige F3C internationale et qui nous a apporté plusieurs titres de champion de France en maquettes d'hélicoptères



Le Panther de Rodolphe Parisot à Cuges les Pins

Pour le compte de la Direction des Affaires Juridiques il fallait protéger et diffuser l'image d'Eurocopter et de ses produits dans le monde entier, en mettant en place des contrats de licence avec tous les constructeurs et diffuseurs de maquettes volantes reproduisant les hélicoptères d'Eurocopter (Graupner, Robbe, Hirobo, Vario, Baumann, Thunder Tiger, etc...). Il a aussi été possible de déposer des brevets selon le principe suivant : l'inventeur est récompensé par une prime attribuée par Eurocopter, mais le brevet appartient à Eurocopter. Le nom de l'inventeur apparaîtra systématiquement dans le futur en cas d'application sur un hélicoptère réel. Cela a été le cas pour Pierre Berthié et aussi pour Anne Brindejonc stagiaire « thésarde » qui ont tous les deux œuvré sur les rotors à flaps.



Champagne pour fêter une démonstration du X3 avec le Chef de Projet et le Directeur Recherche Eurocopter

Règles de fonctionnement de l'activité maquette

Confidentialité

La réalisation des maquettes, les vols de démonstrations ou lors de manifestations publiques, les publications ou reportages sont restés soumis à l'approbation et aux autorisations des différentes directions d'Eurocopter concernées. En particulier pour les maquettes liées à la recherche et au développement, aucun vol en public ni aucune publication d'articles n'ont été autorisés avant les vols officiels du prototype de l'hélicoptère grandeur. Ce fut le cas pour la maquette de l'hélicoptère X3 où il a fallu attendre la présentation officielle de l'hélicoptère X3 au salon de Bourget en 2011. Tous les vols de cette maquette ont été effectués de façon confidentielle sans spectateur non agréé et officiellement il ne s'agissait, sur le terrain d'évolution, que d'un projet réalisé à la seule initiative des modélistes. Les concurrents (Sikorsky, Bell, Agusta-Westland) auraient-ils pu connaître l'existence du projet X3 au travers des essais d'une maquette révolutionnaire ? Pourquoi pas ?

Méthodologie

Afin de garantir la sécurité des vols de mise au point et minimiser les risques de crash, les principes suivants ont guidé les étapes de chacun des projets :

- utilisation d'une plateforme volante éprouvée et surdimensionnée
- plateforme initialement attachée au sol pour les premiers vols.
- plateforme avec cerceau ou train élargi si nécessaire.
- pour les premiers vols d'une maquette innovante, une progressivité systématique s'est imposée : maintien de la solution classique éprouvée, en double, que l'on élimine ensuite.

Cela a été le cas pour la maquette X3 où, lors des premiers vols, le rotor arrière classique (avec commande de lacet classique avec gyroscope conservateur de cap) a été maintenu puis « éliminé » (dans un premier temps en enlevant les pales du rotor arrière, puis en supprimant ensuite toute la mécanique de transmission). Pour le premier vol deux pilotes étaient aux commandes (gouvernes hélico / gouvernes avion) avec deux émetteurs et deux récepteurs sur des fréquences différentes. Pour une maquette « commerciale » multi-pales, le premier vol est effectué avec le rotor classique bi-pales stabilisé avec une barre Bell-Hiller. Le rotor multi-pale est testé sur un « trainer », puis sur la maquette en configuration définitive.

Coûts et budgets

L'objectif systématique a été de minimiser les coûts et les délais de réalisation grâce à l'utilisation de kits et de pièces du commerce. Le

catalogue VARIO a répondu parfaitement à cet objectif, grâce à la multiplicité des pièces disponibles et adaptables dans des montages divers. Il a été fait appel à des pilotes et constructeurs totalement bénévoles, sur leur temps de loisirs. Eurocopter a financé les achats des kits et matériels divers nécessaires à la réalisation des maquettes, mais le coût de revient restait faible du fait de la main d'œuvre gratuite. La négociation, au travers des contrats de licence mentionnés plus haut, avec les fabricants de maquettes volantes, visant à la fourniture de kits complets et gratuits en contrepartie de la gratuité des droits de reproduction et d'image accordée par Eurocopter.

Réciproquement Eurocopter a fourni systématiquement et gratuitement aux fabricants de maquettes sous licence toutes les améliorations introduites sur les kits afin d'en améliorer la conception, la fiabilité ou la durée de vie. L'accès en direct avec les fournisseurs (VARIO, GRAUPNER, HIROBO...) a permis d'obtenir les mêmes tarifs que ceux accordés aux magasins détaillants.

Intérêt des maquettes pour l'entreprise

Au niveau technique et scientifique, les maquettes n'ont représenté qu'un intérêt qualitatif.

L'argument et le message des ingénieurs expérimentés et « ouverts » à l'innovation était, à l'égard des modélistes : « si vous parvenez à réaliser un maquette qui vole à votre échelle (en général 1/10^{ème}), alors nous sommes certains que la réalisation et les qualités de vol à l'échelle 1 sont faciles et garanties ». C'est à dire selon le dicton inversé : « qui peut le moins peut le plus ! ».

L'effet d'échelle est très favorable dans tous les domaines: inertie, stabilité, indice constructif (rapport de la masse à vide et de la masse totale), puissance, trainée aérodynamique, vibrations... En revanche aucun résultat technique ou de performances n'est transposable avec l'échelle, du fait des équations complexes dépendant de plusieurs facteurs de puissance par rapport aux dimensions.

Ainsi sur le X3, nous avons mesuré approximativement le gain de vitesse grâce aux hélices, par rapport à la configuration classique sans hélices ; le gain existait mais n'était pas spectaculaire, essentiellement du fait de la puissance du moteur Zenoha 26cm3 insuffisante.

Nous avons démontré également les départs rapides en translation sans cyclique vers l'avant, donc avec une assiette maintenue totalement horizontale. Autres figures spectaculaires réalisées avec la maquette X3 : les circuits en huit en marche arrière, les cercles en pirouettes, les cercles radiaux c'est-à-dire avec le nez ou la queue dirigés vers le centre du cercle, translations latérales rapides, vol stationnaire très cabré avec traction maximale des hélices...



X3 en courte finale

Au niveau politique de l'entreprise en matière d'innovation, c'est en partie grâce à la maquette X3 que les fonds de recherche et de développement du prototype ont été débloqués. En effet, les films et les performances en vol de la maquette ont été présentés devant les directeurs d'Eurocopter (en particulier le PDG Lutz BERTLING) qui ont compris immédiatement que le projet était certes ambitieux mais réalisable avec le minimum de risques financiers. C'est ainsi que plusieurs centaines de millions d'euros ont été alloués et qu'une équipe de plus de vingt personnes, permanente et détachée en zone « spéciale » a été mise en place pendant cinq ans, ceci grâce en partie à un investissement préalable de moins de 5000 € dans la réalisation d'une maquette volante et quelques centaines d'heures de travail de modélistes passionnés et bénévoles!



Préparation d'un vol d'essais du X3 en présence des Directeurs Projet et Programme Eurocopter

Aspects relationnels

La crédibilité de l'activité maquette a été difficile à construire du fait de l'inexistence, dans le passé au sein de l'entreprise Aérospatiale, de toute expérience dans ce domaine et de l'image de l'activité maquettes considérée comme un hobby. Il y avait aussi une crainte que la réalisation d'un hélicoptère à

échelle réduite puisse nuire à l'image de l'hélicoptère réel et dégrader la perception des clients en comparaison des hélicoptères concurrents. C'est ainsi que le Directeur de programme de l'hélicoptère NH90 s'opposait ouvertement à toute réalisation de maquette volante. Certains responsables techniques craignaient, consciemment ou inconsciemment, que leur science ou leur compétence ne devienne marginale, ou que les budgets attribués pour les développements de nouveaux concepts ne deviennent dérisoires ! Ce fut le cas en particulier du responsable des essais en soufflerie qui voyait dans les maquettes volantes une dangereuse concurrence. C'était aussi le cas de certains pilotes qui déjà à l'époque (et c'est bien pire aujourd'hui avec les drones et les appareils télépilotés) craignaient une concurrence dans le futur. Cela n'a pas été le cas du premier pilote du prototype Tigre, Etienne Herrenschmidt, qui demanda avec enthousiasme de pouvoir essayer de piloter la maquette du Tigre (en double commande). Il reconnut avec une grande modestie que le pilotage sans être à l'intérieur de l'hélicoptère était beaucoup plus difficile que de piloter le vrai ! En revanche, du côté des responsables des ventes ou du marketing, il n'y a jamais eu de réticence ni d'attitude critique.

En conclusion

Une grande fierté liée au fait que pratiquement toutes les maquettes réalisées sont toujours en état de vol, pour certaines après plus de dix années de présentation en vol. Mais aussi une déception liée au faible nombre de personnes intéressées par la construction et le pilotage des maquettes. Une grande reconnaissance à tous les participants qui ont contribué à ce succès, sans oublier Michel Maisons, ingénieur en aéronautique, pilote et constructeur de maquettes, mais aussi reporter qui contribue à maintenir la flamme en publiant de nombreux articles sur les maquettes volantes dans les revues spécialisées, y compris à l'étranger.

8- Les versions militaires

8.1- NH 90 EUROCOPTER

La société Graupner a présenté la maquette du NH90, premier kit commercialisé avec une turbine, en 2002 au salon de Nuremberg. Le NH90 a été choisi car son fuselage spacieux se prête bien à l'intégration de cette motorisation et permet une bonne ventilation notamment au niveau des tuyères dont les gaz d'émission peuvent atteindre plus de 500°C. La masse de 14kg justifie un rotor de diamètre 1m80 afin de conserver une charge au disque acceptable. Cet article est destiné à transmettre ma première expérience dans ce domaine de propulsion en pleine expansion.

Le programme NH90

Le NH90 est le plus important programme d'hélicoptère jamais lancé en Europe. Eurocopter accède ainsi au rang prestigieux des fournisseurs militaires internationaux dans un marché précédemment dominé par les constructeurs américains, non seulement grâce au nombre de commandes et options passées par les nations participantes, France, Allemagne, Italie et Pays Bas, mais aussi en remportant des contrats à l'exportation (Finlande, Grèce, Norvège, Portugal, Sultanat d'Oman, Suède, Australie, Nouvelle Zélande, Espagne)

Le NH90 a été conçu comme un système d'armes multi-mission. Grâce au principe de modularité, les versions transport tactique (TTH) et navale (NFH) se déclinent à partir du même hélicoptère de base. Des équipements de mission spécialisés et dédiés permettent de garantir une remarquable souplesse opérationnelle. Une large place a été faite aux aspects sécurité, fiabilité, disponibilité, maintenabilité, testabilité et supportabilité. La cellule composite, en forme de losange permet d'optimiser les caractéristiques aérodynamiques tout en

garantissant une faible détectabilité. L'optimisation de l'interface homme-machine et les commandes de vol électriques réduisent considérablement la charge de travail du pilote et de l'équipage. Le NH90 est le premier hélicoptère de série au monde à intégrer cette technologie de pointe.

Le kit Graupner

Les dimensions de la boîte sont à la mesure du challenge, elle contient le fuselage, le carénage supérieur, les portes latérales, l'aménagement cockpit, les trains d'atterrissage et la transmission arrière. Le fuselage, fibre de verre/epoxy gelcoaté présente une finition parfaite, les ouvertures sont découpées ce qui évite un travail fastidieux. La structure bois reste à assembler et à coller dans le fuselage. Les modifications suivantes ont été apportées :

- La vérification et la maintenance de la mécanique principale nécessite un accès rapide. Le carénage supérieur est découpé en deux au niveau du mat, afin d'éviter de démonter la tête rotor pour le déposer. La liaison est assurée par deux tétons fixés sur 2 couples rapportés et par 2 élastiques qui fixent l'ensemble sur les couples du fuselage.
- Les portes latérales sont rendues coulissantes par 2 profilés plastiques collés sur le fuselage dans lesquels coulisent 4 tétons en corde à pianos fixés sur les portes.
- La conception du train d'atterrissage est limitée pour une masse de 14kg. Les tiges de commande du train principal sont renforcées et la corde à piano comporte un demi S afin d'assurer un amortissement.

La mécanique principale, commandée séparément, est livrée assemblée, l'odeur résiduelle de kérosène témoigne que son bon fonctionnement a été vérifié en usine. L'installation de la mécanique

dans le fuselage ne présente aucune difficulté, elle se fixe sur 2 profilés aluminium en appui sur le fuselage et boulonnés sur 2 cadres en contre plaqués qui introduisent les efforts dans le fuselage. Le régime de la turbine, d'environ 8500tr/m, est ramené par deux étages de réduction à courroies crantées à une valeur correspondante au régime d'un moteur à piston à l'entrée de l'embrayage centrifuge. La puissance est ensuite transmise au rotor principal par un étage à engrènement spiro-conique. La prise de mouvement vers la transmission arrière s'effectue aussi sur la roue principale par un 2^{ième} pignon spiro-conique. L'architecture est simple et robuste, mais les courroies d'entraînement devront être surveillées régulièrement, la courroie en sortie de turbine tourne à 85 000 tours/min !

La transmission arrière d'origine, conçue avec une corde à piano de 2.5mm, a été remplacée suite à une rupture au niveau de la sortie turbine, heureusement lors d'un point fixe. Cette solution est sous dimensionnée avec le couple nécessaire pour entraîner un rotor arrière 4 pales. Une solution avec un tube inox muni de cardans Vario a été essayée dans un premier temps. Elle nécessite de modifier les entrées sortie des boîtes de transmission intermédiaires/arrière et d'ajouter un palier support intermédiaire. Le palier devait être mal situé par rapport au ventre de vibration car lors de la montée en régime le tube s'est déformé en S. Puis une transmission flexible, commercialisée par la société JetCat, a été essayée. Cette solution, très simple à installer, permet de s'affranchir de la boîte de transmission intermédiaire. La prise de mouvement sur la sortie turbine et l'entrée de la mécanique arrière sont assurées par un manchon bloqué par 2 vis parker. Après 30 heures de vol sans problème la fiabilité est démontrée.

Le système carburant comprend 2 réservoirs d'un litre en série, une pompe et une électrovanne dont la variation de débit régule la puissance de la turbine.

Ces équipements sont reliés par des tuyauteries et des raccords "festo" à connexion rapide. Un soin particulier doit être apporté à l'étanchéité des circuits carburant qui doit être parfaite pour obtenir un fonctionnement fiable de la turbine. Si une bulle d'air significative atteint la turbine, elle se coupe immédiatement. Il faut alors réussir l'autorotation, à condition de ne pas se trouver dans la zone critique. J'avoue ne pas avoir eu le courage de m'entraîner à la manœuvre avec ces 14kg de haute technologie.

L'installation radio comprend 4 servos numériques, Futaba S 9402, pour actionner le plateau cyclique. Le rotor arrière est piloté par un servo Futaba S9254 asservi par un gyroscope conservateur de cap GY 401. 2 batteries NiMh 4,8Vde 1,7 Ah assurent une alimentation redondée avec 2 interrupteurs à fort débit.

La turbine JetCat PHT-3

La société JetCat fait partie des leaders du marché et a innové avec son système de démarrage automatique à distance. Il s'agit d'une turbine à un seul arbre, la puissance est prélevée sur l'arbre turbine qui entraîne aussi le compresseur. Le processus de démarrage, pilotée par un boîtier électronique (ECU), se déroule automatiquement. Un moteur électrique intégré accélère le compresseur, la vanne de gaz s'ouvre et le mélange de gaz propane/butane est enflammé dans la chambre de combustion par une bougie. Le moteur électrique assisté par la combustion du gaz augmente l'accélération du compresseur jusqu'à 5000 tr/min, autorisant la commutation sur l'alimentation en kérosène. La tension de la pompe carburant, qui commande le débit de kérosène, augmente progressivement et la turbine accélère à 50 000 tr/m. Les paramètres surveillés par l'ECU (variation de température, vitesse de rotation, temps écoulé) doivent être nominaux pour autoriser le passage des différentes

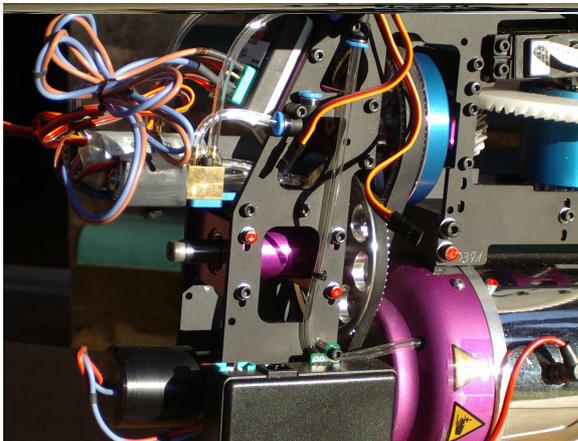
phases de démarrage. La turbine est ralentie à 33 000 tours et après stabilisation pendant 1 seconde, le contrôle est transféré au pilote. La programmation de la commande turbine sur un curseur de l'émetteur est très simple, il suffit d'enregistrer, avec un boîtier outillage fourni avec le kit turbine, les 3 positions coupé, ralenti et démarrage.

Attention à bien ségréguer l'alimentation du récepteur et de l'ECU pour éviter les perturbations HF. Une batterie de 7.2V est nécessaire pour alimenter l'ECU.

Mise en vol



1^{er} vol en configuration minimale



Entrainement par courroie



2l de kérosène embarqués

Le premier vol est réalisé avant peinture dans une configuration minimale, sans carénage supérieur ni plexiglas afin d'améliorer la ventilation, avec les rotors principaux et arrière bipales. La prise en main de l'appareil avant finition présente aussi l'avantage d'être beaucoup moins stressante. Afin de garantir la sécurité, un extincteur CO2 est nécessaire. Le plein carburant (kérosène + 5% d'huile) est fait avec un conteneur pressurisé par une pompe à main. Le réservoir de gaz embarqué est rempli à l'aide d'un adaptateur qui se visse sur une bouteille de mélange butane/propane utilisé pour les postes de soudure. Le plein permet d'effectuer 4 démarrages.

La mise en œuvre de la turbine qui représentait le challenge initial, n'a posé en pratique aucun problème. Le démarrage est activé à partir de l'émetteur en poussant le curseur vers la position ralenti (mi-course), 3 led verte, orange et rouge situées dans le fuselage, clignotent en séquence pour indiquer que le système est prêt. Le cycle de démarrage décrit précédemment est initialisé en poussant le curseur en fin de course. Un "Wooh" bref indique que le gaz s'enflamme suivi par un bruit de chaudière et l'odeur de kérosène du flux chaud, envoûtant!

Le curseur est ramené en position ralentie dans l'attente que l'électronique de bord rende la main au pilote (45s). Le déplacement progressif du curseur vers la fin de course accélère la turbine puis les rotors au travers de l'embrayage qui s'enclenche à environ 55 000tr/m. Le réglage du régime rotor dans une plage de 1150 à 1250 tr/min s'obtient avec le curseur de l'émetteur.

L'appareil est prêt à décoller, le manche collectif est progressivement poussé vers l'avant, il commande uniquement le pas collectif, les 14kg se soulèvent avec facilité, ça vol !

L'ECU ajuste automatiquement la puissance nécessaire en fonction du pas comme sur l'appareil grandeur. Il n'est plus nécessaire d'ajuster une courbe pas/gaz. La puissance développée est "souple", sans couple notable comme sur un moteur à piston, sans vibration, l'appareil est calme sur son axe de lacet. Cette souplesse de puissance nécessite un dosage fin de la commande de pas et d'avantage d'anticipation. Les 2 litres de kérosène permettent 15 minutes de vol. Une fois posé, le curseur remis position basse initialise un processus automatique de refroidissement à l'aide du moteur électrique, jusqu'à ce que la température de sortie tuyère descende sous les 100°C.



Livrée TTH Armée de Terre



Trains sortis, flare pour casser la vitesse horizontale

Le plan de peinture de la version NH 90 Armée de Terre est retenu. Cette version ne sera pas livrée avant 2011, il n'existe donc pas encore de photo de l'appareil échelle 1. Le rotor anticouple avec 4 pales ainsi qu'une boîte de transmission arrière renforcée sont installés. Un rotor principal 4 pales est commercialisé par Graupner, il sera monté ultérieurement.

Conclusion

La motorisation par turbine semble être l'avenir de la maquette hélicoptère grâce au réalisme apporté: souffle des gaz d'échappement, odeur de kérosène. Des connaissances nouvelles et une vigilance accrue sont nécessaires pour sa mise en œuvre afin de garantir la sécurité. Le kit développé par Graupner est d'excellente qualité mais pêche par la conception de la transmission arrière. La puissance de la turbine est largement suffisante pour soulever les 14kg de la maquette. Le pilotage ne présente pas de difficulté notable en configuration rotor principal bipale, malgré l'inertie importante de l'appareil et le temps de réaction de la turbine.

Spécifications techniques

Caractéristiques	Réel	Maquette
Constructeur	Eurocopter	Graupner
Motorisation	2 turbines RTM 322 2000Kw	Turbine Jetcat PTH3 3 kw
Echelle	1	1/8
Masse à vide	9.6 T	14kg
Diamètre rotor principal	16.4 m	1800mm
Nombre de pale rotor principal	4	2
Diamètre rotor anticouple	3.2 m	172mm
Nombre de pale rotor anticouple	4	2

8.2- Le Tigre HAC/ ALAT

Le lancement du programme Tigre a concrétisé la volonté politique d'une Europe de la Défense reposant sur l'axe franco-allemand et la nécessité de fédérer les industries hélicoptères européennes.



Le Tigre de Yves Coron à Cuges les Pins

Cet appareil est le premier maillon d'un équipement commun, il correspond aux spécifications définies par les armées allemandes et françaises sur la base d'un concept opérationnel européen.

Le Tigre se caractérise par son niveau optimum de manœuvrabilité, furtivité, survivabilité; il innove par le degré de discrétion et de précision apporté par ses systèmes d'armes. Le contrat de développement a été signé fin 1989 et le premier vol effectué en avril 1991. Un contrat d'industrialisation signé en juin 1997 a permis la commande de 160 appareils par les armées allemandes et françaises. Le premier appareil série, version polyvalente UHT, sera livré à l'armée allemande par Eurocopter, filiale du Groupe EADS, en 2003. Une version export a aussi été commandée par l'Australie en 22 exemplaires.

1 Le kit

La boîte comprend la mécanique principale Hirobo SWM-system avec son rotor principal bipale, le fuselage et son rotor arrière bipale. Tous les équipements sont fournis sauf la radiocommande, le moteur et les bustes pilote et copilote si vous souhaitez compléter le cockpit.

Une notice de montage décrit étape par étape le processus. Chaque étape est illustrée par des vues éclatées en perspectives qui permettent d'avoir une compréhension globale du travail à effectuer. Les composants à utiliser sont clairement identifiés (sachets numérotés, dessins des vis et écrous en marge de la notice). Avec un peu d'attention et de rigueur impossible de se tromper.

1.1 La mécanique

L'ensemble principal comprend le groupe de propulsion (moteur, refroidissement et embrayage), l'étage de réduction, le mât moyeu avec plateau cyclique et tête rotor. Ces éléments sont intégrés, avec leurs servocommandes, dans un châssis constitué de 4 flancs aluminium anodisés, reliés par des entretoises. Cette conception garantit la rigidité en torsion nécessaire à la précision de commande du plateau cyclique. Les articulations sur roulements à billes contribuent à cette précision et à la fiabilité des réglages. Le plateau cyclique est commandé par 3 servos mixés électroniquement, répartis à 120° les uns par rapport aux autres (montage du type H3: un servo à l'avant et deux à l'arrière du plateau cyclique fixe). Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les renvois, réduisant ainsi les jeux et la masse.

L'installation motrice

Au départ nous avons installé un moteur ROSSI 11,5cm³. Il s'est avéré d'une puissance insuffisante et chauffait trop à l'intérieur du fuselage avec un échappement intégré. Un moteur OS 91SXH (2,9CV) à culasse carrée et à vilebrequin court de 9mm de diamètre (référence Graupner n°1928), a été ensuite installé et a donné toute satisfaction. L'interface de fixation de ce moteur est la même que celui de l'OS 10cm³. L'encombrement est quasiment identique! Le rapport de réduction (9,7) est obtenu directement par l'engrènement du pignon (10 dents) en sortie de la cloche d'embrayage moteur avec la roue principale (97 dents)

Attention : le moteur ne doit pas être emballé au-delà de 13 à 14 0000 tours (notice constructeur pour l'OS 91). Avec un rotor bipale et le rapport de réduction basique de 9,7 il y a un risque de dépasser cette valeur. Il faudra donc bien régler la courbe de gaz/pas dans ce cas de figure pour éviter un excès de vitesse de rotation du moteur ou bien alors changer le rapport de réduction (une cloche d'embrayage de 12 dents existe en option chez Hirobo pour le Freya et l'Eagle, mais son adaptation sur la mécanique SWM des maquettes reste à vérifier)

En revanche, avec un rotor quadripale on tourne en général plus lentement car l'augmentation d'inertie du rotor absorbe la puissance (quatre pales assurent la portance au lieu de deux, la traînée augmente même avec une corde réduite)

Afin d'intégrer l'échappement à l'intérieur du fuselage celui-ci a du être réalisé sur mesure à partir d'un tube d'aluminium. Le tube (diamètre 40mm, longueur 280mm), est aplati jusqu'à une épaisseur de 20mm et obturé à ces deux extrémités par une plaque soudée. Ne pas oublier d'insérer à l'intérieur quelques chicanes (plaques trouées). Il reste à souder (à l'argon !) sur le tube l'embase de fixation

moteur (récupérée sur un échappement usagé) et un tube de sortie des gaz.

Les écrous nylstop sont à proscrire pour la liaison avec le moteur (le plastique ne tient pas à la chaleur), préférer des écrous à déformation elliptique ou écrou et contre écrou.



Pot d'échappement réalisé sur mesure



Il y a moins de 30mm disponible entre le plan de sortie moteur et la paroi interne du fuselage. Le pot d'échappement est donc très proche de cette paroi en composite. Afin de la protéger de l'échauffement, on collera sur la paroi intérieure du fuselage, au niveau du pot, une couche de matériau isolant (du type de celui employé pour faire les joints moteurs, par exemple la plaque OILIT, référence Graupner n° 796)

La prise de remplissage du réservoir est placée sous le fuselage.

Le réservoir est pressurisé à partir d'une prise de pression sur le pot

d'échappement mais ce n'est pas obligatoire.

Attention : en compétition maquette, la capacité du réservoir d'origine peut s'avérer insuffisante pour la présentation en vol avec l'ensemble des figures en stationnaire et en translation. Prévoir un réservoir plus gros ou bien un autre en série avec celui d'origine.

Montage de la mécanique

Afin d'éviter des problèmes potentiels, une attention particulière doit être apportée lors de l'assemblage, une rupture mécanique est généralement fatale pour une maquette d'hélicoptère.

Le plus important est de sécuriser toutes les liaisons métal sur métal avec du frein filet (bleu). N'ayez pas de craintes quant à la possibilité de démonter facilement les pièces, un crash de votre maquette ne vous laisserait plus la possibilité de réparer quoique ce soit!



La première étape consiste à préparer le moteur: la bague conique, le ventilateur de refroidissement et la cloche d'embrayage sont assemblés sur l'arbre de sortie et maintenus par un écrou fermement serré.

Puis installer le réservoir et le moteur entre les flancs inférieurs. Le réservoir

est maintenu par 6 silent bloc qui réduisent les émulsions de carburant.

L'étape suivante est l'assemblage des flancs supérieurs. Cela nécessite de positionner les 3 servos commande du plateau cyclique et les paliers de l'arbre moteur et du mât rotor principal. Les roulements à billes sont pré-montés dans les paliers, il suffit donc de les positionner et de serrer l'ensemble. Puis le mât rotor est glissé dans les paliers, la roue principale est alignée et serrée sur le mât par une liaison boulonnée. Le jeu d'engrènement entre la roue principale et le pignon de la cloche d'embrayage peut être obtenu en interposant un film de vinyle qui assure le bon écartement. L'étape finale consiste à ajouter le plateau cyclique, le washout et la tête rotor pré-assemblée.

La tête rotor bipale est de conception classique, avec barre stabilisatrice Bell-Hiller au-dessus du disque. Les manchons de pale sont largement dimensionnés, l'ensemble respire la santé. Il reste à installer les tiges de commandes avec les longueurs spécifiées. Il est recommandé de remplacer les tiges de commande diamètre 2mm par des tiges diamètre 2,5mm, moins sensibles aux effets d'entaille au niveau du filetage. On peut fabriquer des tiges filetées 2,5mm très facilement à la longueur désirée en utilisant des baguettes de soudure à l'arc qui sont en acier « mou »: on enlève le produit en surface en l'écrasant, puis on ponce la baguette au papier de verre et on la « fillette » à l'aide d'une filière de 2,5mm (type VARIO référence n°70/20)

Les pales sont recouvertes d'un film thermo-rétractable transparent qui met en valeur les fibres du bois. N'ayez pas peur des pales en bois: ce sont les mêmes que sur le Freya avec lesquelles on peut passer toute la voltige 3D !

Une tête rotor quadripale (option non comprise dans la boîte, référence Hirobo 0414-043 + jeu de 4 pales 0414 044)

sera montée après un premier vol en bipale. C'est un joyau, entièrement métallique, dont le montage ne présente aucune difficulté. Il a cependant été nécessaire de remplacer l'axe d'articulation de la pièce d'entraînement (washout) du plateau cyclique mobile (pin 0414-066), qui coulisse librement et peut être expulsé en rotation, par une vis diamètre 2mm (récupérée sur un boîtier de servo) et un écrou nylstop.

Assurez-vous aussi que la vis de liaison tête rotor/mât, diamètre 3mm, ne soit filetée qu'à son extrémité, afin d'éviter les effets d'entaille en cisaillement.

Positionnement du washout : afin qu'il n'y ait pas d'interférence des biellettes avec le washout; la vis de blocage ne doit pas tomber dans la rainure de l'axe moyeu. Ce décalage en azimuth permet aussi un meilleur alignement des biellettes de pas mais nécessite d'introduire une rotation virtuelle du plateau cyclique à l'émission pour respecter le déphasage "gyroscopique" de 90 °



Mécanique principale

Réglage de la voilure du rotor 4 pales :

- régler le pas d'une pale étalon à 0° pour une position du manche collectif de 25% de la course

- le même calage doit être réalisé sur les 3 autres pales. Le tracking sera affiné à l'issue du premier point fixe
- positionner une pale sur la poutre de queue, en actionnant le cyclique d'avant en arrière elle ne doit pas se déplacer. Si c'est le cas ajuster la position du plateau cyclique afin qu'elle ne bouge plus.
- Régler le pas mini à -3,5° et le pas maxi à 9°.



Rotor arrière tripales

Le rotor arrière bipale est remplacé par un rotor arrière tripale Vario (référence 101/80 + pales anticouple référence 34/8), afin d'être conforme à l'appareil échelle 1. Un guignol à 6 branches de servo mécanisme Futaba assure la fonction plateau de commande en garantissant les écartements angulaires de 120° entre les 3 pales. Il suffit de percer ce guignol au diamètre de l'axe couissant sur l'arbre du rotor arrière et d'y adapter trois chapes à boule avec des vis de 2mm.



Rotor arrière

Le tube de transmission arrière est guidé par 2 paliers à billes montés dans un tube. Une BTI (boîte de transmission intermédiaire) permet le renvoi d'angle à 45° environ vers la BTA (boîte de transmission arrière à 90° vers le rotor arrière). La BTI n'est pas carénée et nécessite donc un graissage régulier en ouvrant le capot d'accès prévu à cet effet.

Attention le collage du support de la BTI est insuffisant (déchollage au premier vol) il faut renforcer ce collage par des vis (les moins visible possible)

La transmission de la commande de lacet n'est pas satisfaisante. En effet il s'agit d'une corde à piano qui coulisse dans un tube en laiton, le tout coudé à 45° dans le fuselage pour remonter vers la commande du plateau du rotor arrière. Cette cinématique présente un frottement important qui empêche le gyro et le servo de lacet de réagir correctement.

Les premiers essais en vol ont montré les limites de cette conception qui induit des efforts de commande rédhibitoires et un comportement erratique en lacet. Un renvoi mécanique (du tube guignol d'aileron dans une d'aile d'avion) à du être ajouté à la base de la dérive afin de retrouver une souplesse de commande satisfaisante, c'est à dire sans jeu ni frottement. Le test de bon fonctionnement de la chaîne de

commande de lacet est le suivant (test de réversibilité du servo): actionner le pas de pales arrière ensemble, radio éteinte bien sûr, et vérifier que l'on fait tourner le servo facilement sans effort et sans effet d'hystérésis (variation de la position de retour au neutre). La prise de mouvement de la transmission arrière s'effectue sur la roue principale par un pignon intégré dans un boîtier de renvoi conique pré assemblé. Un arbre de liaison a cardan assure l'alignement. Tous ces éléments s'assemblent sans difficulté grâce à la qualité de leur réalisation.



Transmission arrière

1.2 Le fuselage

Les kits Hirobo sont préfabriqués à 99%, il faut maintenant réaliser le 1% restant.

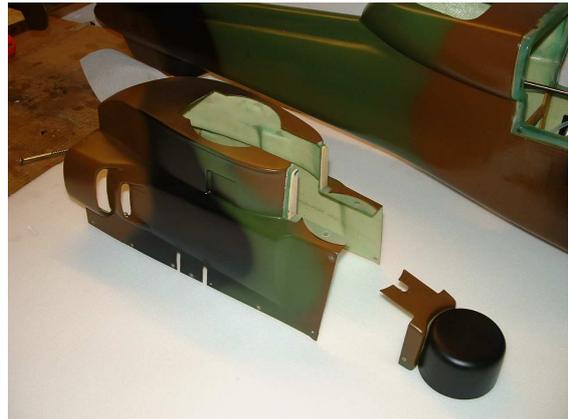
Le fuselage fibre de verre et résine polyester est moulé avec précision. Les couples, support de trains et de transmission arrière, réalisés en CTP 3 plis, sont collés dans le fuselage. Penser à protéger le bois d'une couche de peinture ou de résine époxy. La mécanique principale est fixée dans le fuselage par 4 vis CHC, sur deux longerons en hêtre.

Afin d'être conforme au modèle, l'empennage horizontal doit être reculé à l'extrémité du fuselage et les dérives latérales orientées de 5° vers la gauche au bord d'attaque (afin de donner un effet anticouple vers la droite). Cela

permet, comme sur le vrai hélicoptère, d'alléger en translation la poussée produite par le rotor arrière nécessaire à l'anticouple et donc de diminuer la puissance consommée par le rotor arrière. On peut également caler l'ensemble du rotor arrière avec un angle de 5° environ donnant au disque rotor un effet de lacet à droite, comme sur le vrai Tigre. Cela est facile car le rotor arrière Hirobo pivote sur un axe vertical et est bloqué par des vis CHC sur cet axe.

Une modification également intéressante a été appliquée, à savoir le braquage de l'empennage de 5° environ (bord d'attaque vers le haut) afin de donner un effet piqueur à l'hélicoptère en translation. Ceci permet de compenser partiellement, automatiquement et progressivement, en translation le maintien à piqueur du manche cyclique qui est obligatoire en rotor multipale (sans barre stabilisatrice). Il faut donc braquer cet empennage à la valeur nécessaire pour ce confort de pilotage en translation, sans que cela nuise à l'esthétique et à l'appréciation des juges en compétition. L'idéal serait de monter l'empennage sur un axe de pivotement afin de pouvoir trouver le bon réglage puis de coller ensuite l'ensemble à son incidence définitive.

Le capot supérieur a été modifié pour le rendre démontable sans qu'il soit nécessaire de démonter la tête rotor: Une fente est introduite sur l'avant du capot pour laisser passer l'axe rotor au démontage. Cette fente est cachée au remontage par le viseur de toit.



Carénage supérieur



Rotor principal 4 pales (Hirobo)

Le train d'atterrissage est constitué d'un tube moulé en matériaux composites assurant la flexibilité et l'amortissement à l'atterrissage. Il est nécessaire de recalibrer la position du train, à l'aide d'une cale biseautée (en balsa dur par exemple) au niveau du rectangle de fixation, afin de remonter un peu le fuselage à l'avant pour le rendre conforme à l'hélicoptère réel.



Trous d'aération sous le fuselage

1.3 L'installation radio

La radio est une Graupner MC24 avec récepteur 12 voies PCM, RDS 1000 de JR.

Les 5 servomécanismes sont répartis comme suit:

- 3 Futaba S9450 numériques pour la commande du plateau cyclique,
- 1 Futaba S9202 pour la commande moteur,
- 1 Futaba S9253 numérique grande vitesse pour la commande rotor arrière, piloté par un gyroscope à conservateur de cap
- GY 401 de Robbe.

2 batteries Ni MH (3Ah, 4,8 volts) sont placées dans le radôme. Leur masse de 500g permet d'assurer le centrage pile-poil sur l'axe rotor.

On peut voler avec un centrage légèrement arrière en enlevant une batterie, mais l'appareil sera moins stable en translation rapide avant et consommera un peu plus de puissance sur le rotor principal à cause du trim cyclique avant.

Chaque batterie est en série avec le récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur à fort débit, accessible et actionnable par le dessous du fuselage. Un testeur de batterie à diodes, en prise

directe sur le récepteur, est inséré sur la console centrale sous l'œil attentif du copilote. En allumant alternativement les deux interrupteurs d'alimentation, on vérifie la charge de chaque batterie.

Les branchements sur le récepteur (RDS 1000 de JR) sont effectués comme suit:

Voie 1 (throttle): servo plateau cyclique latéral gauche

Voie 2 (aileron): servo plateau cyclique latéral droit

Voie 3 (elevation): servo plateau cyclique avant

Voie 4: gyroscope GY 401, prise lacet

Voie 5: gyroscope GY 401, réglage gyro

Voie 6: Gaz

Voie 7: testeur de batterie

Voie 9: deuxième batterie

Voie 10: première batterie

L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique collée, c'est plus esthétique et les juges préfèrent en compétition.

Programmation de l'émetteur (MC24 dans mon cas)

Sélectionner le mode H3 avec 3 servos dont deux pour le roulis.

Sélectionner le sens de rotation du rotor à droite (clockwise ou sens des aiguilles d'une montre vu de dessus)

Vérifier les sens de chaque servo individuellement, puis régler le sens des trois servos ensemble, pour les fonctions pitch (collectif), roll (roulis) et nick (tangage)

Vérifier le sens de la commande de lacet et que le gyro corrige dans le bon sens : si on actionne le senseur vers la droite, le servo donne un ordre à gauche.

Annuler tous les mixages pas/lacet et le trim de lacet (mode conservateur de cap)

Le gyro GY401 est réglé avec un gain important (>80%) pour tenir compte de l'inertie en lacet.

Fonction plateau cyclique pitch, nick et roll à 80 % ; tous les servos à 100% ainsi que les manches. Exponentielles à introduire ultérieurement si nécessaire.

Le potentiomètre curseur central est utilisé pour éventuellement ajuster le collectif : pour cela le potentiomètre (voie 9) est mixé sur la voie 1 (collectif).

Mettre un léger mixage lacet à droite sur gaz

Mettre un léger mixage cyclique gauche ou droit sur gaz.

Il n'est pas apparu nécessaire, pour le vol stationnaire et la translation, d'introduire un déphasage du plateau cyclique par une rotation virtuelle à l'émission. Les experts pourront tenter toutefois de le faire si par exemple en looping il apparaît un gauchissement notable en roulis.

On utilisera 3 phases de vol (la MC24 en dispose de cinq) :

- phase stationnaire avec débattements cyclique, collectif (moins 2° à plus 6°) et gaz atténués
- phase voltige avec courbe en V sur les gaz : 50% manche collectif au milieu et 100% avec manche en bas et en haut (-9° à +9°)
- phase autorotation (-3+° à +12° ou plus)

2 Les essais en vol



1^{er} vol sur le terrain de Marignane

Nous avons décidé d'effectuer le premier vol avant peinture et en configuration de base du kit (rotor principal avec ses deux pales en bois et arrière bipale), afin de réduire le niveau de stress, proportionnel au nombre d'heures de travail. Ce point fixe et vol stationnaire permettent d'affiner les réglages (courbes pas-puissance et gain gyroscopique), prendre en main la bête puis vérifier le serrage des liaisons critiques.



1^{er} vol-Marignane

Vérification avant le premier vol :

- aucune interférence mécanique entre les fils de servos et les éléments tournants (axe rotor principal, axe rotor arrière,, BTI, BTA, etc...)
- le quartz du récepteur est verrouillé avec du scotch.

- les prises des rallonges sont scotchées ou verrouillées par un dispositif de blocage.
- vérifier les sens des pales principales, des palettes de la barre Bell (rotation clockwise) et la cohérence avec le sens de montage des pales du rotor arrière.
- vérifier que les ordres cycliques sont déphasés de 90°: par exemple en donnant un ordre à piquer, la pale avançante à gauche doit voir son incidence baisser et la pale reculante droite doit voir son incidence monter
- vérifier que l'on est bien, en mode « heading lock »: si l'on donne un ordre sur le manche de lacet ou sur le trim de lacet, le servo de lacet part en butée.
- s'assurer visuellement de la position ralentie de la commande moteur.
- pointeau moteur principal: 1,5 tours ouverts, carburant nitré de 0% à 25%: le moteur démarre sans problème. Etant donné la puissance de l'OS 91 on peut voler sans problème avec 0% de nitro.
- vérifier que lorsque l'on bascule l'interrupteur d'autorotation, le boisseau du moteur correspond à la position ralentie. En cas de coup dur pour les premières autorotations, on pourra éventuellement remettre d'urgence la puissance en rebasculant l'interrupteur d'autorotation dans l'autre sens. On pourra ensuite éventuellement régler la courbe de gaz en phase autorotation pour que le moteur cale (nécessaire en compétition) ou bien introduire un mixage (voie neutre ou libre sur gaz), commandé par un autre interrupteur qui donnera un offset sur les gaz pour que le moteur cale, à la demande.



Championnat de France 2001

La méthodologie des essais en vol est la suivante:

- essais de portée, sans les pales principales, moteur tournant
- le premier vol est effectué sans le carénage supérieur, sans les ailettes d'armement, en configuration bipale, maquette non peinte: stationnaire, translation lente. Vérification de l'efficacité du rotor arrière en vol stationnaire et dans les pirouettes.

Le moteur développe 2,9 cv qui suffisent largement pour soulever les 7 kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité de l'appareil.
- puis opération de peinture et décoration
- nouvelle vérification en vol avec le carénage supérieur, le moteur ne chauffe pas et conserve sa puissance.
- installation du rotor quadripale et remise en vol: l'appareil reste stable et agréable aux commandes bien que le pilotage soit plus exigeant.
- essais en translation rapide. Attention, avec un rotor quadripale, il faut maintenir la commande cyclique longitudinale vers l'avant (piqueur), sinon l'appareil part en looping. Le

cabrage à piqueur de l'empennage horizontal atténue cet effet comme décrit plus haut.

- vérification du mode heading lock en translation latérale et marches arrière



Championnat de France 2001

Comportement en autorotation avec rotor quadripale:

L'autorotation est une phase nécessaire du processus d'essai de la maquette volante. Il s'agit en effet d'une phase vitale en cas de rupture de la transmission arrière ou en cas de panne moteur. Il ne faut donc pas la repousser sans cesse par angoisse ou par négligence et l'aborder le plus sereinement possible au travers des deux phases préliminaires d'entraînement:

- descente sans puissance, sans idle-up (moteur au ralenti), sans basculement de l'interrupteur d'autorotation, face au vent.
- lancement du régime rotor à la limite du décollage en stationnaire, puis réduction du pas, basculement de l'interrupteur et augmentation du pas collectif pour maintenir l'hélico à 10 cm du sol le plus longtemps possible.

Quand ces deux étapes sont maîtrisées on les "raccorde" en basculant l'interrupteur dans la descente sans puissance.

Le taux de descente est faible et l'hélicoptère plane très bien en position plein petit pas (-2à-3°). En revanche le pilotage en lacet est difficile car le rotor arrière est insuffisamment entraîné en autorotation (malgré la rondelle de friction placée au montage de la roue libre sur l'arbre principal). Les virages devront être effectués avec une inclinaison relativement importante et consommatrice de tours. Attention également au phénomène d'autocabrage en fin d'autorotation: il faut casser doucement la vitesse horizontale d'avancement car il y a autocabrage de l'hélicoptère relativement violent surtout par fort vent de face. L'autorotation se termine dans tous les cas avec le manche cyclique pratiquement à plein piquer. Il y aussi une limitation mécanique défavorable qui empêche de disposer de toute la commande piqueur lorsque le pas collectif est au maximum. A noter qu'il n'apparaît pas d'effet sensiblement néfaste de la présence des ailettes d'armement en autorotation (masquage partiel du rotor).

Le comportement est donc globalement sain en autorotation; évitez toutefois les "flares" violents et n'oubliez pas que le Tigre possède des roues : il n'est donc pas inesthétique de terminer l'autorotation en léger roulage avant sur piste. Pour les autorotations en marche arrière ou avec départ dos, ce n'est qu'une question de folie passagère et d'oubli forcené du prix d'une telle maquette.



Autorotation



Photo de famille

3 La peinture

Le plan de peinture du premier appareil de série UHT, destiné à l'armée allemande, est retenu pour décorer la maquette.

Le fuselage est poncé afin de le dépolir et le préparer à recevoir une couche de primaire cellulosique blanc. Les défauts résiduels sont ainsi mis en évidence et soigneusement mastiqués. Un ponçage à l'eau et au papier de verre 300/400 termine la préparation.

Le camouflage est dessiné au crayon, puis les 3 teintes (vert armée, brun et noir) de peinture polyuréthane mat sont appliquées au pistolet (on obtient aussi un résultat très satisfaisant avec des bombes de peinture Humbrol qui sont plus faciles d'emploi).

La finition est obtenue avec un voile de vernis. La maquette est prête pour la photo de famille.

4 Résumé des modifications

Modifications indispensables (sécurité)

- changer la commande de lacet en supprimant la corde à piano cintrée et son tube de guidage par deux biellettes rigides et un renvoi d'angle dans la dérive
- changer la goupille par un boulon de 2mm sur le washout du rotor quadripale
- fixer la BTI (boîte de transmission intermédiaire)

Modifications recommandées

- couper le capot supérieur pour le rendre démontable sans démonter la tête rotor
- mettre deux batteries à l'avant pour le centrage et la sécurité de l'alimentation radio
- braquer l'empennage horizontal pour donner un effet piqueur en translation

Modification « esthétiques »

- installer le rotor optionnel quadripale Hirobo

- installer un rotor anti couple tripale (type VARIO)
- installer un pot d'échappement totalement intégré dans le fuselage
- reculer l'empennage arrière pour le rendre conforme à l'hélicoptère réel
- braquer les dérives verticales pour donner du couple de lacet en translation et pour être conforme au vrai hélicoptère
- installer les antennes, les coupes câbles...
- recalcr le train pour remonter le fuselage à l'avant
- caler l'ensemble du rotor arrière avec un angle de 5° environ donnant au disque rotor un effet de lacet à droite

Modifications « Top Class »

- démarrreur électrique Hirobo
- installer des missiles avec explosion fumigène commandée en vol (VARIO)

5 Conclusion

Quel beau kit! et il vole bien.

La réalisation ne présente pas de difficulté majeure grâce à la préfabrication et la qualité du kit Hirobo. La conception mécanique simple, précise et sans jeu laisse augurer fiabilité et pérennité des réglages.

200 heures de travail après l'ouverture de la boîte, le premier vol stationnaire fait oublier tous les efforts.

Le réalisme de la maquette nécessite, pour la rendre conforme au Tigre d'Eurocopter, l'intégration de l'échappement moteur, l'installation du rotor principal 4 pales et du rotor arrière

3 pales bien que le pilotage de l'appareil soit plus confortable en bipale.

Cette maquette, au top de sa catégorie comblera les pilotes et les spectateurs passionnés de belles machines. Elle a été présentée, ainsi que le Dauphin N2 décrit dans un précédent numéro, au dernier Championnat de France (4-5 Juillet à Corbeil). La maquette Championne de France était le Panther d'Eurocopter, également un kit Hirobo, qui sera présentée dans un prochain article.

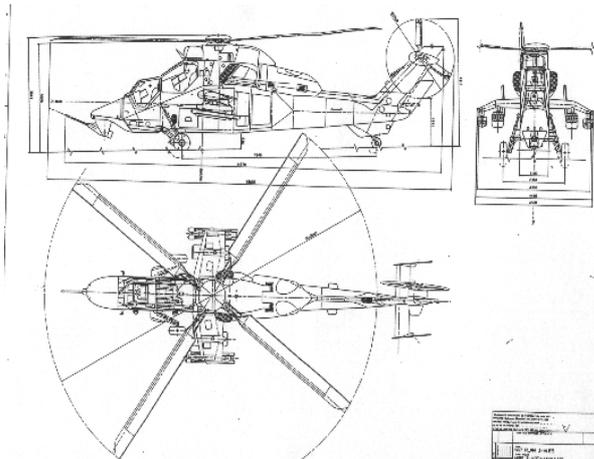


Démonstration à Cuges les Pins



Maquette posée sur le bras d'armement du grand frère

Plan 3 vues



Spécifications techniques

Caractéristiques	Réel	Maquette
Constructeur	Eurocopter	Hirobo
Motorisation	2 turbines MTR 390	OS 91 SXH 2.9CV
	980 Kw	
Longueur hors rotor	14.8 m	173 cm
Hauteur	3.8 m	46 cm
Echelle	1	1/8.6
Masse à vide	4.2 T	7kg
Diamètre rotor principal	13 m	1550 mm
Nombre de pale rotor principal	4	4
Diamètre rotor anticouple	2.70 m	172mm
Nombre de pale rotor anticouple	3	3

Les versions civiles

8.3- Dauphin N2 "Police Maritime Corée"



L'appareil du client Coréen qui a inspiré la maquette

Historique

Le Dauphin a été conçu avec l'idée de faire une version moderne de l'Alouette 3. Il a bénéficié des avancées technologiques mises au point sur ses prédécesseurs: pales en matériaux composites, rotor de queue "fenestron" intégré dans la dérive.

La version AS 360, monomoteur, train fixe 3 points avec roulette de queue, a effectué son premier vol en juin 1972. Pour mieux répondre à l'attente des clients une version AS 365 bimoteur équipée d'un train rentrant tricycle a été développée, puis une version militarisée "Panthère". Plus de 700 appareils ont été livrés à 230 clients répartis dans le monde, dont 100 versions "US coast guard".

Le volume de sa cabine et ses qualités de vol lui permettent de répondre à un large éventail d'utilisation: off shore, corporate, VIP, sécurité civile, police... L'adaptation au marché conduit à décliner de nouvelles versions, l'EC155 possède une cabine agrandie, 5 pales rotor principal entraînées par une turbine plus puissante, un fenestron silencieux et

une avionique planche de bord numérique.

Le projet maquette Dauphin Corée

Les appareils de la gamme Eurocopter sont un sujet fréquent d'inspiration pour les modélistes. Pierre Berthié a choisi un Dauphin en cours de livraison chez un client Coréen. Il a utilisé comme base le kit commercialisé par la société Vario, réputée pour la qualité de ses productions et ses accessoires maquettes; Voici le récit de son aventure.

L'assemblage du kit

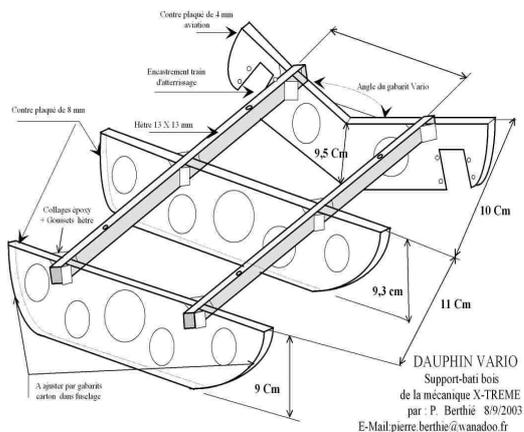
Le fuselage

Le fuselage fibre de verre et résine époxy gelcoaté blanc, est moulé avec précision. Il est livré en 2 parties plus l'empennage et les 2 carénages supérieurs. Le travail commence par la découpe des fenêtres, des portes et des trappes du train d'atterrissage rentrant, à l'aide d'un disque à tronçonner. La lime et l'huile de coude parachèvent l'ouvrage. Afin de faciliter la dépose de la mécanique principale et de réduire l'encombrement lors des transports, la poutre de queue est fixée par 3 vis BTR, donc facilement démontable. Les portes latérales sont coulissantes afin d'assurer la conformité par rapport à l'appareil grandeur et améliorer le refroidissement de la mécanique par temps chaud.



Porte latérale coulissante

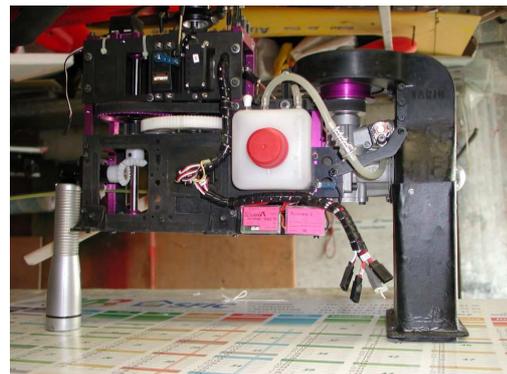
La structure interne est aussi une adaptation personnelle. Elle est composée de 3 cadres CTP de 4 mm collés au fond du fuselage et reliés par 2 longerons en hêtre. Cette structure a été préférée au montage Vario pour supporter la mécanique principale et fixer le train d'atterrissage rentrant "Geserdaner" motorisés par 3 moteurs électriques.



La structure bois et les interrupteurs

La liaison des capotages supérieurs avec le fuselage s'effectue par des vis de 2.5mm vissées dans des plaques de contreplaqué collées à l'intérieur du fuselage.

La mécanique principale



La mécanique est insérée dans un châssis compact constitué par l'assemblage de tubes et de cadres en aluminium usiné équipés des paliers à billes. Compte tenu des dimensions de la bête et du devis de masse estimé à plus de 8kg, le choix de la motorisation s'est porté sur un OS 91SHX qui développe 2.9cv. Le moteur, situé à l'avant, entraîne deux étages dont le rapport de réduction est de 9.6.

Au premier étage un pignon moteur, fixé sur la cloche d'embrayage, entraîne par l'intermédiaire d'une courroie crantée, une roue en delrin. La réduction du deuxième étage est obtenue par un pignon, solidaire de la roue du premier

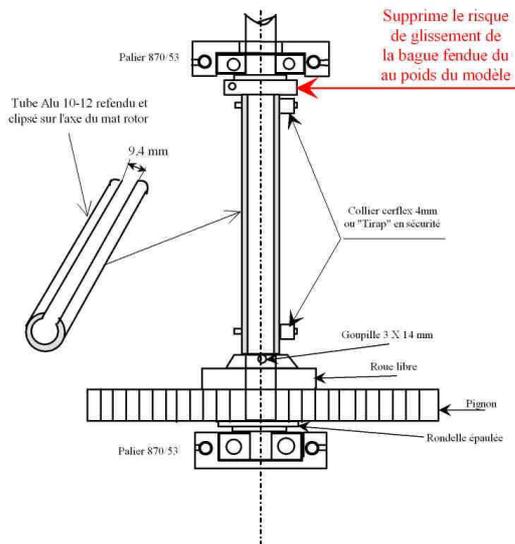
étage, engrenant une roue qui entraîne l'axe rotor principal via la roue libre.

Un renvoi par pignons coniques en delrin, permet la prise de mouvement vers le rotor arrière sans rapport de réduction supplémentaire.

Les réglages de tension et d'alignement de la courroie sont à réaliser avec soin. Le positionnement des 2 galets qui guident la courroie est très important. L'alignement correct des axes de transmission est obtenu lorsque la courroie ne se déplace pas sur les dentures vers les flasques de la poulie motrice lors de la rotation.

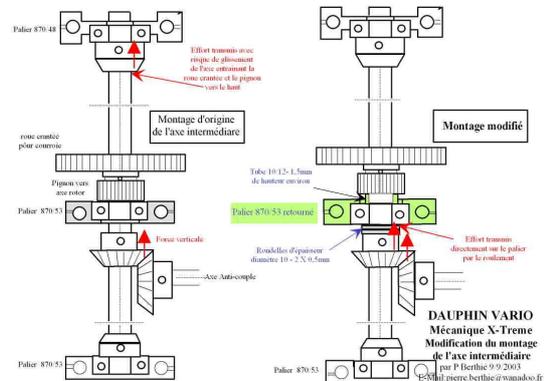
Lors de la mise au point, 2 incidents ont nécessités les modifications suivantes :

☞ Ajout d'une entretoise sur l'axe rotor pour prévenir le glissement de la bague fendue supportant le poids de l'appareil.



DAUPHIN VARIO
Mécanique X-Treme
Sécurisation de l'axe rotor
Principe Y. Coron
par P. Berthié 9/9/2003
E-Mail: pierre.berthie@wanadoo.fr

☞ Montage inversé d'un palier pour éviter le glissement de l'axe intermédiaire vers le haut, du à l'effort d'engrènement des pignons coniques de la transmission arrière.



Le fenestron

L'assemblage nécessite minutie et précision. Les pignons coniques sont de taille différente pour augmenter la vitesse de sortie. Leur engrènement nécessite un réglage précis à l'aide des cales fournies. Le moyeu fenestron est pré-assemblé, les 8 pales sont articulées sur le moyeu avec 2 roulements, il ne reste plus qu'à relier les leviers de pas aux pieds de pales.

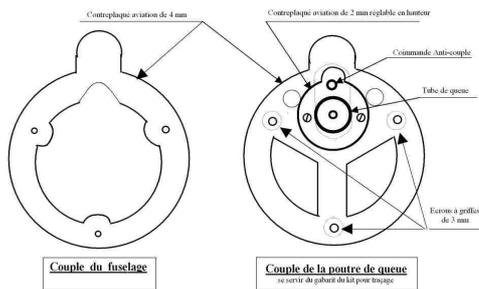
L'assemblage final

La mécanique principale est fixée dans le fuselage sur les longerons du bâti bois en s'assurant de l'inclinaison du mat de 4° vers l'avant. Le conduit de ventilation doit être prolongé, la gaine est réalisée en résine et tissu sur moule perdu.



Le conduit de ventilation est prolongé jusqu'au fuselage

La boîte de transmission arrière et le tube de transmission peuvent maintenant être positionnés dans la poutre de queue. 2 cadres CTP sont ajoutés afin de rendre la poutre de queue démontable. Un cadre CTP est monté en force autour du tube de 20mm.



Pour sortir la mécanique X-Trem du fuselage, il faut reculer d'environ 2cm la transmission du fenestron pour sortir la rotule cardan AV du pignon de renvoi. Avec cette modification, il est donc plus nécessaire de démonter le fenestron et le boîtier renvoi d'angle AR pour obtenir ce recul.

DAUPHIN VARIO
Poutre de queue démontable
par P. Berthié 8/9/2003
E-Mail: pierre.berthie@wanadoo.fr



Poutre de queue démontable et cadres CTP

Le jeu d'adresse commence! Une pièce circulaire de CTP s'adapte dans la veine du fenestron et permet de positionner l'arbre de sortie de la transmission arrière. Ce tube contenant la transmission doit aussi être aligné avec la mécanique. La pièce circulaire de CTP est remplacée par le moyeu fenestron et le tube de transmission est mis à longueur avec un jeu de 3mm, puis la commande de pas est installée. La poutre de queue, prévue collée par Vario, est démontable grâce à la liaison par 3 vis BTR de 3mm. Il reste à installer et régler la tête rotor 4 pales. Le plateau cyclique puis le moyeu rotor sont emmanchés sur le mat. Les 4 bielles de commande de pas doivent avoir des longueurs identiques afin de garantir un tracking correct à quelques réglages mineurs près. Le plateau cyclique est commandé directement par 4 servo. Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les renvois d'angle et de réduire les jeux.

L'entraîneur du plateau cyclique doit être positionné pour donner le bon angle de phase aux pales: positionner une pale vers l'arrière du fuselage le long de la poutre de queue, actionner le cyclique longitudinal et tourner l'entraîneur du plateau cyclique jusqu'à ce que le pas de la pale ne varie plus lors des mouvements cycliques longitudinaux. Dans cette position visser l'entraîneur du plateau cyclique. Le manche collectif de l'émetteur à mi course, les renvois de servo doivent être positionnés à 90° et la longueur des commandes de pas réglées afin d'obtenir 5° d'incidence sur les pales. Le boisseau des gaz doit être à mi course. Les pales sont reliées aux manchons du moyeu par 2 vis BTR. Cette liaison rigide évite le recul de la pale avançante et réduit le phénomène d'autocabrage en translation rapide.

L'installation radio

Le choix s'est porté sur une Graupner MC 24 avec un récepteur 12 voies RDS 100 de JR. Les servocommandes sont réparties comme suit:

- 4 servos Futaba S9450 numériques pour la commande du plateau cyclique
- 1 servo Futaba S9201 Pour la commande moteur
- 1 servo Futaba S9253 numérique pour la commande fenestron. Le servo arrière doit avoir une poussée minimum de 7kg.
- 1 gyroscope Robbe GY 401.
- 1 servo Futaba (mini) pour le réglage de la richesse moteur.

Initialement 2 batteries NiMh (3Ah, 4.8volts) ont été installées dans le radome, avec une batterie Cd Ni (1.1Ah, 6v) pour le treuil et l'éclairage. Leur masse de 600g permet d'amener le centrage sur l'axe rotor. Les batteries alimentent le récepteur par l'intermédiaire d'un permutateur automatique Vario. 2 interrupteurs à fort débit sont accessibles en coulissant la porte latérale. Ce montage a été modifié suite à 2 passages en mode fail safe, heureusement sans conséquences. Le phénomène est attribué aux chutes de tensions dans l'alimentation dues principalement à la consommation importante des servos numériques. Des appels de courant supérieurs à 2.5 A ont été mesurés. Afin d'augmenter la capacité, 2 batteries CdNi de 1.8A, 6V ont été installées. Une sortie a été ajoutée sur le permutateur Vario afin d'alimenter le récepteur par 2 entrées. Cela permet de redonder l'alimentation et de répartir les appels de courant. L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique.

Les essais en vol



Vol de groupe dauphins Trento et Corée

Les premiers essais sont réalisés avant peinture afin de vérifier le fonctionnement général et se familiariser avec le comportement en vol de l'appareil. Le moteur s'anime aux premières sollicitations du démarreur, après quelques réglages de la carburation, un essai de portée au sol est réalisé rotor tournant sans pales principales. Le déphasage de 90° des ordres cycliques est vérifié ainsi que l'absence d'interférence mécanique entre les fils de servo et les éléments tournants. Tout est nominal, le manche collectif est poussé vers l'avant afin de soulager l'appareil sur ses roues et de vérifier le comportement du fenestron. Le rotor principal tourne à 1450 tours cela donne une puissance suffisante au fenestron qui cependant répond mollement et nécessite un gain important sur le gyro. Un stationnaire permet d'ajuster les trims et de constater la stabilité du rotor semblable à celle d'un bipale stabilisé par une barre Bell-Hiller. Les 2.9cv du moteur suffisent largement pour soulever les 8.5 kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité. Il reste à ajuster la courbe pas/gaz. Le régime moteur doit être constant sur toute la plage de pas. Pour obtenir ce résultat tester le comportement lors d'une mise de pas rapide, si le régime baisse corriger la courbe de pas en le réduisant (et inversement). Optimiser aussi la courbe pas/gaz en testant les

réductions rapides de pas. En translation un autocabrage se manifeste malgré le blocage en traînée des pales, ainsi qu'une légère instabilité latérale. Il faut prendre l'habitude de piloter manche cyclique vers l'avant et compenser un comportement moins prévisible par une vigilance redoublée.

La finition

Le plan de peinture d'un appareil Coréen, opéré par la police maritime, est retenu. Ce plan de peinture permet une bonne visualisation en vol. Le résultat est conditionné par une préparation soignée. La fibre de verre gelcoatée donne un état de surface très lisse qui permet de limiter cette préparation au minimum avec du 600 à l'eau. 1 couche de peinture acrylique blanche (Dupont centari 600) est directement appliquée au pistolet. Puis après masquage la teinte orange. L'aspect final brillant est obtenu avec une couche de vernis bi-composant (Dupont 690S et durcisseur AK260). Il reste à aménager le cockpit, planche de bord, sièges, pilotes et commandes de vol. Tous les accessoires sont disponibles dans le catalogue Vario et permettent de personnaliser à souhait selon le niveau de détail que vous recherchez. Un treuil fonctionnel a été réalisé à partir d'un bloc de mousse polystyrène recouvert de tissu de verre. Un petit moteur électrique actionne le câble au bout duquel la figurine est retenue par un aimant.



Photo de famille à La Fare les Oliviers

Conclusion



Le treuillage est spectaculaire

L'assemblage est aisé pour un modéliste confirmé mais cet appareil n'a rien d'un modèle d'initiation. Le fenestron et la tête rotor 4 pales sont de très belles pièces mécaniques. Le reste de la mécanique est fiable et éprouvé. Le moulage du fuselage est d'excellente qualité, les assemblages sont précis et nécessitent peu de retouche. Le nombre de détails maquette et d'accessoires proposés dans le catalogue Vario permet une personnalisation poussée. Le pilotage reste agréable malgré la tête rotor 4 pales qui induit de l'autocabrage et nécessite de piloter en permanence. On ne se lasse pas des évolutions majestueuses et du réalisme en vol. Les séances de treuillage sont particulièrement appréciées du public et des juges. Pierre Berthié a obtenu avec cette magnifique réalisation une 3ième

place sur le podium du championnat de France maquette 2003 à Serviès.

Spécifications techniques

Constructeur	Eurocopter	Vario
Motorisation	2 turbines Ariel 1C2 800Kw	OS 91 SXH 2.9CV
Longueur hors rotor	11.63 m	170 cm
Hauteur	4 m	60 cm
Echelle	1	1/8.6
Masse à vide	4.25 T	8.5kg
Diamètre rotor principal	11.94 m	1550 mm
Nombre de pale rotor principal	4	4
Diamètre rotor anticouple	1.10 m	180 mm
Nombre de pale rotor anticouple	11	8



Le client a failli partir avec la maquette !

8.4- Dauphin EC155

"Prototype Eurocopter"



Le Dauphin a été conçu avec l'idée de faire une version moderne de l'Alouette 3. Il a bénéficié des avancées technologiques mises au point sur ses prédécesseurs: pales en matériaux composites, rotor de queue "fenestron" intégré dans la dérive. La version AS 360, monomoteur, train fixe 3 points avec roulette de queue, a effectué son premier vol en juin 1972. Pour mieux répondre à l'attente des clients une version AS 365 bimoteur équipée d'un train rentrant tricycle a été développée, puis une version militarisée "Panthère". Plus de 700 appareils ont été livrés à 230 clients répartis dans le monde, dont 100 versions US coast guard médiatisés dans la série Alerte à Malibu. Le volume de sa cabine et ses qualités de vol lui permettent de répondre à un large éventail d'utilisation: off shore, corporate, VIP, sécurité civile, police... L'adaptation au marché conduit à décliner de nouvelles versions, l'EC155 possède une cabine agrandie, 5 pales rotor principal entraînées par une turbine plus puissante, un fenestron silencieux et une avionique planche de bord numérique.

Le projet maquette

Yves Coron a utilisé comme base un kit commercialisé par la société Vario. La mécanique entraîne un rotor principal 5 pales afin d'obtenir une maquette conforme à l'original. La réalisation et la mise au point ont nécessité environ 400

heures de travail et le recours à un savoir faire que nous proposons de vous faire partager. L'article se propose également d'aborder quelques points théoriques du comportement de l'hélicoptère que l'on retrouve parfaitement dans nos maquettes volantes.



Présentation à Cuges les Pins 2011

Le fuselage

Le fuselage fibre de verre et résine époxy gelcoaté blanc, est moulé avec précision. Il est livré en 2 parties plus l'empennage et les carénages supérieurs. Le travail commence par la découpe des fenêtres, des portes et des trappes du train d'atterrissage rentrant, à l'aide d'un disque à tronçonner. La lime et l'huile de coude parachèvent l'ouvrage. Afin de réduire l'encombrement lors des transports la poutre de queue, fixée par 4 vis BTR, est facilement démontable. Les portes latérales sont coulissantes afin d'améliorer l'accessibilité à la mécanique principale et le refroidissement par temps chaud. Le carénage supérieur est en 2 parties afin de ne pas démonter la tête rotor pour le déposer.

La motorisation

Compte tenu des dimensions de la bête et du devis de masse estimé à 10kg (9,5Kg non peint, sans cockpit ni pilotes...) le choix de la motorisation s'est porté sur un OS91 (cylindrique : 15cm³) développant plus de 3cv. La mécanique exige un moteur avec axe long. Graupner ne commercialise plus ce type de moteur OS 91 avec

échappement latéral, il a donc fallu opter pour le moteur OS 91 RZ Hring à échappement arrière ce qui a entraîné l'installation d'une pipe d'échappement en « S » (du type référence 115/61 de Vario), afin de pouvoir connecter un silencieux dans l'axe de l'appareil. Le moteur a été équipé d'un trim pointeau afin de pouvoir ajuster la richesse en vol. En effet sur une telle maquette et surtout si le fuselage est complètement fermé, le moteur s'enrichit car le carburant devient plus fluide avec l'échauffement général et du carburateur en particulier. Un mini-réservoir de 150cm³ a été installé entre le réservoir principal et le moteur afin d'éviter les émulsions et garantir que le moteur aspire dans un réservoir toujours plein. Dans la mesure du possible, on rendra ce réservoir visible au travers d'une vitre ou derrière la porte coulissante ouverte en vol. Le carburant utilisé en vol normal contient 5% de nitrométhane et semble suffisamment performant. On pourra monter jusqu'à 25% pour accroître la puissance, mais attention à l'échauffement du moteur (le conduit de ventilation doit être parfait, sans fuites à l'intérieur du fuselage), et il faut prévoir d'ouvrir le pointeau principal d'un quart de tour par 5% de nitro en plus car le nitrométhane génère un apport en oxygène supplémentaire de par sa formule chimique CH₃NO₂ et augmente la consommation.

La mécanique principale

La mécanique est insérée dans un châssis compact constitué par l'assemblage de tubes et de cadres en aluminium usiné équipés des paliers à billes. Le moteur, situé à l'avant, entraîne deux étages dont le rapport de réduction est de 9.6. Au premier étage un pignon moteur, fixé sur la cloche d'embrayage, entraîne par l'intermédiaire d'une courroie crantée, une roue en delrin. La réduction du deuxième étage est obtenue par un pignon, solidaire de la roue du premier étage, engrenant une roue qui entraîne l'axe rotor principal via

la roue libre. Un renvoi par pignons coniques en delrin, permet la prise de mouvement vers le rotor arrière sans rapport de réduction supplémentaire. Les réglages de tension et d'alignement de la courroie sont à réaliser avec soin. Le positionnement des 2 galets qui guident la courroie est très important.

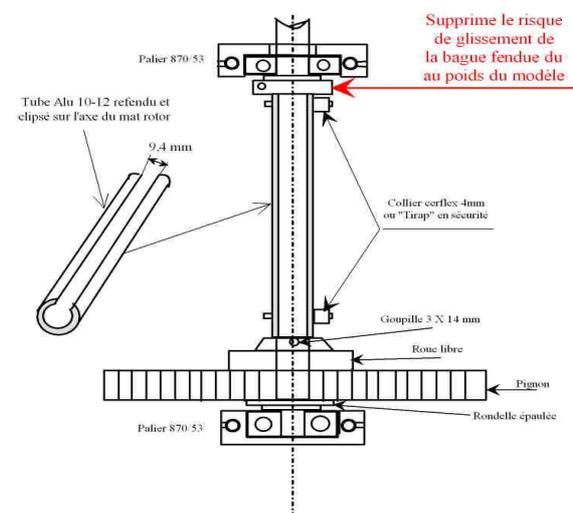
L'alignement correct des axes de transmission est obtenu lorsque la courroie ne se déplace pas sur les dentures vers les flasques de la poulie motrice lors de la rotation.

Les modifications suivantes ont été apportées:

Ajout d'une entretoise sur l'axe rotor pour prévenir le glissement de la bague fendue supportant le poids de l'appareil.

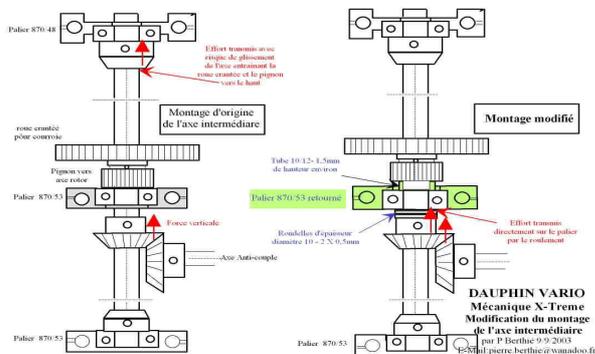
Cette entretoise peut être :

soit fendue puis serrée par un ou deux colliers (comme indiquée sur le schéma),



soit plus simplement non fendue mais avec un encoche en bas afin de pouvoir sortir la goupille et démonter l'ensemble de l'axe rotor (taille de l'entretoise : longueur= 63mm ; diamètre intérieur=10mm, tube en aluminium) ; voir photo

☞ Montage inversé d'un palier pour éviter le glissement de l'axe intermédiaire vers le haut, du à l'effort d'engrènement des pignons coniques de la transmission arrière.



Ce redresseur a été réalisé simplement avec 8 lames en aluminium (d'épaisseur 0,8mm et 25mm de large), vissées tangentiellement sur un tube central et fixées sur la paroi intérieure de la veine du fenestron.

Une augmentation du régime rotor en stationnaire diminue, à masse donnée de l'appareil, le couple généré sur le rotor de l'appareil, donc l'anti-couple nécessaire sur le fenestron. De plus cela augmente le régime du fenestron et donc sa poussée. Mais cette augmentation de régime rotor rend difficile l'obtention d'un régime constant lorsqu'on augmente le pas, car le moteur est déjà à sa puissance max, et entraîne des efforts importants sur les éléments du fenestron en rotation en particulier les roulements des pales. L'augmentation d'efficacité en lacet nécessite donc l'ajout du redresseur de flux.

Le fenestron

L'assemblage nécessite minutie et précision. Les pignons coniques sont de taille différente pour augmenter la vitesse de sortie. Leur engrènement nécessite un réglage précis à l'aide des cales fournies. Le moyeu fenestron est pré-assemblé, les 8 pales sont articulées sur le moyeu avec 2 roulements, il ne reste plus qu'à relier les leviers de pas aux pieds de pales. Afin d'améliorer l'efficacité en lacet, un redresseur de flux a été ajouté. Il permet d'éviter la centrifugation de l'écoulement et de le ramener dans l'axe du fenestron, donc avec une meilleure poussée.

Ce redresseur de flux est indispensable sur la maquette (alors qu'il n'existe pas sur l'hélico grandeur, mais existe sur le Dauphin N2). En effet les premiers essais avec rotor principal bipale ont montré, sans redresseur, une efficacité en lacet à droite marginale : stabilisation effectuée par le gyroscope imprécise et commande de lacet à droite parfois en butée.

Le rotor 5 pales

Les premiers vols ont été effectués avec un rotor bipale standard de Vario. Pour le rotor multipales le choix ne s'est pas porté sur la tête rotor cinq pales du catalogue de Vario, car sur ce rotor les pales sont fixées rigidement sur le porte-pales avec deux axes. Une fixation de chaque pale par un seul axe est préférée pour les raisons suivantes :

- la pale articulée en traînée s'aligne librement selon la force centrifuge, cela diminue les vibrations lorsque le pas cyclique est introduit. Le couple de serrage de l'écrou permet d'ajuster le frottement d'amortissement en traînée.
- la fixation avec un seul axe permet d'essayer tout type de pale disponible sur le marché, sans se voir imposer les pales Vario.

Le catalogue très riche de Vario, permet de monter un rotor à cinq pales avec un seul axe de fixation. Le schéma ci-joint

donne toutes les références des pièces détachées nécessaires.

On rappelle les références à utiliser pour l'axe rotor de diamètre 10mm :

-rotor bi-pale : axe Vario n° 35/30 longueur 214mm

-rotor pentapale : axe Vario n° 35/42 de longueur 249mm

Les quatre biellettes reliant les servos au plateau cyclique fixe sont de diamètre 2,5 mm et ont une longueur de 72mm (entre les centres des rotules). Les cinq biellettes reliant le plateau cyclique mobile au pied de pale ont une longueur de 105mm (entre les centres des rotules).

Les 5 pales doivent avoir une corde inférieure (de l'ordre de 50 mm) à celle utilisée sur un rotor bipale (60 mm). Les pales doivent être parfaitement équilibrées avant mise en vol, et ceci tout spécialement si l'on a utilisé deux jeux de trois ou trois jeux de deux pales.

Les références Vario pour monter un rotor à 5 pales monotrou sont les suivantes :

-un moyeu rotor 5axes, trou de 10mm : réf 705/31 (pour un trou de 12mm, réf : 705/33)

-cinq porte-pales 76/10

-cinq rotules 060/5

-cinq vis M5x14, réf 117/5

-cinq vis M4x35, réf 052

-cinq jeux de vis M3x6, réf 051

-cinq roulements butée,réf 117/8

-10 roulement 8x16x4, réf 75

-cinq entretoises 76/8

-cinq rondelles 117/4

-cinq rondelles 8x14x0,2 réf 90970

-cinq rondelles 117/6

-des rondelles d'ajustage 5x8x 0,2 ;référence 90860, en élargissant le trou intérieur de 4 à 5mm

-un capuchon de tête rotor, réf 707

-pales : jeux de cinq pales GFK (corde 46mm, longueur 645mm, épaisseur 7,5mm), réf 425

Le schéma de montage est indiqué en annexe (on noter qu'il est aisé par ce montage d'assembler un rotor 3 pales ou 4 pales monotrou)

Le train d'atterrissage

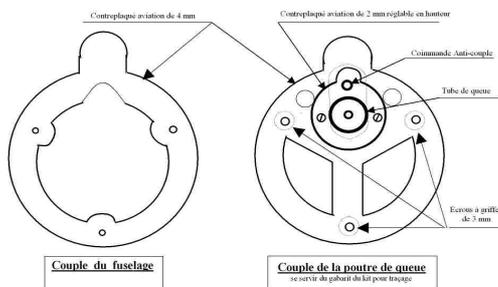
Les trois trains rentrants (un à l'avant et deux à l'arrière) sont fournis dans le kit de l'EC155.

Ils sont différents et plus gros que ceux du kit Vario Dauphin N2 . Ils proviennent de la société suisse Giezendanner (ancien champion F3A) qui malheureusement n'existe plus. Il est donc impossible de trouver des pièces détachées, notamment les pignons en plastique qui sont automatiquement détruits si le train se bloque lors de la rétraction ou lors de la sortie.

Il est donc vital de s'assurer d'un jeu suffisant au niveau des trous de logement dans le fuselage. Des essais ont été effectués avec des fusibles ou des disjoncteurs de sécurité en cas de blocage, en série avec l'alimentation du train, cela sans succès car il y avait alors une chute de tension trop importante et le train de rentrait plus. La programmation du train est aisée et les rentrées et sortie sont très lentes, donc d'un grand réalisme.

L'assemblage final

La mécanique principale est fixée dans le fuselage sur les longerons du bâti bois conformément aux instructions du plan. Le conduit de ventilation doit être prolongé, la gaine est réalisée en résine et tissu sur moule perdu ou bien en plexiglas que l'on met en forme avec un décapeur de peinture. Tous les couples en contreplaqués de la partie supérieure ont été supprimés et remplacés par un seul longeron en alu assurant la fixation de la partie supérieure de la mécanique sur les parois du fuselage. La boîte de transmission arrière et le tube de transmission peuvent alors être positionnés dans la poutre de queue.



2 cadres CTP sont ajoutés afin de rendre la poutre de queue démontable. Un cadre CTP est monté en force autour du tube de 20mm. Une pièce circulaire de CTP s'adapte dans la veine du fenestron et permet de positionner l'arbre de sortie de la transmission arrière. Ce tube contenant la transmission doit aussi être aligné avec la mécanique. La pièce circulaire de CTP est remplacée par le moyeu fenestron et le tube de transmission est mis à longueur avec un jeu de 3mm, puis la commande de pas est installée. La poutre de queue, prévue collée par Vario, est rendue démontable grâce à la liaison par 3 ou 4 vis BTR de 4mm.

Il reste à installer et régler la tête rotor 5 pales. Le plateau cyclique puis le moyeu rotor sont emmanchés sur le mat. Les 5 biellettes de commande de pas doivent avoir des longueurs identiques afin de

garantir un tracking correct à quelques réglages mineurs près.

Le plateau cyclique est commandé directement par 4 servo. Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les renvois d'angle et de réduire les jeux. L'entraîneur du plateau cyclique doit être positionné pour donner le meilleur angle d'attaque des biellettes, sans aucun blocage ni interférence sur toute la plage de pas collectif et de pas cyclique. Le bon angle de déphase appliqué aux pales sera réglé ultérieurement sur l'émetteur par le déphasage virtuel du plateau cyclique : positionner une pale vers l'arrière du fuselage le long de la poutre de queue, actionner le cyclique longitudinal jusqu'à ce que le pas de la pale ne varie plus lors des mouvements cycliques longitudinaux. Dans cette position visser l'entraîneur du plateau cyclique. Le manche collectif de l'émetteur à mi course, les renvois de servo doivent être positionnés à l'horizontale et la longueur des commandes de pas réglées afin d'obtenir entre -2° et 10° d'incidence sur les pales, pour un réglage à 100% des débattements sur l'émetteur.

L'installation radio

L'équipement :

Le choix s'est porté sur une Graupner MC 24 avec un récepteur 12 voies RDS 1000 de JR.

Les servocommandes sont réparties comme suit:

4 servos Futaba S9402 pour la commande du plateau cyclique, en mode H4.

1 servo ordinaire pour la commande moteur

1 servo Futaba S9451 numérique pour la commande fenestron. Le servo arrière

doit avoir un couple minimal de 70Ncm (7kg avec un bras de levier de 1cm), car les efforts dus au fenestron sont importants. La vitesse de déplacement doit être rapide (inférieure à 0,1s pour 45°)

1 gyroscope Robbe GY 401. Bien positionner l'interrupteur DS (digital servo sur « on »).

1 miniservo Futaba (type 3002) pour le réglage de la richesse moteur.

Deux batteries NiCd 1700Mah à cinq éléments avec deux interrupteurs indépendants et un témoin de batterie à diodes lumineuses(Graupner).

Nota : il est préférable d'utiliser une tension d'alimentation de 6v (5éléments), en NiCd, et une capacité supérieure à 3Ah car les consommations en vol sont importantes (7servos+ 3 trains rentrants) et par conséquent les chutes de tension sont élevées. Les batteries Nimh ont certes une capacité supérieure à celle des NiCd mais elles ont une forte résistance interne, donc une chute de tension importante sous forte consommation. Par ailleurs elles se déchargent toutes seules (environ 3% par jour).

Avant chaque vol on allume séparément chaque interrupteur pour tester le fail safe, on fait bouger les servos et rentrer le train et on vérifie sur le testeur à diode qu' une ou deux diodes vertes seulement s'éteignent. L'installation de batterie Lipo est aujourd'hui possible compte tenu des progrès réalisés dans ce type d'alimentation. Le régulateur de tension permet aussi d'alimenter le glow.

L'installation :

Le récepteur est enveloppé dans une enveloppe en mousse dure, elle-même encastrée dans les deux flancs de la mécanique. Tous les câbles sont protégés par de la gaine spiralée.

L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique. Les deux batteries sont situées le plus à l'avant dans le cockpit afin d'avancer le plus possible le centrage. En effet, à cause du fenestron et de son redresseur, le centrage sera toujours trop à l'arrière de l'axe rotor.

Le servo de lacet est monté directement sur le tube de la transmission arrière ce qui garantit une liaison rigide et sans jeu vers l'anticouple. Le neutre du servo devra correspondre à une incidence positive en lacet à droite sur les pales de fenestron. Ce neutre est vérifié en supprimant provisoirement la conservation de cap (on bascule la voie gyro sur un gain symétrique opposé)

Les deux interrupteurs sont situés à l'intérieur du fuselage et actionnés en ouvrant une porte coulissante. Le témoin de batterie à diodes lumineuses doit être visible par une vitre, même lorsque les portes coulissantes sont fermées.

Les réglages

en mode H4, il conviendra de s'assurer, avant de connecter les biellettes de pas au plateau cyclique, que les 4 servos ont le même positionnement angulaire et ont le même déplacement.

le gyroscope sera programmé en mode conservation de cap, contrairement à la recommandation de Vario, mais à la condition d'avoir un servo de lacet puissant et rapide.

Une commande par interrupteur permettant de passer en mode normal du gyro, non conservation de cap , permettra de régler la position neutre du servo de lacet et éventuellement de passer en mode non conservation de cap si le pilote est plus à l'aise dans ce mode.

L'émetteur doit disposer de la fonction de rotation virtuelle du plateau cyclique, car

avec le rotor cinq pales l'inclinaison du plateau cyclique ne correspond pas du tout à l'effet recherché (voir plus haut réglage de la tête rotor ; sur notre machine, nous avons introduit +45° de rotation virtuelle).

Rappel théorique:

Sur un rotor semi articulé, le déphasage gyroscopique est de 90° environ ; l'action sur la pale doit donc être réalisée 90° en amont (donc « anticlockwise » sur l'EC155 qui tourne « à droite »), par rapport à l'effet de commande recherché sur l'hélicoptère.*

() : La pale d'un rotor articulé (pas et trainée) peut être modélisée par une équation différentielle du second ordre. La réponse de la pale sollicitée sur sa fréquence propre (vitesse de rotation du rotor) est donc déphasée de 90°. Mais ce déphasage tend vers zéro si le rotor est raide.*

Il est recommandé de prévoir une voie proportionnelle de l'émetteur pour ajuster le pas collectif, sans avoir à rentrer dans les réglages de courbe de gaz ou de pas collectif. lors du passage du rotor bi-pale au rotor penta-pales, diminuer tous les débattements du pas cyclique (roulis-tangage) d'au moins 50%. Prévoir également une voie additionnelle proportionnelle pour le réglage du trim pointeau

Les essais en vol

Stationnaire

Le démarrage du moteur puissant est dangereux et doit toujours être effectué avec le maximum de précaution et de vérifications pour être certain que le moteur est au ralenti :

- vérification de la position du manche de gaz sur l'émetteur

- vérification de la position du boisseau du carburateur. Comparer avec un autre hélicoptère déjà mis en vol. Mettre un repère sur la mécanique.

- faire tourner le moteur avec le démarreur sans l'alimentation de la bougie et comparer le son en ouvrant et en fermant les gaz. On obtient un son plus étouffé au ralenti et plus « rauque » en position plein gaz. Cette vérification sonore ultime doit faire l'objet d'un entraînement préalable auditif pour reconnaître à coup sûr les deux positions.

On peut alors brancher la bougie. Le moteur s'anime aux premières sollicitations du démarreur, après quelques réglages de la carburation, un essai de portée au sol est réalisé rotor tournant sans pales principales. Aucun rodage n'est nécessaire compte tenu de la puissance disponible mais il faut, lors des premiers vols tourner « gras » et poser immédiatement si l'on constate une réduction de la fumée d'échappement, signe précurseur d'un serrage imminent. Ouvrir le pointeau principal au sol ou en vol avec le trim pointeau.

Le déphasage de 90° des ordres cycliques est vérifié ainsi que l'absence d'interférence mécanique entre les fils de servo et les éléments tournants. Tout est nominal, le manche collectif est poussé vers l'avant afin de soulager l'appareil sur ses roues et de vérifier le comportement

du fenestron. On n'observe aucun phénomène vibratoire ou de résonance dans la phase transitoire de montée en régime. Le rotor principal tourne à 1450 tours cela donne une puissance suffisante au fenestron qui cependant répond mollement, mais avec suffisamment d'efficacité en lacet à droite. Il faut procéder éventuellement à une augmentation du gain du gyro si la stabilisation en lacet est insuffisante ou au contraire une diminution s'il y a « pompage » (mouvements erratiques en lacet). Cela sera vérifié ultérieurement en translation

Un stationnaire permet d'ajuster les trims et de constater la stabilité du rotor semblable à celle d'un bipale stabilisé par une barre Bell-Hiller. Les 3,3cv du moteur suffisent largement pour soulever les 10 kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité. Il reste à ajuster la courbe pas/gaz afin que régime moteur soit constant sur toute la plage de pas. Pour obtenir ce résultat tester le comportement lors d'une mise de pas rapide, si le régime baisse corriger la courbe de pas en le réduisant (et inversement). Optimiser aussi la courbe pas/gaz en testant les réductions rapides de pas.

Translation

En translation l'absence de stabilisation de la barre Bell se fait sentir. La vitesse de translation induit un autocabrage ainsi qu'une légère instabilité latérale. Il faut être très vigilant et piloter en permanence : sur un appareil multipales, sans barre Bell-Hiller ni dispositif de stabilisation (type Hélicommand de Robbe), il faut s'accoutumer au fait que les trims de roulis et de tangage ne sont jamais bien réglés car la vitesse longitudinale de l'air influe sur ces deux axes. Sur un rotor qui tourne dans les sens des aiguilles d'une montre (« clockwise ») l'effet est le suivant : en vol d'avancement avant, il faut appliquer du piqueur et du roulis à droite (comme

sur l'hélicoptère grandeur, mais le pilote trime sa machine en continu), jusqu'à 40% du débattement des manches à grande vitesse. En vol en marche arrière ou en vent arrière, il faut appliquer du « cabreur-gauche ». Lorsque l'on parvient à effectuer, en stationnaire, une pirouette de 360° avec un vent important, on constate ce phénomène qui nécessite alors un pilotage extrêmement délicat du fait de l'anticipation et de la variation progressive et permanente des commandes cycliques. De même, en translation avec des variations importantes de vitesse (virages, cercles, retour au stationnaire...), on constatera des variations importantes nécessaires sur le pas collectif exigeant une anticipation et une concentration de tous les instants.

La puissance nécessaire au vol en palier est deux fois plus élevée en stationnaire qu'en translation. Cet effet paraît encore plus marqué sur un hélicoptère multipales sans barre stabilisatrice. Donc, si vous effectuez un cercle devant vous à basse altitude, à faible vitesse et avec du vent, pensez à :

- augmenter le pas collectif, à mettre du roulis à gauche et à cabrer avant d'entrer en configuration vent arrière

- à diminuer le pas collectif, à mettre du roulis à droite et du piqueur avant d'entrer en vent de face.

Lorsque vous partez en translation rapide, pensez à appliquer du « piqueur-droit » progressivement lors de la mise en vitesse. L'utilisation d'un changement de phase de vol avec un réglage des trims adapté permet d'apporter un confort en translation rapide. Mais attention à ne pas oublier de revenir à la phase initiale lorsque l'on revient en stationnaire.

La voltige

La voltige est tout à fait possible en multipales, mais n'est pas l'objectif sur une maquette (sauf le cas de machines réelles qui en sont capables, comme le Panther, le Tigre,...). Il est recommandé de s'entraîner et de vérifier les réglages préalablement sur un « trainer » équipé de la même tête rotor, avant de transposer à la maquette.

Comme sur les hélicoptères grandeur tournant à droite, on effectuera les pirouettes et les renversements de préférence à droite afin de pouvoir arrêter plus facilement la figure.

En revanche une montée à la verticale en spirale prolongée en lacet sera effectuée à gauche (anticlockwise) afin de réduire la puissance consommée par le fenestron et la restituer ainsi au rotor principal.

L'autorotation

L'autorotation doit être considérée d'emblée comme une figure, non pas de voltige ou de démonstration, mais de sécurité permettant de sauver la maquette (d'une valeur inestimable pour le pilote-constructeur) en cas de panne moteur ou de perte de la commande de lacet (rupture transmission arrière, endommagement du fenestron, blocage ou panne du servo de lacet...). Il convient donc de régler la maquette dès le premier vol, de s'entraîner au préalable sur un trainer 5 pales avec le même rotor et de procéder aux essais de base sur la maquette :

- installer un interrupteur facilement accessible sur l'émetteur

- programmer la phase d'autorotation en s'assurant que le moteur est bien bloqué au ralenti lors de la remise de pas et que chaque trim est en position analogue à celle du stationnaire

- prévoir une plage de pas plus large en autorotation (entre -2° et $+10^\circ$) qu'en stationnaire (0° à $+7^\circ$).

L'autorotation comprend trois phases :

- la phase 1 de départ en autorotation: réduction du pas collectif, basculement de l'interrupteur de blocage du moteur, début de la descente

- la phase 2 de descente sans puissance : contrôle de la trajectoire, vérification des fonctions de roulis , tangage et lacet ; noter les corrections de trims qu'il faudra introduire dans cette phase, ou les introduire en temps réel si la radio le permet et si le pilote maîtrise parfaitement le réglage des trims en vol.

- la phase 3 d'arrêt de vol d'avancement (flare ») et de poser en douceur avec augmentation du pas collectif.

L'entraînement des phases 1 et 2 sera effectué et répété avec des réductions de pas et de puissance (sans idle-up), suivies de longues descentes sans puissance, mais sans avoir basculé l'interrupteur d'autorotation. Puis on répétera cet entraînement, cette fois en basculant l'interrupteur d'autorotation, puis en le rebasculant en fin de descente pour remettre la puissance et repartir en translation ou en montée. Il faut également s'entraîner à sortir le train d'atterrissage dès le début de la phase descente. L'entraînement pour la phase 3 sera effectué de la façon suivante : mettre l'hélicoptère en stationnaire à 20cm du sol, ou au sol à la puissance voisine de celle du décollage, basculer l'interrupteur d'autorotation et remettre progressivement du pas collectif pour tenir la machine à 20cm du sol (pas plus haut !) le plus longtemps possible (au moins 3s, c'est la garantie d'une énergie cinétique suffisante emmagasiné dans le rotor). Répéter cette manoeuvre des dizaines de fois. Enfin, pas de stress, « jonctionner » les trois phases avec une autorotation réelle et complète,

face au vent. Eliminer par la commande de roulis toute vitesse latérale avant de poser. Si le terrain est plat et sans obstacle, une vitesse horizontale vers l'avant peut être conservée du fait que l'appareil peut rouler. Ne jamais poser en marche arrière...Se préparer à tout moment dans la descente à re-basculer l'interrupteur et à remettre les gaz. Le perfectionnement consistera à aborder les virages en descente, l'objectif étant de remettre la maquette face au vent si la panne est intervenue en vent arrière. Au-delà on peut s'entraîner, afin de simuler complètement une panne de moteur ou de commande en lacet, à lancer préalablement une rotation ou tournoiement en lacet en translation lente (et à haute altitude) puis partir en autorotation en stoppant la rotation !!! En cas de panne d'anticouple à basse altitude et en supposant que l'hélicoptère est parfaitement horizontal, on peut espérer s'en sortir avec une montée tournoyante à droite à pleine puissance puis partir en autorotation lorsque l'altitude est jugée suffisante.

Le fenestron n'est pas entraîné en autorotation ; les virages ne peuvent donc pas être exécutés avec la commande de lacet, mais avec la commande de cyclique en roulis consommatrice de tours sur le rotor principal, donc à actionner avec de faibles débattements.

En cas de panne moteur non détectée à temps et ayant entraîné une chute importante des tours du rotor, utiliser immédiatement toute l'efficacité résiduelle du cyclique pour mettre la maquette en vol plein piqué vertical en même temps que la réduction du pas au mini négatif.

Cette position de vol impressionnante est la seule chance de survie et de récupération des tours lors du « flare » positif. En effet en descente verticale à plat sans vitesse d'avancement, un rotor ne récupère pas ses tours, même avec un fort pas négatif. Toutes ces

simulations de panne doivent faire l'objet d'un entraînement préalable sur simulateur et en vol sur « trainer » éventuellement lesté pour se rapprocher du poids de la maquette.

Conclusion

Ce model, destiné à un modéliste confirmé, nécessite un investissement important. La qualité du kit Vario est au rendez vous, le moulage du fuselage et les assemblages sont précis et nécessitent peu de retouche. Le fenestron et la tête rotor 5 pales sont de très belles pièces mécaniques, le reste de la mécanique est fiable et éprouvé.. Le nombre de détails maquette et d'accessoires proposés dans le catalogue Vario permet une personnalisation poussée. Le pilotage reste agréable malgré la tête rotor 5 pales qui induit de l'autocabrage et nécessite de piloter en permanence le pas collectif et le pas cyclique. L'appareil a beaucoup de présence en vol, on ne lasse pas des évolutions majestueuses et du réalisme.

8.5- Le Dauphin « Province de Trento »

Dauphin N2 Hirobo



Le Dauphin a été conçu avec l'idée de faire une version moderne de l'Alouette 3, comme la Gazelle était une version moderne de l'Alouette 2. Il a bénéficié des avancées technologiques mises au point sur ses prédécesseurs: pales en matériaux composites, rotor de queue "fenestron" intégré dans la dérive.

La version AS 360, monomoteur, train fixe 3 points avec roulette de queue, a effectué son premier vol en juin 1972. Pour mieux répondre à l'attente des clients une version AS 365 bimoteur équipée d'un train rentrant tricycle a été développée, puis une version militarisée "Panthère". 700 appareils ont été livrés dont 100 versions "US coast guard", médiatisés dans la série télévisée Alert à Malibu.

La fiabilité et la disponibilité du Dauphin sont appréciés dans le monde entier. La taille de sa cabine, ses qualités de vol lui permettent de répondre à un large éventail d'utilisation: off shore, corporate, VIP, sécurité civile, police... L'adaptation au marché conduit à décliner de nouvelles versions, l'EC155 possède une cabine agrandie, 5 pales rotor principal entraînées par une turbine plus puissante, un fenestron silencieux et une avionique planche de bord numérique.

Réaliser et faire voler la maquette d'un appareil aussi complexe peut sembler une gageure.

Ce rêve peut-il prendre corps sans être un maquettiste confirmé? . Je vous propose une réponse avec le récit d'une aventure, débutée il y 6 mois en ouvrant la boîte du Dauphin N2, commercialisée par la société Scientifique France.

1 L'assemblage

La boîte comprend la mécanique Hirobo, le fuselage et son rotor arrière fenestron.

Une notice de montage décrit étape par étape le processus. Chaque étape est illustrée par des vues éclatées en perspectives qui permettent d'avoir une compréhension globale du travail à effectuer. Les composants à utiliser sont clairement identifiés (sachets numérotés, dessins des vis et écrous en marge). Avec un peu d'attention et de rigueur impossible de se tromper. Cependant, n'hésitez pas à utiliser un bon dictionnaire anglais ou japonais si vous ne maîtrisez pas la lecture de l'une de ces deux langues.

Contrairement à certains modélistes qui font une confiance aveugle au fabricant et s'interdisent toute modification ou adaptation, je pense au contraire, que des problèmes de conception demeurent et qu'il nous appartient, à nous modélistes chevronnés ou débutants, de faire connaître aux autres les problèmes rencontrés avec un kit, même d'une marque réputée, et les solutions que nous avons apportées.

La réalisation et la mise en vol d'une maquette est une entreprise ambitieuse (plus de 500 heures de travail) et ardue ; il faut donc mettre toutes les chances de

son côté si l'on veut garantir qualité de vol et durée de vie de la maquette.

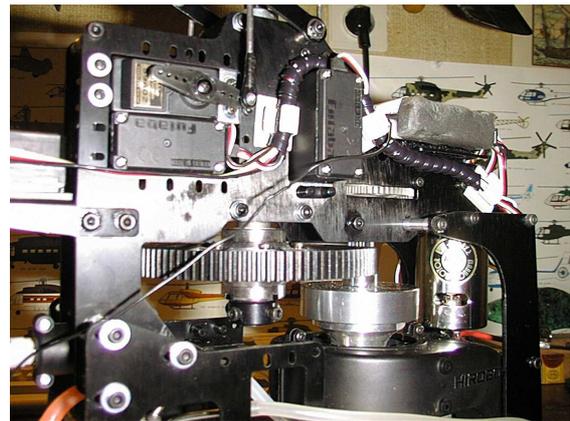
1.3 Mécanique



Mécanique principale

L'ensemble principal comprend le groupe de propulsion (moteur, refroidissement et embrayage), l'étage de réduction, le mât moyeu avec plateau cyclique et tête rotor.

Ces éléments sont intégrés, avec leurs servocommandes, dans un châssis constitué de 4 flancs aluminium anodisés, reliés par des entretoises. Cette conception garantit la rigidité en torsion nécessaire à la précision de commande du plateau cyclique. Les articulations sur roulements à billes contribuent à cette précision et à la fiabilité des réglages.



La roue principale engrène sur le pignon fixé sur la cloche d'embrayage

Le plateau cyclique est commandé par 3 servos mixés électroniquement, répartis à 120° les uns par rapport aux autres (montage du type H3: un servo à l'avant et deux à l'arrière du plateau cyclique fixe). Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les revois, réduisant ainsi les jeux et la masse.

Il est recommandé de remplacer les tiges de commande diamètre 2mm par des tiges diamètre 2,5mm, moins sensibles aux effets d'entaille, au niveau du filetage, en cas de déformation.



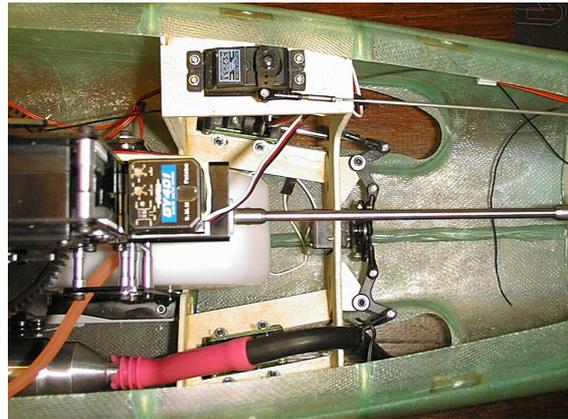
J'ai choisi un moteur OS 61SX HWC à culasse carrée, équipé d'un résonateur Yusa, pour entraîner l'étage de réduction. Le rapport de réduction (#10) est obtenu par l'engrènement du pignon sortie moteur avec la roue principale.

Nota:

1 - La réalisation d'une bague alu fendue à été nécessaire afin de monter la bague conique laiton de l'embrayage (diamètre intérieur 9mm) sur le vilebrequin (diamètre 8mm). Le choix d'un moteur avec un vilebrequin diamètre 9mm évite cette adaptation. L'utilisation d'une autre bague conique fendue s'est avérée impossible car l'angle du cône n'est pas le même chez les autres fabricants d'hélicoptères (Robbe, Vario..). Fabriquer cette entretoise est assez simple, il suffit de partir d'un tube alu 8mm de diamètre intérieur, 10mm extérieur (on en trouve dans les magasins de bricolage); Prévoir une longueur de 19mm. Ensuite on la fend longitudinalement (à la scie métaux ou au disque à tronçonner sur mini perceuse), avec une largeur de fente garantissant le serrage sur l'axe du moteur.

2 - Deux méplats ont été réalisés sur la bague sortie moteur, afin de pouvoir l'immobiliser dans un étau et garantir un serrage efficace de l'écrou du vilebrequin. Ce couple de serrage est d'autant plus important que les efforts dynamiques appliqués à l'écrou tendent à le desserrer (sens de rotation du moteur défavorable)

3 - Les écrous nylstop sont à proscrire pour la fixation du résonateur (le plastique ne tient pas à la chaleur), préférer des écrous à déformation elliptique ou écrou et contre écrou.



Sortie pot echappement

Le réservoir d'une capacité de 500cc est monté sur silent bloc afin de limiter les émulsions de carburant. La prise de remplissage est fixée sur le fuselage, sous la porte gauche, à côté de la prise d'alimentation de la bougie.

La tête rotor bipale est de conception classique, avec barre Bell au-dessus du disque.

Les manchons de pale, largement dimensionnés, sont pré-assemblés sur le moyeu rotor. Les pales sont recouvertes d'un film thermo-rétractable transparent qui met en valeur les fibres du bois.

Une tête rotor quadripale (option non comprise dans la boîte) sera montée après un premier vol en bipale. C'est un joyau, entièrement métallique, dont le montage ne présente aucune difficulté. Il a cependant été nécessaire de remplacer l'axe d'articulation de la pièce d'entraînement du plateau cyclique mobile (pin 0414-066), qui coulisse librement et peut être expulsé par la rotation, par une vis diamètre 2mm (récupérée sur un boîtier de servo) et un écrou nylstop. Cet incident c'est heureusement produit lors du premier point fixe, en vol il aurait causé la perte de contrôle de l'appareil.

Assurez-vous aussi que la vis de liaison tête rotor/mât, diamètre 3mm, n'est fileté qu'à son extrémité.



La maintenance est facilitée

Le fenestron est pré-assemblé, il comporte 7 pales plastiques montées sur roulements dans un corps de moyeu en aluminium usiné. Quelle merveille au niveau de la précision mécanique et de l'absence de frottements ! J'ai horreur de ne pas connaître le détail d'une mécanique et de ne pas l'assembler moi-même ! Cette fois je prends le risque !

Le tube de transmission arrière est guidé par 2 paliers à billes montés dans un tube carbone. La prise de mouvement sur la roue principale est assurée par un pignon intégré dans un boîtier de renvoi conique pré-assemblé. Tous ces éléments s'assemblent sans difficulté grâce à la qualité de leur réalisation.

1.4 Structure



Brut de moulage

Le fuselage fibre de verre et résine polyester est moulé avec précision. Les couples, les supports de trains et de transmission arrière, réalisés en CTP 3 plis, sont déjà collés dans le fuselage. Seul le plancher cockpit et la console centrale restent à assembler.



Les vitres, en plexiglas préformé, sont collées à la loctite sur le fuselage après tronçonnage au disque des emplacements. Il faut mastiquer le pourtour pour assurer la continuité avec le fuselage. Un assemblage par l'intérieur aurait évité cette finition fastidieuse et garanti un meilleur résultat.



La vitre arrière droite n'a pas été montée afin d'améliorer le refroidissement cabine et de permettre l'accès au pointeau de réglage du carburateur.



la tête rotor du moyeu pour retirer le carénage. Cette opération, déstabilisante pour les réglages, peut être évitée en découpant le carénage au niveau du mat rotor. Deux couples CTP (prévoir d'insérer une feuille de carton fin entre eux pour réserver l'épaisseur du disque à tronçonner), sont collés sur la paroi interne et 4 pions de centrage assurent la liaison.



Cockpit



Carénage supérieur en deux parties pour faciliter la maintenance

Les atterrisseurs rétractables se composent d'un train avant diabolos et de deux jambes principales. Leurs boîtiers se fixent par 4 vis dans les emplacements prévus. J'ai dû reculer les boîtiers arrières de 1cm par rapport aux côtes de la notice.

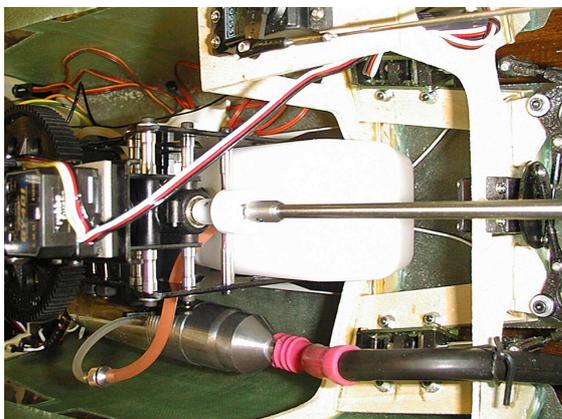
Les charnières des portes du cockpit se fixent sur les montants de verrière par vis et écrou, il n'est pas nécessaire d'avoir des doigts de fée pour réussir l'exercice mais cela aide...

Le carénage supérieur monobloc, est fixé sur le fuselage par 12 vis CHC. Une solution simple mais qui ne contribue pas à l'esthétique!; L'accès à la mécanique et l'installation radio, pour des vérifications périodiques et/ou des actions de maintenance, nécessite de désaccoupler



Train d'atterrissage principal

La mécanique principale est fixée dans le fuselage par 4 vis CHC, sur deux longerons en hêtre qui doivent être protégés (peinture ou résine)



Transmission arrière et pot d'échappement



La veine du fenestron, composée de 2 coques plastique, est fixée sur la dérive par 7 entretoises. Attention au sens de montage, il est possible d'inverser (expérience vécue) et pénible de recommencer l'opération même si la pose des charnières de porte vous a aguerris!



Fenestron Hirobo

L'empennage horizontal a été rendu démontable afin de faciliter le transport. Pour cela il suffit de créer sur la partie arrière du fuselage, une surface d'appui avec une bande de tissu de verre épousant le profil. Les dérives latérales sont inclinées de 5° (non prévu dans le kit) afin d'être conforme à l'appareil grandeur. L'une d'elle est démontable (2 vis de fixation de servo) pour pouvoir glisser l'empennage dans la poutre de queue.

1.3 Installation radio

La radio est une Graupner MC24 avec récepteur 12 voies, RDS 100 de JR.

Les 7 servocommandes sont réparties comme suit:

- 3 Futaba S9450 numériques pour la commande du plateau cyclique,
- 1 Futaba S9202 numériques pour la commande moteur,
- 1 Futaba S9253 numériques pour la commande fenestron,
- 2 Futaba S136 G pour les trains rentrant avant et principaux.

Le gyroscope GY 401 de Robbe est à conservateur de cap.

2 batteries Ni MH (3Ah, 4,8 volts) sont placées dans le radôme. Leur masse de 500g permet d'assurer le centrage pile-poil sur l'axe rotor.

On peut voler avec un centrage légèrement arrière en enlevant une batterie, mais l'appareil sera moins stable en translation rapide avant et consommera un peu plus de puissance sur le rotor principal à cause du trim cyclique avant.

Chaque batterie est en série avec le récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur à fort débit, accessible en ouvrant les portes. Un testeur de batterie à diodes, en prise directe sur le récepteur, est inséré sur la console centrale sous l'œil attentif du copilote. En allumant alternativement les deux interrupteurs d'alimentation, on vérifie la charge de chaque batterie.

Les branchements sur le récepteur (RDS 100 de JR) sont effectués comme suit:

Voie 1 (throttle) : servo plateau cyclique latéral gauche

Voie 2 (aileron) : servo plateau cyclique latéral droit

Voie 3 (elevation) : servo plateau cyclique avant

Voie 4 : gyroscope GY 401 : prise lacet

Voie 5 : gyroscope GY 401 : réglage gyro

Voie 6 : Gaz

Voie 7 : testeur de batterie

Voie 9 : deuxième batterie

Voie 10 : train rentrant

Prise 11 : première batterie

L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique collée, c'est plus esthétique et les juges préfèrent en compétition.

Programmation de l'émetteur (MC24 dans mon cas)

Sélectionner le mode H3 avec 3 servos dont deux pour le roulis.

Sélectionner le sens de rotation du rotor à droite (clockwise vu de dessus)

Vérifier les sens de chaque servo individuellement, puis régler le sens des trois servos ensemble, pour les fonctions pitch (collectif), roll (roulis) et nick (tangage)

Vérifier le sens de la commande de lacet et que le gyro corrige dans le bon sens : si on actionne le senseur vers la droite, le servo donne un ordre à gauche.

Annuler tous les mixages pas/lacet et le trim de lacet (mode conservateur de cap)

Pour rentrer le train, il est assez simple de changer de mode de vol : passage de stationnaire à acro2 en programmant des mixages déclenchés par l'interrupteur de changement de mode : mixage de la voie 12 (en butée) sur la voie 10 (train rentrant) soit positif à 100% soit négatif à 100% ce qui déclenche les deux servos 136G du train rentrant.

Le gyro GY401 est réglé avec un gain important (>80%) pour tenir compte de la « mollesse » du fenestron.

Fonction plateau cyclique pitch, nick et roll à 80 % ; tous les servos à 100% ainsi que les manches. Exponentielles à introduire ultérieurement si nécessaire.

Le potentiomètre curseur central est utilisé pour éventuellement ajuster le collectif : pour cela le potentiomètre (voie 9) est mixé sur la voie 1 (collectif).

Mettre un léger mixage lacet à droite sur gaz

Mettre un léger mixage cyclique gauche ou droit sur gaz.

2- La peinture

Le plan de peinture d'un Dauphin italien, opéré par la Province de Trento, est retenu. Cet appareil dédié aux missions de secours, est en service sur une base située près du lac de Garde.



Les couleurs vives rouge et jaune " Ferrari " facilitent la visualisation de la maquette en vol.

Le fuselage, poncé afin de dépolir le gel coat, est recouvert d'une couche d'apprêt cellulosique blanc qui met en évidence quelques défauts soigneusement mastiqués et poncés. Le résultat final dépend du soin apporté à cette préparation.

La couche de peinture polyuréthane jaune est appliquée au pistolet. Puis après masquage la couche rouge complète la décoration. L'aspect final brillant est obtenu avec une couche de vernis polyester bi-composant.

Dans le cockpit, les sièges, la planche de bord et sa visière sont fournis. Le plancher est peint en gris, la console centrale et la visière en noir. Les pilotes, manches cycliques et collectifs, palonniers, proviennent d'un kit Vario ainsi que les essuies glaces et antennes radio.

La maquette est enfin prête pour la photo de famille devant l'appareil grandeur.



Photo de famille

3- Les essais en vol



1^{er} vol- La Fare les Oliviers

Vérification avant le premier vol :

- aucune interférence mécanique entre les fils de servos et les éléments tournants (axe rotor principal, axe rotor arrière, etc...)
- le quartz du récepteur est verrouillé avec du scotch.
- les prises des rallonges sont scotchées ou verrouillées par un dispositif de blocage.
- vérifier les sens des palettes de la barre Bell (rotation clockwise) et la cohérence avec les pales du fenestron.

- vérifier que les ordres cycliques sont déphasés de 90°.
- vérifier que l'on est bien, en mode « heading lock »: si l'on donne un ordre sur le manche de lacet ou sur le trim de lacet, le servo de lacet part en butée.
- s'assurer visuellement de la position ralentie de la commande moteur.
- pointeau moteur principal : $\frac{3}{4}$ de tours ouvert, pointeau secondaire (vol stationnaire) $\frac{1}{4}$ tour, carburant nitré à 5%: le moteur démarre sans problème.



La méthodologie des essais en vol est la suivante:



- essais de portée, sans les pales principales, moteur tournant
- le premier vol est effectué sans le carénage supérieur, en configuration bipale, maquette non peinte : stationnaire, essais du train rentrant, translation lente. Vérification de l'efficacité du fenestron dans des pirouettes, en vol stationnaire.

Le moteur développe 1.8 cv qui suffisent largement pour soulever les 6.5 kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité de l'appareil.



Courte finale

En stationnaire de face on note, comme sur le vrai, une inclinaison latérale plus importante qu'avec un rotor arrière classique. Cela est dû à l'entraxe important entre le fenestron et le disque rotor principal.

- puis opération de peinture et décoration
- nouvelle vérification en vol avec le carénage supérieur, le moteur ne chauffe pas et conserve sa puissance.
- installation du rotor quadripale et remise en vol: l'appareil reste stable et agréable aux commandes bien que le pilotage soit plus exigeant.
- essais en translation rapide. Attention, avec un rotor quadripale, il faut maintenir la commande cyclique longitudinale vers l'avant (piqueur), sinon l'appareil part en looping.
- vérification du mode heading lock en translation latérale et marches arrière
- autorotation : vérification préalable de la descente sans puissance (moteur au ralenti) en partant de très haut

(sans basculer l'interrupteur d'autorotation),

vérification de la réserve d'inertie rotor en remettant progressivement le pas à 10cm du sol à partir du vol stationnaire, après avoir enclenché l'interrupteur d'autorotation.

puis jonction des deux phases ci dessus pour une autorotation complète, face au vent.

4- Conclusion



Photo de famille

La réalisation de cette maquette n'a présenté aucune difficulté majeure grâce à la préfabrication et la qualité du kit Hirobo. La conception mécanique simple, précise et sans jeu laisse augurer fiabilité et pérennité des réglages.

Quatre mois auront été nécessaires pour effectuer le premier vol, mais quelle satisfaction! tous les efforts sont oubliés. Les passages trains rentrés sont fantastiques de réalisme. Chaque vol conforte la fierté d'avoir réalisé une telle machine et renforce l'envie de l'améliorer en ajoutant antenne VOR, feux de positions ...

La perte de l'axe sur la pièce d'entraînement du plateau cyclique mobile (tête rotor 4 pales) rappelle qu'une négligence de conception peut causer un crash. Vigilance et esprit critique sont nécessaires lors du

montage et de la maintenance, surtout sur les pièces et liaisons vitales.

Cette maquette, au top de sa catégorie, comblera les pilotes et les spectateurs passionnés de belles machines. La fascination de l'hélicoptère opère à chaque vol avec son cortège de plaisirs et de stress, n'est-ce pas ce que nous recherchons?

Spécifications techniques

Caractéristiques	Réel	Maquette
Constructeur	Eurocopter	Hirobo
Motorisation	2 turbines Ariel 1C2 800Kw	OS 91 SXH 2.9CV
Longueur hors rotor	11.63 m	156 cm
Hauteur	4 m	45 cm
Echelle	1	1/8.6
Masse à vide	4.25 T	7kg
Diamètre rotor principal	11.94 m	1550 mm
Nombre de pale rotor principal	4	4
Diamètre fenestron	1.10 m	160 mm
Nombre de pale fenestron	11	7



Configuration 4 pales



Aéroclub de Marignane

Retour d'expérience sur le rotor 4 pales...

Le Dauphin Trento, présenté dans le MRA N° 750, a effectué son premier vol en configuration rotor principal bipale. Afin d'améliorer sa conformité par rapport à l'appareil échelle 1, le rotor Hirobo 4 pales a été installé comme décrit dans l'article publié en Juin 2002. Bien que l'expérience soit une lanterne qui n'éclaire que celui qui la porte, je pense utile de formaliser les principes de réglage d'un rotor 4 pales et quelques réflexions sur son comportement en vol.

Le rotor 4 pales Hirobo

Un rotor multipales nécessite une grande précision de commande, le moindre jeu dans le système peu générer un flottement aérodynamique de la pale

(flutter). Le rotor Hirobo S60-II 4B est une belle pièce métallique usinée avec précision. C'est une tête rigide, les manchons de pale n'ont pas d'articulation de battement ni de trainée. Il faut utiliser des pales adaptées, les pales Hirobo ref S60-II, ont une longueur de 668mm, une corde de 45mm, une masse de 164g chacune. Le profil est semi symétrique, elles sont très rigides en torsion avec une souplesse en battement permettant la stabilité du disque rotor. Le plateau cyclique fourni avec la tête rotor est aussi une pièce métallique précise et de qualité.

Réglages du rotor principal

La notice Hirobo indique la plage de pas, le régime rotor et le déphasage. Cette notion de déphasage peut paraître confuse mais son principe est le même pour un rotor multipales ou un rotor bipale avec barre Bell. Pour le bipale aligner une pale sur la poutre de queue et vérifier qu'une commande en tangage ne modifie pas le pas ; parce que la liaison du plateau cyclique au mixer (washout) est situé à 90° de sa pale. Le réglage du déphasage sur un rotor multipales est identique, aligner une pale sur la poutre de queue et vérifier que la rotule de liaisons du plateau cyclique à la pale soit décalée de 90° par rapport à la poutre de queue. Si nécessaire faite pivoter le plateau cyclique afin d'obtenir la position recherchée, les tiges de commande doivent être perpendiculaires au disque rotor. Il est aussi possible d'affiner le réglage avec la fonction déphasage virtuel sur l'émetteur. Vérifier avec la radio qu'un ordre en tangage met du pas sur la pale 90° avant son passage sur la poutre de queue (rotation sens horaire). Le comportement gyroscopique du rotor retarde de 90° l'effet d'augmentation de portance qui entraîne le basculement du rotor. Même raisonnement pour le roulis.

Attention : les pales devront être équilibrées par paire et identifiées avec une pastille de couleur. Elles seront montées sur le moyeu en opposition.

Comportement en vol...

Le rotor 4 pales se comporte comme le bipale en stationnaire mais le départ en translation génère une instabilité due à la dissymétrie de portance sur le disque rotor traversé alors par un flux d'air oblique. Cette dissymétrie induit de l'autocabrage et du roulis coté pale avançante. Ces effets perturbateurs s'accroissent si une rafale de vent s'ajoute au flux d'air qui traverse le disque rotor. Il est difficile d'anticiper la correction à apporter car la direction du vent varie en fonction de la direction de l'appareil. La concentration du pilote est décuplée, il est en prise directe avec le disque rotor contrairement à la configuration bipale /barre Bell. Le système barre Bell ajoute aux commandes du pilote des signaux correcteurs pour les rafales de vent et apporte une stabilité gyroscopique au disque rotor. De plus il n'est pas possible de trimmer l'appareil car leur position varie en permanence. C'est le prix à payer pour plus de réalisme, le cerveau doit intégrer une nouvelle boucle de pilotage beaucoup plus contraignante. Seules les tendances sont prévisibles, autocabrage et roulis, pas leur intensité. Les conditions venteuses fréquentes du sud de la France, m'ont parfois conduit à remonter le rotor bipale afin d'améliorer le confort de pilotage, l'appareil est alors comme sur des rails, la barre Bell se comporte comme un pilote automatique mécanique. Une solution à ce dilemme entre pilotage relax et conformité du rotor consisterais à stabiliser le rotor multipales avec un gyroscope sur les axes roulis / tangage. Des systèmes type Helicommand de Robbe ou Gyrobot 900 de LF-Technik sont maintenant disponibles pour assurer cette fonction, ils sont au point mais restent cher.

Le Fenestron Hirobo

C'est l'un des plus performant du marché, par contre il est gourmand en puissance et nécessite pour être efficace un régime de rotation élevé d'au moins 1500tr/min au rotor principal. Le rotor 4 pales traîne moins que le bipales avec barre Bell, ce qui améliore le bilan de puissance. Le moteur OS 91 monté à l'origine pourrait être remplacé par un moteur classe 70 ou 60.

Conclusion

La tête rotor 4 pales Hirobo et le plateau cyclique sont des composants de qualité. L'appareil gagne en réalisme et attire le regard par contre le pilotage nécessite beaucoup plus de concentration qu'avec un rotor bipale stabilisé par une barre Bell. Le comportement du rotor 4 pales est différent et très perturbé par les rafales de vent, vous ne perdez pas le control mais vous devez piloter en permanence. Vous devez corriger les effets extérieurs dus au vent, vous êtes toujours en situation de rattrapage car il est difficile de prédire l'intensité de l'autocabrage et du roulis induit suite à un changement de direction. Voler avec du vent fort est possible mais très inconfortable.

8.6- Dauphin N2 SHANDSCAIR



Le Dauphin a effectué son premier vol en Juin 1972. Durant les 30 dernières années plus de 700 appareils ont été livrés à 230 clients répartis dans le monde. Le Dauphin N2 bénéficie des avancées technologiques mises au point sur ses prédécesseurs: pales en matériaux composites, rotor de queue "fenestron" intégré dans la dérive. Il a à son actif de nombreux records du monde de vitesse, le dernier date de 1991: 372 km/h sur base de 3 km. Ses qualités de vol, sa fiabilité et sa disponibilité lui permettent de répondre à un large éventail d'utilisation: off shore, SAR, EMS, corporate, VIP, sécurité civile, police... L'adaptation au marché conduit à décliner de nouvelles versions, l'EC155 possède une cabine agrandie, 5 pales rotor principal entraînées par une turbine plus puissante, un fenestron silencieux et une avionique planche de bord numérique.

Quel beau sujet pour participer à mon premier championnat de France maquette 2003! Pour réaliser l'appareil de base le choix s'est porté sur le kit développé par Hirobo et commercialisé par Scientifique France.

1 L'assemblage

La boîte comprend tous les composants nécessaires: la mécanique Hirobo, le fuselage et son rotor arrière fenestron.

Une notice de montage décrit chaque étape, des vues éclatées en perspectives permettent d'avoir une compréhension globale du travail à effectuer. Les composants à utiliser sont clairement identifiés dans des sachets numérotés. Libéré de tous soucis d'approvisionnement il reste à se concentrer sur l'assemblage et les réglages.

La réalisation et la mise en vol d'une maquette est une entreprise ambitieuse et ardue; il faut donc mettre toutes les chances de son côté si l'on veut garantir qualité de vol et durée de vie de l'appareil. Les conseils qui suivent vous aideront je l'espère à atteindre cet objectif.

1.5 Mécanique

L'ensemble principal comprend le groupe de propulsion (moteur, refroidissement et embrayage), l'étage de réduction, le bât moyeu avec plateau cyclique et tête rotor.

Ces éléments sont intégrés, avec leurs servocommandes, dans un châssis constitué de 4 flancs aluminium anodisés, reliés par des entretoises. Cette conception garantit la rigidité en torsion nécessaire à la précision de commande du plateau cyclique.

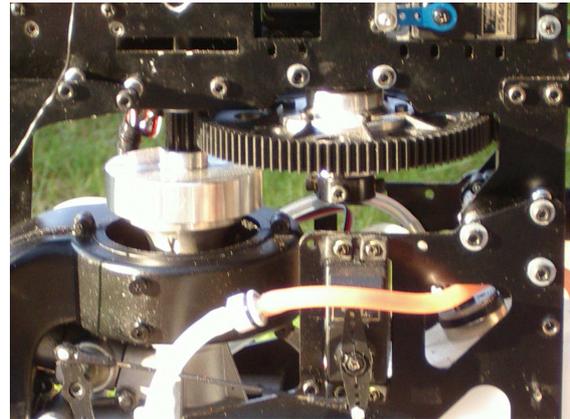


Mécanique principale

Les articulations sur roulements à billes contribuent à cette précision et à la fiabilité des réglages. La transmission mono étage minimise la masse et les pertes par frottement.

Le plateau cyclique est commandé directement par 3 servos mixés électroniquement, répartis à 120° les uns par rapport aux autres (montage du type H3: un servo à l'avant et deux à l'arrière du plateau cyclique fixe). Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les revois, réduisant ainsi les jeux, la masse et la maintenance.

Compte tenu des efforts de commande, notamment avec le rotor quadripales, il est recommandé de remplacer les tiges de commande diamètre 2mm par des tiges diamètre 2,5mm, moins sensibles aux effets d'entaille, au niveau du filetage, en cas de déformation.



Embrayage, pignon entraînement et roue principale

Cette conception, basée sur un seul étage de réduction et la commande directe du plateau cyclique par les servos, simplifie au maximum l'architecture et réduit le nombre de pièce.

Au départ nous avons installé un moteur OS 61 HWC qui s'est avéré d'une puissance insuffisante et chauffait trop à l'intérieur du fuselage avec un échappement intégré.

Un moteur OS 91SXH (2,9CV) à culasse carrée et à vilebrequin court de 9mm de diamètre (référence Graupner n°1928), a été ensuite installé et a donné toute satisfaction. L'interface de fixation de ce moteur est le même que celui de l'OS 10cm3. L'encombrement est quasiment identique! Le rapport de réduction (9,7) est obtenu directement par l'engrènement du pignon (10 dents) en sortie de la cloche d'embrayage moteur avec la roue principale (97 dents)

Attention : le moteur ne doit pas être emballé au-delà de 13 à 14 000 tours (notice constructeur pour l'OS 91). Avec un rotor bipale et le rapport de réduction basique de 9,7 il y a un risque de dépasser cette valeur. Il faudra donc bien régler la courbe de gaz/pas dans ce cas de figure pour éviter un excès de vitesse de rotation du moteur ou bien alors changer le rapport de réduction (une cloche d'embrayage de 12 dents existe

en option chez Hirobo pour le Freya et l'Eagle, mais son adaptation sur la mécanique SWM des maquettes reste à vérifier)

En revanche, avec un rotor quadripale on tourne en général plus lentement car l'augmentation d'inertie du rotor absorbe plus de puissance (quatre pales assurent la portance au lieu de deux, la traînée augmente même avec une corde réduite)

Montage de la mécanique:

La première étape consiste à préparer le moteur: la bague conique, le ventilateur de refroidissement et la cloche d'embrayage sont assemblés sur l'arbre de sortie et maintenus par un écrou fermement serré.

Précautions de montage du moteur:

1- Deux méplats ont été réalisés sur la bague sortie moteur, afin de pouvoir l'immobiliser dans un étau et garantir un serrage efficace de l'écrou du vilebrequin. Ce couple de serrage est d'autant plus important que les efforts dynamiques appliqués à l'écrou tendent à le desserrer (sens de rotation du moteur défavorable)

2- Les écrous nylstop sont à proscrire pour la fixation du résonateur (le plastique ne tient pas à la chaleur), préférer des écrous à déformation elliptique ou écrou et contre écrou

Puis installer le réservoir et le moteur entre les flancs inférieurs. Le réservoir est maintenu par 6 silent bloc qui réduisent les émulsions de carburant.

L'étape suivante est l'assemblage des flancs supérieurs. Cela nécessite de positionner les 3 servos commande du plateau cyclique et les paliers de l'arbre moteur et du mât rotor principal. Les roulements à billes sont pré-montés dans les paliers, il suffit donc de les positionner et de serrer l'ensemble. Puis

le mât rotor est glissé dans les paliers, la roue principale est alignée et serrée sur le mât par une liaison boulonnée. Le jeu d'engrènement entre la roue principale et le pignon de la cloche d'embrayage doit être réglé avec précision, il peut être obtenu en interposant un film de vinyle entre roue et pignon, puis serrer les vis de paliers.

L'étape finale consiste à ajouter le plateau cyclique, le washout et la tête rotor pré-assemblée.



Transmission arrière

La tête rotor bipale est de conception classique, avec barre Bell au-dessus du disque. Les manchons de pale, largement dimensionnés, sont pré-assemblés sur le moyeu rotor. Les pales sont recouvertes d'un film thermo-rétractable transparent qui met en valeur les fibres du bois.

Une tête rotor quadripale (option non comprise dans la boîte) sera montée après un premier vol en bipale. C'est un joyau, entièrement métallique, dont le montage ne présente aucune difficulté. Il a cependant été nécessaire de remplacer l'axe d'articulation de la pièce d'entraînement du plateau cyclique mobile (pin 0414-066), qui coulisse librement et peut être expulsé par la rotation, par une vis diamètre 2mm (récupérée sur un boîtier de servo) et un écrou nylstop. Cet incident qui c'est heureusement produit lors du premier point fixe, en vol il aurait causé la perte

de contrôle de l'appareil, rappel l'importance de vérifier les liaisons critiques.

Assurez-vous aussi que la vis de liaison tête rotor/mât, diamètre 3mm, n'est fileté qu'à son extrémité.

Positionnement du plateau cyclique:

Afin qu'il n'y ait pas d'interférence des biellettes avec le plateau cyclique, la vis de blocage ne doit pas tomber dans la rainure de l'axe moyeu. Ce décalage en azimut permet aussi un meilleur alignement des biellettes de pas mais nécessite d'introduire une rotation virtuelle du plateau cyclique à l'émission pour respecter le déphasage gyroscopique de 90°.

Réglage de base des commandes:

- *assurer vous que le plateau cyclique est horizontal lorsque le manche cyclique est en position centrale et vérifier que les guignols des servos sont bien à 90° par rapport aux tiges de commande.*
- *ajuster la longueur des commande afin d'obtenir un pas d'environ 5° (stationnaire), et une ouverture du boisseau des gaz de 50%.*

Réglage de la voilure quadripale:

- *régler le pas d'une pale étalon à 0° pour une position du manche collectif de 25% de la course*
- *le même calage doit être réalisé sur les 3 autres pales. Le tracking sera affiné à l'issue du premier point fixe*
- *positionner une pale sur la poutre de queue, en actionnant le cyclique d'avant en arrière elle ne doit pas se déplacer. Si c'est le cas ajuster la position du plateau cyclique afin qu'elle ne bouge plus.*
- *Régler le pas mini à -3,5° et le pas maxi à 9°.*



Fenestron et roue de charrette !

Le fenestron est pré-assemblé, il comporte 7 pales plastiques montées sur roulements dans un corps de moyeu en aluminium usiné. Quelle merveille au niveau de la précision mécanique et de l'absence de frottements !

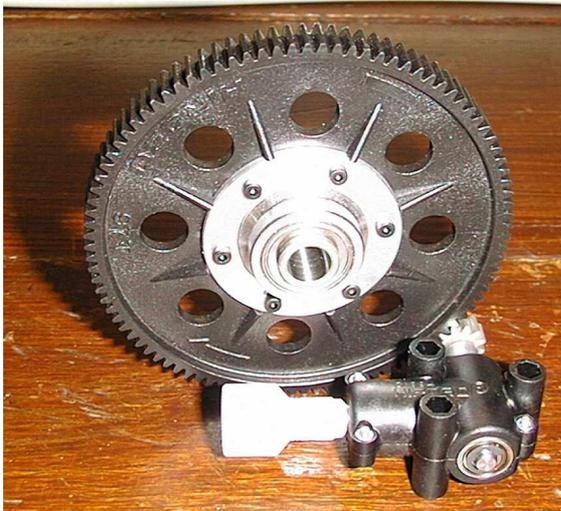
Le tube de transmission arrière est guidé par 2 paliers à billes montés dans un tube carbone.



Fenestron Hirobo

La prise de mouvement sur la roue principale est assurée par un pignon intégré dans un boîtier de renvoi conique à 90°, pré-assemblé.

Tous ces éléments s'assemblent sans difficulté grâce à la précision de leur réalisation.



Roue principale et boîtier de renvoi conique transmission arrière.



Transmission et commande rotor arrière

1.6 Structure



Brut de moulage

Le fuselage fibre de verre et résine polyester est moulé avec précision. Les couples, les supports de trains et de transmission arrière, réalisés en CTP 3 plis, sont déjà collés dans le fuselage. Seul le plancher cockpit et la console centrale restent à installer.



Les cadres CTP

Les vitres, en plexiglas préformé, sont collées à la loctite sur le fuselage après tronçonnage au disque des emplacements. La vitre arrière droite n'a pas été montée afin d'améliorer le refroidissement cabine et de permettre l'accès au pointeau de réglage du carburateur.



Cockpit

Les charnières des portes du cockpit se fixent sur les montants de verrière par vis et écrou, il n'est pas nécessaire d'avoir des doigts de fée pour réussir l'exercice mais cela aide...

Les axes de charnières ne sont pas fiables et devront rapidement être remplacés par des vis/écrou.



Carénage supérieur avant découpe

Le carénage supérieur monobloc, est fixé sur le fuselage par 12 vis CHC. Une solution simple mais qui ne contribue pas à l'esthétique! L'accès à la mécanique et l'installation radio, pour des vérifications périodiques et/ou des actions de maintenance, nécessite de désaccoupler la tête rotor du moyeu pour retirer le carénage. Cette opération, défiabilisante pour les réglages, peut être évitée en découpant le carénage verticalement à l'arrière de l'axe rotor (voir photo). Deux couples CTP sont ensuite collés sur la paroi interne et 4 pions de centrage assurent la liaison.



Carénages supérieur en deux parties



Les atterrisseurs rétractables se composent d'un train avant diabolo et de deux jambes principales. Leurs boîtiers se fixent par 4 vis dans les emplacements prévus.

La mécanique principale est fixée dans le fuselage par 4 vis CHC, sur deux longerons en hêtre qui doivent être

protégés du carburant (peinture ou résine)



Trains d'atterrissage principaux

La veine du fenestron, composée de 2 coques plastique, est fixée sur la dérive par 7 entretoises. Attention au sens de montage, il est possible d'inverser (expérience vécue) et pénible de recommencer l'opération même si la pose des charnières de porte vous a aguerri!

Les dérives latérales sont inclinées de 5° (non prévu dans le kit) afin d'être conforme à l'appareil grandeur.

Des feux de position sont ajoutés sur les dérives latérales et à l'extrémité du fenestron ainsi qu'un feu à éclat en sommet de dérive principale.

1.3 Installation radio

La radio est une Graupner MC24 avec récepteur 12 voies, RDS 100 de JR.

Les 7 servocommandes sont réparties comme suit:

- 3 Futaba S9450 numériques pour la commande du plateau cyclique,
- 1 Futaba S9202 numériques pour la commande moteur,
- 1 Futaba S9253 numériques pour la commande fenestron,
- 2 Futaba S136 G pour les trains rentrant avant et principaux.

Le gyroscope GY 401 de Robbe est à conservateur de cap.

2 batteries Ni MH (3Ah, 4,8 volts) sont placées dans le radôme. Leur masse de 500g permet d'assurer le centrage sur l'axe rotor.

On peut voler avec un centrage légèrement arrière en enlevant une batterie, mais l'appareil sera moins stable en translation rapide avant et consommera un peu plus de puissance sur le rotor principal à cause du trim cyclique avant.

Chaque batterie est en série avec le récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur à fort débit, accessible en ouvrant les portes. Un testeur de batterie à diodes, en prise directe sur le récepteur, est inséré sur la console centrale sous l'œil attentif du copilote. En allumant alternativement les deux interrupteurs d'alimentation, on vérifie la charge de chaque batterie.

Les branchements sur le récepteur (RDS 100 de JR) sont effectués comme suit:

Voie 1 (throttle) : servo plateau cyclique latéral gauche

Voie 2 (aileron) : servo plateau cyclique latéral droit

Voie 3 (elevon) : servo plateau cyclique avant

Voie 4 : gyroscope GY 401 : prise lacet

Voie 5 : gyroscope GY 401 : réglage gyro

Voie 6 : Gaz

Voie 7 : testeur de batterie

Voie 9 : deuxième batterie

Voie 10 : train rentrant

Prise 11 : première batterie

L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique collée, c'est plus esthétique et les juges préfèrent en compétition.

Programmation de l'émetteur (MC24 dans mon cas)

Sélectionner le mode H3 avec 3 servos dont deux pour le roulis.

Sélectionner le sens de rotation du rotor à droite (clockwise vu de dessus)

Vérifier les sens de chaque servo individuellement, puis régler le sens des trois servos ensemble, pour les fonctions pitch (collectif), roll (roulis) et nick (tangage)

Vérifier le sens de la commande de lacet et que le gyro corrige dans le bon sens : si on actionne le senseur vers la droite, le servo donne un ordre à gauche.

Annuler tous les mixages pas/lacet et le trim de lacet (mode conservateur de cap)

Pour rentrer le train, il est assez simple de changer de mode de vol : passage de stationnaire à acro en programmant des mixages déclenchés par l'interrupteur de changement de mode : mixage de la voie 12 (en butée) sur la voie 10 (train rentrant) soit positif à 100% soit négatif à 100% ce qui déclenche les deux servos 136G du train rentrant.

Le gyro GY401 est réglé avec un gain important (>80%) pour tenir compte de la « mollesse » du fenestron.

Fonction plateau cyclique pitch, nick et roll à 80 % ; tous les servos à 100% ainsi que les manches. Exponentielles à introduire ultérieurement si nécessaire.

Le potentiomètre curseur central est utilisé pour éventuellement ajuster le

collectif : pour cela le potentiomètre (voie 9) est mixé sur la voie 1 (collectif).

Mettre un léger mixage lacet à droite sur gaz

Mettre un léger mixage cyclique gauche ou droit sur gaz.

2- La peinture

J'ai choisi le plan de peinture d'un appareil opéré par un hôpital de l'université de Floride. Cette livrée très "classe" permet de sortir des traditionnelles couleurs blanches, rouge ou jaune, sans pénaliser la visibilité en vol de la maquette.

Le fuselage, poncé afin de dépolir le gel coat, est recouvert d'une couche d'apprêt polyuréthane blanc qui met en évidence quelques défauts soigneusement mastiqués et poncés. Le résultat final dépend du soin apporté à cette préparation, ne lésiné pas sur l'huile de coude!

Une couche de peinture acylique gris métallisé (Dupont centari 600) est appliquée au pistolet. Après mise en place des caches, même opération pour le bleu de Chine (ref 68125) et le liseré rouge Ferrari (ref 3020). Le radome est peint en noir. L'aspect final brillant est obtenu avec une couche de vernis bi-composant (Dupont 690S et durcisseur AK260).



Dans le cockpit, les sièges, la planche de bord et sa visière sont fournis. Le plancher est peint en gris, la console centrale et la visière en noir. Les pilotes, manches cycliques et collectifs, palonniers, proviennent d'un kit Vario ainsi que les essuies glaces et antennes radio. Des housses de siège et des harnais de sécurité complètent l'équipement.



Cockpit détaillé

3- Les essais en vol



Premier vol à La Fare les Oliviers

Vérification avant le premier vol :

- aucune interférence mécanique entre les fils de servos et les éléments tournants (axe rotor principal, axe rotor arrière, etc...)
- le quartz du récepteur est verrouillé avec du scotch.
- les prises des rallonges sont scotchées ou verrouillées par un dispositif de blocage.
- vérifier les sens des palettes de la barre Bell (rotation clockwise) et la cohérence avec les pales du fenestron.
- vérifier que les ordres cycliques sont déphasés de 90°.
- vérifier que l'on est bien, en mode « heading lock »: si l'on donne un ordre sur le manche de lacet ou sur le trim de lacet, le servo de lacet part en butée.
- s'assurer visuellement de la position ralentie de la commande moteur.
- pointeau moteur principal : $\frac{3}{4}$ de tours ouvert, pointeau secondaire (vol stationnaire) $\frac{1}{4}$ tour, carburant nitré à 5%: le moteur démarre sans problème.



Raz motte full speed

La méthodologie des essais en vol est la suivante:

- essais de portée, sans les pales principales, moteur tournant
- le premier vol est effectué sans le carénage supérieur, en configuration bipale, maquette non peinte : stationnaire, essais du train rentrant, translation lente. Vérification de l'efficacité du fenestron dans des pirouettes, en vol stationnaire.

Le moteur développe 2.9 cv qui suffisent largement pour soulever les 7kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité de l'appareil.

En stationnaire de face on note, comme sur le vrai, une inclinaison latérale plus importante qu'avec un rotor arrière classique. Cela est dû à l'entraxe important entre le fenestron et le disque rotor principal.
- puis opération de peinture et décoration
- nouvelle vérification en vol avec le carénage supérieur, le moteur ne chauffe pas et conserve sa puissance.
- installation du rotor quadripale et remise en vol: l'appareil reste stable et agréable aux commandes bien que le pilotage soit plus exigeant.

- essais en translation rapide. Attention, avec un rotor quadripale, il faut maintenir la commande cyclique longitudinale vers l'avant (piqueur), sinon l'appareil part en looping.
- Réglage de la courbe pas / gaz afin d'obtenir une vitesse de rotation rotor constante dans toutes les phases de vol.
- vérification du mode heading lock en translation latérale et marches arrière
- autorotation : vérification préalable de la descente sans puissance (moteur au ralenti) en partant de très haut (sans basculer l'interrupteur d'autorotation),

Vérification de la réserve d'inertie rotor en remettant progressivement le pas à 10cm du sol à partir du vol stationnaire, après avoir enclenché l'interrupteur d'autorotation. Puis jonction des deux phases ci dessus pour une autorotation complète, face au vent.



4 Résumé des modifications

Modifications indispensables (sécurité)

- changer la goupille par un boulon de 2mm sur l'entraînement du plateau cyclique du rotor quadripale

Modifications recommandées

- réaliser le capot supérieur en 2 parties pour le rendre démontable sans démonter la tête rotor
- mettre deux batteries à l'avant pour le centrage et la sécurité de l'alimentation radio

Modification « esthétiques »

- installer le rotor optionnel quadripale Hirobo
- braquer les dérives verticales pour donner du couple de lacet en translation et pour être conforme au vrai hélicoptère
- installer les feux de position
- installer les antennes radio et les prises pitot

5- Conclusion

La réalisation de cette maquette n'a présenté aucune difficulté majeure grâce à la préfabrication et la qualité du kit Hirobo. La conception mécanique simple, précise et sans jeu laisse augurer fiabilité et pérennité des réglages.

Quatre mois auront été nécessaires pour effectuer le premier vol, mais quelle satisfaction! tous les efforts sont oubliés devant le réalisme du vol. Les passages trains rentrés sont fantastiques! Chaque vol conforte la fierté d'avoir réalisé une telle machine et renforce l'envie de l'améliorer en ajoutant des détails maquette.

Cette maquette, au top de sa catégorie, comblera les pilotes et les spectateurs passionnés de belles machines. La fascination de l'hélicoptère opère à chaque vol avec son cortège de plaisirs et de stress, n'est-ce pas précisément ce que nous recherchons?



Spécifications techniques

Caractéristiques	Réel	Maquette
Constructeur	Eurocopter	Hirobo
Motorisation	2 turbines Ariel 1C2 800Kw	OS 91 SXH 2.9CV
Longueur hors rotor	11.63 m	156 cm
Hauteur	4 m	50 cm
Echelle	1	1/8.6
Masse à vide	4.25 T	7kg
Diamètre rotor principal	11.94 m	1550 mm
Nombre de pale rotor principal	4	4
Diamètre rotor anticouple	1.10 m	160 mm
Nombre de pale rotor anticouple	11	7

8.7- L' EC 120 Eurocopter

Véritable concentré de technologie l'EC120 Colibri est plébiscité pour son look, sa modernité, son confort, sa facilité de pilotage, sa polyvalence et son niveau sonore très réduit. C'est un beau sujet de maquette encore peu répandu sur les terrains. L'EC120 complète la gamme des maquettes Eurocopter commercialisées par la société Hirobo: Tigre, Dauphin N2, Dauphin Panther et EC 135.

Le kit Hirobo



La boîte comprend le fuselage moulé en fibre de verre, les ensembles mécaniques et tous les composants nécessaires à la réalisation du modèle. Le rotor arrière « fenestron » attire de suite le regard c'est une réussite en terme de conception et de réalisation. Tous les composants sont de qualité, ils sont emballés dans des sachets plastiques clairement identifiés dans les notices de montages dont les vues en perspective donnent une vision d'ensemble du travail à effectuer. Le montage est facilité au maximum par le pré-assemblage de la tête rotor, du fenestron et de la structure contre plaquée collée dans le fuselage.

Les ensembles mécaniques...



Ils ont communs à toute la gamme maquette Hirobo et d'une fiabilité éprouvée. Le choix de motorisation s'est porté sur un OS 91 compte tenu de la puissance absorbée par le fenestron. La réduction de 1/8.6 est obtenue par un seul étage composé d'une roue téflon (95 dents) qui engrène sur le pignon (11 dents) entraîné par la cloche d'embrayage. 1500tr/mn au rotor principal correspondent à 13000 tours moteur, régime élevé qui permet d'obtenir plus de puissance. Le plateau cyclique est commandé directement par 3 servos répartis à 120° et mixés électroniquement. La tête rotor, bipales montée en balancier est pilotée par une barre Bell-Hiller qui assure une stabilisation mécanique efficace. Le fenestron est un joyau comme vous pouvez le constater sur les photos. Il est livré pré assemblé, les 7 pales plastiques sont montées sur 2 roulements à bille dans un boîtier aluminium. La commande est souple et sans jeux. La prise de mouvement sur la roue principale est réalisée par un renvoi à 90°. Il tourne à 13000 tours/min, comme le moteur ; Ce

régime élevé est nécessaire pour assurer son efficacité.



Fenestron Hirobo

Intégration des composants dans le fuselage...

Le fuselage se distingue par sa qualité de réalisation, il comporte de nombreux détails maquette : ligne de rivets, trappes d'accès avec leurs charnières. Les portes sont finement moulées, des aimants assurent leur verrouillage en vol. L'ensemble mécanique principal est fixé par 4 vis BTR sur 2 longerons en hêtre collés au fond du fuselage. Les efforts de vol ne sont donc pas introduits dans la structure en fibre de verre qui est très légère. Le fenestron en 2 parties, est assemblé sur le fuselage par 9 entretoises : opération délicates car il faut travailler en aveugle! Le renvoi conique, engrenant sur la roue principale, entraîne le fenestron par un arbre à cardans. Il est conseillé de sécuriser les liaisons par goupilles mécaniques en introduisant à l'intérieur une corde à piano collée à la loctite. La transmission arrière est maintenue par 2 roulements situés dans un tube carbone. L'installation ne pose aucun problème grâce à la précision des composants.

2 batteries Ni MH (3Ah, 4,8 volts) sont placées à l'avant. Leur masse de 500g permet d'assurer le centrage sur l'axe rotor. On peut voler avec un centrage légèrement arrière en enlevant une batterie, mais l'appareil sera moins stable en translation rapide avant et consommera un peu plus de puissance sur le rotor principal à cause du trim cyclique avant. Chaque batterie est en série avec le récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur à fort débit.

L'installation radio comprend 3 servos numériques Futaba (ref S9402) pour actionner le plateau cyclique, ils sont programmés en mode cppm. Le fenestron est piloté par un servo Futaba (ref S9254) asservi par un gyro conservateur de cap GY 401 (nota : le mode conservateur de cap n'est pas nécessaire pour une maquette par contre un servo de 5kg de poussée mini est requis pour le fenestron). L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique, c'est plus esthétique.

Premiers essais...

Ils sont effectués en configuration bipale et avant peinture ; Cela permet de réduire le stress lors de la prise en main l'appareil. Les essais de portée radio sont effectués au sol moteur tournant, puis l'efficacité du fenestron est vérifiée en soulageant l'appareil sur ses patins. La réponse molle nécessite d'augmenter le gain gyro (70%). Les courbes de gaz et de pas sont déterminées pour obtenir un régime de 1500 tours qui correspond à un pas de 5 à 6° en stationnaire. Le pointeau initialement ouvert de 1 tours $\frac{3}{4}$ est ajusté afin d'obtenir une fumée dense et abondante, gage d'un bon refroidissement moteur. Le réglage des trims permet d'obtenir rapidement un stationnaire stable. Une vibration de la dérive indique un balourd facile à éliminer en supprimant le tracking. L'efficacité du fenestron nécessite un régime de rotation de 13000 tours obtenu avec 1500 tours au rotor principal. Les

courbes de gaz et de pas doivent être ajustées afin d'obtenir ce régime sur toute la plage de pas (- 2° à + 8°). Manche cyclique vers l'avant, l'appareil part en translation, il semble être sur des rails grâce à la stabilité transmise par la barre Bell-Hiller. Les derniers tests consistent à vérifier, sur mise de pas rapide, que le fenestron suit: pas de déviation de l'appareil sur sa trajectoire de montée, sinon augmenter le régime de rotation afin de donner au fenestron plus d'efficacité. Le taux de montée est satisfaisant et la marge de puissance reste largement suffisante pour garantir une bonne manoeuvrabilité. Dans certaines configurations, notamment par vent arrière, le fenestron peut décrocher, induisant dans la commande une désagréable sensation de flou, mais heureusement le phénomène ne persiste pas longtemps.

Vers l'appareil grandeur...



Le plan de peinture des appareils de la société IT&S (Integrated Training & Service), basée en Malaisie a été retenu. Cette société créée en 2002 assure l'écologie civile, parapublic et militaire. L'état de surface du fuselage réduit au minimum la préparation mais l'application de la couleur reste une opération délicate si l'on ne veut pas trop pénaliser le devis de masse.

Pour améliorer la ressemblance avec l'appareil grandeur, la tête rotor tripale Hirobo est installée. Elle est entièrement métallique, usinée avec précision. Les manchons ne comportent aucune articulation battement / traînée. Ce type de moyeu rigide nécessite des pales adaptées, c'est-à-dire suffisamment flexibles pour assurer la stabilité du disque rotor. Le réglage de l'angle de phase des pales s'effectue comme pour un rotor bipale. Il suffit d'aligner une pale sur le fuselage et de faire tourner le plateau cyclique jusqu'à ce que le pas ne varie plus sur sollicitation du cyclique longitudinale. Attention : penser à revisser avec du frein filet les boulons tenant les pieds de pale du rotor livré tout monté. En contrepartie du réalisme, les qualités de vol se dégradent car le plateau cyclique en liaison directe avec les pales doit être piloté en permanence pour compenser l'absence de stabilisation de la barre Bell. En translation rapide un phénomène d'autocabrage nécessite de piloter manche cyclique vers l'avant et une instabilité en roulis apparaît. Le vent complique significativement le pilotage, une vigilance accrue est nécessaire pour contrer des réactions aléatoires. La boucle de pilotage fini par se graver dans le cerveau mais l'absence du pilote automatique (barre Bell) se fait sentir sur la charge du pilote.



Yves Coron analyse le comportement

Conclusion

La qualité du fuselage est remarquable par son état de surface et le niveau de détails reproduits, la mécanique est éprouvée et le fenestron efficace. Tous ces éléments s'assemblent facilement grâce à leur précision. Le temps de montage est réduit au minimum par la fourniture de composants pré assemblés (fuselage, fenestron, tête rotor). La masse de 7kg et la puissance absorbée par le fenestron confirme le choix d'un moteur de classe 90. En version bipale les qualités de vol sont excellentes mais le réalisme nécessite l'installation de la tête tripale au prix d'un pilotage plus difficile surtout par conditions venteuses.

Spécifications techniques

Caractéristiques	Réel	Maquette
Constructeur	Eurocopter	Hirobo
Motorisation	Turbine Arrius 2F 511 cv	OS 91 SXH 2.9 cv
Longueur hors rotor	9.6 m	146 cm
Rapport de réduction principal	1/30	1/ 8.6
Rapport de réduction arrière		1
Hauteur	3 m	40 cm
Echelle	1	1/8
Masse à vide	1.8 T	7kg
Diamètre rotor principal	10 m	1550 mm
Nombre de pale rotor principal	3	3
Diamètre fenestron	0.8 m	158 mm
Nombre de pale fenestron	10	7

8.9- Eurocopter EC135 ADAC



Historique

La fusion des divisions hélicoptère de Daimler Chrysler Aerospace et de l'Aérospatiale a donné naissance à la société Eurocopter en 1992. L'EC 135 est le premier produit civil développé en coopération. Il est dérivé du Bo105 développé et industrialisé par la société MBB. Les technologies les plus performantes de chaque société ont été retenues: poutre de queue composite avec fenestron, fuselage composite, rotor principal non articulé, avionique numérique, glass cockpit, régulation moteur numérique ...

Le premier vol de l'EC135 a eu lieu en février 1994. Cet appareil polyvalent est très apprécié pour les missions de secours aérien et de police. 250 appareils ont été livrés à ce jour, notamment aux sociétés ADAC en Allemagne et SAMU en France.

Afin de compléter la flotte maquette d'Eurocopter, Bernard Claret a réalisé un EC 135 à l'échelle 1/7.15. Il a utilisé comme base le kit commercialisé par la société Vario, réputée pour la qualité de ses

productions et ses accessoires maquettes. La réalisation de ce projet a nécessité environ 500h de travail réparties sur 6 mois. Quelques modifications ont été apportées au kit de base afin d'assurer la conformité à l'appareil échelle 1 ou d'améliorer la fiabilité.

L'assemblage du kit

Le fuselage

Essayer de rentrer la boîte dans la voiture fait prendre conscience de la taille du modèle. Cela se confirme dans l'atelier lors de la présentation de la partie avant du fuselage et de la poutre de queue. Maintenant que vous avez réalisé la taille du modèle, il est temps de commencer l'assemblage.

Le fuselage, fibre de verre et résine époxy, est moulé avec précision. Le fenestron est légèrement modifié par rapport à l'hélicoptère grandeur, il est équipé de 8 pales arrière au lieu de 12 et son diamètre est proportionnellement plus important. Cela permet des performances identiques à un rotor anticouple classique sans augmenter le régime de rotation.

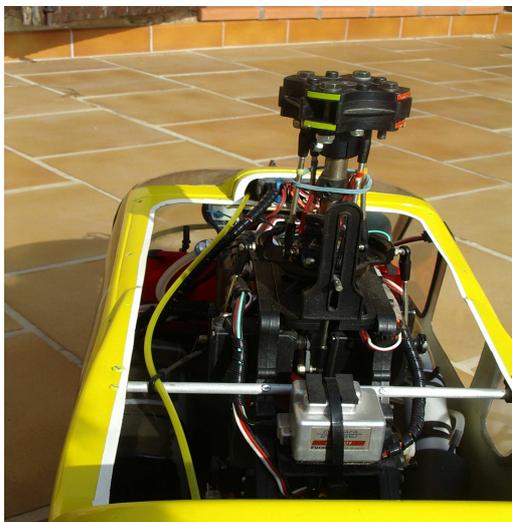
Le travail commence par la découpe des ouvertures à l'aide d'un disque à tronçonner. Il est pratique de délimiter les contours en collant une bande de scotch laissant 2mm de marge ; La lime et l'huile de coude parachèvent l'ouvrage. Les transparents du cockpit sont collés à la cyano, les fenêtres latérales sont montées avec un joint caoutchouc. Il est facile de les déposer pour améliorer la ventilation cabine par temps chaud.

Afin d'obtenir un calage du moyeu rotor identique à l'appareil grandeur, la structure bois de Vario a été modifiée. Le plancher cabine est réalisé à partir d'une plaque composite (carbone / nid d'abeille) sur laquelle se visse le bâti mécanique. Le plancher est incliné de 3° vers l'avant pour obtenir la bonne inclinaison du mat rotor.

Les capotages supérieurs sont tenus par 11 vis de 2mm, les écrous sont maintenus par des renforts contreplaqués collés à l'intérieur du fuselage.

Le train d'atterrissage, composé de 4 tubes d'aluminium, est fixé sur le fuselage. Il faut ajouter les barres marche pied pour être conforme à l'original.

La mécanique principale



Le moyeu rotor est réduit à sa plus simple expression. La souplesse nécessaire à l'articulation de pas est assurée par le faisceau torsible de la pale

La mécanique Sky Fox (référence: 1002/15) est constituée de 2 flancs en plastique renforcé reliés par des cadres en aluminium usiné. Le moteur, un OS 91SHX situé à l'avant, entraîne deux étages de réduction:

- Le premier étage est constitué par le pignon moteur de 24 dents, solidaire de la cloche d'embrayage, qui engrène une roue de 52 dents.
- Le deuxième étage est obtenu par l'engrènement d'un pignon de 14 dents dans une couronne à denture intérieure (56 dents) qui entraîne par l'intermédiaire d'une roue libre, l'axe rotor principal avec un rapport de réduction de 8,6.

Un renvoi par pignon conique, sur la roue du premier étage, permet la prise de mouvement vers le rotor arrière sans rapport de réduction supplémentaire.

Le réservoir d'une capacité de 500cc s'avère insuffisant pour étancher la soif de l'OS91 plus de 15mm, un réservoir complémentaire de 200cc a donc été monté en série pour garantir la sécurité.

Le fenestron

Le rotor arrière, à l'échelle 1/5.7, a un diamètre de 180 mm. Il comporte 8 pales de 68mm par 21mm de corde. L'assemblage nécessite minutie et précision. Les pignons coniques sont de taille différente pour augmenter la vitesse de sortie. Leur engrènement nécessite un réglage précis à l'aide des cales fournies. Le moyeu fenestron est pré-assemblé, les 8 pales sont articulées sur le moyeu avec 2 roulements, il ne reste plus qu'à relier les leviers de pas aux pieds de pales.



Fenestron Vario

L'assemblage final



Les capotages supérieurs déposés permettent un accès facile à la mécanique principale

La mécanique principale est fixée dans le fuselage sur le plancher composite.

La boîte de transmission arrière et le tube de transmission peuvent maintenant être positionnés dans la poutre de queue. La poutre de queue est positionnée sur le fuselage, puis le cadre CTP est collé sur la section arrière.

Le jeu d'adresse commence!

Une pièce circulaire de CTP s'adapte dans la veine du fenestron et permet de positionner l'arbre de sortie de la transmission arrière. Le support de l'arbre de transmission est ainsi

correctement centré et fixé sur la poutre de queue avec 4 vis BTR de 2,5mm. La pièce circulaire de CTP est remplacée par le moyeu fenestron. Le tube de transmission est mis à longueur avec un jeu de 2 mm et la commande de pas installée. Afin de faciliter le transport, la poutre de queue est démontable grâce à 4 vis BTR de 3mm assurant la liaison des cadres de jonction en CTP. Le moyeu et les pales sont réalisés avec la même technologie que ceux de l'appareil grandeur. Le faisceau torsible des pales reprend la force centrifuge, la souplesse du faisceau en torsion permet d'assurer les articulations de pas et battement / traînée. Cependant les efforts sont importants notamment à faible pas, la torsion est nulle pour un pas de 5° (stationnaire)

Il reste à positionner et régler la tête rotor 4 pales: le plateau cyclique puis le moyeu rotor sont emmanchés sur le mat. Les 4 bielles de commande de pas doivent avoir des longueurs identiques afin de garantir un tracking correct à quelques réglages mineurs près.

Le plateau cyclique est commandé directement par 4 servos. Cette disposition permet de simplifier la cinématique en éliminant les renvois d'angle, les jeux sont réduits au minimum.

L'entraîneur du plateau cyclique doit être positionné pour donner le bon angle de phase aux pales: positionner une pale vers l'arrière du fuselage le long de la poutre de queue, actionner le cyclique longitudinal et tourner l'entraîneur du plateau cyclique jusqu'à ce que le pas de la pale ne varie plus lors des

mouvements cycliques longitudinaux. Dans cette position serrer l'entraîneur du plateau cyclique.

Le manche collectif de l'émetteur à mi course, les renvois de servo doivent être positionnés à 90° et la longueur des commandes de pas réglées afin d'obtenir 5° d'incidence sur les pales et une ouverture du boisseau moteur de 50%.

Les pales sont soigneusement équilibrées et appairées avec les manchons par une marque de couleur.

L'installation radio

Le choix s'est porté sur une Graupner MC 24 avec un récepteur 12 voies RDS 100 de JR.

L'équipement est composé des éléments suivants:

- 4 Futaba S9450 numériques pour la commande du plateau cyclique
- 1 Futaba S9202 pour la commande moteur
- 1 Futaba S9253 numérique pour la commande fenestron. Le servo arrière, piloté par 1 gyroscope Robbe GY 401, doit avoir une poussée minimum de 7kg.

Vérifier les fins de course de chaque servo, la course radio doit être atteinte avant la butée mécanique afin d'éviter l'endommagement du servo.

2 batteries NiMh (3Ah, 4.8volts) sont placées dans le radome. Leur masse de 500g permet de centrer l'appareil sur l'axe rotor. On peut voler avec un centrage légèrement arrière, en enlevant une batterie, mais l'appareil

sera moins stable en translation et consommera un peu plus de puissance sur le rotor principal à cause du trim cyclique avant. 2 batteries de forte capacité sont recommandées compte tenu de la consommation élevée des servos numériques accentuée par les efforts importants de commande dus à la raideur élevée des faisceaux torsibles des pales.

L'alimentation est redondée, chaque batterie alimente le récepteur par l'intermédiaire d'un interrupteur à fort débit situé sous le fuselage. Un testeur de batterie à diode, en prise directe sur le récepteur, permet en sollicitant alternativement les 2 interrupteurs de vérifier la charge de chaque batterie. L'antenne de réception chemine à l'intérieur du fuselage dans une gaine plastique.

Les essais en vol



1^{er} essais devant des spectateurs attentifs

Le bon fonctionnement des commandes est vérifié, déphasage de 90° des ordres cycliques et sens d'action correct du rotor anticouple et du gyroscope. Le bord d'attaque des pales fenestron doit se déplacer en sens inverse du déplacement du manche de lacet.

Le moteur s'anime aux premières sollicitations du démarreur, après quelques réglages de la carburation un essai de portée au sol est réalisé rotor tournant. Une mise de pas progressive permet de soulager l'appareil et de vérifier le fonctionnement du rotor anticouple. Les trims sont ajustés en stationnaire.

Le moteur développe 2.9cv qui suffisent largement pour soulever les 7 kg de l'appareil. La réserve de puissance reste homogène avec ce qu'exige la manœuvrabilité. La carburation est réglée afin d'obtenir une fumée dense, témoin d'un bon refroidissement. Le rotor principal tourne à 1450 tours, cela donne une puissance suffisante au fenestron, qui cependant répond mollement et nécessite un gain important sur le gyro. Le stationnaire est stable grâce à l'inertie importante du rotor quadripales. En translation un autocabrage se manifeste ainsi qu'une légère instabilité latérale. Il faut prendre l'habitude de piloter manche cyclique vers l'avant et compenser un comportement moins prévisible par une vigilance de tous les instants. La barre Bell-Hiller maintient automatiquement l'assiette du modèle et donne ainsi l'impression de piloter sur des rails. Dans le cas d'une transmission directe des ordres, du plateau cyclique vers les pales, il faut piloter en permanence le plateau cyclique pour maintenir l'assiette du modèle. Le régime moteur doit être constant sur toute la plage de pas, c'est l'alpha et l'oméga de la mise au point. Pour obtenir ce résultat tester le comportement lors d'une mise de pas rapide, si le régime baisse corriger la courbe de pas en le réduisant (et inversement). Optimiser aussi la courbe pas/gaz en testant les réductions rapides de pas.



Le stationnaire est très stable grâce à l'inertie importante du rotor quadripales

La finition

Le plan de peinture des appareils de l'Automobile Club d'Allemagne (ADAC) est retenu. La livrée jaune vif permettra une excellente visualisation du modèle en vol

Cette société, spécialisée dans les évacuations sanitaires, vient de fêter ses cent ans dont 30ans d'opérations hélicoptère. Ses appareils "les anges jaunes" sont très connus en Allemagne, ils ont déjà sauvé 100000 vies.

La fibre de verre gelcoatée blanc donne un état de surface très lisse qui permet de limiter la préparation au minimum. Seul le plan de joint avec la poutre de queue nécessite masticage et ponçage soigné. Une couche de peinture acrylique jaune (Dupont centari 600) est directement appliquée au pistolet. L'aspect final brillant est obtenu avec une couche de vernis bi-composant (Dupont 690S et durcisseur AK260)



Très belle livrée aux couleurs de l'ADAC

Il reste à aménager le cockpit, planche de bord, sièges, pilotes et commandes de vol sont disponibles dans le catalogue Vario et permettent de personnaliser à souhait. Projecteur halogène, feu rotatif, treuil peuvent aussi compléter le fuselage.



Vu plongeante sur un cockpit très réaliste. L'appareil est certifié IFR monopilote.

Conclusion

L'assemblage de l'EC 135 est aisé pour un modéliste confirmé mais cet appareil n'a rien d'un modèle d'initiation.

Le fenestron et la tête rotor 4 pales sont de très belles pièces mécaniques dont la technologie est conforme à l'original. Le reste de la mécanique est fiable et éprouvé. Le moulage du fuselage est d'excellente qualité, les assemblages sont précis et nécessitent peu de retouche.

Ce kit Vario constitue une excellente base pour réaliser une maquette conforme à l'appareil grandeur ; Ceci nécessite cependant d'ajouter les marches pied, une dérive inférieure sous le fenestron et de modifier l'angle du mat rotor. Le nombre de détails maquette et d'accessoires proposés dans le catalogue Vario permet une personnalisation poussée.

Le comportement en vol est sain, le pilotage agréable malgré la tête rotor 4 pales qui induit de l'autocabrage et requière un pilotage vigilant pour palier l'absence de stabilisation par barre Bell-Hiller. On ne se lasse pas des évolutions majestueuses et du réalisme en vol. Pour les plus téméraires, les passages rase motte à grande vitesse feront monter le taux d'adrénaline. Il vaut mieux oublier la voltige bien que possible avec le rotor 4 pales.

Bernard Claret a présenté cette très belle maquette au salon du modélisme 2003, Porte de Versailles. Ses démonstrations ont été très appréciées par un public attentif.



Le public a pu apprécier le réalisme des démonstrations en vol, lors de la présentation porte de Versailles.



Essais de mise au point sur le terrain de La Fare les Oliviers

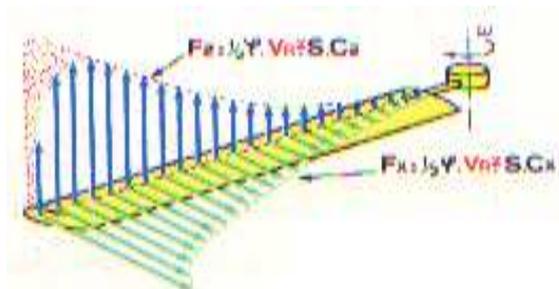
91-Comment ça vol ? Un peu de théorie...

L'hélicoptère reste une étrange machine conservant pour le commun des mortels, parfois même pour les habitués, un côté magique et mystérieux. Afin de démystifier la complexité inhérente aux voilures tournantes et au vol vertical, nous allons analyser les phénomènes physiques qui régissent le fonctionnement du rotor, identifier les forces en présence et leur gestion. Pour cela nous allons suivre le déplacement d'une pale au cours de sa rotation, nous en déduirons les fonctions assurées par le rotor, l'architecture requise et les commandes nécessaires au pilotage. Puis nous nous intéresserons à l'équilibre global de l'appareil, le fonctionnement aérodynamique du rotor et la puissance nécessaire au vol. Nous terminerons par une description du rotor bipale utilisé sur la plupart de nos modèles réduits et quelques considérations sur la stabilité.

1 - Portance et traînée de la pale

Pour une incidence donnée, l'élément de pale est soumis à une force aérodynamique que l'on peut décomposer en une force de portance perpendiculaire au vent relatif et une force de traînée parallèle au vent relatif.

La valeur des forces élémentaires de portance et de traînée augmentent de l'emplanture à l'extrémité comme le carré de la vitesse.

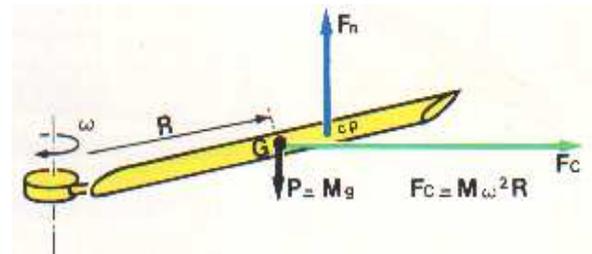


Variation des forces de portance et de traînée

2 - Forces agissant sur une pale en rotation

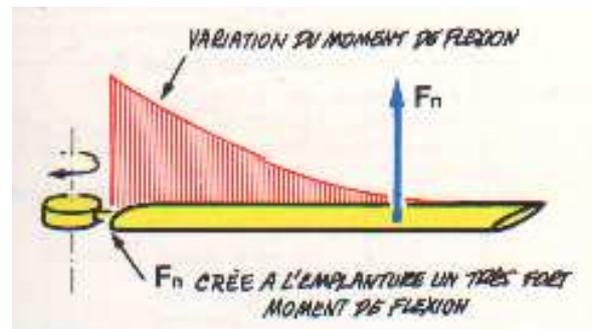
Une pale est soumise:

- à son poids (P) appliqué au centre de gravité (G)
- à la force centrifuge (F_c) appliquée en G
- à la portance (F_n) appliquée au centre de poussée (CP)



Forces agissant sur la pale

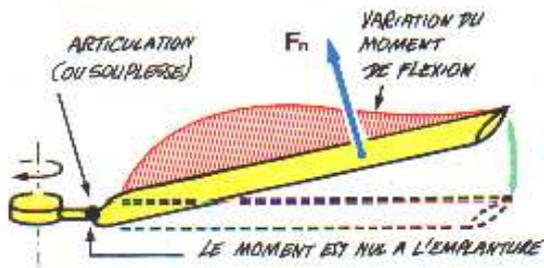
Il existe aussi des forces d'inertie alternées (forces de Coriolis) qui sollicitent la pale dans son plan de rotation. Le poids de la pale est négligeable par rapport aux autres forces.



Moment de flexion sans articulation de battement

La portance (F_n) sollicitant la pale vers le haut crée un moment de flexion dont la valeur est maximale et importante au pied de pale. On comprend que ce moment de flexion induit des contraintes importantes au niveau du point de fixation de la pale et que pour les supporter il faudrait dimensionner de

manière prohibitive le pied de pale.
 Pour annuler le moment de flexion à l'emplanture donc réduire les contraintes, la pale est articulée dans le plan vertical. L'articulation peut être réelle ou fictive (souplesse). On voit qu'une telle articulation qui permet à la pale de se déplacer vers le haut (de battre), supprime le moment de flexion en lui substituant un mouvement. Le battement vertical joue un rôle aérodynamique important.



Moment de flexion avec articulation de battement

Le mouvement s'arrête lorsque la pale est alignée avec la résultante de la portance et de la force centrifuge, dont le moment par rapport à l'axe d'articulation est alors nul. Sans articulation de battement l'hélicoptère ne peut pas voler.

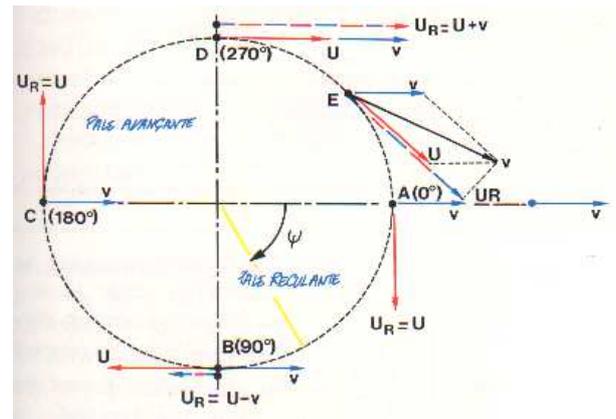
Dissymétrie de portance:

Dans tous les cas, l'inclinaison du plan rotor est provoquée par une dissymétrie de portance des pales en fonction de leur azimut, qui peut être naturelle ou commandée. La dissymétrie naturelle est due aux variations de vitesse du vent relatif. Elle est compensée par le battement vertical des pales.

La dissymétrie commandée (par le pilote) permet de commander l'inclinaison du plan rotor. Le pilote fait varier l'angle de pas (donc la portance) des pales en fonction de leur azimut. C'est la variation cyclique de pas.

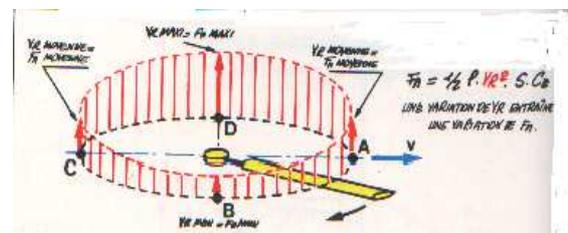
En vol stationnaire la vitesse relative (U_r) est constante, donc la portance (F_n) est constante quelque soit l'azimut de la pale.

En translation la variation de U_r est la suivante:



Variation de la vitesse relative en translation

La pale avançante voit la somme de la vitesse de rotation du rotor et de la vitesse de translation, la pale reculante voit leur différence. Il en résulte une dissymétrie de portance. La dissymétrie latérale de portance crée un mouvement de roulis qui rend impossible le pilotage d'un hélicoptère équipé d'un rotor non articulé en battement. En effet la dissymétrie des vitesses relatives (donc la dissymétrie de portance) augmente avec la vitesse de translation.

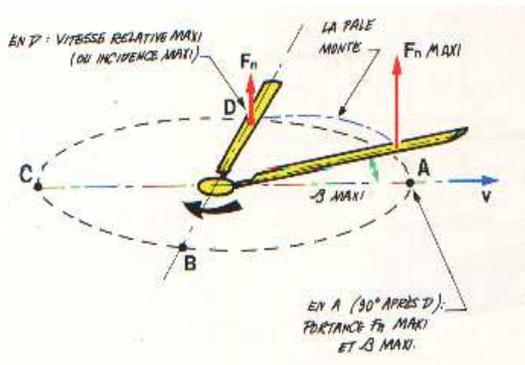


Le battement vertical des pales provoque une variation automatique de l'incidence qui compense la variation de portance latérale

La précession gyroscopique:

Chaque particule élémentaire du rotor se déplace dans un plan et a tendance par inertie à y vouloir y rester. Tout changement de trajectoire engendre une réaction de chaque particule dont la résultante crée le couple de précession gyroscopique.

Les pales d'un rotor, lorsqu'elles sont sollicitées par une cause (variation de vitesse ou d'incidence) tendant à modifier leur portance, se comportent comme un gyroscope car elles réagissent 90° après la sollicitation.



Précession gyroscopique : la réaction est différée de 90°

Par exemple si la vitesse relative (ou l'incidence) est maximale en D, la portance sera maximale en A, 90° après le point de vitesse (ou incidence) maximale. La pale étant articulée en battement, au point de portance maximale A correspond une levée maximale de la pale. De D à A la pale suit une trajectoire ascendante.

Si vous avez compris ce principe simple: décalage de 90° entre cause et effet, le rotor d'hélicoptère n'a plus (enfin presque!) de secret pour vous.

Le rotor est-il un gyroscope?

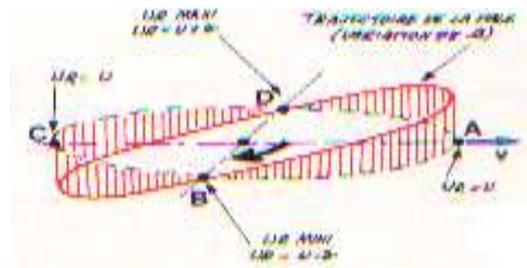
Les toupies de notre enfance présentent une stabilité remarquable, lancées en rotation elles conservent leur orientation même si l'inclinaison du support varie. Mais si l'on veut faire varier leur axe de rotation elles réagissent de manière étrange, à angle droit par rapport à l'effort appliqué.

Le rotor hélicoptère ressemble à un gyroscope, il réagit comme lui, mais ce n'est pas un gyroscope car il est soumis à des forces aérodynamiques. S'il tournait dans le vide, soumis uniquement aux forces centrifuges, il aurait la stabilité d'un gyroscope.

Dans l'air, les forces aérodynamiques font battre les pales et alignent le disque rotor perpendiculairement à son axe, donc le rotor ne se comporte pas comme un gyroscope qui tend à conserver sa position dans l'espace, il n'a pas cette stabilité inhérente. Il répond à une sollicitation comme un gyroscope car la pale se comporte comme un système du second ordre amorti ; elle répond avec un déphasage de 90° lorsqu'elle est excitée sur sa fréquence propre (vitesse de rotation du moyeu rotor). Dans le cas d'un rotor rigide, le déphasage tend vers zéro.

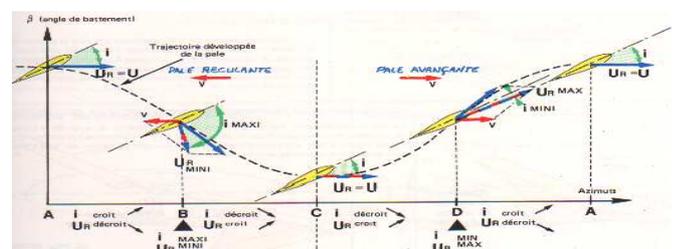
Influence du battement des pales:

L'incidence de la pale qui descend (pale reculante) est plus grande que l'incidence de la pale qui monte (pale avançante). Si on accompagne une pale alors qu'elle fait un tour complet on constate que l'angle d'incidence:



Variation de l'angle d'incidence

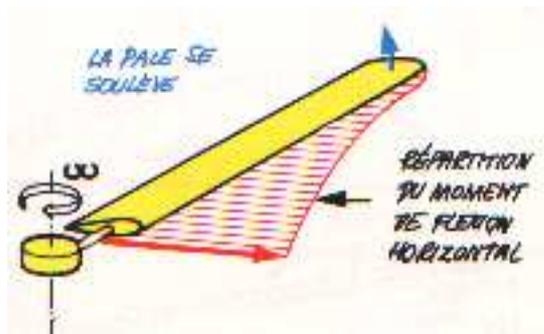
- passe par un maximum en B ou la vitesse est minimale,
- passe par un minimum en D ou la vitesse est maximale,
- croît progressivement de D à B,
- décroît progressivement de B à D.



Influence du battement cyclique sur l'incidence

Influence du battement sur la vitesse tangentielle d'un élément de pale:

Lorsqu'une pale bat, la trajectoire circulaire d'un élément de pale quelconque est modifiée. Son rayon diminue si la pale monte ou augmente si la pale descend. La vitesse tangentielle varie comme le rayon. Par inertie l'élément de pale tend à conserver sa vitesse initiale au cours du changement de trajectoire. Mais il est lié rigidement à la pale et au rotor dont la vitesse de rotation est constante. Sa vitesse angulaire ne peut donc pas varier et la force d'inertie (qui tend à augmenter la vitesse angulaire) ne pouvant se manifester sous forme dynamique se manifeste sous forme statique créant un moment de flexion maximal à l'emplanture de la pale. L'ensemble de ces forces donne un moment de flexion résultant qui tend à tordre la pale dans le sens de la rotation. Même raisonnement lorsque la pale descend. Les forces d'inertie alternées dues au battement vertical des pales et sollicitant les pales dans le plan de rotation sont appelées forces de Coriolis.



Les forces de Coriolis sollicitent la pale en traînée

L'articulation de traînée permet à la pale, sollicitée par les forces de Coriolis, d'osciller horizontalement autour d'une position moyenne. Ce degré de liberté annule le moment de flexion au niveau du pied de pale.

En résumé :

L'articulation de pas permet de faire varier l'incidence de la pale par rotation autour de son axe longitudinal (ou axe de variation de pas) . Cette variation est commandée par le pilote.

L'articulation de battement:

- supprime les contraintes de flexion verticale au niveau du pied de pale,
- compense la dissymétrie de portance entre pale avançante et pale reculante, en vol de translation.
- Mais le battement des pales crée des contraintes de flexion horizontales en pied de pale (voir articulation de traînée)

L'articulation de traînée supprime les contraintes horizontales provoquées par le battement.

La nécessité de ces articulations a été mise en évidence par Juan de la Cierva lors de la mise au point d'un autogire. Cette conception articulée du rotor a permis l'essor de l'hélicoptère.

3 - Contrôle de la portance du rotor

2 facteurs font varier la portance afin de piloter:

- la vitesse circonférentielle de la pale, soit la vitesse de rotation du rotor,
- l'incidence de la pale

Les autres facteurs dépendent soit de la pression atmosphérique et de la température, soit de la surface et du profil de la pale.

Les rotors d'hélicoptère tournent à vitesse constante (régulation de vitesse), c'est donc la variation d'incidence des pales qui permet de contrôler la portance.

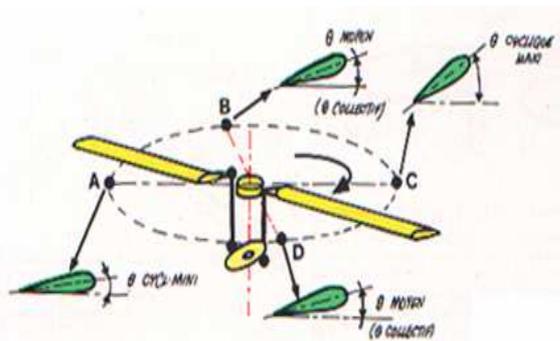
La variation collective du pas:

Le plateau cyclique est l'élément essentiel de la variation cyclique du pas. En fait c'est un plateau de commande qui non content de coulisser le long du mat rotor (sous l'action du levier de pas collectif) peut osciller dans tous les sens autour d'une rotule. Ce sont les oscillations du plateau cyclique qui, commandées par le pilote (manche cyclique) sont à la base de la variation cyclique de pas.

- Commandé à partir du levier de pas collectif, le plateau cyclique se déplace parallèlement à lui même. Il n'y a pas de variation cyclique du pas; le plateau de commande reste perpendiculaire au mât rotor.
- Commandé à partir du manche cyclique le plateau cyclique peut osciller autour de son centre. Le plan de commande n'est plus perpendiculaire au mât rotor: il y a variation cyclique du pas.

Dans le cas général il y a combinaison de mouvement: la variation collective du pas se superpose à la variation cyclique.

Avant d'étudier les effets de la variation cyclique du pas, résumons-en le mécanisme:



Variation cyclique du pas

- En A le pas est minimal,
- En C le pas est maximal,
- De A à C le pas croît progressivement,
- De C à A le pas décroît progressivement,
- En B et D la variation cyclique n'est pas ressentie, on retrouve le pas collectif d'origine.

Les effets de la variation cyclique du pas:

Nous avons vu, lors de l'étude de la dissymétrie latérale de la portance, l'effet de la variation cyclique d'incidence provoquée par la variation de vitesse du vent relatif. Ici c'est la même chose, à ceci près que la variation d'incidence est provoquée par une variation cyclique du pas et non par une variation de vitesse et qu'elle peut s'exercer dans tous les sens suivant l'inclinaison commandée du plateau cyclique.

Variations cycliques longitudinale et latérale :

Pour lui permettre de prendre toutes les inclinaisons possibles, le plateau cyclique peut basculer autour de 2 axes perpendiculaires. Tout déplacement du manche cyclique provoque l'inclinaison du plateau cyclique donc du plan de rotation du rotor.

Manche cyclique en avant ou en arrière, le plateau cyclique bascule autour de l'axe transversal provoquant une variation cyclique du pas en latéral. Si le manche est en avant, le pas maxi est atteint en B et la levée maxi de la pale se produit en C: le plan de rotation s'incline vers l'avant. Si le manche est en arrière, le pas maxi est atteint en D et la levée maxi de la pale se produit en A: le plan de rotation s'incline vers l'arrière.

Manche cyclique à droite ou à gauche, le plateau cyclique bascule autour de l'axe longitudinal provoquant une variation cyclique du pas en longitudinal.

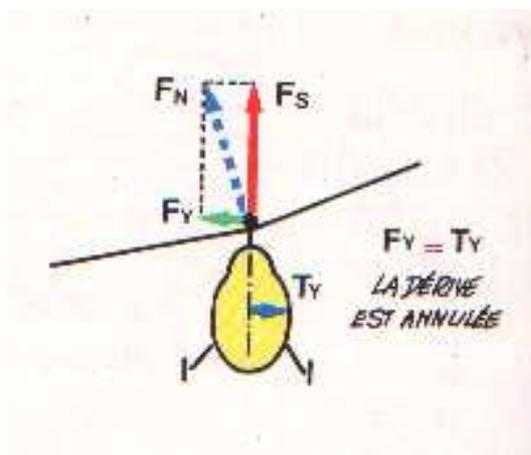
4 - Le couple de réaction du rotor principal

Toute force pour se manifester prend appui sur un support. Si le support est libre de bouger, il se déplace en sens contraire de la force qui s'appuie sur lui. Il en va de même pour un rotor d'hélicoptère. Pour tourner, le mât rotor auquel est appliqué le couple moteur prend appui sur la structure de l'hélicoptère qui est entraînée en sens contraire du rotor par un couple de

réaction égal et opposé au couple moteur. Le rotor arrière empêche l'hélicoptère de tourner sur lui même sous l'action du couple de réaction du rotor principal.

Les effets de la poussée du rotor arrière:

L'angle de pas des pales du rotor arrière est choisi de manière que la poussée du rotor qui s'exerce à l'extrémité du fuselage, soit opposée au couple de réaction du rotor principal. Un compromis doit être recherché entre la valeur de la poussée du rotor arrière (qui consomme de la puissance), et la longueur de la poutre de queue (bras de levier de la poussée)



Equilibre des forces en lacet

La poussée du rotor arrière équilibre le couple du rotor principale et génère une force latérale, appliquée au centre de gravité, qui fait dériver l'hélicoptère. Pour annuler cette dérive il faut appliquer une force égale en sens contraire. Ce résultat est atteint par inclinaison du disque rotor principal dans le sens opposé à la poussée rotor arrière.

Mais on n'élimine pas aussi facilement les séquelles de la poussée du rotor arrière. L'inclinaison du rotor principal compense bien le mouvement de dérive mais le point d'application des forces crée un couple qui tend à incliner l'hélicoptère. Pour diminuer ce couple on joue sur la longueur du bras de levier, notamment en surélevant l'axe de rotation du rotor arrière.

Variation du couple de réaction du rotor principal:

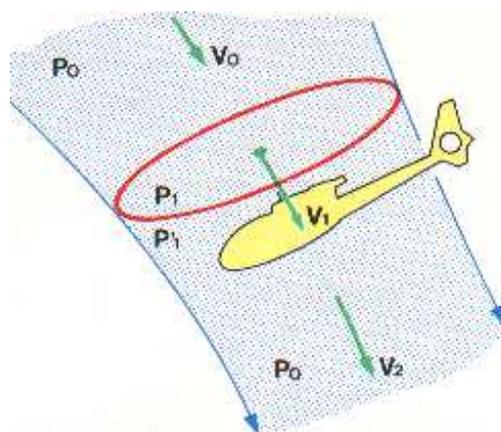
Le couple de réaction du rotor principal est égal et opposé au couple moteur qui équilibre la traînée des pales. L'effort de traînée augmente avec l'incidence donc le pas collectif qui varie dans le même sens que le couple moteur.

Variation de la poussée du rotor arrière:

Pour maintenir l'hélicoptère en équilibre autour de son axe de lacet le pilote doit doser la valeur de la poussée du rotor arrière en fonction de la valeur du couple moteur, c'est à dire du pas collectif des pales principales.

Un mécanisme simple permet de libérer le pilote de cette servitude: c'est le couplage pas collectif /pas rotor arrière. Le rotor arrière destiné à compenser le couple de réaction du rotor principal, permet du même coup, de contrôler l'appareil sur son axe de lacet. D'autres architectures permettent de s'affranchir du rotor arrière : rotor principaux contrarotatifs parallèles ou engrenant, rotors principaux en tandem. Ces formules sont moins répandues car elles introduisent d'autres éléments de complexité.

5 - Le fonctionnement aérodynamique du rotor



Variation de la vitesse d'écoulement de l'air à travers le rotor

Écoulement de l'air au travers du rotor :

Le rotor en tournant aspire l'air à sa partie supérieure et le refoule vers le bas. Il accélère donc la masse d'air soumise à son influence. La pression et la vitesse varient tout au long de la veine d'air en mouvement:

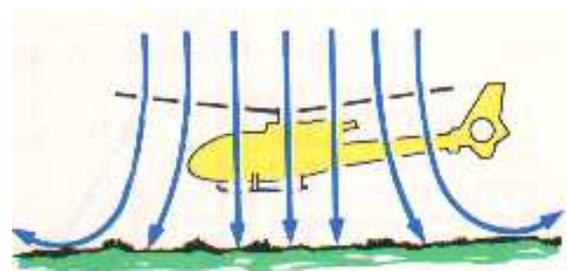
- à l'infini amont la pression de l'air est P_0 (c'est la pression atmosphérique). La vitesse relative de l'air est V_0 . Elle est égale et opposée à la vitesse de déplacement de l'hélicoptère.
- au niveau du disque rotor, la vitesse de l'air V_1 a augmenté. Sur la face supérieure du disque la pression est P_1 ($P_1 < P_0$): zone de dépression. Sous la face inférieure la pression est P'_1 ($P'_1 > P_0$): zone de pression.
- à l'infini aval la vitesse de l'air V_2 a encore augmenté. La pression de l'air est P_0 (pression atmosphérique)

De manière théorique le rotor peut être considéré comme un disque créant entre ses deux faces une différence de pression. Il en résulte une force normale (poussée du rotor) et une accélération de l'air. La vitesse V_0 à l'infini amont prend la valeur V_1 à la traversée du disque et devient égal à V_2 à l'infini aval.

L'état de vortex :

Il se rencontre lors d'une descente lente: la vitesse verticale des filets d'air à l'infini aval est inférieure à la vitesse induite par le rotor, une inversion de vitesse du flux d'air se produit sous le rotor. Les pales tournent dans leur propre remous et l'air forme un anneau tourbillonnaire isolant le rotor qui n'est plus traversé par le flux d'air. Cette configuration "état de vortex" est dangereuse car le rotor, en zone de décrochage, n'est plus contrôlable. Pour en sortir il faut partir en translation ou réduire le pas pour une mise en autorotation.

L'effet de sol :



Écoulement d'air près du sol

Lorsque l'hélicoptère est en stationnaire, à proximité immédiate du sol, l'énergie cinétique communiquée à l'air par le rotor, s'annule au contact du sol et se transforme en énergie de pression, sauf dans la zone périphérique où les filets d'air sont déviés. L'augmentation de pression se fait sentir sur l'intrados des pales entraînant une augmentation de portance du rotor. On dit que l'appareil se trouve dans l'effet de sol.

L'autorotation :

En cas de panne moteur, l'hélicoptère ne tombe pas. Son rotor, entraîné par le vent relatif, reste le siège d'une portance qui bien qu'inférieure au poids de l'appareil est suffisante pour freiner la descente et conserver le contrôle jusqu'à l'atterrissage.

La limitation de vitesse du rotor :

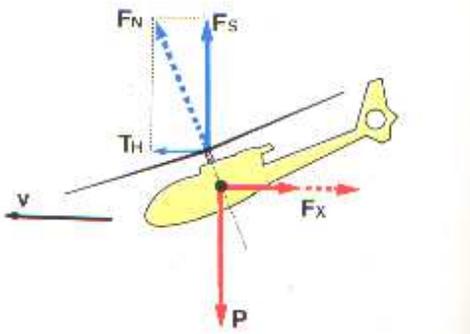
Vitesse de rotation du rotor et vitesse de translation de l'hélicoptère ne doivent pas dépasser certaines limites à partir desquelles se développent sur les pales des perturbations d'ordre aérodynamique entraînant: décrochage, vibration et contraintes mécaniques élevées.

En vol de translation, sur la pale reculante la vitesse de translation se retranche de la vitesse de la pale. La vitesse relative résultante diminue et la zone d'emplanture de la pale peut "tourner le dos" au vent relatif. Le flux d'air est inversé et attaque la pale coté bord de fuite. L'inversion du flux d'air provoque des turbulences et crée une portance négative.

6 - Le vol de l'hélicoptère

En vol l'hélicoptère est soumis à 3 forces :

- son poids appliqué au centre de gravité
- la traînée générale de l'appareil provoquée en vol de translation, par la résistance de l'air sur la structure, appliquée au centre de gravité (en fait au centre aérodynamique)
- la portance appliquée au centre du rotor et perpendiculaire au plan de rotation. Pour que l'hélicoptère soit en équilibre il faut que la résultante du poids et de la traînée soit égale et opposée à la portance. La résultante générale des forces appliquées est alors nulle. Les conditions d'équilibre correspondent au vol stabilisé.



Equilibre des forces en vol

Variation des forces en présence:

L'intensité de la portance est fonction du pas collectif, sa direction du pas cyclique.

La variation du pas cyclique modifie l'inclinaison de la portance. Pour un pas collectif donné, la portance diminue lorsque l'altitude ou la température augmentent.

Le vol stationnaire exige:

- L'égalité de la portance et du poids obtenue par action sur le levier de pas pour une altitude et un poids donnés
- La compensation des forces parasites (dus au centrage, au vent...) obtenu par action sur le manche cyclique. Et là réside l'art du pilotage en stationnaire qui demande au pilote de devancer ces forces parasites (notamment le vent) par une action quasi continue sur le manche cyclique.

Le vol de translation:

Le déplacement du manche cyclique vers l'avant provoque une variation cyclique longitudinale du pas qui entraîne l'inclinaison du plan de rotation vers l'avant. La portance admet alors 2 composantes:

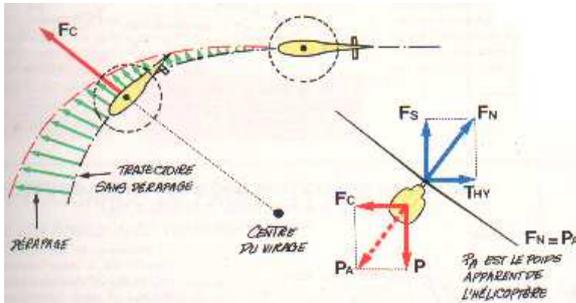
- F_s qui assure la sustentation et équilibre le poids P
- T_h qui assure la translation et équilibre la traînée F_x

L'assiette de l'appareil suit l'inclinaison du plan de rotation.

- Pour un pas collectif et un pas cyclique donné, la vitesse de translation va croître jusqu'à ce que la traînée équilibre la composante de translation. La vitesse de translation reste alors constante.
- Pour une valeur donnée du pas collectif, la portance croît avec la vitesse de translation. En conséquence le pas collectif nécessaire au vol de translation est inférieur au pas collectif nécessaire au vol stationnaire.

L'équilibre en virage:

En virage apparaît une nouvelle force, la force centrifuge qui si elle n'était pas équilibrée provoquerait le dérapage de l'hélicoptère. Pour l'équilibrer c'est encore à l'inclinaison du plan rotor que l'on fait appel. La composante qui résulte de cette inclinaison latérale vers l'intérieur du virage, équilibre la force centrifuge. Le pilote doit d'autant plus incliner le plan de rotation que la vitesse de translation est grande et que le rayon du virage est petit. Un supplément de puissance est nécessaire pour conserver une altitude constante (augmentation du pas collectif) car le poids apparent de l'hélicoptère augmente.



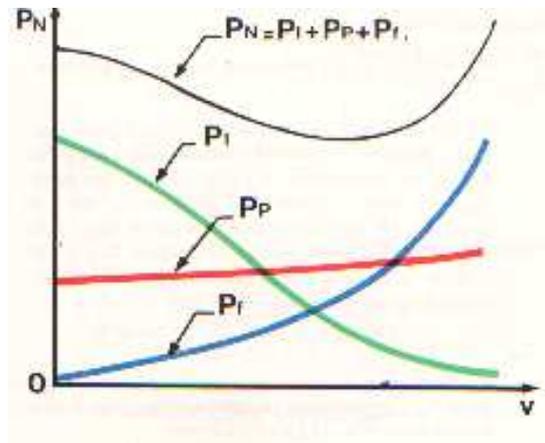
Equilibre des forces en virage

Puissance nécessaire au vol:

Rotor principal et rotor arrière sont entraînés, à partir d'un moteur qui fournit la puissance nécessaire au vol, par un ensemble de transmission mécanique comprenant des arbres et des boîtes de transmission qui jouent le rôle de réducteur et de renvoi d'angle.

La puissance nécessaire est la somme de:

- la puissance induite (communiquée à l'air par la rotation du rotor),
- la puissance de profil (qui combat la traînée des pales),
- la puissance de fuselage (qui combat la traînée générale de l'appareil)



Courbes de puissance

Variation de la puissance nécessaire en fonction de la vitesse de translation:

Si pour chaque valeur de la vitesse de translation on fait la somme des valeurs des 3 puissances élémentaires on obtient la courbe de variation de la puissance nécessaire en fonction de la vitesse pour une altitude et une masse donnée. Vous remarquerez qu'elle diminue lorsque la vitesse croît, passe par un minimum, puis croît ensuite très vite.

Lorsque nous décrivons un circuit, la puissance nécessaire augmente sur le trajet vent arrière. Vent de face, la vitesse du vent s'additionne à la vitesse de translation, vent arrière elle se soustrait, nous sommes donc obligés, pour maintenir une altitude constante, d'augmenter la portance avec le pas collectif.

Plafond en vol stationnaire:

C'est la faute à la masse volumique de l'air qui diminue régulièrement quand l'altitude augmente:

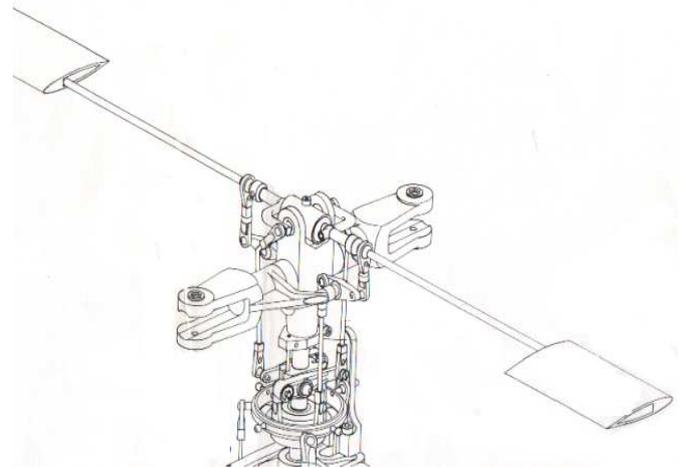
- d'une part le moteur manque de plus en plus d'air et la puissance développée diminue
- d'autre part l'air devient de moins en moins porteur et il faut consommer de plus en plus d'énergie pour conserver la même sustentation. Il en résulte une augmentation de la puissance induite donc de la puissance nécessaire.

7- Le rotor bipale Bell-Hiller

La conception des rotors bipale de modèle réduit est basée sur une idée proposée par Arthur Young à la société Bell en 1941. A. Young a conçu un rotor en balancier qui permet de s'affranchir des articulations de battement et de traîné. Une barre stabilisatrice liée aux 2 pales, montées en balancier, est orientée perpendiculairement à leur axe. Ce stabilisateur absorbe les rafales en aidant les pales à revenir dans leur plan de rotation d'origine après une perturbation. Il transfère sa stabilité gyroscopique au rotor. Ce concept a été mis au point avec une maquette électrique commandée à distance. La société Bell l'a retenu sur le prototype du Bell 47G et sur ses appareils série bipales.

Le rotor des modèles réduits reprend la solution développée par Stanley Hiller: Deux palettes, commandées en incidence par le plateau cyclique, sont ajoutées à l'extrémité de la barre Bell. En inclinant le plateau cyclique on augmente leur pas, par effet aérodynamique l'une monte l'autre descend et elles font varier l'incidence des pales par l'intermédiaire de biellettes, (mise en incidence d'une pale et diminution sur l'autre). Elles stabilisent l'hélicoptère et démultiplient les efforts de commandes en roulis et tangage. Ces palettes se comportent comme un gyroscope, elles s'inclinent $\frac{1}{4}$ de tour après l'action aérodynamique et il en est de même des pales principales qui subissent aussi un retard d' $\frac{1}{4}$ de tour. Le mouvement semble inversé par rapport à l'ordre initial, en raison de ces deux déphasages de 90° qui s'additionnent. Ce système appelé barre Bell-Hiller réduit les efforts de commandes grâce à l'effet de levier aérodynamique et stabilise le rotor par effet gyroscopique. Il a permis la mise au point des premiers modèles radiocommandés qui nécessitaient une stabilisation efficace (vitesse de rotation rotor élevée) et des efforts de commande réduits compatible avec la faible puissance des servocommandes disponibles à l'époque.

Nous avons vu précédemment que sous l'influence de la vitesse, la pale qui avance porte plus (vitesse apparente plus élevée) que celle qui recule. Il en résulte un effet de basculement du rotor qui s'amplifie avec la vitesse. D'où l'articulation de battement pour que la pale qui avance puisse se relever (et en même temps elle diminue de pas) ce qui permet au rotor de s'incliner sans que le fuselage bascule. Ces fonctions (battement - traînée) sont assurées sur les modèles réduits par des joints toriques en élastomère donnant une souplesse en battement aux pales tout en restant de réalisation simple. La liaison pied de pale-porte pale assure la fonction articulation de traînée. Le couple de serrage appliqué sur le boulon de liaison permet d'ajuster le frottement donc l'amortissement nécessaire en traînée. Ce type de rotor en balancier avec barre Bell présente des avantages car il assure une grande stabilité, mais en contrepartie il réduit la maniabilité. Le modèle est mou aux commandes et répond avec retard. Un compromis maniabilité stabilité est obtenu en faisant varier la masse (ou la surface) des palettes.



Tête rotor maquette stabilisée par une barre Bell-Hiller : le plateau cyclique pilote les palettes Hiller liées aux pales.

8 - Maniabilité / stabilité

Nous savons comment réaliser un hélicoptère, comment combattre le couple, comment le faire monter ou descendre, comment agir sur lui pour le diriger, mais sera-t-il stable ?

Essayons d'y voir clair, au point de vue de la définition un mobile est stable quand il tend à revenir à sa position d'équilibre, mais c'est très insuffisant : par exemple un pendule revient à sa position d'équilibre après une série d'oscillations, ce qui serait inacceptable pour un hélicoptère. Il faut distinguer ce qui est la tendance initiale à revenir (stabilité statique) et ce qui se passe quand le pendule ou le mobile est lâché :

la vitesse de retour vers le neutre et la tendance à le dépasser, le freinage ou l'amortissement (stabilité dynamique) De plus l'hélicoptère doit être pilotable, maniable même, et c'est une qualité qui s'oppose en général à la stabilité. Il y aura donc un compromis à obtenir. On cherche à obtenir un appareil au vol stable et que l'on pourra orienter dans la direction voulue. Pour cela il faut introduire la notion de temps de réponse plutôt que de stabilité, car il nous faut un modèle dont le temps de réponse soit grand par rapport à notre temps de réaction. Si on pose verticalement sur le doigt, en équilibre, une allumette ou une perche de 5m, elles seront toutes les deux instables. On arrivera (avec de l'entraînement) à garder la perche en équilibre, mais pas l'allumette qui tombera de côté avant qu'on ait pu réagir. La perche de 5m a un temps de réponse plus long que le temps de réaction du pilote qui aura le temps de la voir s'incliner et réagira du bon côté avant qu'elle ne tombe, ce qu'il ne peut pas faire avec une allumette. On peut donc piloter quelque chose d'instable à condition qu'il diverge lentement.

Pour résumer, il faut un modèle dont le temps de réponse (que ce soit une tendance à revenir au neutre ou une divergence) soit suffisamment long pour que l'on puisse réagir en temps utile.

Tentons d'appliquer ce critère à un hélicoptère. Le premier point important est la stabilité pendulaire. Obtenue en plaçant le centre de gravité très bas sous le rotor, elle est au contraire néfaste, celui-ci doit être le plus haut possible (les jouets formés d'un disque rotor seul ont une excellente stabilité)

La stabilité du rotor est obtenue grâce à la barre Bell-Hiller décrite précédemment. Elle augmente fortement l'inertie apparente du rotor par rapport à l'axe perpendiculaire aux pales. Les variations de pas des pales seront plus lentes, donc les divergences éventuelles et son temps de réponse va être augmenté. Cela n'introduit aucune référence de verticale et le rotor est stabilisé parallèlement à lui-même, sans tendre à revenir à l'horizontale : il appartiendra au pilote de le faire.

Ce qui précède concerne un hélicoptère en vol stationnaire. En vol de translation les filets d'air traversent le rotor en diagonale et il apparaît des effets aérodynamiques importants :

Par effet de girouette l'hélicoptère va acquérir une stabilité en direction, la puissance consommée par l'anticouple diminue, le pilotage est facilité et commence à ressembler à celui d'un avion. De façon générale, la stabilité est très augmentée, ce n'est plus une bille en équilibre sur un ballon.

La puissance nécessaire au vol diminue (elle remonte ensuite à grande vitesse), de sorte qu'en partant du stationnaire pour accélérer, l'hélicoptère va monter, ce qui est favorable. L'inverse est hélas plus gênant, car lorsque l'on va décélérer pour s'immobiliser avant de se poser, il va falloir remettre du pas.

92-Rotors : stabilité versus maniabilité / Réglages

L'architecture des rotors bipale de nos maquettes est basée sur une idée proposée par Arthur Young à la société Bell en 1941; il a conçu et développé, sur un modèle réduit, un rotor en balancier qui permet de s'affranchir des articulations de battement et de traîné. Une barre stabilisatrice liée aux deux pales, montées en balancier, est orientée perpendiculairement à leur axe. Ce stabilisateur absorbe les rafales en aidant les pales à revenir dans leur plan de rotation d'origine après une perturbation. Il transfère sa stabilité gyroscopique au rotor. La société Bell l'a retenu sur le prototype du Bell 47G et sur ses appareils série bipales.



Arthur YOUNG essaie son modèle en salle

Artur Young met au point son invention



N6711D | Copyright by thysky5 | 2010-04-06 | KSRC | Airport-Data.com

Rotor Bell 47G



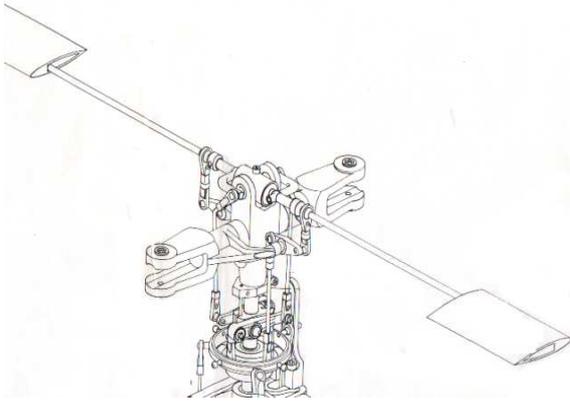
La barre Bell injecte de l'inertie dans la chaîne de commande

Le rotor des modèles réduits reprend aussi la solution développée par Stanley Hiller: deux palettes, commandées en incidence par le plateau cyclique, sont ajoutées à l'extrémité de la barre Bell. En inclinant le plateau cyclique on augmente leur pas, par effet aérodynamique l'une monte l'autre descend et elles font varier l'incidence des pales par l'intermédiaire de biellettes, (mise en incidence d'une pale et diminution sur l'autre). Elles stabilisent l'hélicoptère et démultiplient les efforts de commandes en roulis et tangage. Ces palettes se comportent comme un gyroscope, elles s'inclinent $\frac{1}{4}$ de tour après l'action aérodynamique et il en est de même des pales principales qui subissent aussi un retard d' $\frac{1}{4}$ de tour. Le mouvement semble inversé par rapport à l'ordre initial, en raison de ces deux déphasages de 90° qui s'additionnent. Ce système appelé barre Bell-Hiller réduit les efforts de commandes grâce à l'effet de levier aérodynamique et stabilise le rotor par effet gyroscopique. Il a permis la mise au point des premiers modèles radiocommandés qui nécessitaient une stabilisation efficace (vitesse de rotation rotor élevée) et des efforts de commande réduits (faible puissance des servocommandes disponible à l'époque).

Ce type de rotor en balancier avec barre Bell présente des avantages car il assure une grande stabilité, mais en contrepartie il réduit la maniabilité. Le modèle est mou aux commandes et répond avec retard. Un compromis maniabilité stabilité est obtenu en faisant varier la masse (ou la surface) des palettes.



Bell 47G



Tête rotor maquette stabilisée par une barre Bell-Hiller : le plateau cyclique pilote les palettes Hiller liées aux pales.

Je vous propose d'analyser les principaux paramètres qui influent sur la stabilité du rotor et conditionne celle de l'appareil. Le réglage de ces paramètres vous permettra d'obtenir le comportement en vol que vous souhaitez. Certains modèles sont conçus pour le 3D, mais c'est le type de réglage qui conditionne la maniabilité et le comportement agressif.

La majorité des modèles ont un système Bell-Hiller qui commande le rotor principal. Cela signifie que le plateau cyclique est relié directement aux pales et à la barre Bell. La liaison entre le plateau cyclique et les pales passe aussi par un système de

mixage qui permet à la barre Bell d'influencer le pas des pales. Ce mixage est défini par un ratio qui peut être augmenté ou diminué afin de modifier le comportement de votre appareil. La barre Bell est essentiellement un stabilisateur qui injecte une commande dans les pales. Plus cette commande sera importante plus l'effet stabilisateur sera important.

Considérons le cas d'une rafale de vent si vous avez un faible ratio le modèle réagira mollement comme si vous aviez des palettes lourdes. Avec un ratio élevé il réagira comme avec des palettes légères et agressives. Le ratio correspond au déplacement en degré du pas de la pale, suite au déplacement de la barre Bell. En général un déplacement de 1° de la barre Bell correspond à 0.7 ° de pas. En théorie vous augmentez le ratio jusqu'à ce que le modèle soit stable en stationnaire par conditions venteuses. Mais cela dépend aussi du style de vol que vous souhaitez obtenir. Plus le ratio sera élevé plus l'appareil sera stable. Cela a un coût en termes de maniabilité car la barre Bell viendra s'opposer à vos ordres de commande. Les pilotes 3D optent pour un faible ratio afin d'avoir un appareil aussi réactif et agressif que possible. En contrepartie l'appareil sera moins stable et plus sensible aux rafales de vent. Les variations de trim seront importantes. Les pilotes F3C privilégient un ratio de 1/1, cela permet à l'appareil de tenir un stationnaire sans correction quelque soit la direction du vent. En conclusion, plus le ratio sera élevé et plus les palettes seront lourdes plus l'appareil sera stable, et inversement.

Comment modifier le ratio ? en changeant la position de la chape sur les leviers de mixage. Mais attention plus vous augmentez le ratio plus vous diminuez la plage de pas.



Levier de mixage de la commande directe du plateau cyclique et de la correction de la barre Bell-Hiller

Le **mixage delta** caractérise la manière dont les pales réagissent à une sollicitation extérieure intempestive, une rafale de vent par exemple. Il dépend de la position de la rotule de commande de pas, située sur le porte pale (manchon), par rapport à l'axe de pivotement de l'ensemble manchon/pale. Si la rotule du manchon est alignée avec son axe de pivotement, lorsque la pale bat il n'y a pas de changement de pas, donc pas de correction delta. Si la rotule est décalée par rapport à l'axe de rotation, lorsque la pale bat une correction de pas est appliquée. Le sens de cette correction (+ ou - de pas) dépend de la position de la rotule par rapport à l'axe de rotation (en avant ou en arrière) et du type de commande de pas, (par le bord d'attaque ou le bord de fuite de la pale). Si la correction delta est négative, lorsque que la pale monte, il y a une réduction du pas qui tend à rabaisser la pale et inversement si la correction delta est positive la pale monte. A cause du déphasage gyroscopique du plateau cyclique, l'effet d'une commande se fait sentir 90° plus tard et la correction due à l'effet delta peut déstabiliser le model ce n'est pas ce que nous recherchons. Pour le vol 3D ou sport, il vaut mieux avoir 0° delta.



Tête rotor JR Sylphide sans correction delta, la rotule du levier de pas est alignée sur l'axe de rotation du balancier des pales.

Les pales

Il y a un large choix de longueur, corde, profil, épaisseur, masse, matériau, fabrication et position du centre de gravité. Analysons ces variables :

Profils symétriques : idéal pour les appareils qui passent autant de temps en vol normal ou inversé car la portance et identique des deux cotés. Par exemple pour le vol 3D. Par contre il faut plus de pas donc ils traînent plus que des profils dissymétriques.

Profils dissymétriques : ils génèrent plus de portance et sont donc mieux adapté pour une maquette ou un grand modèle qui ne font pas de vol sur le dos.

Corde : plus la distance entre le bord d'attaque et le bord de fuite est grande plus la portance est forte par degré d'incidence mais aussi plus la traînée est importante.

Masse : plus la pale est lourde plus l'énergie cinétique du disque rotor est grande. L'autorotation sera donc plus facile. Par contre la commande de pas moins efficace réduisant ainsi la vitesse de roulis.

Longueur : la portance augmente avec la longueur, la traînée aussi ce qui diminue la charge au disque (rapport entre la masse du modèle et la surface rotor). Le modèle sera mieux sustenté et l'autorotation plus facile. Par contre il

sera plus sensible aux rafales de vent et nécessitera plus de puissance.

Matériaux : elles sont fabriquées en fibre de verre ou carbone. La fibre de verre est moins chère et plus flexible ce qui donne une réponse plus souple que les pales carbone qui sont les plus rigides et les plus répandues.

Fabrication : le noyau est en mousse polystyrène ou en bois recouvert de fibre ou de carbone. Le noyau bois améliore la rigidité. Le mode de drapage des tissus conditionne la rigidité. Pour le vol 3D la pale devra être très rigide en flexion et en torsion. Pour la stabilité il vaut mieux avoir une pale souple en flexion afin que le disque rotor ait une conicité en vol. Il n'est pas souhaitable que la pale soit souple en torsion car cela dégrade l'efficacité de la commande de pas.

Centre de gravité : plus il est près du bord d'attaque plus la pale aura une réponse agressive. Si il recule elle sera plus stable. De même pour le centre de gravité en longueur, plus il sera près du pied de pale moins il y aura d'inertie donc d'énergie cinétique et plus la réponse sera agressive

Augmenter la longueur de la Barre Bell augmente le temps de réponse et donc la stabilité. Il existe une grande variété de palette selon leur masse, leur taille et leur forme. Plus elles sont petites et légères plus l'appareil sera agressif et instable. Le profil et la taille affectent aussi les performances. Un profil épais sera plus stable, le taux de roulis plus faible.

La stabilité de l'appareil dépend donc de nombreux paramètres et leur réglage conditionne le compromis stabilité/maniabilité recherché : le type de pale, la masse des palettes, le ratio barre Bell etc.... Pour des vols 3D, choisir des pales symétriques, en carbone rigide, légère, avec un centre de gravité reculé, des palettes fines et légères. Pour le F3C, pales semi symétriques, masse plus importante avec un centre de gravité avancé, des palettes plus lourdes et épaisses pour la stabilité. Changer deux

caractéristiques différentes peu avoir le même effet mais des effets secondaires différents. Un compromis maniabilité / stabilité doit être recherché pour obtenir la réponse que vous souhaitez

La stabilisation électronique

La stabilité du rotor peut être obtenue par un système mécanique (barre Bell-Hiller), ou par un boîtier électronique qui permet de supprimer la barre Bell d'où la dénomination « flybarless ». Ce boîtier comporte deux gyroscopes MEM, qui pilotent les axes roulis et tangage. Il peut aussi intégrer un troisième gyro pour piloter l'axe de lacet (rotor anticouple). La diffusion industrielle et la maturité technique de ces systèmes les rendent aujourd'hui abordables; ils sont plutôt destinés à des pilotes qui veulent améliorer les performances de leur machine pour des vols 3D agressif ou des rotors multipales dont le pilotage est difficile.

Un rotor stabilisé par une barre Bell peut être modélisé par une bille posée sur une surface convexe à faible pente, la barre Bell empêche la bille de diverger rapidement. Le boîtier électronique SAS (Stabilization Automatic System) peut être modélisé par une surface concave, la bille retourne automatiquement au fond, le système est statiquement et dynamiquement stable. Sous l'effet d'une commande cyclique du pilote, le SAS inverse la courbure de la surface et la bille se déplace instantanément. Le paramétrage du SAS permet d'ajuster le compromis stabilité/maniabilité selon vos préférences. Vous pouvez rendre l'appareil très stable ou très agile (maniabilité). Lorsque le pilote donne un ordre le SAS modifie son gain et la réponse du rotor est très rapide. Le système flybarless nécessite des servos puissants et rapides. Ils sont en liaison directe avec les pales, donc plus sollicités qu'avec le système barre Bell qui joue un rôle de levier amplificateur dans la chaîne de commande.

Pourquoi l'hélicoptère est-il instable en stationnaire ?

Cela est dû à la tendance automatique du rotor à se redresser suite à une inclinaison. L'inclinaison du rotor provoque une accélération en translation avant. Comme le rotor se redresse par rapport à l'axe de rotation il crée un moment à cabrer. Moment à cabrer et battement sont ici au maximum, mais l'amortissement commence à réduire le battement. Le fuselage repasse en position horizontale avec toujours un moment cabreur. La vitesse de translation diminue, l'appareil se cabre et la séquence repart en sens inverse en accélérant, c'est la caractéristique d'un système instable. L'amplitude de l'instabilité dépend du moment cabreur du au battement des pales. Ce sont les distances entre d'une part le disque rotor et le centre de gravité de l'appareil et d'autre part entre les articulations de battement et l'axe de rotation qui sont directement en cause. Dès que le pilote quitte le stationnaire pour partir en translation il doit continuellement agir sur les commandes pour rester sur l'axe rectiligne de décollage. Cela est dû au changement rapide des conditions du flux d'air au travers du disque rotor. Un rotor produit une poussée en induisant une vitesse verticale dirigée de haut en bas aux molécules d'air qui passent au travers. Cette vitesse induite dépend du volume d'air aspiré par le rotor. Si le volume d'air est petit le rotor doit travailler très fort et produire une plus grande vitesse induite que si le volume d'air était plus important. En stationnaire le flux est petit, il ne comporte que la veine d'air dirigée vers le bas. En vol de translation l'air qui arrive horizontalement sur le disque rotor augmente le volume effectif d'air et diminue la vitesse induite. Les vortex d'extrémité de pale sont rejetés en arrière du disque. En stationnaire le pas collectif doit être assez haut pour assurer une grande vitesse induite. Le pas doit être réduit en translation sinon l'appareil montera. Le second phénomène auquel sera confronté le pilote lorsque l'appareil part en translation est un roulis induit du côté de la pale avancante. Cela est causé, non par une diminution de la vitesse induite

moyenne, mais par un changement de sa distribution sur le disque rotor. Le flux d'air est plus perpendiculaire à l'arrière du disque qu'à l'avant. La poussée est diminuée à l'arrière du rotor car la vitesse induite est plus forte, pour cette raison l'angle d'attaque de la pale dans cette région est plus petit (moins de portance). L'arrière du disque descend et la précession gyroscopique reportera cet effet 90 degrés plus loin dans le sens de rotation. L'appareil roulera du côté de la pale avançante. Le battement vers le haut de la pale reculante couplé au battement vers le bas de la pale avançante crée un roulis comparable à une rafale de vent latéral.

Le départ en translation génère donc une instabilité due à la dissymétrie de portance du disque rotor traversé par un flux d'air oblique. Cette dissymétrie induit du roulis sur la pale avançante et de l'auto cabrage. Ces effets perturbateurs s'accroissent lorsqu'une rafale de vent s'ajoute au flux d'air qui traverse le disque rotor. Il est alors difficile d'anticiper la correction à apporter car la direction du vent varie avec celle de l'appareil.

93-Projets recherche

• Commande de pale avec un volet intégré « Kflaps »

Dans les années 50 les principaux constructeurs d'hélicoptère rivalisaient d'ingéniosité pour réduire les niveaux vibratoires, l'instabilité et optimiser l'utilisation de la puissance motrice de leurs fantastiques machines. Afin de réduire la complexité mécanique de la chaîne de commande, C.H. Kaman eu l'idée du concept de servo flap qui permettait de supprimer l'assistance hydraulique et de réduire le dimensionnement du plateau cyclique de manière significative. Le management de la société Sikorsky qui employait C.H. Kaman n'a pas retenu cette innovation qu'il leur proposait de développer sous prétexte qu'ils n'avaient pas besoin d'un autre inventeur qu'Igor Sikorsky leur ingénieur en Chef. C ;H Kaman a donc décidé de créer sa propre société pour développer ses idées dont la faisabilité a été démontrée sur les appareils qu'il a développés. Ce concept innovant a connu la consécration de la fabrication série avec les hélicoptères Huski, Seasprite et Kmax réputés pour leur stabilité.

Dans les années 70 les premières réalisations de modèle réduit d'H/C radio commandés ont fait appel au principe développé par A.Young pour stabiliser mécaniquement les rotors bipales des hélicoptères Bell. Les servo commandes disponibles à l'époque n'avaient pas le couple nécessaire pour commander directement les pales de plus le régime rotor, situé entre 1500 et 2000t/min, nécessitait un système de stabilisation pour obtenir un temps de réponse compatible avec le temps de réaction du pilote. Cette barre stabilisatrice Bell-Hiller, se comportant comme un pilote automatique mécanique, transmet au disque rotor sa stabilité gyroscopique. Des ailettes, fixées aux extrémités de la barre qui actionne le pas des pales, réduisent les efforts de commande par effet de levier aérodynamique. Les

premières maquettes d'hélicoptère ont ainsi pu être mise au point. Aujourd'hui la puissance des servos permet une commande directe du pas et la stabilisation peut être obtenue à l'aide de gyroscope sur les axes roulis tangage.

Le projet Kflaps a pour but de tester sur un hélicoptère RC le principe de commande des pales par servoflap. Les pales, libres en incidence, sont commandées par des volets intégrés dans le bord de fuite. Voici le résultat des tentatives effectuées par Yves Coron et Pierre Berthié.



Y. Coron prépare son Kflaps pour un vol d'essais

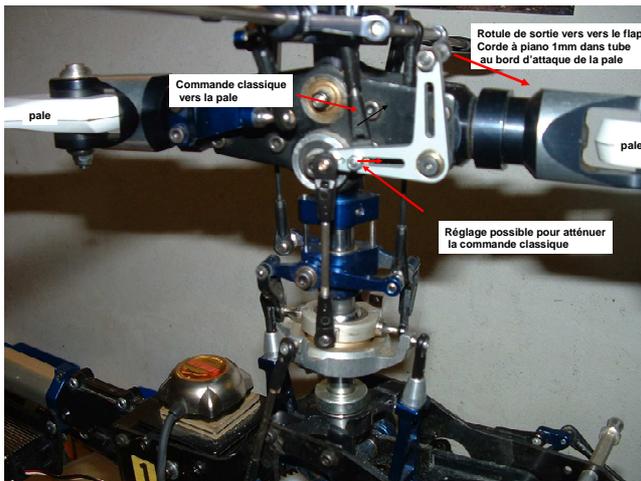


Concentration maximale !



Démonstration devant le chef de service recherche

Yves Coron a modifié un Eagle Freya en ajoutant à la commande classique une commande par flap. Les flaps, situés sur le bord de fuite de la pale à 75% du rayon, sont actionnés par une commande par corde à piano push-pull qui chemine dans un tube collé sur le bord d'attaque. Les revois sont montés sur roulements à bille afin de minimiser les jeux et les efforts.



Moyeu du Freya préparé par Y. Coron

Les premiers essais ont consisté à augmenter progressivement l'efficacité des flaps : débattement, surface et ratio de mixage. Lorsque la pale est libre en torsion, son 1^{er} mode propre est calé en 1/Rev. Pour assurer la stabilité de la pale en torsion, il faut que son centrage (en corde) soit très proche de l'axe de pas. La réponse de la pale en torsion à l'ordre donné par le volet est déphasée de 90°. Ce déphasage est à cumuler avec le déphasage en battement, le déphasage total sera donc de 180°. La raideur en

torsion de la pale est réglable à l'aide de joints toriques élastiques qui assurent le rappel à plat en pas. Il faut trouver le bon compromis entre l'efficacité du flap et la raideur en torsion de la pale. La plage de stabilité est assez réduite, le centre de gravité de la pale doit se situer sur l'axe de pas, d'où les masses d'équilibrage sur le bord d'attaque. Si le centre de gravité est situé trop avant ou arrière une instabilité divergente apparaît, le phénomène divergent peut être explosif. Le déphasage gyroscopique est compris entre 90 et 180° selon la raideur en torsion de la pale. Après de nombreux tâtonnements, un décollage suivi de petits déplacements en stationnaires a récompensé tous ces efforts.



Essais de stabilisation de la pale en incidence avec des amortisseurs de voiture

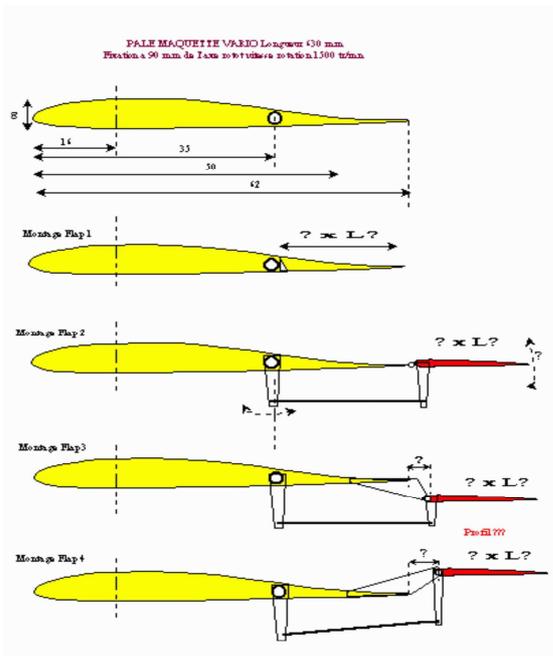
Poursuivant le même but, Pierre Berthié a incorporé un volet sur les pales d'un trainer uni expert Graupner. La commande du volet par câble n'a pas résisté aux efforts importants induits par la fréquence de commande d'environ 20Hz.



Des biellettes fixées sur le plateau cyclique actionnent le tube. Les essais ont démontrés une efficacité satisfaisante de la commande et permis un stationnaire contrôlé. Cependant un léger couplage en battement, dus à la position du tube en arrière de l'axe d'articulation, s'ajoute à l'ordre de commande. Plusieurs configurations du volet ont été essayées :



Plusieurs configurations du volet sur le BF ont été essayées





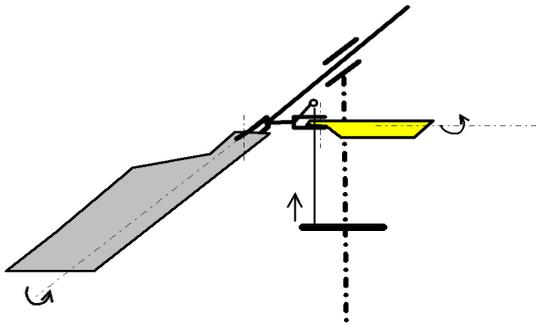
Pierre Berthié : 1^{er} tests



Premiers essais ; l'ouverture du domaine de vol nécessite de réduire le NR, entre 800 et 1000t/min, et de le réguler afin d'éviter tout variation de déphasage gyro

- **Commande de pale par l'intermédiaire d'une palette « Bflaps »**

La difficulté de mise au point du volet intégré dans la pale à conduit Pierre Berthié à tester un nouveau concept de commande de vol. Les pales, libres en rotation autour de leur axe de pas, sont pilotées par une palette située en pied de pale et commandée en cyclique et collectif par le plateau cyclique



La pale principale, libre en rotation autour de son axe de pas, est stabilisée et commandée en pas par la palette (jaune). Lorsque le plateau cyclique donne un ordre de pas positif sur la palette, elle se soulève sous l'effet de sa portance et entraîne en rotation la pale principale dont le pas augmente.



La pilotabilité satisfaisante de la maquette RC valide cette solution qui pourrait permettre sur un appareil grandeur de s'affranchir de l'assistance hydraulique car la palette se comporte comme un levier aérodynamique

réduisant les efforts de commande de la pale.



Plusieurs types de palettes ont été testé en vol



Tête rotor tripale équipée de 3 palettes



Le concept a aussi été expérimenté de façon satisfaisante sur un rotor tripale, les palettes sont positionnées avec un angle de 45° par rapport à l'axe de la pale. L'application sur un rotor multipales est possible selon le même principe.

- **Recherche de la vitesse**

Toutes les configurations possibles ont été testées en vol sur de nombreux prototypes au cours de l'histoire du développement de l'hélicoptère. Les configurations avec des rotors contrarotatifs latéraux, en tandem ou coaxiaux permettent de s'affranchir du rotor anticouple arrière qui consomme environ 20% de la puissance installée et ne participe ni à la sustentation ni à la propulsion. Cependant ces architectures sont restées minoritaires, 95% de la flotte en service comporte un seul grand rotor principal et un petit rotor anticouple situé perpendiculairement à l'arrière. Quelque soit la disposition et le nombre de rotors, 2 phénomènes physiques limitent la vitesse de translation: la compressibilité de l'air sur la pale avançante et le décrochage sur la pale reculante. Lors de la conception du rotor, diamètre et vitesse de rotation sont définis pour que la vitesse d'écoulement de l'air en extrémité de pale reste dans le domaine subsonique afin d'éviter divergence de trainée et forte excitation vibratoire. Parmi les études de configuration nouvelle, permettant de s'affranchir de ces limitations, seule la formule convertible, combinant la performance d'un avion et la maniabilité d'un hélicoptère, a connu la consécration du développement série avec le V22 Osprey. Mais cette dualité induit une complexité technologique importante



Boeing V22 Osprey



BA 609 développé en coopération Boeing-Agusta

Dans le domaine des maquettes radiocommandées, Philippe Rose a relevé le challenge. Une première maquette de convertible, motorisée par un moteur thermique de 10cc, lui a permis de mettre au point la transmission mécanique permettant l'entraînement et le basculement des 2 rotors situés en extrémité des ailes. Lors de la phase de conversion du mode hélicoptère au mode avion, les rotors attaqués obliquement par l'écoulement de l'air, subissent d'importantes perturbations aérodynamiques. La conception des hélices nécessite un compromis entre les exigences du vol stationnaire qui impose un diamètre important et un profil faiblement vrillé, et la configuration avion qui nécessite un diamètre réduit et un fort vrillage. Lors des essais en vol, Philippe a testé l'inclinaison des nacelles motrices jusqu' 'à 45°. Le vrillage de ses hélices était insuffisant pour permettre une rotation de 90°C et une translation en mode avion.



Philippe Rose décolle son tilt rotor

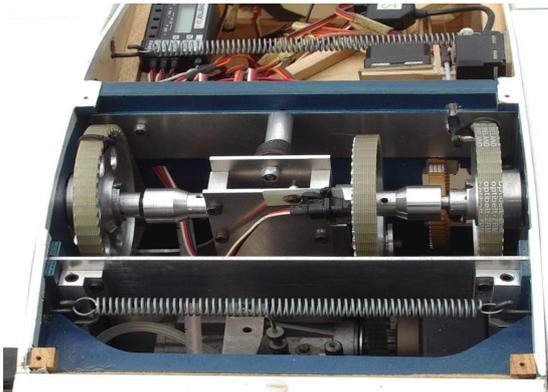


Départ en translation en mode hélicoptère



Maquette du BA 609 réalisée par Ph. Rose

Le niveau de complexité mécanique du convertible, supérieur à celui d'un hélicoptère de configuration classique, pénalise son coût de construction et de maintenance. Il aura fallu l'arrivée à maturité de nouvelles technologies associée à une évolution favorable du marché pour que les constructeurs s'emparent à nouveau de ce sujet, mais avec des réponses différentes en terme de configuration.



Mécanisme de rotation des nacelles et de transmission de puissance vers les hélices situées en extrémité d'aile

Boeing est le premier constructeur à s'être lancé dans la course des hélicoptères rapides avec de nombreux concept. L'un des plus prometteurs est le Vectored-Thrust Ducted Propeller (VTDP) pour lequel Boeing est associé à Piasecki Aircraft. Dans ce concept, le rotor anticouple est remplacé par une hélice propulsive carénée orientable associée à une paire d'ailes, la vitesse maximale serait de 450km/h.



Une maquette du prototype de la version civile du convertible BA 609, développé conjointement par les sociétés Bell et Agusta, a été réalisée. Elle attend pour prendre l'air des hélices adaptées avec un fort vrillage.



Speed hawk X49 de Boeing

Sikorsky travaille sur une configuration différente : 2 rotors principaux coaxiaux contrarotatifs associés à une hélice propulsive pour atteindre des vitesses de 460 km/h. Le projet reprend le concept ABC développé par la NASA sur le programme XH59A. Il bénéficie des

nouvelles technologies de commandes de vol électriques et de structures en matériaux composites. Un démonstrateur baptisé X2 a été réalisé sur fond propre. Le terme X2 fait référence aux 2 rotors contrarotatifs mais aussi aux bénéfices de cette technologie qui permet d'augmenter la vitesse max et le range. Cette configuration conserve ses capacités de vol stationnaire, de décollage et d'atterrissage vertical, sans nécessiter de transition entre vol stationnaire et vol d'avancement.



Prototype X2 de Sikorsky



Projet Ka 92 de Kamov

Les constructeurs russes Mil et Kamov travaillent sur 4 projets différents, présentés au salon MAKS 2007. Il s'agit des Ka-92 et Ka-90 pour Kamov ; le Ka 92 présente un double rotor principal contrarotatif associé à une double hélice propulsive contrarotative qui lui permettrait d'atteindre des vitesses de 450 km/h en croisière. Mil étudie pour sa part le Mi-X1 et le MRVK (une version non pilotée). Tous deux substituent au rotor anticouple classique une hélice carénée équipée de volets pour dévier le flux d'air en plus d'un système de contrôle du flux d'air au niveau de chaque pale du rotor principal. La vitesse atteindrait 470 km/h en croisière Il est prévu qu'une seule de ces 4 configurations soit choisie à l'issue des

essais en vol pour développer une machine opérationnelle.

Eurocopter est le dernier en date à être entré dans cette compétition avec son prototype X3. Ce projet associe un rotor principal classique et deux hélices propulsives latérales positionnées aux extrémités de 2 tronçons d'ailes. Cette configuration avait été testée en vol par la société Flettner (FI 185) en 1936, mais elle n'avait pas donné lieu à un développement série. L'objectif est d'optimiser distance franchissable et consommation avec une Vmax de 450km/h.



Prototype Dauphin X3 d'Eurocopter

Pierre Berthié et Yves Coron ont réalisé et mis au point 2 maquettes RC reprenant la configuration X3. Ils ont modifié un kit Vario benzin équipé d'un moteur essence Zénoa 26cc. Les hélices sont entraînées par des rotors anticouple fixés sur 2 bras latéraux. Les transmissions engrènent sur la roue principale



Assemblage du 1^{er} prototype dans l'atelier de Pierre Berthié



Boîte de transmission et rotor arrière standard

Les hélices latérale assurent les fonctions anticouple, commande de lacet et propulsion. Avec des hélices à vrillage nul et profils symétriques, la commande de pas différentiel produit un couple de lacet sans force propulsive. Avec des hélices vrillées, celle de gauche fonctionne moins bien en mode « reverse » et sa poussée est inférieure à celle de droite au pas inverse de telle sorte que la commande de lacet dans le sens de l'anti-couple s'accompagne d'une poussée vers l'avant qu'il faut compenser soit au cyclique longitudinal à cabrer soit au pas collectif vers l'arrière. La poussée maximale en mode reverse est d'environ 30 % de la poussée maximale en croisière ce qui ne permet pas d'assurer intégralement la fonction anti-couple en vol stationnaire sans utiliser le cyclique à cabrer.



Essais sur le terrain de Marignane



1^{er} vol du prototype X3 de Pierre Berthié

Le X3 se pilote en vol d'avancement à incidence fuselage et rotor nulle. Les départs en translation et les retours en stationnaire se font uniquement avec les hélices, sans prise d'assiette en tangage, même s'il est également possible d'accélérer / décélérer en mode hélicoptère en basculant le rotor.

Dans le concept X3 il n'est pas prévu de gouverne de profondeur sur l'empennage horizontal, mais simplement un volet braquable permettant de modifier l'équilibre en tangage de la machine en vol de croisière afin d'annuler le moment de tangage au niveau de la tête rotor.



Prise de terrain à Aix en Provence

Le pilotage en tangage s'effectue à l'aide du cyclique longitudinal, la consigne de pilotage étant de maintenir l'assiette nulle en vol horizontal, y compris pour les phases d'accélération / décélération qui s'effectuent en contrôlant la poussée des hélices.



Le X3 d'Yves Coron à Cuges les Pins



Yves Coron prépare son X3



Le prototype de Pierre Berthié est équipé de ses moignons d'aile



Pierre Berthié aux commandes du X3



Yves Coron et Pierre Berthié avec leurs maquettes X3

Nouvelles configurations ...conclusion provisoire

L'intérêt stratégique de ces programmes ne fait aucun doute comme l'a montré Sikorsky en développant sur fonds propres son X2 et en démentant dans un premier temps l'existence d'un tel programme. S'affranchir d'un rotor arrière qui ne contribue ni à la portance ni à la propulsion et dépasser la limitation de vitesse d'avancement des configurations classiques, motive la recherche de disposition constructives dont les coûts de fabrication et de maintenance seraient inférieurs aux formules convertibles. Ces nouvelles configurations comportent un ou deux rotors en charge de la sustentation associés à une ou des hélices propulsives, ce qui permet de réduire la vitesse de rotation des rotors principaux à haute vitesse d'avancement.

L'intérêt commercial reste à démontrer compte tenu de la complexité accrue.

94-La maquette hélicoptère décolle au championnat de France d'Aix en Provence

Les championnats de France maquettes hélicoptères (F4C) et volige (F3C) se sont déroulés du 17 au 19 Juin près d'Aix en Provence dans une ambiance estivale. Le terrain du club organisateur, le Modèle Air Club d'Aix en Provence (MACAP), est situé près de la gare TGV sur un plateau qui surplombe l'aéroport de Marseille Marignane et la société Eurocopter. Les installations du club permettent d'abriter les modèles et d'organiser la restauration dans les meilleures conditions. Les barres rocheuses de calcaires ocre, les pins parasol et le ciel bleu azur plantent le décor Méditerranéen; La garrigue environnante exhale son parfum de thym et de romarin, il ne manque que le chant des cigales. Il faudra attendre quelques degrés de plus pour que leur stridulation sonorise l'air, mais les maquettes vont bientôt s'en charger.

Sous l'impulsion du MACAP une participation record maquettistes a été obtenue. 18 pilotes se sont retrouvés près de la citée phocéenne, Mecque mondiale de l'hélicoptère.

L'usine Eurocopter

Le vendredi matin une visite, organisée par Y. Coron, a permis à certains concurrents de découvrir les ateliers de montage des ensembles mécaniques et de taille des engrenages. La visite s'est poursuivie sur les chaînes d'assemblage Super Puma, Dauphin, Ecureuil et EC120 qui donnent sur le tarmac des essais en vol. Un Tigre ARH de l'armée le l'air Australienne, un Cougar RESCO (mission SAR de combat) de l'armée de l'air Française et un prototype NH90 TTH qui se préparaient à leur vol d'essai ont retenu toute l'attention des visiteurs.



Le Lama d'Ewald Heim

L'après midi E.Heim, l'un des pères de nos rotors maquette à barre Bell-Hiller, à ouvert le bal avec la présentation en vol d'un Lama Vario XXL, rotor principal de 2m20 entraîné par une turbine Jakadofsky. Le flap des pales et l'odeur de kérosène conjuguée avec la dextérité du pilote donnent un réalisme saisissant à la présentation. La turbine est l'avenir de la maquette! mais leur prix élevé restreint encore leur diffusion.

Le concours

Les exigences du règlement maquette (diamètre rotor < 2.5m, masse < 25kg, cylindrée < 100cm³) ne sont pas très contraignantes et permettent d'utiliser comme appareil de base les kits du commerce. Le travail des juges a commencé par le statique maquette ou la précision du dossier (plan 3 vues, photos) prend toute son importance. Le premier vol était programmé à partir de 17h afin d'éviter la grosse chaleur que les moteurs thermiques de nos maquettes supportent mal. Je vous propose d'effectuer un tour d'horizon des modèles maquette, tâche délicate car chacun mériterait d'être mieux mis en valeur. Laissons surtout la place à la force des images.

Les vétérans



L'EC135 de Jehan Jacques Filatriau

Jehan Jacques Filatriau avec son EC 135 aux couleurs des pilotes du Havre, réunit les trois composantes du succès : une réalisation soignée avec beaucoup de détails maquette, un appareil parfaitement réglé et un niveau de pilotage au top de la catégorie. Le vol est précis et coulé, les trajectoires sont bien maîtrisées, Jehan Jacques concourt aussi dans la catégorie F3C.



Le NH90 Prototype Eurocopter de Bernard Claret : parfaitement conforme !

Le NH90, prototype PT1, de Bernard Claret a maintenant 15 ans d'âge mais reste une excellente cuvée. Cette maquette de réalisation personnelle a été réalisée d'après les plans de l'original et avec les moules de soufflerie. Mais la vieille dame est capricieuse et son vol difficile à maîtriser. Il faut tout le talent et l'expérience de Bernard, surtout avec du vent, pour contrer l'effet néfaste des jeux mécaniques qui se sont développés avec le temps.



L'alouette d'Ewald Heim

E. Bizzini obtient la 3^{ème} place avec son Alouette II. Le vol est stable et réaliste, le largage précis lui permet de doubler la note de la figure transport de charge.



Le Tigre HAP d'Yves Coron

Les Tigres de Y. Coron et de P. Berthié, en version HAP (Armée de Terre Française), ont été présentés avec une grande maîtrise malgré la configuration 4 pales du rotor principal, qui nécessite beaucoup d'anticipation pour contrer les effets déstabilisant d'un vent soutenu. Un problème d'interférence radio est venu gâcher la fête pour le Tigre de Pierre !

Les constructeurs designer

Dans l'esprit de la célèbre compétition US « Top Gun » quelques concurrents ont conçu et réalisé l'ensemble ou une partie de leur modèle.

La très belle réalisation de Olivier Grioche, un Dauphin N3 jaune, a obtenu la première place au statique. Le fuselage, issu d'un kit Vario, comprend un fenestron de réalisation personnelle équipé de 11 pales (sur l'original les 10 pales sont décalées en azimut pour obtenir une modulation de phase qui étale le spectre sonore), des jambes de train amorties avec compas taillé dans la masse, et de nombreux autres détails maquette. Hélas lors de la présentation en vol une perte de contrôle en lacet a nécessité un atterrissage en autorotation toujours difficile à réussir avec une maquette de 10Kg !

Gilbert Escalier a présenté une très belle reproduction de l'A109 power, bien visible en vol grâce au plan de peinture rouge. Le modèle n'est pas commercialisé, il a été réalisé avec des moules personnels.



Le NH90 TTH de Roger Nieto

Roger Nieto monte sur la deuxième marche du podium avec son médiatique Cougar Horizon, une réalisation très soignée sur la base d'un kit Baumann. Beaucoup de détails maquette, rivets, antenne horizon fonctionnelle, entrées d'air avec filtre anti-sable, rien ne manque à l'appel. L'autocabrage, induit par le rotor 4 pales reste cependant

difficile à anticiper dans le vent malgré la rigidité en traînée obtenue par double fixation des pieds de pale. Les approches basses vitesse sont très réalistes.

Un très beau Cobra de réalisation entièrement personnelle a été présenté par Serge Papon. Lors du premier vol un atterrissage en autorotation, suite à arrêt moteur, a endommagé un patin d'atterrissage qui a pu être réparé dans la nuit.

Les nouveaux participants



Le NH90 NFH de Florant Esposito

Deux NH90, réalisés à partir du fuselage Graupner, sont présentés par Patrick Peroneille en version TTH Armée de terre, et Florent Esposito en version NFH Marine. Un important effort de maquettage a été réalisé notamment sur la version TTH dont la mécanique de conception personnelle permet de libérer le volume cargo. Le classement statique n'a cependant pas récompensé leur labeur.



Tigre « Tempête du désert » de Jacques Youst

Le tigre « Tempête du désert » de Jean Louis Vivant revêt une livrée originale, qui a semble t-il été présentée sur un prototype lors d'un salon du Bourget.



L'EC135 de Lionel Taulmesse

L'EC135 de Lionel Taulemesse, présenté avec une livrée du SAMU, est équipé d'un système de démarrage à distance très classe.

Le Hughes 500 d'André Sebrien, motorisé par un OS 32, était le plus petit en taille mais s'est défendu comme un grand.



Le Tigre ARH(Australie) de Lionel Thomassey

Lionel Thomassey a réalisé un bon score avec son Tigre version ARH (Armée Australienne) fraîchement peint pour le concours. C'était le seul modèle à exécuter un renversement, très prometteur pour une première participation au championnat.



L'écureuil de Jacques Youst

Jacques Youst présentait un Ecureuil aux couleurs de la police Malaisienne, équipé d'un rotor 3 pales. Son moteur lui a joué des tours car il en manquait ; Il était surchargé par une courbe de pas à optimiser !



Huhges 300 en approche

Le Hughes 300 de Patrice Aycaguer, reproduction fidèle du modèle grandeur a beaucoup de présence en vol, on croirait voir évoluer l'original.



Les trophés



Jehan Jacques Filatriau : the winner

Samedi le deuxième vol maquette a confirmé le leadership de l'EC135 de Jehan Jacques Filatriau qui lui a permis d'obtenir le titre de champion de France puisque le quota de participants était atteint. Je vous renvoie au tableau de classement pour les autres concurrents. La remise des coupes, de maquettes en bois et de spécialités régionales a eu lieu dimanche en début d'après midi à la plus grande satisfaction de tous les participants.



Le Dauphin Shandcair de Michel Maisons

Le Dauphin N2, présenté par l'auteur, est inspiré d'un modèle opéré par un hôpital US pour des missions d'évacuation sanitaire. Le comportement marginal du fenestron rendait difficile le pilotage vent de travers, il faudra augmenter le nombre de tours pour retrouver de l'efficacité en lacet!

L'équipe Eurocopter a clôturé la journée par les vols de démonstration d'un drone expérimental. La caméra est pilotée sur 3 axes, par un opérateur système, à l'aide d'un émetteur séparé. Un PC portable restitue en temps réel les prises de vue et lui permet de cibler son objectif.



Drone camera de Jacques Youst

Conclusion

Ce Championnat 2005 redonne à la maquette hélicoptère un nouveau souffle. Cette discipline est plus accessible que d'autres en terme de pilotage mais est souvent boudée par de nombreux propriétaires de magnifiques réalisations. Au-delà de la construction, la mise au point des modèles comporte de nombreuses difficultés en particulier pour fiabiliser la transmission arrière et dompter le comportement en vol des rotors multipales.