UNA NUOVA CATEGORIA ?

Presto per dirlo ma gli appassionati di autogiro cominciano a parlare di FAI

di Franco Bugada

La FAI riconosce gli autogiro solo e soltanto nella categoria dei modelli di razzi. Una loro specialità considera, a salita avvenuta, l'apertura delle pale per compiere una discesa lenta in autorotazione. Il vero e proprio autogiro, che è gia apparso anni fa come modello in VVC e ora come RC, con motori sia a scoppio sia elettrici, è seguito solo dagli appassionati che hanno scoperto questo nuovo filone aeronautico da cui pescano idee e disegni. Non sono ancora riconosciuti dalla FAI, non partecipano a competizioni, si limitano ad apparire ad alcuni raduni e incontri di RC. Va detto che le categorie FAI sono già tante e l'aeromodellismo è già abbastanza polverizzato in mille rivoli di specialità e sottospecialità. Però l' autogiro è troppo interessante in quanto macchina per non avere una sua propria categoria e un suo orgoglio di esistere in aeromodellismo.

Nel campo dei fratelli maggiore dell'aeronautica con pilota e passeggeri imbarcati, storicamente si va dagli anni '30 e quindi dai progetti La Cierva, Pitcairn e Kellet ai moderni ultraleggeri Magni, Arrow, Dominator, ecc. Elica trattiva o propulsiva. Preferita in epoca odierna quest'ultima configurazione soprattutto negli ultraleggeri per essere l'elica più protetta, per dare al pilota una migliore visibilità verso l'avanti e salvaguardarlo da fumo e schizzi d'olio eventuali provenienti dal motore .

Autogiro indoor: Jean Cousin ci invia dalla Francia questa foto di un autogiro indoor RC con propulsore elettrico.

Nelle vecchie riviste troviamo dei disegni e delle foto di modelli d'autogiro in volo vincolato circolare. Non doveva essere certo facile pilotare modelli senza ali, con una semplice sbarretta a tenere i cavi di controllo a una certa distanza dall'asse del modello. Nei casi più astuti il sistema consentiva che il rotore non si impigliasse nei cavi in decollo e in atterraggio quando non c'era una velocità di traslazione sufficiente a far girare il rotore sopra i fatidici 200-300 giri/min.

Pochi, pochissimi gli aeromodellisti che si cimentarono nell'impresa e solo per divertimento o voglia di fare qualcosa di diverso. Poi il modello venne appeso al chiodo, una volta provato che volava.

L'autogiro-modello RC ha cominciato a mostrarsi anni fa come curiosità "parente della macchina elicottero". Un certo sviluppo si è avuto in Spagna, patria di Juan de La Cierva, ingegnere della specialità "Ponti e strade", appassionato di aeronautica e studioso di una macchina volante che fosse incapace di cadere in stallo. Sul finire degli anni '20 il mondo dell'aeronautica era traumatizzato dai velivoli che durante la manovra di atterraggio andavano in perdita di velocità, tale da non assicurare la necessaria portanza. Ricordiamo che la portanza (che deve uguagliare il peso come condizione di volo necessaria) è proporzionale al quadrato della velocità. Ma alle basse velocità quella potenza 2 non è sufficiente.

Lo stesso La Cierva ebbe la folgorazione "autogiro" perché il disco rotore, con le sue pale sempre in rotazione, non poteva mai stallare.

Si incomiciò in Spagna a cercare notizie sui La Cierva e a studiare le sue teorie. Prova ne sia che i modelli spagnoli sono quasi tutti con motore trattivo. Negli anni '30 soltanto un prototipo (il "BUHL") fu realizzato in America con elica propulsiva, sfruttando la licenza La Cierva / Pitcairn. Era una macchina interessante, con corte ali dotate di alettoni, rotore fisso a pale controventate e motore Continental stellare a 7 cilindri da 165 Hp. Si presentava come un autogiro tutto tubi e cavi, alla ricerca della leggerezza. Destinato a pilota e osservatore fece dei voli di prova. La Cierva lo vide e si complimentò col costruttore. Abbandonato per le consuete ragioni finanziarie, è stato

Emilio Cabezas: Dalla Spagna l'amico Emilio Cabezas di Madrid, altro grande appassionato di autogiro, con un suo modello a 4 pale e motore a scoppio. In Spagna vengono fatti dei meeting con una buona partecipazione.
Anche l'Italia con l'organizzazione FIAM ne ha uno in programma per settembre 2012.

Jean Cousin ispirato a La Cierva. Sempre l'amico francese Jean Cousin, grande cultore di autogiro ci invia la foto di questo suo quadripala ispirato al C.30 di La Cierva.

Magni M.18 di Keplinger: In Agosto 2011, a Calcinatello, in occasione della MAF, l'austriaco Ernst Keplinger ha fatto dei divertenti voli col suo Magni M.18. Il simulacro del pilota, all'atterraggio, agitava la bandierina austriaca. La meccanica della testa rotore è fortemente ispirata a quella degli elicotteri.

L'autogiro n°5 di Franco Bugada in un passaggio a volo radente a Oggiono nella giornata di chiusura della stagione 2011 sulla pista dell'ALA Lecco.

Pitcairn: ispirato all'autogiro realizzato in USA negli anni '30 da parte della società di Harold Pitcairn ecco l'autogiro di Marco Scarfò dal volo maestoso e sicuro.

ricostruito e si trova ora nell'Hiller Aviation Museum di San Carlos in California.
Francesi e Inglesi, che negli anni '30 avevano equipaggiato in non molti esemplari le proprie aeronautiche militari con gli autogiro tipo La Cierva e li avevano anche costruiti su licenza, li riscoprirono aeromodellisticamente. Pochi furono gli esemplari provati in Germania e in Giappone. Non sappiamo se questi aeromodelli sono apprezzati nel regno dell'elicottero che sforna campioni del mondo di F3C. Sappiamo però che nei paesi di lingua tedesca è sorto un interesse che ha portato anche a delle scatole di montaggio. Negli USA è sorta anni fa una società produttrice di scatole di montaggio di autogiro che ha avuto un discreto successo. Si tratta della Autogyro Co. of Arizona. Un'altra si è specializzata a fabbricare pale per autogiro, l'americana Aerobalsa. Attualmente le pale sono realizzate in legno o in fibra e hanno sostanzialmente tre tipi di profilo. Il classico Clark Y, piano convesso, il "reflex" autostabile NACA 8H12 e l'ultimo nato, provato in galleria del vento negli USA e cioè l'SG6042 concavo convesso. Non ci addentriamo nelle caratteristiche dei profili né nella tecnica di costruzione delle pale o dei modelli.
Ci limitiamo però a dire che dalla vecchia balsa e listelli di tiglio si è ora passati al polistirolo, al Depron, al poliuretano espanso, rivestito in obeche o fibra, alla fibra di vetro, di Kevlar e di carbonio.
Anche in Italia è sorta una società produttrice di autogiro: è la Experimental Models di Viareggio che propone tre modelli, uno relativamente piccolo (1,8 m di diametro rotore) e due Maxi con rotori da 3,20 m. Per stare al passo coi tempi, il titolare, Paolo D'Alessandro, realizza questi kit ma anche le versioni ARTF e RTF con motorizzazione sia a scoppio che elettrica. Sta ottenendo un buon successo inviando i suoi modelli in vari paesi, un piccolo contributo alle nostre esportazioni.
Poi in Italia ci sono gli appassionati come Vittorio Ceradelli, Marco Scarfò, Gian Carlo Fava, Franco Bugada e pochi altri che realizzano prototipi di autogiro su loro disegno. E va a loro merito, in quanto autocostruiti.
Dove si sono visti questi modelli ? Timidamente in pochi esemplari ad alcuni raduni in Italia. Citiamo Ozzano, Oggiono e Calcinatello. Probabilmente altri ci sfuggono. Dei raduni dedicati si annoverano, e con una discreta partecipazione, fra i 10 e i 20 modelli, in Spagna, ma appare logico essendo la patria dell'autogiro sul finire degli anni '20. Anche la Francia ha i suoi appassionati ed esistono due siti web che rispondono a molte questioni tecniche. L'anno scorso è apparso un articolo sul nostro "Modellismo" in cui l'autore faceva una carrellata sulle caratteristiche di questa macchina

L'autogiro n°6 di Bugada può volare con l'ala o senza. Questo hovering contro vento, motore elettrico al minimo, mostra chiaramente l'elevatore per il comando cabra / picchia che viene invece effettuato col controllo diretto del rotore sugli altri modelli.

Paolo D'Alesandro ha scoperto i mille segreti degli autogiro ed ha fondato la "Experimental Models" di Viareggio. I suoi kits Gyro-One sono andati in Messico, Sud Africa, Qatar, Francia, Spagna, Ungheria, Danimarca, Germania, Austria,Inghilterra e naturalmente Italia.
Nel luglio 2011 D'Alessandro ha partecipato ad un raduno di veleggiatori e motoveleggiatori Rc sul Monte Fasce. Era una giornata di vento intorno a 12 nodi con una buona dinamica. Impressionante l'hovering contro vento a motore spento (elettrico). Lo chiamiamo "Autogiro da pendio" ?

volante e del come stava in aria. E' seguito recentemente anche un articolo sull'Arrow della Experimental Models, forse l'autogiro di linea più filante e aerodinamica attualmente in commercio. Anche "Modellistica" si è dedicata agli autogiro con un paio di articoli dedicati a due modelli commerciali.

Più ci si addentra nella macchina autogiro e si studiano sia i dettagli delle sue parti sia la sua storia e i suoi personaggi si scopre che un campo così poco conosciuto è in realtà ricco di episodi, di progetti e di soluzioni da non temere confronti con le altre macchine più tradizionali.

Di recente Franco Bugada ha scritto degli articoli su Modellismo e sulla francese RC Copter (vedi pagine seguenti). Ha anche partecipato al recente Convegno Nike del 26/11 con una sua memoria sull'argomento autogiro.

L'autogiro n° 10 di Franco Bugada è un prototipo con motore propulsivo, non ancora messo a punto.

AUTOGIRES

Texte : Franco Bugada
Dessins & photos : F. Bugada & M. Scarfo

Les oiseaux aux plumes qui tournent toutes seules...

(2ème partie)

Seconde partie de l'étude de ces drôles d'oiseaux que sont les autogires par le spécialiste italien de la question, Franco Bugada...

Dimensions, poids et puissance des nos modèles d'autogires

Basé sur l'expérience de Marco Scarfò, le tableau ci-dessous indique la cylindrée des moteurs thermiques à employer en fonction du poids et du diamètre rotor.

cc.	gr.	mm.
0,8	250/350	700/750
1,5	600/800	900/1000
2,5	1000/1300	1050/1100
3,5/4	1200/1400	1150/1200
6	1700/2200	1250/1400

A remarquer que la charge maxi. sur la surface du disque rotor doit toujours être inférieure à 15 g/dm^2. Cette donnée est confirmée par d'autres spécialistes américains (charge inférieure à 5 oz./sq.ft).

En réalité, plus faible est cette charge et plus les probabilités d'avoir un décollage court (mais c'est toujours mieux d'avoir une pré-rotation du rotor) et de bons vols sont fortes.

Avec des petites charges, l'autogire a plus de facilités à rester stoppé en vol face au vent (vol stationnaire, comme un hélico). Plus élevé est son poids, plus il y a besoin d'avoir du vent... je dis du vent, pas une brise...

A ma connaissance, personne n'a fait voler un autogire dans le Mistral ou dans plus de 10 nœuds de vent. Voulez-vous vous y risquer ?

La charge idéale, purement théorique, serait autour de 6 g/dm2, mais qui arrive à construire si léger ? Ne pensez pas augmenter beaucoup le diamètre du rotor pour réduire cette charge, car des pales très longues gênèrent une augmentation de la trainée, peut-être trop importante pour conserver des «plumes tournantes». Disons que l'expérience montre que le rapport entre la longueur de chaque pale et sa corde (son allongement) doit être entre 12 et 8.

Venons-en aux dimensions.

Nous sommes habitués à bien nous représenter l'axe du fuselage. Dans notre cas, disons qu'il correspond à un axe qui passe par la surface de l'empennage horizontal ou est parallèle à cette dernière.

Mais l'emplacement du centre de gravité (CG) est LE POINT vraiment important. Le problème est qu'il est virtuel, vous l'établirez une fois que vous aurez construit votre modèle, comme toujours. C'est à la fin que vous serez obligé de jouer avec du lest... mais on espère le moins possible.

"A" est donc la distance entre le CG et le plan de rotation du rotor, au niveau de son axe.

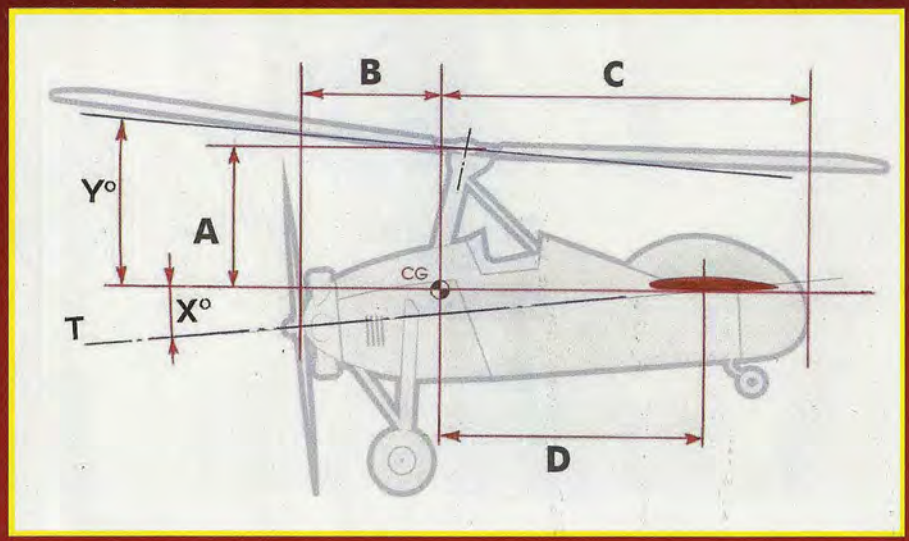
"B" est la distance entre le plan de l'hélice motorisée et le CG.

"C" est la distance entre le CG et l'extrémité de l'empennage vertical.

"D" est la distance entre le CG et le centre géométrique de l'empennage horizontal qui donne la stabilité.

Ce qu'on fait d'habitude est de fixer une position théorique du CG et de la vérifier une fois tout construit.

Pour avoir de bonnes proportions et de bonnes caractéristiques de vol, "A" ne doit pas êtresupérieur à "B". Plus "A" est inférieur à "B", plus le modèle est stable et peut être facilement manœuvré. L'idéal serait aussi d'avoir une longueur "B" très courte pour



une bonne stabilité de trajectoire. Normalement "A" doit atteindre 3/4 de "B" au minimum. Un bon choix est d'avoir au départ "A"="B" et avoir la possibilité de faire descendre "A" (par exemple avec un axe rotor fileté).

"C" doit être supérieur à 2 fois "B", à la limite égal à 2B pour les modèles dotés d'un gouvernail mobile sur l'empennage vertical. Il y a la possibilité d'avoir des fuselages très longs et un empennage vertical très petit, même sans partie mobile. Les fuselages longs sont le cas des premiers autogyros de La Cierva. A l'époque, on prenait des fuselages d'avions existants et on les utilisait tels quels (sachez que le Cierva C.1 utilisait un fuselage de Deperdussin, le C.2 un fuselage d'Hanriot, le C.6 un d'Avro, etc.).

L'empennage horizontal peut se trouver à l'intérieur de la projection en plan horizontal du disque rotor ou à l'extérieur. S'il est à l'intérieur, il est préférable que sa surface soit comprise entre 10 et 14 % de la surface du disque rotor. Plus, ce n'est pas un mal, mais il ne faut pas exagérer à cause du poids. S'il est à l'extérieur, on peur arriver à une limite de 5 %, mais ce sont les essais en vol qui vont tout figer.

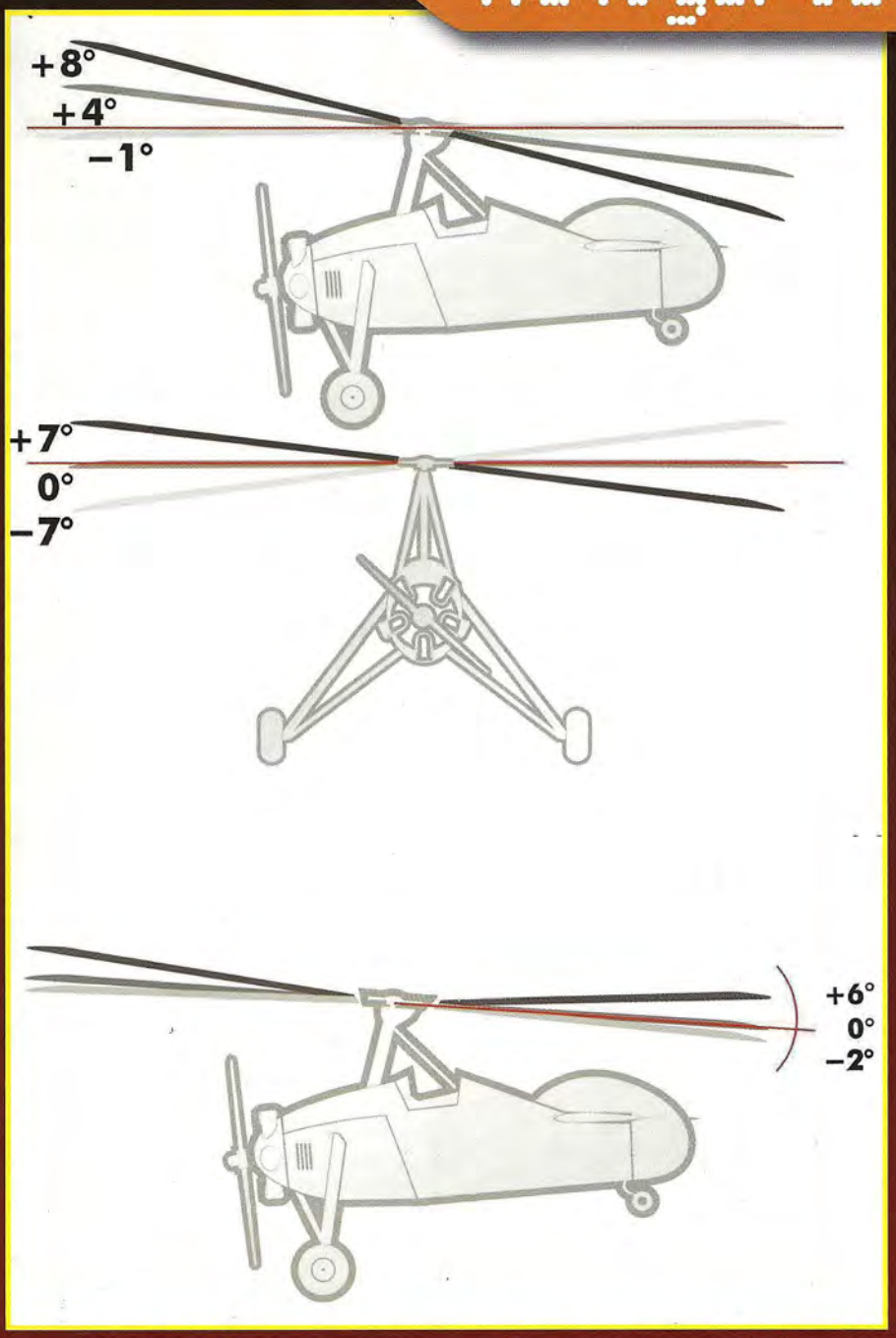
Pareil pour l'empennage vertical : s'il est sous le disque rotor on peut retenir 5 à 7 %, s'il est à l'extérieur, on peut se contenter de 2 à 4 %. De toute façon, dans l'aéronautique appliquée au modélisme, les empennages il vaut mieux les avoir les plus grands possible.

Quant à la force de traction (axe du moteur), elle doit s'exercer au dessous du CG et être inclinée vers le bas (angle piqueur) par rapport à la surface de l'empennage horizontal (pris comme référence) de -3° à -8°. -5° est considéré pas plusieurs modélistes comme un bon choix. Mais j'ajoute que dans le cas d'utilisation des moteurs électriques, qui ont des couples très importants, il faut garder une ample possibilité d'ajustage.

Il y a des modèles avec une inclinaison de plus que 10° et même proche de 15°. Si le calage n'est pas bon de construction, l'autogire essaiera de lui-même de le trouver, en volant queue basse. Normalement, c'est dû au fait que "A" est trop grand. Mais "A" ne peut pas être trop petit car, sinon, les pales risquent de couper les empennages. Et voilà, encore une fois, il faut trouver un bon compromis.

Pour les hélices propulsives, par contre, le conseil est de faire passer l'axe de traction par le CG.

Si l'on considère le plan théorique de rotation du rotor, on peut dire qu'il se trouve normalement incliné à +10...+15° par rapport au plan de l'empennage horizontal (dans le cas d'un rotor fixe pas dans celui d'un rotor à contrôle direct).



Le modèle Pitcairn et similaires

Et voilà quelques renseignements supplémentaire sur les modèles de type Pitcairn...

Déjà, par le passé, les autogires avaient un bon dièdre à l voilure pour créer la stabilité latérale nécessaire. En réduisant la dimension de l'aile, ses extremités furent dotées d'un autre dièdre, donc les ailes des Pitcairn sont à double-dièdre. Les derniers La Cierva, sans aile, ont un dièdre sur les extremités de l'enpennage horizontal.

Il faudra toujours penser au possible "effet couteau" des pales : A l'atterrissage, nos modeles font des mouvements pas trop doux car le pilote peut être pris par le "pathos" ou n'est tout simplement pas trop expert et les coups, les chocs et même le terrain irrégulier peuvent faire vibrer les pales de manière telle que leurs extremités peuvent facilement toucher les plumes; donc - je me répète - il est préférable d'avoir les haubans de retenue des pales ou des pales très courtes. De toute facon, il est bien clair qu'en vol les pales sont toujours incurvées, extremités vers le haut.

Mon autogire n°6, dont il y a beaucoup de photos dans cet article, n'a pas les extremités de l'aile avec le dièdre additionnel. C'est un essai que j'ai fait et je ne peux pas vous dire encore si la solution est satisfaisante car les essais ne sont pas finis. J'espère que le dièdre alaire et surtout les ailerons "à la Junkers" pourront compenser la disparition de la solution classique.

Le croquis page suivante montre le dimensionnement conseillé par l'experience de notre ami Marco Scarfò. Par rapport à la surface de l'enpennage horizontal (ou un plan parallèle), la surface du disque

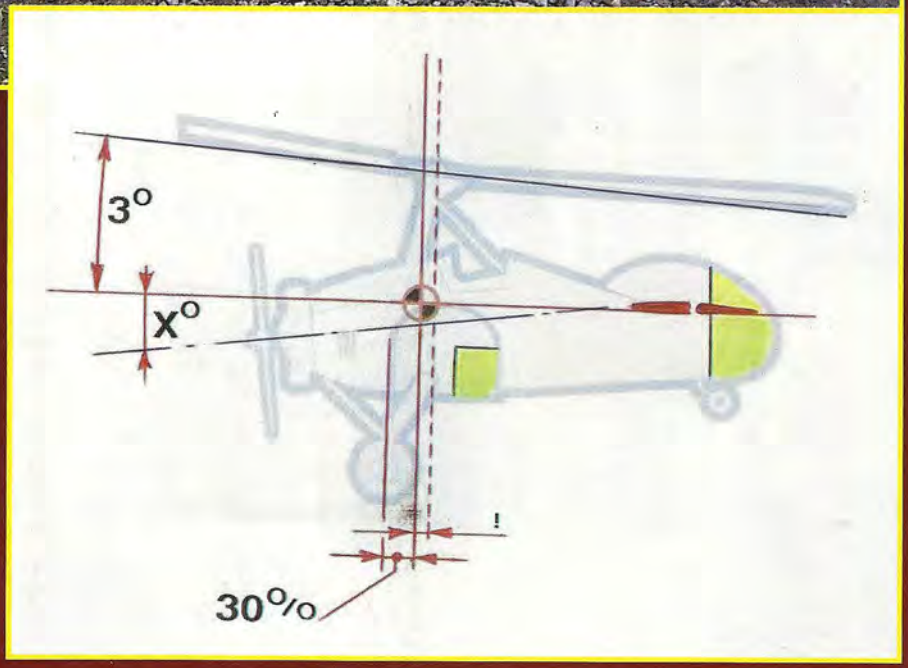
Mon modèle inspiré des Pitcairn, le N°6. Notez toutefois l'absence de dièdre sur la voilure, ce qui est atypique sur un autogire de ce type.

rotor est à prevoir inclinée vers l'arriere de 3° environ.

L'axe de traction a toujours une incidence de - X°.

Le centre de gravité se trouve sur la verticale qui passe par le centre de gravité d'un avion classique avec aile, sans rotor, donc environ à 30 % de la corde moyenne de l'aile à partir de son bord d'attaque. L'axe du rotor doit se trouver toujours derriere (sur le croquis c'est signalé avec un "!").

Le reste du dimensionnement est similaire à ce que l'on a déjà illustré. Il faudra ajouter que le rotor, étant fixe, il faudra qu'il dispose de la possibilitè d'avoir une inclinaison ajustable à terre pour équilibrer la couple du rotor. Il y a des autogires qui ne veulent absolument pas tourner à gauche et là il faut incliner le plan rotor vers la gauche (machine vue de l'arrière). Je pense inutile faire remarquer que le rotor tourne toujours dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre si on le regarde de dessus. Et cela est dû à la rotation de l'helice de propulsion qui tourne vers la droite si on regarde l'oiseau de devant C'est un cas général sur tous les types d'autogires. Ni Marco Scarfò ni moi n'avons d'experience sur la solution "pusher prop". On sait par contre qu'il y a des modelistes qui ont construit des autogires avec deux rotors, un sur chaque extremité de l'aile et ces rotors tournent en sens opposés, l'un compense le couple de l'autre. Si vous êtes interessé, vous pouver chercher le modele "Gyrace" sur Internet.



Le Pitcairn de Mario à terre.

A SUIVRE

AUTOGIRES

Texte : Franco Bugada
Dessins & photos : F. Bugada & M. Scarfo

(3ème et dernière partie)

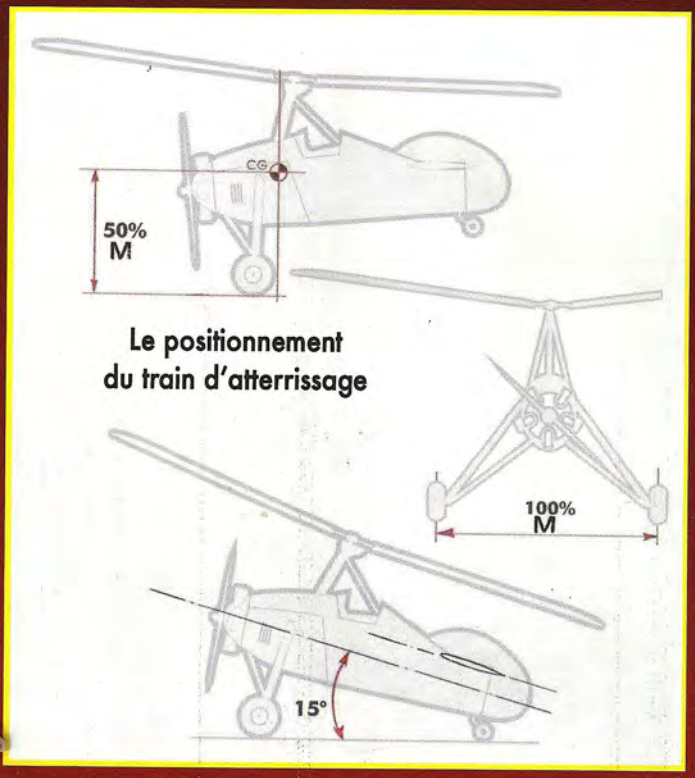
Les oiseaux aux plumes qui tournent toutes seules...

Le train d'atterrissage des modèles d'autogires

Je dirais que le croquis joint parle de lui-même.

On va quand même en dire deux mots... Si vous regardez les autogires des années 1925/ 30, vous remarquerez des structures plus ou moins compliquées, des jambes avec plusieurs tubes et amortisseurs. En effet, les autogires, quand ils descendent à la verticale ou presque, ont quand même une certaine vitesse de « chute ». Les films de l'époque montrent que de bons amortisseurs, avec des courses importantes, étaient vraiment nécessaires. Aux modélistes, laissons la décision de compliquer plus ou moins le train d'atterrissage et la façon de réaliser sa « rigidité élastique ». Seuls les maquettistes auront des obligations...

Il est préférable d'avoir un train principal très large, au moins le double de la hauteur du CG par rapport au terrain. Laisser au moins 40 mm entre l'extrémité de la pale de l'hélice et le terrain. L'axe du fuselage (parallèle au plan de l'empennage horizontal) doit avoir une incidence de 15° au moins sur la surface tangente les 3 roues. Cela sert surtout pour faciliter l'entrée en autorotation du rotor par le vent. L'adoption de la roue de queue est presque obligatoire et elle doit être connectée à la partie mobile de l'empennage vertical pour obtenir des courses propres à l'atterrissage et au décollage. C'est logique, mais n'oubliez pas qu'aux faibles vitesses le gouvernail n'a aucun effet aérodynamique.



Le positionnement du train d'atterrissage

Le train principal doit avoir ses roues très avancées, très proches du plan de l'hélice. Cela aide à la stabilité à terre et évite que le modèle se renverse à cause d'une fausse manœuvre.

Le diamètre des roues du train principal dépend des terrains sur lesquels vous volez, mais on conseille au moins 50 mm pour les roues principales et 30 pour la queue

Evidemment, le décollage et l'atterrissage doivent être faits contre le vent.

A l'atterrissage, avant de faire « le taxiage », il est utile d'attendre que le rotor tourne le moins vite possible.

La recherche du centre de gravité

Une fois le modèle fini, fin prêt pour gagner l'air, il faudra bien verifier la position de son centre de gravité. En réalité on n'arrivera jamais à déterminer le vrai point du « centre de gravité », on se contentera plutôt de déterminer la ligne verticale sur laquelle est placé celui-ci. D'ailleurs c'est ce qu'on fait pour tous nos modelés. Un point dans l'espace est défini par l'intersection de 3 lignes à 90° l'une par rapport à l'autre, (exemple le point 0 des 3 axes cartésiens x-y-z) et nous n'en utilisons qu'une seule. Bref, ce qui nous intéresse est que notre engin vole bien et pour cela avoir un système simple pour l'équilibrer à terre.

Le moyen plus pratique est de le suspendre, s'il est du type Kellet.

S'il est un type Pitcairn on pourra, de façon alternative, le soulever sous l'aile à 30 % de sa corde à partir du bord d'attaque comme indiqué dans le chapitre « Les modèles Pitcairn et similaires ».

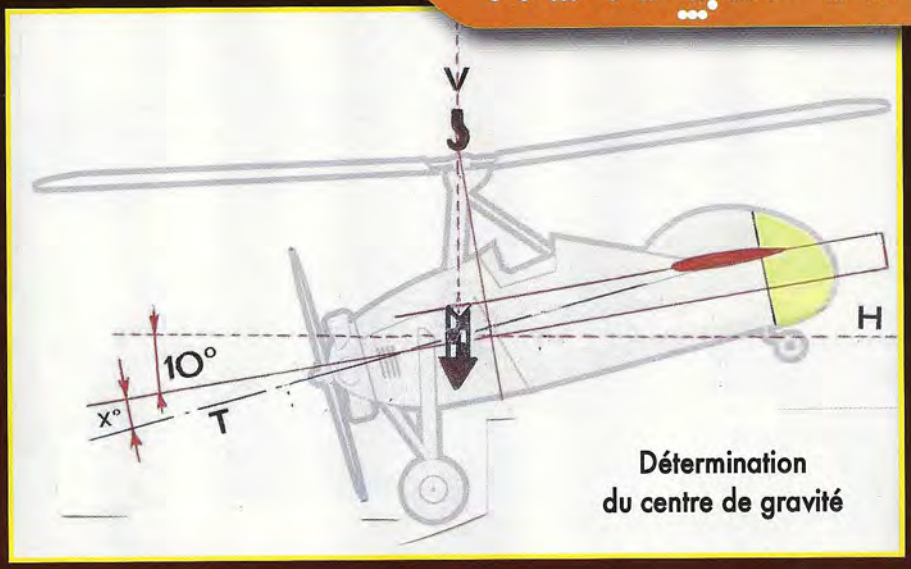
Le conseil pour le types Kellet est aussi valables pour les modèles sans aile, équipés avec des empennages horizontaux ayant une partie mobile (profondeur).

Il faut trouver un système pour s'accrocher à l'axe de la tête rotor, le plus proche possible du point de rencontre de son axe sur sa surface idéale de rotation. L'oiseau doit s'incliner de manière à ce que son axe de fuselage (parallèle à la surface de l'empennage horizontal) s'incline d'environ 10° par rapport à l'horizontale « H ». Sur le croquis on a aussi indiqué la ligne de traction T pour éviter toute confusion. Evidemment, elle doit êtrer encore plus inclinée par rapport à l'horizontale.

En réalité, nous ne déterminons donc que la ligne verticale où les différents poids de l'engin sont équilibrés sur un plan vertical et donc où est situé le centre de gravité. Le tout par rapport au point d'accrochage. Nos amis modélistes américains spécialistes des autogires ne parlent pas de position de centre de gravité et ils ont raison. Ce que l'on a verifié est un ANGLE et eux ils l'appellent en effet « HANG ANGLE » (angle de pendaison) en se référant à l'inclinaison du modèle par rapport au point d'accrochage sur la tête rotor.

Il est plus difficile de déterminer la « position du centre de gravité » par rapport à l'axe de traction que l'expérience ci-dessus nous le permet pour déterminer l'axe de traction lui-même. Là aussi un moyen simple est de suspendre à la quasi-verticale le modèle en l'accrochant par l'axe du moteur, en utilisant l'hélice comme un crochet, et voir ce qui se passe.

Je vous souhaite de ne pas utiliser trop de plomb !

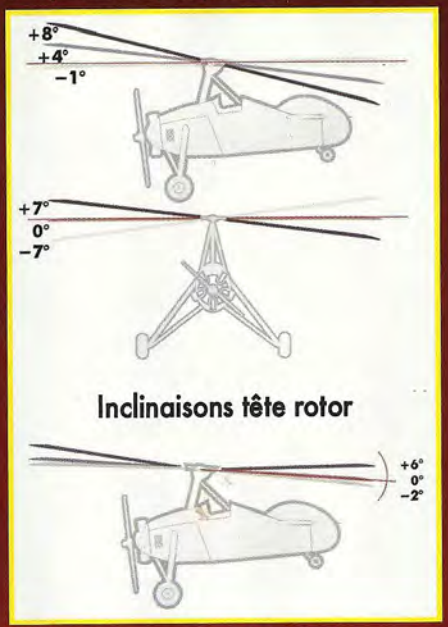


Détermination du centre de gravité

Un avantage de l'utilisation des moteurs électriques est que leur « réservoir » a toujours le même poids. La batterie se vide de la charge et non pas du carburant. Donc le « centre de gravité » reste toujours le même...

Incidences de la tête rotor et flapping

Il faut se référer au croquis qui montre les mouvements des pales avec des données d'inclinaisons (déjà publié dans RC Copter N°2 et reproduit en plus petit ici).



Inclinaisons tête rotor

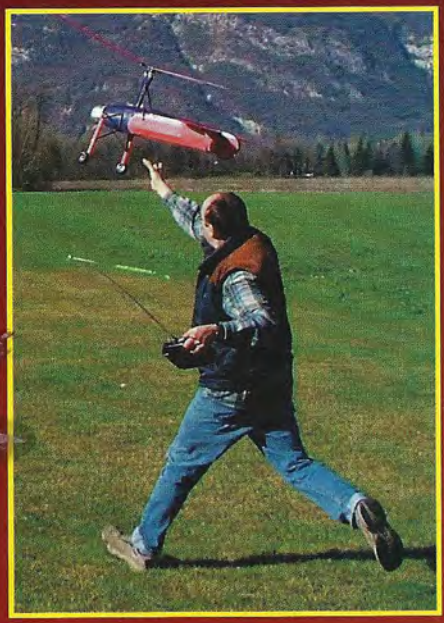
Sur les deux dessins en haut la ligne rouge représente la projection à l'horizontale du plan idéal de rotation. Donc elle se trouve sur un plan qui est parallèle au plan de l'empennage horizontal.

Commençons par les modèles de type Kellet, sans aile.

Le contrôle direct de la tête rotor demande que le plan de rotation réel s'incline de +8° par rapport à la ligne rouge pour faire monter l'autogire et de - 1° pour le faire descendre.C'est la même fonction de la profondeur d'un avion classique. Le plan neutre de rotation du rotor (indiqué en gris) est naturellement incliné sur la ligne rouge de + 4° (ou plus, suivant le type d'autogire et son dimensionnement).

Pour faire tourner l'autogire à gauche ou à droite, c'est-à-dire pour avoir la fonction des ailerons, le plan de rotation du rotor doit s'incliner des incidences indiquées à côté sur le croquis : à + 7° (il va à gauche) et de l'autre côté de -7° (il va à droite). Ces directions sont à considérer comme si on était assis sur l'autogire (l'inverse du dessins ci-contre).

En réalité, les incidences indiquées sont très théoriques, car il faut tenir compte du type d'autogire, du type et des dimensions du rotor, des pales et de la motorisation employée. Rappelons par exemple que les moteurs électriques ont un couple assez important et que, à part le décalage classique vers la droite de leur axe de quelque degrés déjà réalisé au départ (mais très peu, et peut-être même 0° sur les autogires), il faudrait tenir compte aussi que leur couple change aux variations de leur vitesse de rotation. Et bien sûr,



Détails de mon "Autogyro N°5"

Inspiré du Kellet, ce modèle a les caractéristiques suivantes:
- Contrôl direct de la tête rotor
- Réalisé en construction traditionelle en contre-plaqué et balsa, recouvert avec du Solarfilm et decoré avec de l'Ecotrim
- Poids : 2200 g
- Récepteur : Graupner R 700
- Régulateur : Castle Creation Phoenix 60
- Moteur Multiplex Himax 3528-1000
- Batterie 3 S Lipo
- 3 servos Graupner 5077
- Profil des pales : très proche du SG 6042. Largeur de chaque pale : 65 mm
- Diamètre du disque rotor : 1400 mm
- Charge de la surface rotor : 14,3 g/dm²
- Accouplement homocinétique de la tête rotor conçu et realisé en alu par l'ami Giancarlo Fava.

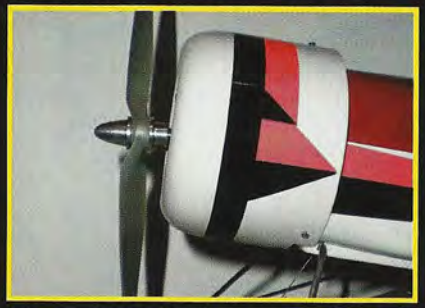
Le moteur électrique brushless est monté grâce à 4 longues vis diamètre 3 mm. L'étoile d'alu destinée au montage du moteur a été rendue plus large grâce à 4 petites platines additionnelles, toujours en alu. Comme cela le moteur a l'espace pour être incliné plus ou moins dans la "cage" constituée par les 4 vis. Il suffit d'incliner l'étoile vers le coins interessé. Avec des écrous sur le longues vis, on bloque l'étoile aux angles voulus.

Le contrôle direct donne la possibilitè d'incliner la tête rotor vers l'avant : on a le même effet que l'empennage horizontal d'un avion classique. On va piquer. Les 2 tiges sont en corde à piano filetée et en tube de laiton fileté pour avoir la possibilité de changer éventuellement la hauteur du plan de rotation du rotor : son axe fixe inférieur est fileté et peut rentrer plus ou moins dans le mât. A bien noter les chapes à boules, obligatoires sur cet engin. Les pales sont montées sur la tete rotor grâce à un triangle en plaque d'époxy qui garantit, avec sa flexibilité, le mouvement du flapping. Il y a beaucoup d'autres solutions comme la classique charnière horizontale ou celle à fourchette qui limite mécaniquement l'inclinaison des pales. De toute facon le flapping devra donner la possibilité aux pales de monter de +6° et descendre de -2° par rapport au plan de rotation.
Photo du centre : Inclinaison de la tête rotor vers l'arriere: l'oiseau va monter.
Photo à drotie : Inclinaison de la tête rotor vers la gauche : on tourne à gauche. Ici aussi, par consequence, on a un mouvement de ± 7°.

La tête rotor à double cardan (accouplement homocinetique). En deux mots, la tête peut être inclinée avec les differentes combinaisons : montée/à droite, montée/à gauche, descente/à droite, descente/à gauche.

Mât démonté, on accede aux 2 servos. La batterie Lipo glisse sur des rails en contre-plaqué à sa place. Sa fixation est obtenue par le mât et l'ensemble train d'atterrissage qui la bloquent comme dans une coquille.

Il faut bien contrôler le passage de la pale sur les enpennage pour ne pas avoir l'effet couteau : on peut casser les enpennages et les pales aussi. Comme ça l'autorotation amène aussi à l'autodestruction ! Blague à part, la solution la plus sûre semble être celle de câbles entre l'axe du rotor et les pales pour limiter la descente des pales avec un systeme de fin de course mécanique sûr et certain...



Ici on voit bien l'inclinaison vers le bas de l'axe moteur. L'axe ideal qui passe sur le centre de gravité est incliné d'environ 5° au dessus de l'axe de traction, lui aussi incliné au-dessus de l'axe du fuselage entre 3 et 8°.

Détails de mon modèle N°6 inspirè au Pitcairn

La petite aile de forme presque elliptique utilise un profil M6, dit "autostable". Je l'ai choisi pour me rendre la vie plus facile.

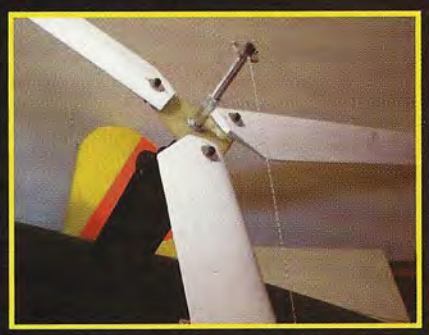
Puisque le type Pitcairn n'a pas de rotor à axe inclinable, il faut avoir une bonne surface d'ailerons. En plus j'ai utilisé les ailerons séparés de l'aile, style Junkers (rappellez vous le Ju 87 "Stuka" et le Ju 52 "Tante Ju"). Cela donne la possibilité d'augmenter la surface facilement au cas où. Il suffit alors de changer les ailerons !

Accès câbles batterie : Deux trous sur la droite du fuselage font sortir l'air de refroidissement et sont aussi utilisés pour les connections à la batterie.

Ma femme avait un vieux petit pot en alu, epaisseur 1 mm, diametre 140 mm... Difficile de trouver aujourd'hui (ère de l'acier inox pour la cuisine) des pots en alu avec une épaisseur réduite, mais si vous en dénichez un, demandez-vous vite si vous avez un modèle à équiper ! Vous en sortirez un capot moteur "NACA" robuste et vite fait. L'espace intérieur est grand et vous pourrez cacher le moteur electrique et son régulateur ou le moteur thermique et une bonne partie de son pot d'échappement. Il suffit d'avoir une perceuse avec des fraises, un peu de patience et des petites limes pour pratiquer les trous nécessaires et un peu d'Ecotrim pour la déco.. En plus, ventilation et refroidissement sont très efficaces dans ce cas. Toujours dans cet esprit, je garde carrément tous les flacons plastique assez robustes qui présentent un diamètre extérieur au dessus de 70 mm. Je vous le conseille (avec des reserves pour les moteurs thermiques qui risquent de les cuire).

Les 3 pales ont à leur saumon une ralonge du profil, comme une coquille vide, realisée en CP 4/10 mm. Je l'ai remplie de plomb pour équilibrer au mieux chaque pale aux alentours de 35 % de sa corde. Ce même "réservoir de plomb" (ces sont des grains pour la chasse) est utilisé pour équilibrer l'ensemble des 3 pales. Je vous le dis : l'équilibrage n'est pas du tout de la tarte. Il faut consommer du temps et avoir beaucoup de patience. On arrive jamais à la perfection, mais on le sait, la perfection n'est pas de ce monde ! Il faut faire l'équilibrage de nombreuses fois, car à chaque couche de peinture ou avec le recouvrement en Solarfilm, il va malhereusement se modifier. Le câble qu'on voit est la limite de la course vers le bas pour ne pas endommager les empennages. J'ai utilisé une tresse de pêche en Dacron.

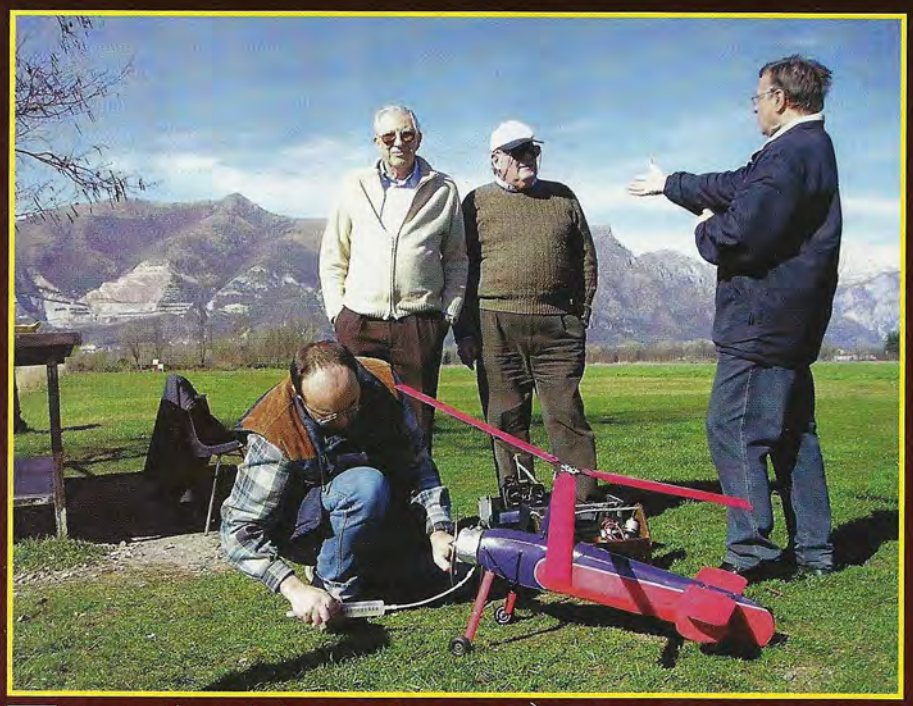
A l'interieur, on voit bien les longues vis de fixation de l'étoile alu du bâti moteur. Comme dans mon autre modèle n°5, ici, dans le n°6, elles donnent la possibilitè d'incliner l'axe moteur comme on veut (vers le haut, le bas, à droite, à gauche)



L'axe est fixe. Le tête est une plaquette un peu flexible de résine et fibre de verre sur laquelle sont vissées les pales. Une vis diamètre 4 mm pour chaque pale est suffisante. Pour ne pas trop s'embêter à maintenir la bonne position à 120° (3 pales) il y a deux petis trous d'alignement, à côté de la vis, dans lesquels on force un rond en bois (un cure-dent). En cas de choc, il casse et on sauve au mieux la pale qui tourne autour de la vis.

Les couleurs vives sont utiles pour bien voir l'autogire en l'air. C'est encore plus important pour les autogires inspirés du type Kellet, sans aile.

Le petit rond qui sort de la pale (sur la droite) est un insert en bois dur avec un trou où passe la tresse en Dacron qui limite la course vers le bas de la pale.



on a aussi le couple du rotor qui joue son jeu. Les moteurs thermiques demandent d'avoir quelques degrés d'incidence vers la gauche pour compenser le couple du rotor. On se retrouvera à devoir accepter des compromis.

Généralement, il vaut mieux être plus généreux avec les incidences du rotor qui font les fonctions « profondeur et ailerons" que ci-dessus de manière à avoir un peu de réserve au cas où. Avec nos émetteurs, on pourra toujours trimer et limiter les courses électroniquement. Dernier mot : il est préférable d'utiliser des servos assez costauds.

Pour les modèles Pitcairn avec aile et tête de rotor fixe, on pourra se trouver en face d'un problème : pour tourner comme on veut, il faudra augmenter la surface des ailerons pour ne pas devoir trop incliner la tête du rotor fixe avec des cales ou autres moyens. Il est fort probable d'être obligé de le faire pour redresser la ligne du vol de l'autogire. Il y a des modèles qui veulent tourner de préférence vers une certaine direction...

Rappelons que les Pitcairns demandent toujours une certaine vitesse de translation pour bien réagir aux commandes. Il faudra du vent si vous voulez faire des « hoverings » (stationnaires)...

Il y a aussi les modèles « mixtes », c'est à dire avec possibilité de mouvement en incidence du rotor seulement en latéral (et on se retrouve avec les + 7° /-7° précédents pour se substituer aux ailerons) tandis que l'axe rotor n'a pas la possibilité de faire monter et descendre l'engin. Dans ce cas, l'empennage horizontal est équipé de sa gouverne mobile classique. Cette solution semble plus facile pour les débutants. En effet, la mécanique de la tête rotor pour ne gérer que les incidences latérales est beaucoup plus simple et peut se limiter à une charnière au lieu qu'avoir un double cardan (appelé aussi accouplement homocinétique) obligatoire pour le Contrôle Direct. Aux Etats-Unis il y a beaucoup des modèles de ce type, également proposés par une société qui les commercialise.

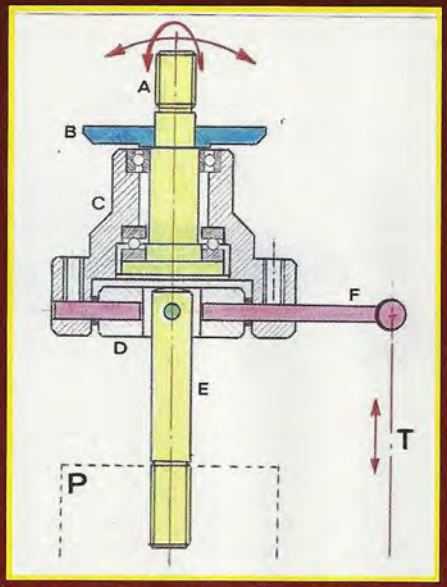


Schéma du double cardan du"Contrôle Direct": l'ami Giancarlo Fava a dessiné et realisé cet accouplement homocinetique en alu. Rien n'empeche de le faire en nylon mais cela ne vous fera pas trop gagner en poids ! Sur l'arbre "A" va se fixer la platine flexible où s'accrochent les pales (ou, autre moyen plus mecanique, avec les butées du flapping). Cet "ensemble pales" est bloqué avec un simple ecrou sur "A". "C" est la cloche avec les deux paliers, un normal, l'autre axial. "F" est l'axe qui porte la chape à boule (par exemple de commande de montée et descente). "T" la tige de commande. "E" est l'arbre fixé au pilier "P"."D" est l'anneau qui porte à 90° l'autre axe avec sa chape à boule (commande gauche et droite) : elle n'est pas montrée, mais vous pouvez l'imaginer par vous-même.

Dans le chapitre qui a abordé la théorie de fonctionnement, on a indiqué l'importance du flapping, absolument nécessaire.

Le flapping est universel, que ce soit pour les modèles avec aile (et donc axe du rotor fixe) ou pour les modèles sans aile.

L'expérience de notre ami Marco Scarfò donne +6° en haut et -2° en bas par rapport au plan de rotation neutre théorique (ici indiqué avec 0°, ligne rouge), qui est incliné par rapport à l'horizontale.

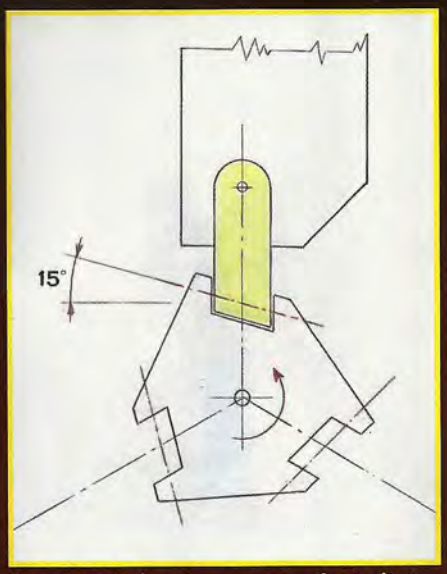
Ces données sont naturellement idéales et théoriques, car les pales du rotor ne peuvent pas être rigides et leur flexibilité va déjà créer des inclinaisons différentes entre le point d'accrochage de chaque pale et son extrémité.

Une fois décidé la longueur de la pale, son matériau de construction, son profil et donc son épaisseur, on ne pourra trop rien faire pour la rendre rigide dans le sens de sa longueur.

On pourra par contre se concentrer sur la tête rotor proprement dite. Les pales peuvent être solidarisées à la tête rotor avec une charnière (son axe est dans le plan de rotation) de manière à ce que chaque pale puisse « monter et descendre » avec une rotation très très limitée pour donner la possibilité du flapping. Evidemment, il faut des butées mécaniques.

Un autre système pour faire incliner les pales et obtenir le flapping est constitué par une platine flexible en polypropylène ou en fibre de verre résinée. Son épaisseur donne la flexibilité désirée. C'est le système que j'ai utilisé sur mes modèles d'autogire n°5 et 6 (platine en resine épaisseur 1,5 mm). Il est conseillé se garder la possibilité de raidir la platine flexible avec des pièces de contreplaqué afin de constituer éventuellement un sandwich. Marco Scarfò préfère lui par contre le système à charnière. Les photos des détails de la tête rotor montrent les solutions dont on parle. Marco obtient l'effet de la charnière avec ces 2 vis qui donnent du jeu vertical à l'extrémité de chaque pale dans la zone d'accrochage à la tête rotor (une fourchette). Il faut dire que son système donne aussi la possibilité à chaque pale de changer d'incidence pratiquement automatiquement (si les trous de fixa-

Tête rotor à double cardan en nylon.



Tete rotor à charnieres porte-pales inclinées
On montre ici sur une tête rotor à 3 pales le principe du flapping avec changement d' incidence automatique. C'est la charniere inclinée (ici de 15°) sur le meme plan que la platine qui procure cet effet. Une fois fixée, l'inclinaison de la charniere fixe aussi le "pas cyclique" des pales. Si l'on veut le changer, il faut refaire le systeme et on récupère que les pales et leur accrochage. On n'a pas dessiné les butées obligatoires pour limiter le flapping de chaque pale. Je ne sais pas si quelqu'un a déjà dépassé les 15°,mais je pense que le limite maxi est 17°...

tion de ces deux vis ont du jeu). Ce même jeu favorise une petite inclinaison de la pale sur le plan de rotation, chose qui a été recherchée à l'époque de La Cierva pour reduire les efforts. Il est évident que le système à platine flexible est plus rapide à réaliser mais le contrôle de l'inclinaison du flapping est moins précis. Moi, j'étais paresseux et j'ai choisi le système adopté par beaucoup des modélistes américains.

Par contre, en surfant sur Internet, j'ai trouvé des idées pour des platines flexibles avec possibilité de variation d'incidence des pales automatique. On ne veut pas vous ennuyer, mais réfléchissez qu'il est intéressant avoir la pale qui recule avec une incidence plus réduite pour éviter les angles où le coefficient Cp va chuter (catastrophe !).

Comment réalise-t-on cela ? Avec les axes des charnières inclinés par rapport à la « longueur » de la pale sur le plan de rotation. Cela va créer le flapping nécessaire mais cela fait aussi varier l'incidence. L'axe de cette charnière va être incliné de 15° à 20° vers le bord d'attaque de chaque pale. Avec des sandwiches rigides et une partie inclinée de la platine flexible, on peut réaliser la même chose. Toujours sur les photos, vous verrez différentes réalisations de la tête rotor pour le Controle Direct en nylon ou en alu. Il est très important d'utiliser des chapes à boule sur les tiges des commandes.

Le profil des pales et combien de surface ?

C'est le dernier chapitre que l'on veut aborder. C'est pourtant difficile de donner des conseils dans ce domaine. Chaque modéliste a ses habitudes et chacun a un profil « miracle » préféré. Il faut dire que les plus faciles à réaliser sont ceux du style Clark Y ou W. A noter que leur épaisseur est quand même assez forte et que beaucoup de constructeurs d'autogires la réduisent ; en plus ils arrondissent aussi le nez vers le bas. Encore plus facile de faire des pales comme ça !

On va quand même citer les essais en soufflerie qui ont été faits aux Etats-Unis par Lester W.Garber et Bill Friedlander en février 2000, et sont donc très récents. Cex deux spécialistes ont testé 7 profils :

- Clark Y,
- Horton HU13-35,
- SG 6043,
- SG 6042,
- SAB,
- NACA H813,
- BTE C4.

Avec des épaisseurs de 10 à 13 % de la corde. Les essais se sont déroulés sur 14 rotors d'un diamètre de 1117 mm, utilisant 2, 3 et 4 pales. La vitesse du vent dans la galerie était comprise entre 20 et 50 km/h.

Les résultats finaux amènent à dire que le profil qui se révélait être le meilleur était le SG 6042 (10 % d'épaisseur, un peu concave), que 4 pales est la configuration au top, mais que 3 est aussi très valable, que la corde idéale est 1/8 - 1/10 de la longueur de la pale et qu'il serait intéressant essayer des cordes plus grandes, que la rugosité de la surface est très importante pour augmenter la vitesse de rotation et le coefficient Cp.

Ce dernier argument a le mérite de rappeler qu'il est préférable ne pas recouvrir directement le bois (balsa principalement) avec du Solarfilm, Monokote et similaire mais qu'il faut préparer auparavant la surface pour l'avoir la plus lisse possible. Si vous mettez de la peinture, on peut aussi poncer la peinture pour améliorer le résultat. Autre habitude de construction, la partie avant de la pale est réalisée avec un bois plus dur et la partie après les 30 % de la corde est en balsa. Le problème d'équilibrage du profil le long de sa corde par rapport au 33-35 % pourrait déjà être résolu avec des matériaux différents. Certains mettent un fil d'acier sur le bord d'attaque. Essayez sur un morceau de pale et faites des calculs de poids par la suite. Là, encore une fois, il faut trouver un compromis.

Nota : On rappelle que la vitesse du vent relatif sur la pale varie beaucoup entre l'axe du rotor et l'extrémité de la pale même. Cela provoque une grande variation du nombre de Reynolds et donc je pense qu'il serait très intéressant utiliser plusieurs profils sur la même pale en choisissant le meilleur pour chaque position sur la pale. Mais est-ce que vous pouvez imaginer le travail de construction que cela représente ?! Bon courage !

Voilà qui termine notre tour d'horizon de la technique des autogires.
Ce domaine, très peu connu, est passionant et toutes vos expériences sont et seront intéressantes. On attend de vos nouvelles !