

MEMORIA PER IL CONVEGNO NIKE del 26 Novembre 2011

“ANCHE I MULINI A VENTO POSSONO VOLARE - Gli autogiro”

di Franco Bugada

Cenni storici - I primi autogiro di La Cierva

Come e a chi è nata l'idea dell'ala rotante? E' quasi ovvio che dovesse essere spagnolo, con tutti quei mulini a vento e con la tradizione del libro di Cervantes su Don Chisciotte. Ma le radici sono più antiche.

Si dice che nel quarto secolo esistesse un giocattolo in Cina che volava abbastanza bene e che dovette arrivare chissà come nelle mani dei pionieri dell'ala rotante.

Tutti conoscono il modello e i disegni di Leonardo del 1480 relativi alla sua ala a spirale. Nel 1783 due francesi, Launoy e Bienvenu, realizzarono un modellino a due rotori controrotanti che venivano messi in moto da un archetto (solidale a un rotore) la cui corda era stata avvolta a spirale sull'asse dei due rotori a quattro pale (delle semplici piume). Distendendosi l'archetto, la corda provocava la rotazione dei due rotori.

Nel 1843 George Cayley fece un modellino con un rotore tripala messo in rotazione da una cordina avvolta sull'albero rotore. Essa, opportunamente tirata, lo faceva girare e volare.

Nel 1860 Gustave de Ponton d'Amecourt realizzò un modello a rotore con propulsore a vapore. Sono del 1870 gli studi di Enrico Forlanini su un elicottero con motore a vapore.



Dalla Cina



Launoy e Bienvenu



Il modello di elicottero di Forlanini (1870)

Anche Thomas Edison si cimentò nel 1880 ma sbagliò a installare una potenza troppo bassa sul suo modello di elicottero/aeroplano.

Ancora un francese, Charles Breguet, costruì un velivolo a rotore nel 1907 e riuscì a farlo decollare: era il "Gyroplane No.1". Purtroppo era incontrollabile e non ebbe seguito.

Lo stesso anno, Paul Cornu realizzò un velivolo ad ala rotante con un motore da 24 Hp che riuscì a tenersi in volo.

Fra il 1909 e il 1910 Igor Sikorsky studiò e costruì due elicotteri che non ebbero successo; li abbandonò per passare a disegnare aerei convenzionali.

Fu poi la volta del danese Jacob Ellehammer nel 1912, dell'americano Emile Berliner nel 1919 e di George de Bothezat nel 1920 col suo elicottero che sollevò da terra 5 persone.

Fra il 1922 e il 1924 lo spagnolo Raul Pateras de Pescara volò per quasi un chilometro, superato poi da Etienne Oehmichen. Tutti questi tentativi furono compiuti con rotori motorizzati, quindi li definiamo elicotteri e non autogiro.

Circa dieci anni prima, in Spagna, un sedicenne, appassionato d'aviazione, fondò con due amici una società per la costruzione di aeroplani. Realizzò un biplano, il B.C.D.1 che volò pilotato dal francese Mauvais. Si autodistrusse sotto la pioggia per l'impiego di una colla sbagliata. Anche il secondo esemplare del 1913 non ebbe lunga vita e la società si sciolse. Il giovane progettista di cui sopra decise di prender tempo, completare accuratamente gli studi e diventare "Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos" (si laureò nel '18). Ma la sua passione era l'aerodinamica, il volo: il suo nome è Juan de La Cierva y Codorniu, figlio di un ministro. Realizzò anche un trimotore da bombardamento e sperò che l'aviazione lo adottasse. Il pilota sbagliò e, durante il suo secondo volo,

lo tenne troppo lento mentre era vicino a terra. Cadde rovinosamente e Juan de La Cierva perse ogni speranza nel premio previsto di 30 mila pesetas. Era colpito sempre più dai noti incidenti che soffrivano gli aerei in atterraggio. Se il pilota riduceva troppo la velocità, cadevano come sassi con conseguenze disastrose. Se il pilota esagerava nel cabrare per aumentare la portanza e si sorpassava un certo limite di incidenza si aveva ancora una rovinosa caduta. Era il fenomeno dello stallo.

Nella formula della portanza tutti sanno che la velocità è il fattore più importante essendo al quadrato. Il coefficiente di portanza e la superficie alare sono dei semplici fattori. Ricordiamo qui di seguito quattro formule base e vi promettiamo che non ne tireremo in ballo altre:

$$P = C_P \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad \text{Portanza (Kg)}$$

$$R = C_R \frac{1}{2} \rho V^2 S \quad \text{Resistenza (Kg)}$$

$$M = C_M \frac{1}{2} \rho V^2 S C \quad \text{Momento (Forza x Braccio) (Kgm)}$$

$$Re = \rho V C / \mu \quad \text{Numero di Reynolds (adimensionale)}$$

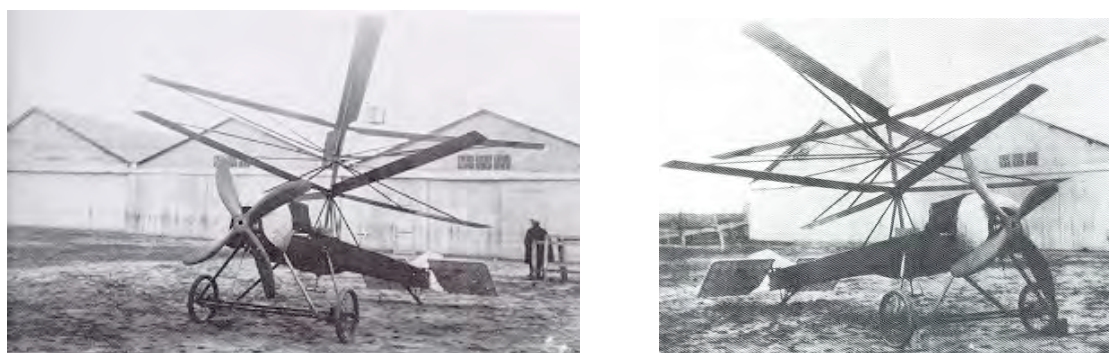
in cui :

- i coefficienti C_P , C_R e C_M dipendono dall'angolo di incidenza con cui viene incontrato il vettore velocità relativa dell'aria
- ρ = densità del fluido (aria), varia coll'altezza, ma per le nostre quote può ritenersi costante. Ha dimensioni che tralasciamo.
- V = velocità del velivolo in (m/sec)
- S = superficie di riferimento, in un aereo quella dell'ala in (m^2)
- C = corda alare o altra lunghezza di riferimento in (m)
- μ = viscosità dinamica con le sue debite dimensioni che tralasciamo.

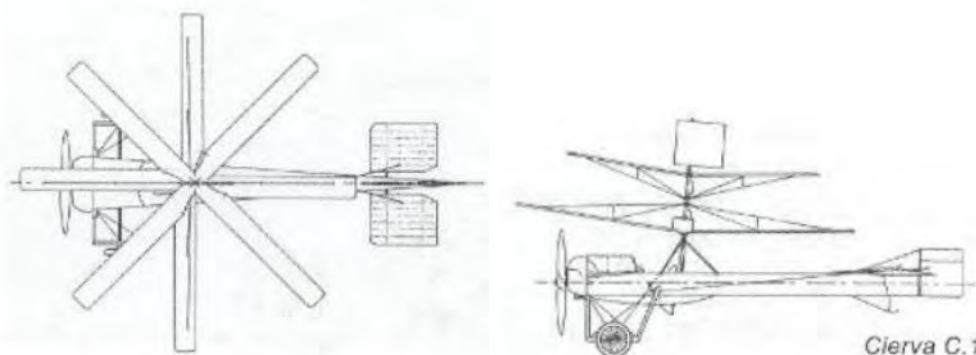
Come si poteva ovviare alla velocità troppo bassa ? L'idea era molto attraente: facciamo muovere sempre l'ala, a una buona velocità, in modo che il sostentamento sia assicurato: un'ala rotante. Costituita da due o più pale. Se l'ala, anzi le pale ruotano sempre, al di sopra di una certa velocità, non potrà esserci stallo. E questo è il punto focale a favore dell'autogiro. Esaminiamo l'evoluzione dei tipi ideati da La Cierva. A parte l'interesse storico, la strada percorsa dà anche un'idea delle difficoltà che incontrò e del perché di certe soluzioni adottate.

La Cierva cominciò con un modello (esiste una sua foto del 1920) con un rotore a 5 pale per "riempire" il più possibile il disco di rotazione. Ritenne anche di avere così il massimo di equilibratura. La sua preoccupazione maggiore fu di avere un complesso rotore abbastanza rigido che non variasse l'incidenza delle pale durante la rotazione. La Cierva intuì che la pala avanzante lavorava in condizioni ben diverse dalla pala retrocedente mentre il velivolo era in volo rettilineo. La sua prima idea fu di realizzare un rotore sovrapposto ad un altro. Così le condizioni pala avanzante / pala retrocedente si compensavano, dato che i due rotori erano controrotanti. Quello superiore ruotava in senso orario visto da sopra. L'elica del motore Gnome rotativo era destrorsa vista da dietro e con lei anche il motore: questo complesso era necessario ma era ovviamente l'elemento di disturbo all'equilibrio teorico dei due rotori. Il suo autogiro tipo "C.1" del 1920, quindi, non ebbe l'ala tradizionale, fu dotato di un rotore superiore e uno inferiore a 4 pale e un complesso di tiranti-puntoni rigidi che tenevano le pale in posizione, limitando al massimo possibile l'inflessione elastica e le conseguenti vibrazioni. C'era anche la preoccupazione di evitare che le pale potessero sbattere fra loro mentre si deformavano elasticamente. La Cierva cercava di avvicinarsi al massimo all'ala rotante...rigida. La fusoliera era quella di un vecchio Deperdussin, come anche gli impennaggi. Tutto il sistema rotante del C.1 era però la fabbrica della resistenza, specie quella di interferenza, infatti i risultati furono negativi, diciamo in due parole che "non

volava”, non solo, ma aveva anche una pericolosa tendenza a inclinarsi verso destra a causa della coppia elica e motore rotativo che “trascinava” la fusoliera. Altro problema era la non connessione meccanica fra i due rotori che ovviamente erano folli e indipendenti: quello inferiore, disturbato da quello superiore, non riusciva a raggiungere la stessa velocità di rotazione, era intorno al 65 %. La corsa di decollo era orribilmente lunga prima di poter arrivare alla velocità di rotazione necessaria. Però 100 giri/ min erano sufficienti per creare una portanza sufficiente a sollevare la macchina. La Cierva ideò vari sistemi per ottenere rapidamente questa velocità minima di rotazione, anche folkloristici. Arrotolata una corda attorno all’albero rotore, un’estremità fissata a terra, si dava motore: essa si srotolava rapidamente durante il rullaggio e l’albero del rotore ruotava rapidamente, appena il velivolo prendeva velocità a terra. Oppure, alcuni volonterosi la tiravano o, al posto delle persone un cavallo, un auto... Questa messa in moto del rotore prima di decollare si chiamò “*prerotazione*”. Nel ‘21 La Cierva presentò un addendum al suo brevetto di autogiro: era la citata corda di prerotazione avvolta attorno al tamburo montato sull’asse rotore e ancorata a terra. Con i mezzi di allora era “la” soluzione.



Il C.1 a rotori controrotanti



Anche il “**C.2**” ne fece uso e arrivò a sollevarsi da terra per un paio di metri. Ebbe rotore unico a 5 pale centinate, a due longheroni, ricoperte in tela, molto larghe. Erano dotate di controventi in alto e in basso per cercare di avere la massima rigidità dell’assieme rotore e mantenere fissa l’incidenza delle pale. Si presentò ancora il grosso problema di una forte tendenza a inclinarsi pericolosamente verso destra. L’elevatore era stato diviso in due parti per contrastare questo effetto e avvicinarsi all’azione dei due alettoni, ma senza ottenere buoni risultati. Furono fatte molte versioni di prova e molte pale vennero danneggiate o distrutte.



Il C.2 a 5 pale

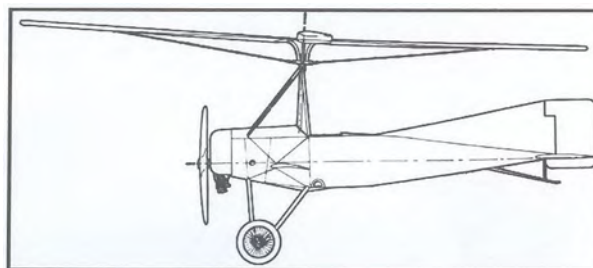


Il C.2 incidentato nel terzo tentativo di decollo

La Cierva passò al “C.3” che ebbe 3 pale molto larghe controventate superiormente, rendendo quasi impossibile lo spostamento in verticale della pala, l’elevatore era sempre diviso in due parti mobili indipendenti per poter compensare questo effetto di rollio preferenziale verso destra rispetto l’asse longitudinale. Vennero fatte più versioni di prova. Il risultato non fu soddisfacente. La Cierva pensò che la ragione era l’instabilità delle pale anche se controventate. E studiava, disegnava e provava. Si noti che, nel ’21, mentre il C.2 era ancora in costruzione, venne realizzato anche il C.3 e venne studiato il sistema di mensole di collegamento del rotore alle pale che sarà impiegato sul C.4. La Cierva si ridusse a vendere l’auto e andare al campo di volo in treno a causa delle difficoltà economiche che incontrava.

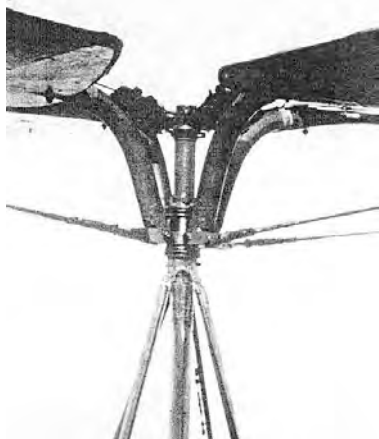


Il C.3 con 3 larghe pale controventate.

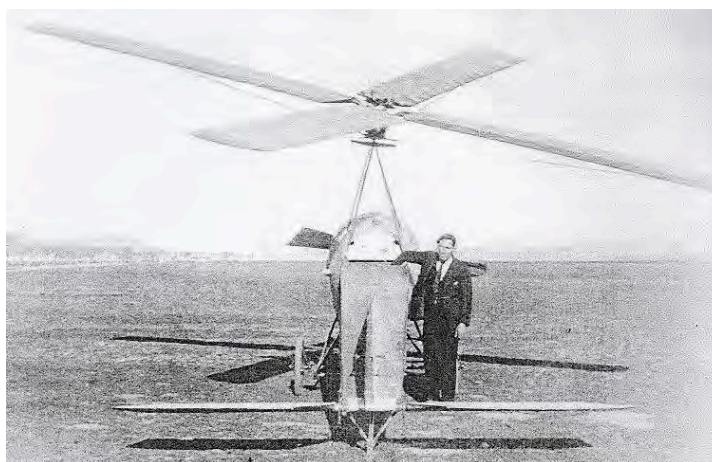


Il C.4 con 4 pale dotate di flappeggio.

Abbandonati i tipi precedenti La Cierva arrivò al “C.4”, il primo che effettivamente riuscì a volare decentemente. Gli venne l’idea di abbandonare la ricerca della rigidità del rotore. Sul C.4 il rotore era quadripala (diametro 8 m). Le pale a profilo biconvesso simmetrico, calettate a una piccola incidenza, furono costruite con un longherone tubolare d’acciaio e centine – pare- di bambù. Le pale erano fissate a mensola all’albero rotore, con aste tubolari piegate a “L” ed erano controventate in basso ad evitare che potessero tentare di ripiegarsi troppo verso l’alto. Dei controventi laterali provvedevano a tenere la distanza costante l’una dall’altra. Ma il gran passo in avanti era dato dalla possibilità che avevano di inclinarsi verso il basso e verso l’alto con inclinazioni limitate. In sostanza veniva consentito il “*flappeggio*”. Questa fu la chiave di volta ! Nel Gennaio del 1923 il C.4, pilotato dal tenente Alejandro Gomez Spencer decollò e volò. La Cierva lo chiamò “AUTOGIRO” e questo appellativo divenne anche l’appellativo commerciale. L’idea venne offerta a chi voleva fabbricarlo su licenza.



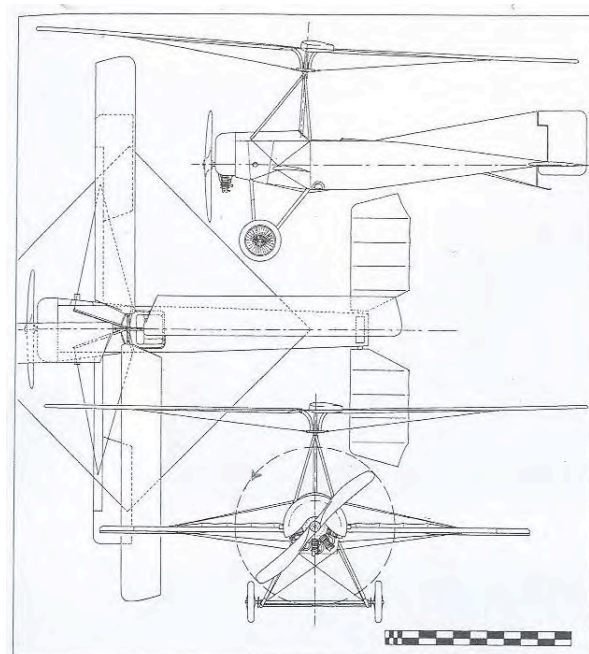
C.4. Il nuovo sistema di aggancio delle pale all’albero del rotore



Il C.4 venne equipaggiato in prova con un sistema di comando della inclinazione del rotore verso destra e verso sinistra (effetto alettoni). La foto mostra il comando di rollio con le pale inclinate verso destra.

La Cierva, su questo tipo C.4, fece delle prove di inclinazione dell’albero rotore per ottenere l’effetto alettoni (rollio). Fu installata una squadretta solidale all’albero rotore, con un comando a due cavi (va e vieni) rimandato sulla cloche. Il pilota non aveva però la forza di inclinare l’albero rotore e il sistema, teoricamente valido, venne abbandonato, in favore di due alettoni a profilo

concavo-convesso che assomigliavano a delle piccole ali piazzate a una certa distanza dalla fusoliera incernierate su una sorta di trave controventata. Questa fu la versione finale del C.4. In una delle prove del C.4, il motore ebbe dei problemi di funzionamento, ma il pilota riuscì a scendere a terra tranquillamente grazie all'autorotazione, senza danni, dimostrando la validità della formula autogiro.



La versione finale del C.4 con alettoni. Da notare i controventi che impedivano un'eccessiva deformazione delle pale verso l'alto.

La Cierva passò poi al **C.5** ritenendo che il C.4 non potesse dare di più. Con tutta probabilità recuperò la lunga fusoliera del C.2 e ne ricavò un biposto. Il rotore era tripala con controventi superiori. Nell'estate del '23 venne distrutto in prova per un fenomeno di fatica manifestatosi su una pala.

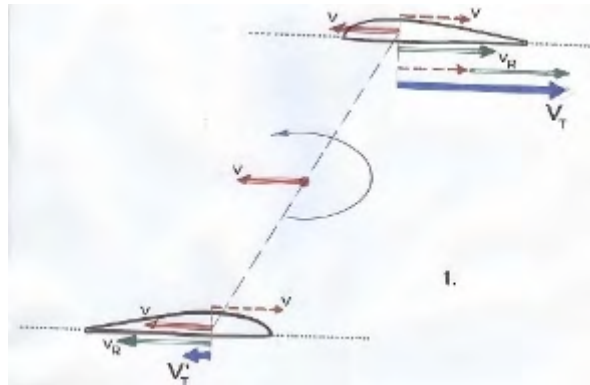
I tipi C.2, C.3, C.4 e C.5 avevano il rotore che ruotava in senso orario visto dall'alto. Quindi la pala avanzante era quella di sinistra. Il rotore aveva la tendenza a creare maggior portanza a sinistra e si aveva il fenomeno del tentato rollio intrinseco verso destra che non si compensava con l'elica e il motore rotativo francese impiegati, che ruotavano in senso orario visto dalla coda. In pratica si scoprì in seguito che il segreto consisteva nell'inclinare di poco l'albero rotore per impedire questo rollio.



Decollo del C.4

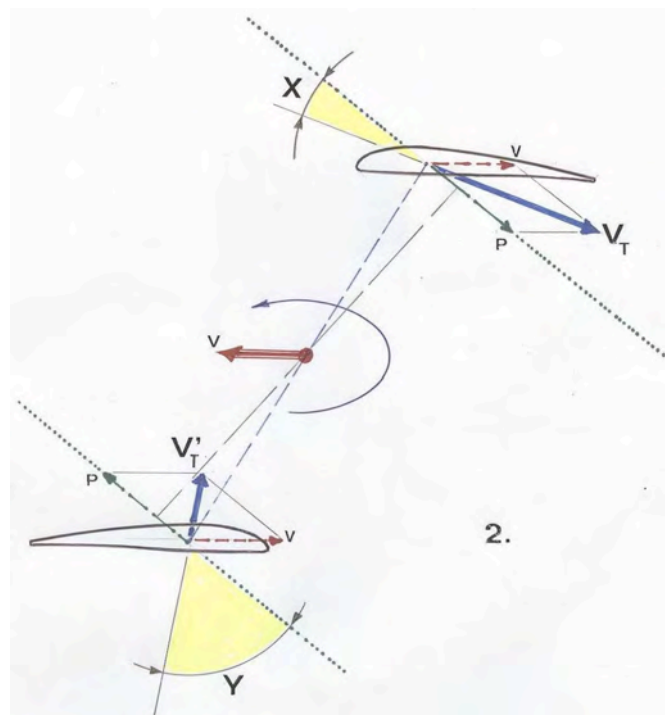
Come fa a volare l'autogiro senza ali ?– Flappeggio e brandeggio delle pale

Supponiamo un assieme rigido che ruoti parallelo al senso di moto. Trascuriamo la portanza del profilo che tenterà di sollevare la pala. Ci troveremo in questa situazione:



Caso dei vettori velocità tutti paralleli. In realtà sono sovrapposti. E' il caso delle pale rigidamente collegate senza alcuna possibilità di inclinarsi verso l'alto e verso il basso. V_R è la velocità del vento relativo che incontra la pala ruotando. "V" rappresenta la velocità di traslazione del velivolo. V_T è la risultante per la pala avanzante. V'_T la risultante per la pala che retrocede.

Vediamo ora cosa succede se le pale sono libere di sollevarsi e abbassarsi. Ho detto sopra che la prima soluzione di La Cierva *NON* aveva flappeggio. Cos'è il flappeggio? E' la possibilità che ha la pala di ruotare di piccoli angoli in un piano verticale. La Cierva ci arrivò con il C.4 e ovviamente i successivi. Avendo la possibilità di ruotare verso l'alto e verso il basso, la pala può trovarsi nella condizione di comporre vettorialmente la propria velocità con quella della traslazione di tutta la macchina volante.



Supponiamo che le pale possano inclinarsi verso l'alto e verso il basso (cerniera con asse sul piano orizzontale). La traiettoria della pala è indicata punteggiata. Le risultanti vettoriali V_T e V'_T hanno delle inclinazioni molto diverse, V_T (vento relativo) con incidenza X, V'_T con incidenza Y. Il coefficiente di portanza del profilo, dipendente dall'incidenza, è molto diverso e riesce a compensare la differenza del valore velocità al quadrato. Da notare che in figura le inclinazioni sono state esagerate.

Analizziamo la pala che avanza durante la rotazione. La sua velocità **P** è diretta come la sua traiettoria. Se può avanzare, ma anche ruotare verso l'alto, la traiettoria è inclinata verso l'alto.

Infatti, se usiamo un profilo portante, pianoconvesso o concavoconvesso (o simmetrico ma calettato ad una certa incidenza positiva) è lo stesso profilo, grazie alla sua portanza, che genera la spinta della pala verso l'alto. La velocità di traslazione V della macchina si compone vettorialmente con la velocità inclinata della pala e ne risulta un velocità V_T aumentata in valore assoluto e con un'inclinazione intermedia fra le due. Ripeto che la pala si solleva rispetto al disco rotore ideale.

Vediamo cosa succede alla pala opposta (caso del rotore bipala) e cioè quella retrocedente. La possibilità che ha la pala di abbassarsi verso il basso genera una composizione vettoriale la cui risultante V'_T è inclinata di più di quella della pala avanzante. Il profilo investe l'aria con un'incidenza maggiore di quella della pala avanzante. Quindi, la portanza del profilo della pala avanzante è uguale a quella della pala retrocedente dato che le due pale lavorano con angoli di incidenza diversi. Ecco com'è che l'autogiro può volare senza avvitarci in un continuo tonneau. In realtà, durante la rotazione, la pala ha anche delle piccole accelerazioni e decelerazioni che possono indurre fastidiose vibrazioni sugli organi di comando. Al flappeggio e cioè alla possibilità che ha la pala di spostarsi di piccoli angoli verso l'alto e verso il basso, aggiungiamo anche il "brandeggio" (in inglese "lead and lag") e cioè la possibilità di ruotare con piccolissimi angoli verso l'avanti e verso l'indietro. Ecco perché l'articolazione della pala di un autogiro con rotore a più pale assomiglia a un giunto cardanico.

Progetto La Cierva e finanziamento militare. La costruzione inglese.

1923 :La Cierva non può più sostenere le spese di sviluppo richieste ma fortunatamente è l'Aviazione Militare Spagnola a farlo continuare mettendogli a disposizione il Laboratorio d'aerodinamica e lo stabilimento dell'aeroporto di "Cuatro Vientos". La fusoliera di un biplano Avro 504 K viene usata per realizzare il C.6 con rotore dotato di 4 pale articolate a profilo portante.



Il C.6 A pronto al decollo. Si notino i "volonterosi" muniti di fune (a sinistra) per la prerotazione



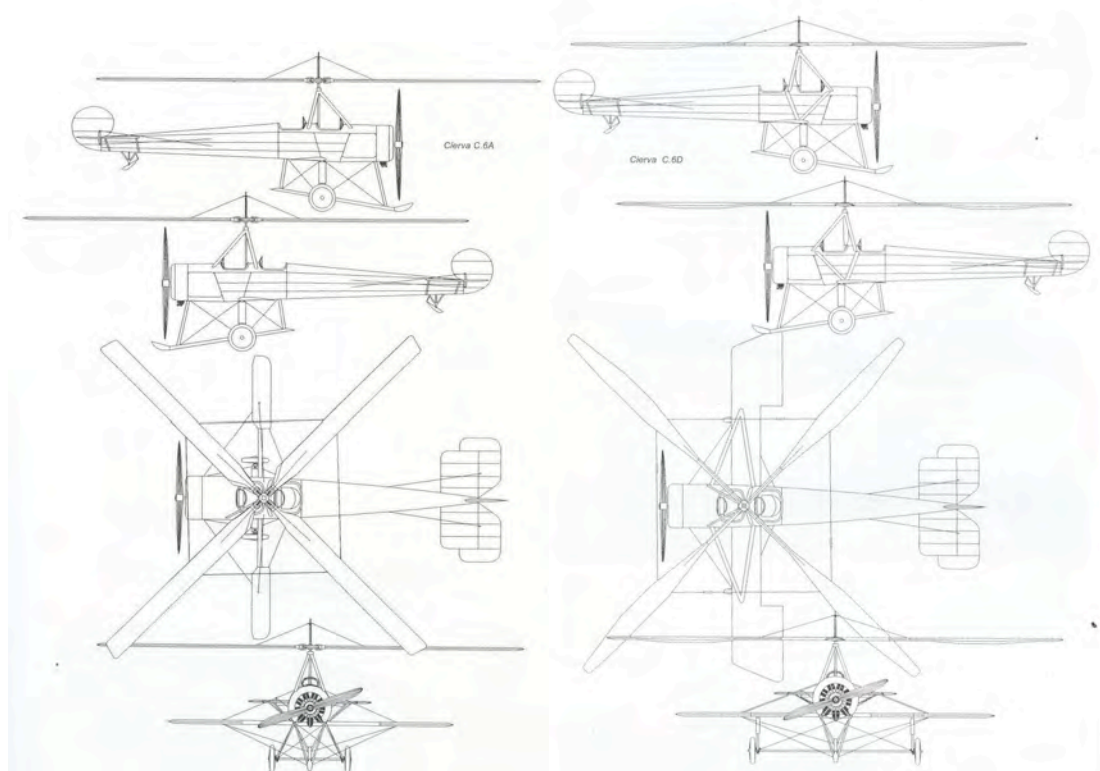
Il C.8 (e cioè il C.6 D) nel 1927.



Gli alettoni del C.6 A

La macchina si rivela superiore alle precedenti e viene ritenuta interessante dalla Vickers Ltd. inglese che riflette se avviarne una produzione in Gran Bretagna. Durante una prova di volo, il motore s'arresta all'ultima goccia di benzina, ma il pilota atterra in autorotazione dopo una corsa di 18 m. Anche l'Aviazione militare francese lo considera favorevolmente. Il 1926 è un anno di successi. Viene costituita la "*The Cierva Autogiro Company Ltd*", società di gestione e commercio. La Avro costruisce il modello 574 e cioè il C.6 C, ancora

monoposto, con pale a corda costante e alettoni laterali. Anch'esso necessita di quasi 200 m al decollo, ma atterra in 18 m al massimo. L'Avro 575 è pressochè identico, ma biposto, con pale di disegno a doppia rastremazione e carrello diverso, a carreggiata maggiorata. Appare una vera piccola ala a profilo portante. Con alcune trasformazioni diverrà il **C.8**, che fece uso di una fusoliera del biplano Avro 552. Le sue versioni saranno le C.8V, C.8 R., C.8 L.I, C.8 L.II, C.8 L.III, C.8 W. Il C.8R sarà provato anche con rotore tripala e bipala. Il **C.8 L.III** sarà il primo autogiro a traversare la Manica (Settembre 1928). Suscitò interesse anche all'Aviazione Militare Italiana che ordinò 2 esemplari che furono debitamente provati.



Il C.8 L. II con motore fisso Armstrong Siddeley da 200 Hp (immatricolato G-EBYY). Il rotore gira antiorario, l'elica oraria (vista dal davanti). Il rotore tende ad avere maggior portanza a destra (pala avanzante), la coppia di reazione del motore compensa questa tendenza.



Il C.8 che venne ordinato da Pitcairn senza pattino di sicurezza anteriore e col 9 cilindri American Wright J-5. Si notano molto bene i cavi distanziatori delle pale che tracciano un cerchio e evidenziano i loro ammortizzatori- tenditori.

Il tipo **C.7** costruito in Spagna nel '27 su licenza dalla Loring di Madrid, grazie alla sovvenzione governativa che premiò l'inventore, venne dotato di un motore Hispano Suiza da 300 Hp non rotativo. Per una cinquantina di ore il C.7 venne provato ancorato a terra contro vento e si rivelò affidabile in varie condizioni di volo, tanto da esser destinato alla "Escuadrilla de Experimentacion" di Cuatro Vientos. I cavi distanziatori delle pale erano dotati di ammortizzatori in gomma e dovettero essere provati vari tipi prima di arrivare alla soluzione definitiva.



La ragnatela di cavi del rotore del C.8 L.III prevedeva 4 tiranti che partivano dalla sommità dell'albero rotore e 4 cavi distanziatori fra le pale, dotati di ammortizzatori e cavetto di sicurezza in caso di loro rottura. Il tutto ovviamente girava disegnando arabeschi contro il cielo e fabbricando resistenza aerodinamica. C'era flappeggio e brandeggio.

Questo sistema di cavi distanziali, di ritenuta, di sicurezza e di limitazione dell'inclinazione verso il basso verrà utilizzato su parecchi tipi di autogiro di La Cierva, Pitcairn, Kellet e del prototipo Buhl, unico a elica propulsiva degli anni '30. Un secondo a elica propulsiva apparirà nei primi anni '40 col nome di Pitcairn Y0-61, con linea e soluzioni molto più moderne. La limitazione dell'escursione verso il basso a mezzo tiranti di ritenuta era molto importante perché non consentiva che le pale, vibrando, specialmente in atterraggio, con eventuali contraccolpi, non andassero a interferire con la deriva ...o la fusoliera, danneggiandola e danneggiandosi.

Il tipo **C.9** del '26, monoposto ultraleggero con un rotore di diametro inferiore a 8 m e motore previsto di soli 30 Hp ne ricevette invece uno da 70, come decisero gli inglesi. La corsa di decollo fu troppo lunga, oltre 200 m, e venne abbandonato. Anche il **C.10**, più grande, del 1927, venne abbandonato. Il **C.11**, sempre costruito in Inghilterra, volò poco e venne destinato a una scuola

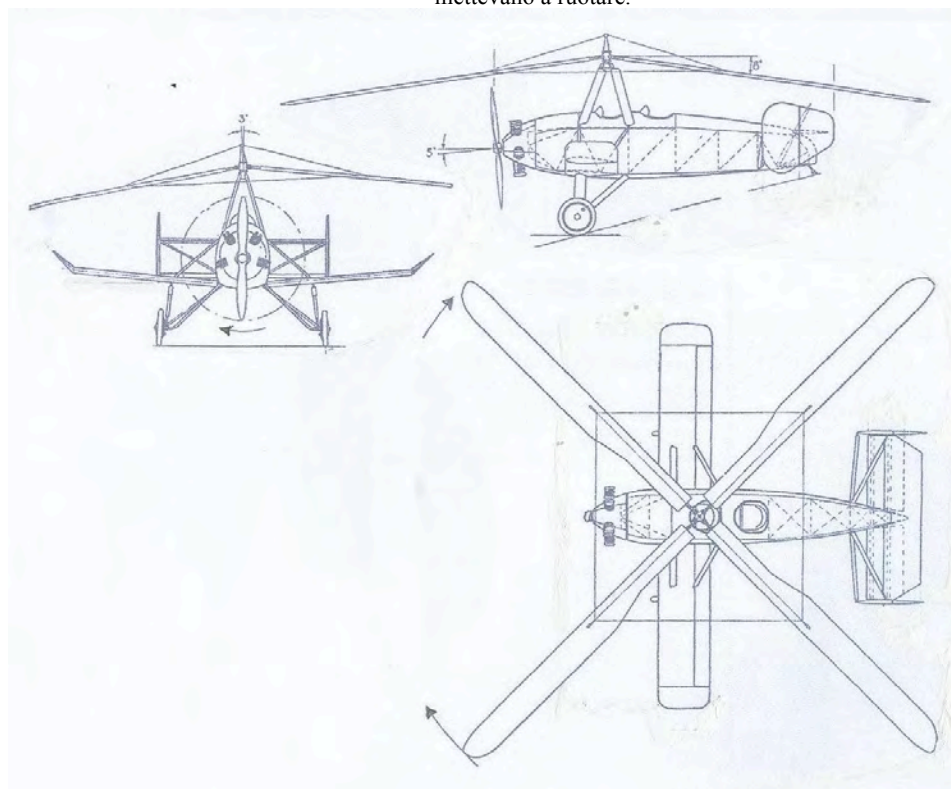
d'addestramento. Il **C.12** fu oggetto di un contratto de l' "Aeronautica Militar" spagnola, biposto con fusoliera molto lunga. Fu realizzato dalla Loring- Madrid con rotore costruito dalla Avro britannica. Era previsto nel contratto che l'impennaggio orizzontale potesse deflettere l'aria della scia dell'elica per effettuare la prerotazione. Il disegno iniziale fu modificato per accorciare la fusoliera e avvicinare il piano di coda al rotore. La Cierva ne realizzò uno biplano con due derive laterali. Questo impennaggio orizzontale poteva inclinarsi a cabrare prima del decollo di ben 75° deviando la scia dell'elica verso le pale. La cosa funzionò abbastanza bene. Naturalmente vennero installati dei signori freni alle ruote che venivano usati durante la prerotazione. La corsa di decollo era intorno a 100-150 m. Questo sistema a impennaggio orizzontale biplano sarà ripreso sul **C.19** inglese (e sul PA 19 americano). I progetti **C.13**, **C.14**, **C.15**, **C.16** non portarono né costruzioni né successi. Fu però studiato un rotore bipala. Il **C.17** fu realizzato dalla Avro (tipo 612) e destinato ai privati. Era il 1928. Nel '29 venne fabbricata la seconda versione (Avro 620). Molto interessante la versione idrovolante del C.17 ("**Idrogiro**") con la fusoliera dell'Avro Avian IIIA e due galleggianti metallici. Alcune fonti dicono che La Cierva ai suoi comandi non riuscì a decollare, altri affermano che il collaudatore Rawson decollò e ammarò regolarmente. Non c'era il sistema di prerotazione.



Il C.17 Idrogiro a due galleggianti

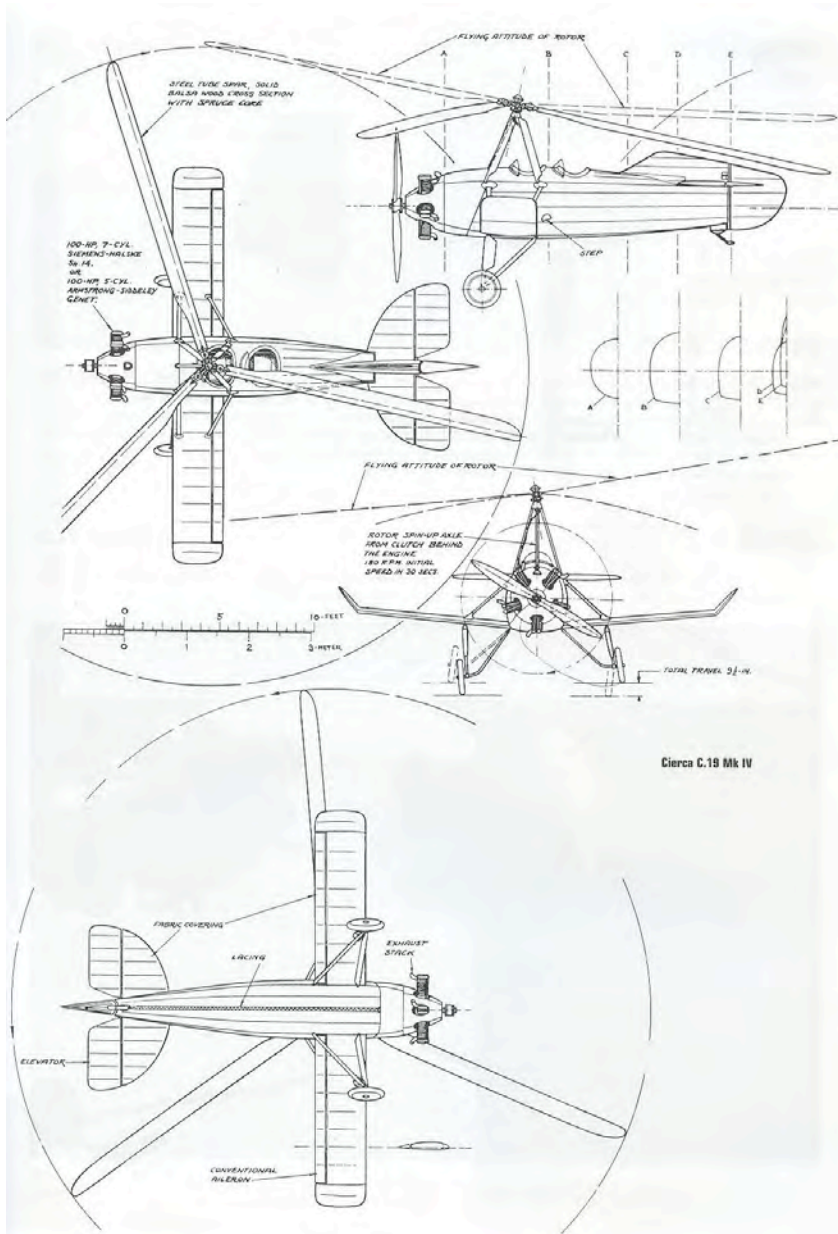


Il C.19 con impennaggio orizzontale biplano. Inclinandosi a cabrare di 75° si formava un piano pressoché continuo che convogliava la scia dell'elica contro una parte delle pale che si mettevano a ruotare.



Il C.19 Mk.III realizzato dalla Avro nel 1931 con l'impennaggio orizzontale biplano capace di una forte inclinazione a deflettere la scia dell'elica per la prerotazione. Da notare la rotazione oraria del rotore nonché del motore stellare fisso. La coppia di reazione del motore non veniva così compensata.

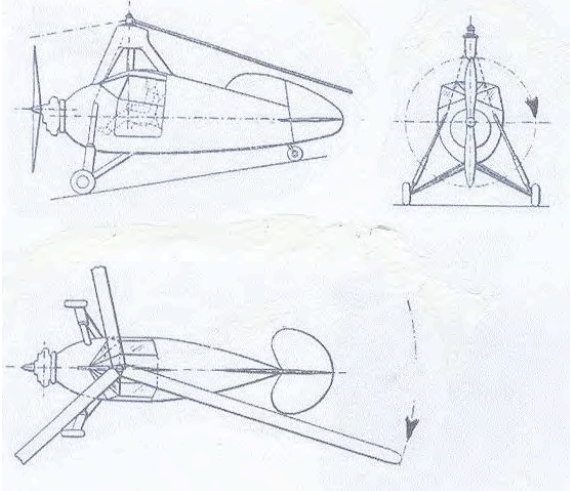
Il tipo **C.19** fu il primo ad avere una fusoliera disegnata espressamente. Chi pilotò il Mk.I lo trovò sicuro e gradevole. Il Mk II fu il modello acquistato da Harold Pitcairn. Il Mk III venne fabbricato in serie col piano di coda biplano per poter effettuare la prerotazione mediante deflessione della scia dell'elica. Il Mk.IV ricevette un rotore tripala. Il Mk.V fu in realtà un prototipo cui si applicò il controllo diretto della testa rotore (rollio e beccheggio). Guardando attentamente il disegno del C.19, va notata l'indicazione "*FLYING ATTITUDE OF ROTOR*" che illustra l'inclinazione che il rotore cercava di raggiungere automaticamente grazie alla pala avanzante (il rotore ruotava in senso orario). A questo punto spendiamo subito due parole sul rotore tripala e quadripala. Hanno l'assoluto bisogno di cerniere di flappeggio e di brandeggio. Non così il bipala che, praticamente, non necessita di brandeggio e può avere le due pale rigidamente collegate fra loro (la pala avanzante sale e quella retrocedente scende in modo simmetrico dato che c'è un'unica cerniera di "flappeggio" di tutto il rotore). E' quello che succede nel mondo attuale degli autogiro con le due pale calettate al mozzo rotore con un certo diedro fisso.



Il **C.20** fu solo uno studio per il Ministero dell'Aria Britannico. Ancora studi furono il **C.21**, il **C.22** e il **C.23**. Non così il **C.24** destinato invece al trasporto di 3 passeggeri, rotore tripala, ala con alettoni, carrello triciclo e due derivate alle estremità dello stabilizzatore. Nel '32 La Cierva organizzò con esso un giro promozionale per l'Europa. Non ebbe però seguito. Il **C.25** monoposto fu una

realizzazione prototipo di un ufficiale della RAF, Nicholas Comper che aveva creato nel '29 una società per la costruzione di velivoli leggeri. Il **C.26** rappresentò solo uno studio di un autogiro monoposto bimotores, che venne abbandonato.

Il **C.27** fu il primo autogiro moderno **senza ali**. Fu il primo modello ad essere costruito in Francia dalla Lioré et Olivier coll'appellativo di C.L.10. Due posti affiancati, rotore tripala a controllo diretto, venne esposto al Salone Aeronautico di Parigi del 1932. Il secondo esemplare dimostrò che poteva decollare in 20 m, ma il C.27 /C.L.10 si rivelò instabile e il collaudatore Martin fu la prima vittima della macchina autogiro.



Il C.27 (C.L.10) a due posti affiancati, senza ali

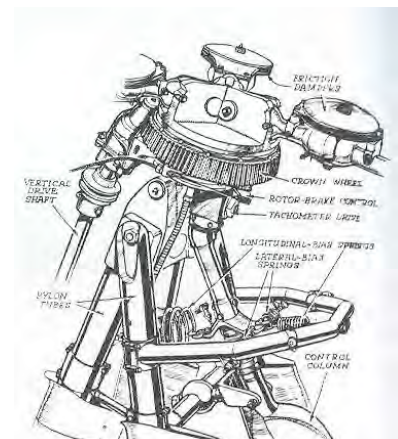


Il W-2 costruito su licenza come il W.1 dalla G. & J. Weir Ltd

Fra il '32 e il '33 La Cierva concedette un'altra licenza di costruzione a James Weir, pur mantenendo il diritto a concepire la macchina. Il **W.1** dette cattivi risultati e si distrusse, il **W.2**, **W.3** e **W.4** non arrivarono alla serie. La Westland, nel 1934, tentò la strada di un grande autogiro a cinque posti, il **C.29**, senza alcun risultato soddisfacente. Il **C.L.20** di costruzione Westland (primo volo 1935) non dette buoni risultati e la serie di 6 velivoli venne bloccata. Finalmente si arrivò al **C.30**. Nacque alla fine del '33 ed ebbe un'onorata carriera fino al '37-40. Ne vennero costruiti un'ottantina di esemplari dalla Avro in Inghilterra, 30 dalla Focke Wulf in Germania e un buon numero dalla Lioré et Olivier in Francia. Fu equipaggiato normalmente con rotore tripala a controllo diretto, ma vennero fatte delle prove anche coi bipala. Equipaggiò vari reparti in Francia e Gran Bretagna.



Il C.30 illustrato su "Les autogires La Cierva"-TLM nella versione fornita all'Italia



La testa rotore del C.30 (stessa fonte)

Seguirono altri tipi Cierva, il C.31, 32, 33 e 34, quest'ultimo con la possibilità del decollo a salto, ma con grossi problemi di vibrazioni. Altri progetti furono il C.35, 36, 37, 38 e 39 senza seguito. L'ultimo concepito da La Cierva fu il C.40, a due posti affiancati. La sua messa a punto era appena



1940: vari C.30 francesi, in primo piano il 352.3



Il C.30 all'inizio della Seconda Guerra in Gran Bretagna

iniziata quando morì l'inventore a Croydon sul disgraziato volo KLM del 1936.

Il C.30 e il C.40 vennero usati in Gran Bretagna durante la guerra con compiti secondari fra cui la calibratura delle apparecchiature radar. Il C.40 uscirà definitivamente di scena nel 1944.



Avro Rota Mk II L7591 de l'Autogiro Training Flight à Odiham en 1940.
Avro Rota Mk.II L7591 of the Autogiro Training Flight at Odiham in 1940.

L'ultimo Cierva fu il C.40 fabbricato in Gran Bretagna (da "Les Autogires La Cierva" TLM).

Licenza di costruzione e esportazione

Ovviamente tutti i tipi fabbricati in Gran Bretagna e Francia avevano la caratteristica comune degli autogiro: il rotore non era motorizzato. Una volta che il velivolo era in movimento, il rotore si teneva in rotazione da solo, per effetto della traslazione generata dall'elica trattiva che gli dava una certa velocità, tale da combinarsi vettorialmente con quella delle pale rotanti e fare della superficie del disco rotore una vera e propria superficie portante. Da quando apparve affidabile l'interesse del mondo aeronautico fu immediato. Per un lungo periodo non si parlò che di autogiro come del mezzo in grado di volare anche con vento sostenuto, capace di fermarsi in aria contro vento anche alla stessa quota, di atterraggi in un fazzoletto e di decolli cortissimi. Le aviazioni militari si interessarono perché il mezzo appariva ottimo per farne dei ricognitori, per utilizzarlo su piattaforme galleggianti in mare o su portaerei.

Alla fine del 1930 Rawson fece dei voli dimostrativi in Germania e Svizzera col C.19. Ai tedeschi non piacque molto, lo giudicarono instabile e difficile da pilotare. Però la Focke Wulf decise di costruirlo su licenza; realizzato nel '32 subì un incidente nel '34, venne destinato ai privati e, nel '38 finì in museo. Un C.19 fu venduto in Australia, un altro in Nuova Zelanda ma non ebbero successo. Tre C.19 furono acquistati nel '32, due dalla Marina Imperiale giapponese e uno da un

giornale di quel Paese. La Marina nipponica acquistò anche un Kellet K-3 fabbricato negli U.S.A.. La Spagna ordinò due esemplari fabbricati dalla Avro. Un C.19 Mk.IV andò in Svezia e uno a Singapore. L'Italia provò, anni dopo, il **C.30** (quello che era esposto all'esterno del Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano, con livrea blu anziché avorio come l'attuale, riverniciato).



Il "nostro" C.30 era esposto molti anni fa all'esterno del Museo della Scienza e della Tecnologia di Milano. Ora, riverniciato in avorio, con lettere nere, si trova all'interno.



Il C.30 con insegne germaniche prima della Seconda Guerra

Negli U.S.A. Pitcairn fabbrica con licenza La Cierva e Kellet con quella della Autogiro Co. of America

Abbiamo visto che La Cierva organizzò una società in Inghilterra e molte attività di costruzione furono basate proprio in Gran Bretagna. Ma l'idea ebbe seguito anche negli Stati Uniti grazie all'americano Harold **Pitcairn** che visitò l'Europa nel '25 e si innamorò letteralmente del nuovo mezzo aereo. Tentò di ottenere la licenza di costruzione da La Cierva che non accettò subito, forte del fatto che le Aviazioni Militari di Francia, Germania, Gran Bretagna e Italia erano interessate alla nuova macchina volante e quella Spagnola lo sosteneva finanziariamente. Pitcairn tornò in Europa altre due volte e volò su un C.8 nel 1928. Ne fu entusiasta soprattutto per gli atterraggi quasi verticali che avrebbero consentito di consegnare la posta aerea quasi dappertutto. Ricordiamo che Pitcairn produceva biplani specialmente destinati alla posta aerea (i suoi "Super Mailwing" continueranno a essere usati fino al 1936). Acquistò un C.8 per studiarlo e lo fece equipaggiare con un motore più potente da 220 Hp. Dalle prove che vennero effettuate Pitcairn venne talmente colpito da insistere e ottenere finalmente la licenza di costruzione dalla Cierva Autogiro Co. di Londra. Fondò la Pitcairn-Cierva Autogiro e costruì il **PCA-1**, usando la fusoliera del Mailwing. Pitcairn volle mantenere un'ala tradizionale, anche se molto piccola, sui suoi autogiro, uno stabilizzatore e un elevatore (comando del beccheggio). L'ala era dotata di alettoni per comandare in modo tradizionale il rollio. Venne chiamato affettuosamente "*Windmill*" (Mulino a vento) e in effetti c'erano molte affinità. In sostanza il rotore era l'organo di sostentamento principale (a 4 pale) ma si limitava a ruotare senza avere alcuna relazione col rollio e beccheggio. La corsa di decollo era molto lunga per poter arrivare alla velocità di rotazione necessaria del rotore. Il primo sistema per ovviare a questo inconveniente fu la realizzazione dell'impennaggio orizzontale biplano che poteva inclinarsi per deflettere l'aria della scia dell'elica verso il rotore come il C.19 inglese. Il velivolo, conservato oggi in un museo si chiamò **PCA-1A**, ma la soluzione dell'impennaggio deflettore fu ritenuta un palliativo non conforme "allo spirito americano". Pitcairn studiò un sistema di presa di moto dal motore principale coll'aiuto della Machine Tool Design Co. Una frizione e un albero meccanico portavano dal motore una ventina di Hp all'albero rotore. In mezzo minuto il rotore poteva ruotare a 80-90 giri/min. Con un corsa di decollo cortissima si arrivava ai 130 necessari. Veniva così ottenuta brillantemente la prerotazione con un



Come nel Cierva C.19 il PCA-1 A ebbe impennaggi biplani inclinabili a oltre 70° per mandare la scia dell'elica verso il rotore.



Il PA-18 fu leggermente più grande del PAA-1. Ne vennero costruiti 19 esemplari. La prerotazione veniva fatta con una presa di moto dal motore mediante albero e frizione che veniva disinnestata in decollo ad evitare la coppia del rotore.

mezzo a bordo del velivolo, senza supporti esterni. Venduta la società che si occupava di posta aerea, Pitcairn volle concentrarsi sugli autogiro e si liberò anche della linea di produzione dei biplani e dei relativi ricambi. Nel '31 tutto era dedicato alla nuova macchina biposto, l'autogiro. Così seguirono il **PCA-1B**, il **PCA-2**, il **PAA-1** più piccolo (poi chiamato PA-20), il **PAA-2** con motore in linea (che venne equipaggiato anche con carrello triciclo), il **PCA-3**, il **PA-18** (di cui una versione venne dotata di cabina chiusa), il **PA-19** quadriposto, il **PA-20** e il **PA-24**, tutti dotati di ali con alettoni per il comando del rollio.



Il PA-19 fu il più grande autogiro costruito da Pitcairn per 4 passeggeri

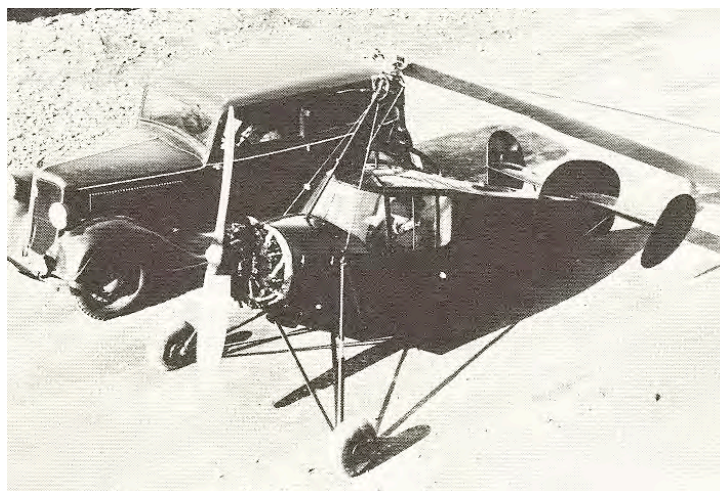


Il PA-18 con capottina chiusa fu sempre un biposto.

Nel 1931, il PCA-2 atterrò nel prato della Casa Bianca, apprezzato dal Presidente Hoover e anche da Orville Wright (il "mostro sacro" di Kittyhawk). I grandi nomi nel mondo dei piloti come Charles Lindberg, Jimmy Doolittle e Amelia Earhart si interessarono all'autogiro. La Earhart provò a volarci e va detto, per onore di cronaca, che, al di là dei sorrisi che dispensò ai giornalisti, non gli piacque per niente.

Col **PA-22** nacque, nel 1933, un nuovo tipo di autogiro senza ali. Il PA-22 disponeva di un rotore che poteva inclinarsi verso l'avanti, l'indietro, a destra e a sinistra. Aveva quindi il controllo diretto del rollio e del beccheggio. Venne anche equipaggiato col dispositivo del "Jump Take Off". In sostanza, grazie a un sistema idraulico, le pale potevano variare il passo collettivo in fase di decollo. Con incidenza negativa all'avvio, il pilota le portava a circa il 150 % della velocità di rotazione necessaria per il sostentamento in volo del velivolo mediante la frizione che innestava

l'albero di trasmissione dal motore all'albero rotore. Poi disinnestava la frizione e portava le pale ad incidenza positiva (circa 3°) generando un'immediata portanza. La macchina faceva un vero e proprio salto in verticale di circa 3 m d'altezza. La frizione veniva disinnestata ad evitare che il velivolo fosse soggetto alla coppia di reazione derivante dal rotore "motorizzato" in decollo.



Il PA-22 del 1933 era previsto potesse muoversi su strada previa "ripiegatura" e fissaggio delle pale. Ben visibile l'albero di prerotazione

Army e Navy si interessarono agli autogiro Pitcairn. Apparvero il **PA-33** (carrello fisso rivisto e sostituito con uno più semplice avente gambe carenate aerodinamiche) e il **PA-34**, tutti e due biposto in tandem con rotore tripala e carenatura del motore stellare.



Il PA-35 con eliche controrotanti (noto anche come AC 35)



Il PA-35 monoelica con 4 pale fisse di indirizzo scia.

Il **PA-35** (detto anche AC 35), il **PA-36** e il **PA-44** furono dei cabinati ben protetti dall'esterno, destinati anche al trasporto di passeggeri. Il PA-35 fu equipaggiato inizialmente con due eliche controrotanti, poi sostituite da una unica più grande. Interessante il tentativo di eliminare la coppia di reazione mettendo 4 pale fisse dietro l'elica per indirizzarne la scia. Il PA-35 era previsto potesse anche transitare sulle strade con le pale ripiegate e la motorizzazione della ruota di coda.

Venne costruita anche una bella versione triciclo di linea molto moderna (Skyway AC-35). Il PA-36 fu l'ultimo costruito dalla Pitcairn, con copertura in lamiera d'alluminio chiodata. Iniziò i suoi voli nel 1939. Aveva pale rastremate. Ne venne costruito un solo esemplare. La società divenne allora la Pitcairn-Larsen Autogiro Co.

Nel 1941 Pitcairn cessò la produzione di autogiro. Fu la Navy ad acquistare il suo aeroporto. Rimase in piedi la Autogiro Co. of America, un ufficio di ingegneria.

All'inizio della Seconda Guerra la Gran Bretagna ordinò e ottenne sei **PA-39** che erano in sostanza dei PA-18 esistenti, rilevati dalla Pitcairn-Larsen dai precedenti proprietari, privati delle ali e dotati del dispositivo di "Jump Take-Off" e di controllo diretto del rollio e beccheggio del rotore.

Nel '42 apparve l' **YO-61** che aveva la prua sfinestrata, da elicottero, ma era dotato di due travi di coda ed elica propulsiva.

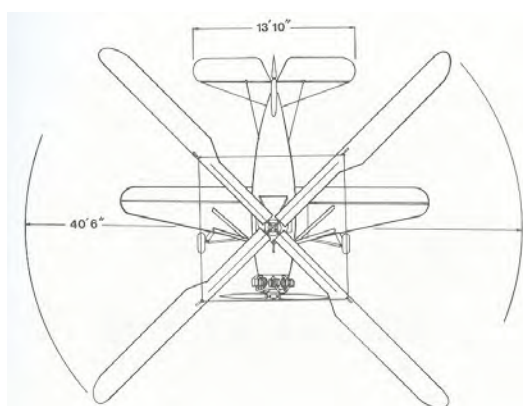
L'Autogiro Co.of America già nel '31 concesse una licenza ai fratelli Wallace e Rod **Kellet**, il primo era un aviatore della Prima Guerra che vendeva i Farman negli USA. Vollero inizialmente provare una loro idea che si rivelò proprio peregrina. Aveva un rotore bipala in un blocco unico con pale rastremate in legno, unite, come un'elica, e dotate di profilo Gottinga 449. Il beccheggio era comandato dall'elevatore. Non dette mai segno di volersi staccare da terra: il **K1-X** non volò mai. La Kellet tornò allora al disegno tradizionale degli autogiro Cierva e Pitcairn, ma la loro soluzione fu biposto affiancato anziché in tandem. La macchina si rivelò valida e ottenne la necessaria certificazione con la raccomandazione di "rendere più efficaci gli alettoni anche alle basse velocità". Chissà come? Se la velocità di traslazione era troppo poca era evidente che il povero alettone non poteva farsi sentire. L'ala ebbe profilo RAF 30. Si chiamò Kellet **K-2** e ne vennero fabbricati 12. Seguì il **K-3**, sempre con ala, più leggero, con motore meno potente (165 Hp anziché 210), 6 costruiti.



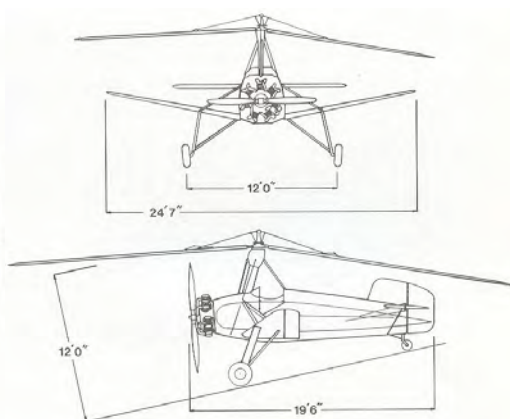
Il K-3 con capottina chiusa: questa versione andò al Polo Sud con l'Ammiraglio Byrd.



Il K-3 a due posti affiancati. Ben visibile l'albero con la presa di moto per la prerotazione.



Il K-4 con ala ad unico diedro, alettoni estesi su tutta l'apertura, motore da 210 Hp e albero di presa di moto per la prerotazione.



Nel '34 apparve un altro Kellet con ala piccola, senza estremità rialzate e con pianta a delta, alettoni su tutta l'apertura e notevole diedro. Ne fu costruito solo un esemplare, il **K-4**.



Il Kellet KD-1 biposto in tandem senza ali con rotore a controllo diretto. Le pale ebbero corda ridotta a 305 mm e profilo Gottinga 606.



Il modello **KD-1** del 1935 diceva subito con la lettera “D” che aveva il rotore a controllo diretto, quindi niente ala e niente elevatore. La deriva era sparita lasciando spazio all’inclinazione delle pale verso coda, sostituita da due derive inferiori laterali. La parte finale della fusoliera era un unico grande timone.

Wallace Kellet e il suo ingegnere capo vennero a incontrare La Cierva per esaminare il C.30 e il suo controllo diretto. Il KD-1 ebbe un rotore diametro 40’ (12,2 m) a 3 pale con corda ridotta dai 23” (584 mm) del K-3 e K-4 a 12” (305 mm). Le pale ebbero profilo Gottinga 606. Vennero bilanciate sia sulla lunghezza (piombo all’estremità) sia rispetto alla corda (mediante una barra d’ottone montata vicino al bordo d’attacco). Su un terzo della lunghezza della pala, verso l’estremità, il profilo fu dotato di una codetta da profilo autostabile (reflex). Tutti i cavi relativi alle pale vennero eliminati. Per compensare la coppia di reazione del motore (elica destrorsa vista dal posto di pilotaggio e quindi coppia verso sinistra), l’impennaggio orizzontale ebbe la sua parte sinistra portante e la parte destra deportante col profilo montato a rovescio. Era possibile anche fissare a terra vari angoli di incidenza. Il rotore che girava folle, non motorizzato, in volo non dava alcuna coppia di reazione. La dava solo durante la prerotazione, ma, in decollo, come abbiamo visto, la frizione veniva staccata una volta raggiunta la velocità di rotazione necessaria e il rotore girava folle per inerzia. Il KD-1 ebbe un certo successo tanto da equipaggiare una scuola dell’U.S. Air Force alla fine degli anni ’30 con la sigla YG-1.



Il Kellet militare KD-1 diventato “YG-1A” secondo la denominazione ufficiale. Vistoso l’albero di prerotazione anteriore.

Nel 1959 venne ricostruito un KD-1A con varie parti rinvenute per ricreare l’interesse per questa macchina. Il **KD-1B** ebbe abitacolo protetto. Famoso il servizio di posta fra il tetto dell’Ufficio Postale di Filadelfia e l’Aeroporto del New Jersey fra il 1939 e il 1940. Nel ’40 gli Army Air Corps cercavano un velivolo a decollo verticale e l’elicottero non era ancora disponibile.



Il Pitcairn PA-33 (YG-2 per i militari)



L’YO-60 fu sostanzialmente un YG-1B con motore potenziato.

Il Kellet **YO-60** dotato di sistema “Jump Take-Off”, cabina chiusa e motore da 300 Hp poté servire i militari. 1939: l’XR-2 fu l’ultimo “non elicottero”, mentre l’XR-3 fu praticamente un banco di prova di un rotore da elicottero con passo ciclico e eliminazione del “controllo diretto”. Furono i militari a far sì che Sikorsky trovasse il modo di acquisire informazioni e disegni dalla Autogiro Co. of America e continuasse la strada dell’elicottero. L’autogiro poteva decollare praticamente in verticale ma doveva, finito il “salto”, procedere verso l’avanti per mantenere in rotazione il rotore. Solo contro vento (e di una certa intensità) poteva mantenersi fermo ad una certa quota. Il mondo dell’elicottero si affacciava prepotente: garantiva decollo e salita in verticale, il fermarsi a una certa quota e l’atterrare in verticale. L’autorotazione in caso di guai al motore dava quella certa sicurezza sia all’elicottero sia all’autogiro per scendere e atterrare senza danni.

La licenza Pitcairn per una soluzione propulsiva.

Negli anni ’30 ci fu un solo esempio di autogiro a elica propulsiva, storicamente il primo con questa architettura. Venne realizzato con la stessa testa rotore del Pitcairn PAA-1, dei PA-18 e dei Kellet K-2, K-3 e K-4. E’ stato restaurato e sopravvive nel “Hiller Aviation Museum” in California.



L’autogiro Buhl realizzato nel 1931 rimase allo stadio di prototipo per difficoltà finanziarie anche se i primi voli furono positivi.

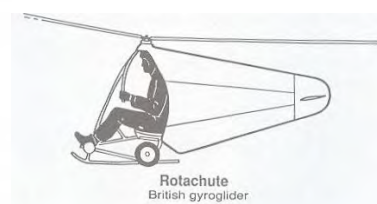
Al di fuori della licenza La Cierva

In Germania apparve nel ’36 il Focke-Achgelis F.61, elicottero a due rotori che, nel ’38, si sollevò entro un hangar.

Nel ’36 La Cierva morì a seguito di un incidente capitato ad un aereo di linea DC-2 della KLM su cui volava (da Londra a Amsterdam). Se è consentito dire... “ironicamente”, il velivolo perse di velocità in decollo ed ebbe uno stallò in fase di decollo. Quello che La Cierva aveva combattuto fece perire tutti i passeggeri.

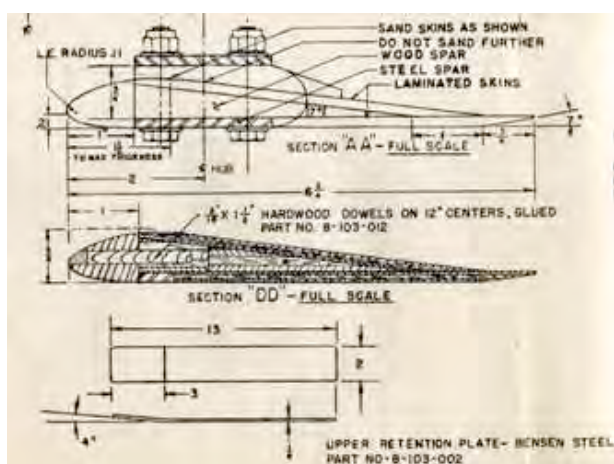
Anche Sikorsky, trasferitosi negli USA, si dedicò all’elicottero e, nel ’39 il suo VS-300 volò, ma non era ancora un vero elicottero. Anche Pitcairn pensò a sviluppare una macchina di questo tipo, ma la sorte gli fu avversa e morì in un incidente maneggiando una pistola.

Prima della Seconda Guerra Mondiale la Francia e la Gran Bretagna avevano in linea un certo numero di autogiro modello Cierva C.30, senz’ala, con la prerotazione comandata da una presa di moto dal motore principale. Durante la guerra apparve in Germania un autogiro senza



motorizzazione: era il Focke-Achgelis Fa 330 che veniva caricato sui sommergibili. Una volta montato e trainato con un cavo faceva una quota sufficiente a funzionare da ricognitore. Il suo problema era che, in caso di necessaria e repentina immersione pilota e macchina erano perduti.

Anche l'Inghilterra ebbe una macchina simile, il "Rotachute" di scarso impiego dato che veniva trainato da un velivolo. Dopo la guerra un esemplare andò alla General Electric e venne esaminato da un giovane Igor **Bensen**. Fu l'inizio dell'ultraleggero e del "fatto in casa". Nel '53 Bensen iniziò lo sviluppo di macchine di questo tipo mettendo però dietro le spalle del pilota un motore a elica propulsiva. Aprì la strada al moderno autogiro "*pusher prop*". L'autogiro Bensen era estremamente semplice, senza carenature, qualche tubo d'alluminio imbullonato e un motore Nelson da 42 Hp. Nel '55 apparve il "B.7 Gyrocopter" cui seguì il B.8 nel '57, dotato di motore McCulloch da 72 Hp. Questo modello, con piccoli ritocchi e modifiche varie, sarà prodotto per una trentina d'anni dalla Bensen Aircraft Corporation. Fu l'autogiro assieme nei garage dagli appassionati, una specie di scatola di montaggio, ma anche autocostruito su disegni in commercio. Persino le pale potevano venir realizzate in casa in base a un disegno e un profilo molto semplice. Oggi lo chiameremmo "ultraleggero" e lo era davvero.



Profilo per autocostruzione delle pale per l'autogiro Bensen



Un autogiro Bensen in volo. Notare la semplicità della macchina

Nel corso degli anni le pale furono realizzate in metallo e compositi, il motore passò a 90 Hp e la cloche e la pedaliera furono sempre più simili a quelle di un velivolo tradizionale. Il sedile del pilota fu il serbatoio di carburante di disegno particolare. L'autogiro Bensen fu l'ispiratore di tutti gli autogiri moderni e l'elica propulsiva venne universalmente adottata consentendo una miglior visibilità e una maggior facilità nel piazzamento del baricentro vicino all'asse rotore. Venne realizzata anche una versione idro del Bensen.

Molti disegnarono i propri autogiri (Brock, Feters, Parsons, Schramm, Imbaugh, Javonovich, Groen, Riggs, Barnett, Vanek e Wallis). In Inghilterra il Comandante **Wallis** sviluppò una serie di autogiri monoposto che ebbe un buon successo commerciale. Uno fu usato da 007 in un film. In Finlandia l'ing. **Tervamaki** disegnò una linea di autogiri in differenti configurazioni sia ad elica trattiva che propulsiva.

In Italia Piero **Magni** si dedicò anche lui alla soluzione propulsiva e sviluppò una serie di autogiri monoposto e biposto. Recentemente ha festeggiato il seicentesimo esemplare.

I modelli di autogiro

In aeromodellismo l'autogiro fece delle timide apparizioni molti anni fa. Fu giudicato una "stranezza interessante". Ebbe anche qualche fugace applicazione addirittura in volo libero a elastico (Tosaroni ne fece un modello negli anni '40) poi qualche tentativo in volo vincolato circolare, negli anni '50, rotore fisso, flappeggio ottenuto solo con la flessibilità delle pale. Il volo era comandato dai cavi agenti sull'elevatore. Ricordiamo il modello VVC di Paolo Maldina

commercializzato dalla Zeus Model di Bologna (motore da 2,5 cm³) con pale a profilo piano convesso. Ecco invece degli RC moderni degli anni 2000:



Un Kellet di Marco Scarfò in volo



Il n°6 di Franco Bugada in volo



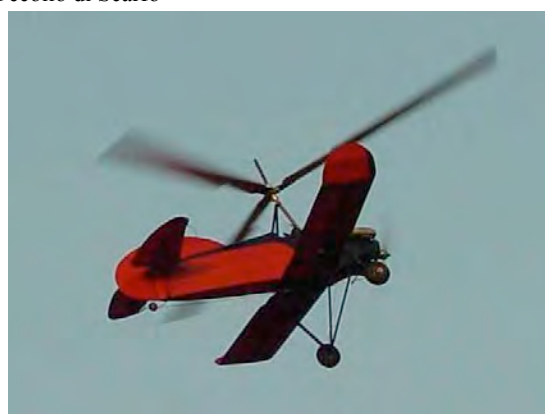
Il n°5 di Bugada in decollo



Decollo di Scarfò



Bugada si è ispirato lontanamente al Buhl



e Scarfò al Pitcairn 19



Uno dei primi progetti di Scarfò



Forme semplici e costruzione rapida, ma vola.

Un recente interesse è stato suscitato da alcune realizzazioni radiocomandate. Chi ha costruito un gran numero di autogiro RC è Paolo D'Alessandro di Viareggio che ci ha detto di averne distrutto una quarantina prima di avere una macchina affidabile fra le mani. Bisogna dire che ha imparato bene a pilotare, tanto che si è permesso di fare dei looping col suo "Gyrone" al Model Show di Ozzano nel 2010. Ora propone agli appassionati delle scatole di montaggio come "Experimental Models" col concetto "ARTF". Penso sia il personaggio che ha maggior esperienza nel campo. Anche Marco Scarfò di Sirtori (Lecco) ha fatto parecchi modelli di propria progettazione. In commercio esistono delle riproduzioni del C.30 in scatola di montaggio, materiale base l'espanso. Anche Vittorio Ceradelli si è lanciato sull'autogiro ma continuando sulla strada degli RC diciamo "tradizionali". Io ho cominciato trasformando delle vecchie fusoliere che avevo in casa. E mi sono affidato a Internet e alle esperienze degli americani. E sto andando avanti. Ho riempito classificatori di carta stampata scaricata dal web. Poi ho cercato di sperimentare vari tipi di pale e di teste rotori.

Il rotore, il flappeggio e il brandeggio nei modelli

La prima difficoltà è stata proprio il sistema di fissaggio delle pale alla testa del rotore. Si aprivano tre strade:

- rotore fisso – il rollio affidato agli alettoni classici e il beccheggio all'elevatore.
- rotore incernierato con movimento solo a destra e a sinistra (controllo del solo rollio) e beccheggio con l'elevatore.
- rotore a controllo diretto: cabra/picchia – destra/sinistra.

Alcuni modelli americani erano illustrati sul web, dotati di una semplice cerniera che faceva inclinare il rotore a destra o a sinistra, come nella foto seguente (replica del Kellet KD-1B). Una ditta americana proponeva dei modelli in scatola di montaggio con questa sistema.



Replica americana del KD-1B con il solo controllo del rollio



Piastra flessibile (flappeggio) e solo controllo rollio (Bugada)



Giunto cardanico e uniball per controllo diretto



Giunto cardanico e cuffia limitatrice dell'inclinazione



Tripala a Controllo diretto – Flappeggio meccanico (Scarfò)

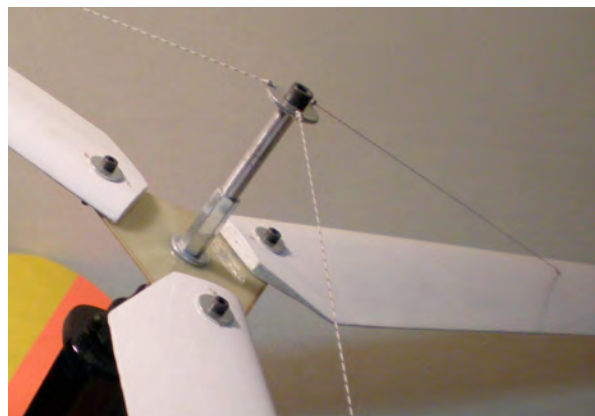


Controllo diretto – flappeggio con piastra flessibile (Bugada-Fava)

Per operare invece col controllo diretto, il tipico sistema americano era il flappeggio ottenuto con una piastra flessibile di vetronite, dunque semplicissimo. La piastra poteva essere a 4 lobi, a 3 e anche a due, a seconda del numero delle pale che venivano montate sul modello. Il sistema funziona e la costruzione complicata si limita alla testa rotore dotata di giunto cardanico (o omocinetico) e all'albero con i suoi cuscinetti. Necessario un tornio e l'esperienza d'uso relativa o un tornitore. All'inizio ho montato sulla testa rotore un cuscinetto assiale e uno radiale in modo da reggere anche la spinta del rotore. Ora sto provando a metterne due classici a sfere, meno costosi e di più facile reperimento.



Controllo diretto – Flappeggio meccanico (Bugada-Fava)



Piastra flessibile: limite inclinazione delle pale (Bugada)



Brandeggio con lunette d'alluminio (Bugada – Fava)



Cerniere di flappeggio inclinate nel piano orizzontale (Bugada)

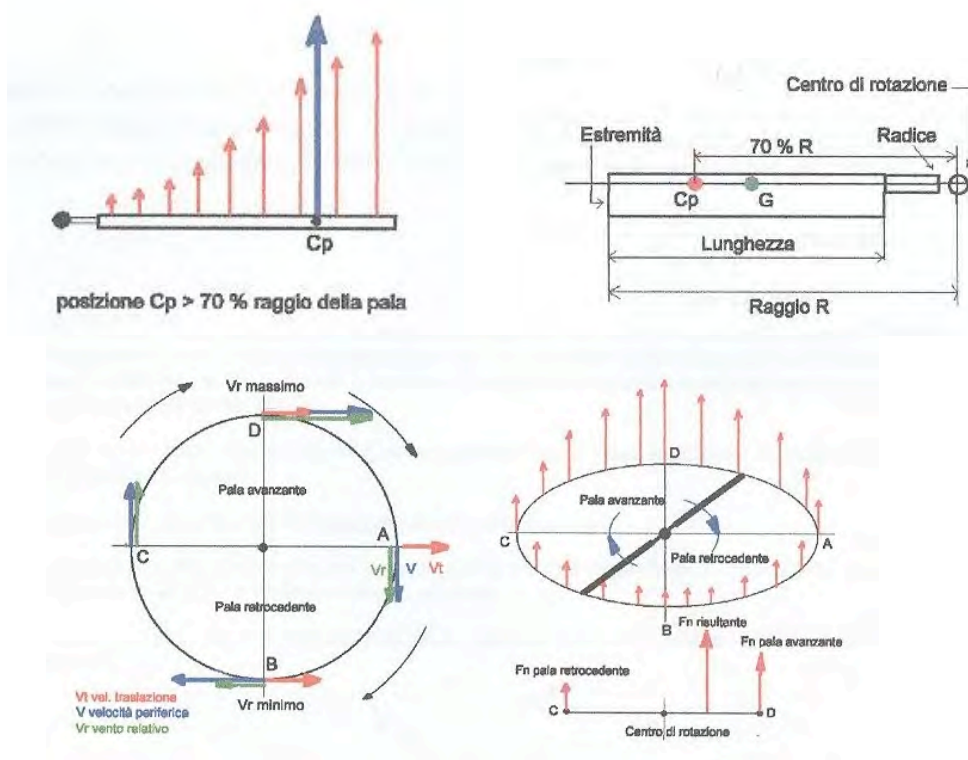
Le pale e i loro profili

Qualcuno disse che la principale differenza fra l'elicottero e l'autogiro era che nell'elicottero l'aria fluiva da sopra a sotto, “attraverso” il disco del rotore, mentre nell'autogiro fluiva sopra il disco del rotore. E' una semplificazione “cosmetica”. Ma c'è del vero.

E' ovvio che nell'autogiro la pala a incidenza fissa deve essere dotata di profilo portante o di profilo biconvesso simmetrico calettato ad un certo angolo di inclinazione per metterlo in condizioni di “portare”. In realtà i primi profili utilizzati nella storia degli autogiro furono quelli simmetrici ritenuti i più facili da equilibrare e meno resistenti. Dato che molta letteratura sull'argomento autogiro è in inglese ricordiamo i termini che si trovano più comunemente:

- piccola rotazione della pala avanti e indietro (asse perpendicolare al disco rotore)
brandeggio “LEAD / LAG”. E' tipica dei rotori a più pale. Praticamente non esiste il problema sul bipala qualora le pale siano esattamente allineate in opposizione l'una all'altra.
- inclinazione delle pala sopra e sotto il disco ideale del rotore **flappeggio**: detto anche **“TEETERING, FLAPPING, FEATHERING”**.

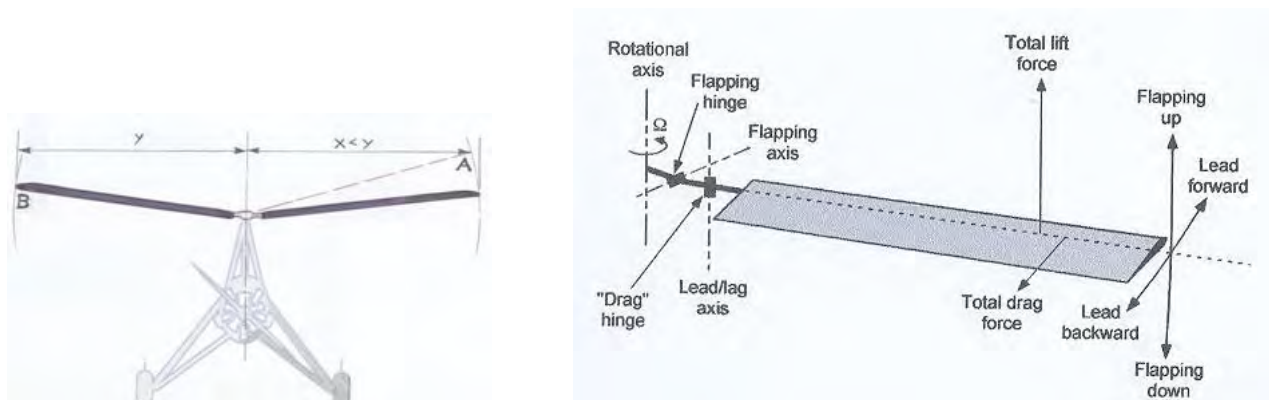
I quattro diagrammi seguenti tratti da Internet (www.clubitalianoautogiro.it/rotore) schematizzano quello che succede al rotore e in particolare alle pale.



Come abbiamo visto la **dissimmetria della portanza** (“ F_n risultante” che è mostrata qui sopra) è **compensata col flappeggio** di cui abbiamo parlato a pag.6.

Una nota importante: se le pale sono rigorosamente su un piano, ruotano meno velocemente di quelle di un rotore con le pale aventi un diedro. Esso ha anche funzione stabilizzatrice. Comunque immaginiamo che una corrente ascendente arrivi solo su una pala mentre ruota. Essa tenderà a inclinarsi verso l'alto e così si ridurrà la distanza fra l'estremità della pala e l'albero rotore. Si manifesta la forza di Coriolis che la fa muovere più veloce dell'altra e ruoterà verso l'avanti (“**LEAD**”). Se la corrente è discendente si ha l'opposto (“**LAG**”). In due parole, se una pala del rotore, anche per la sua stessa flessibilità, diminuisce all'estremità il diametro della sua traiettoria, gira più forte e si manifesta un'accelerazione rispetto al suo asse di rotazione. Provate a pensare a

una pattinatrice che ruota su sé stessa con le braccia aperte e poi le richiude pian piano aumentando la sua velocità di rotazione. Attenzione non confondetevi con la velocità periferica.



I rotori possono essere:

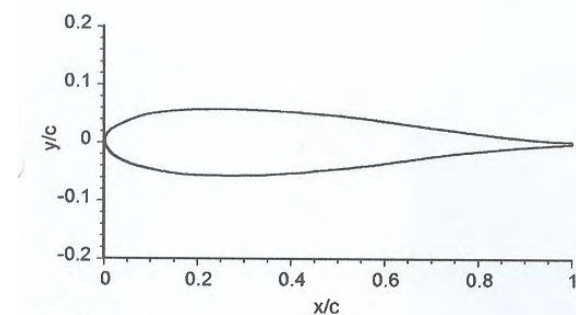
- semirigidi, e cioè senza le cerniere di brandeggio
- articolati, originali di La Cierva con cerniere di flappeggio e brandeggio (la figura qui sopra)
- rigidi, i più recenti applicati su alcuni elicotteri, hanno diedro e un complicato dispositivo che cambia l'incidenza della pala per ovviare alla mancanza di flappeggio.

Molto importante il bilanciamento del rotore. Se è bipala, è facile bilanciarlo. Si montano le pale e lo si appende nel centro. L'ideale è fare anche il bilanciamento dinamico col rotore in rotazione, ma chi, fra gli aeromodellisti dispone di un'apparecchiatura adatta, simile a quella usata dal gommista? Solo alcuni fabbricanti di pale la possiedono e la usano. Se le pale sono sbilanciate dinamicamente, una avrà tendenza a salire o scendere più dell'altra durante il flappeggio e la manifestazione del problema sarà la vibrazione che potrà arrivare a scuotere anche tutto il modello mentre fate la prerotazione. Diciamo che è tanto più importante quanto più veloce giri il rotore. Negli autogiro, al massimo si arriva a 400 giri/min (la prerotazione è sufficiente sia attorno ai 200 giri/min), non così negli elicotteri in cui si passano i 2000 giri/min.

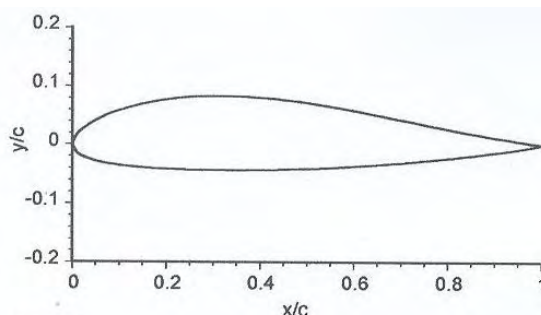
I profili che vennero usati da La Cierva furono:

- l'**Eiffel 106** sul C-4
- il **Gottinga 429** che però era caratterizzato da un brusco stallo
- il **RAF -34** con la codina rialzata (reflex) avente spessore massimo 17 % della corda. Equipaggiò il C.19 Mk IV che ebbe un buon successo commerciale.
- il **Gottinga 606** con cui equipaggiò il C.30.

Questo profilo però aveva un alto coefficiente di momento e, alle alte velocità, dette dei problemi di torsione aeroelastica delle pale causando anche delle disgrazie. Va ricordato che le pale erano centinate con ricopertura in tela. La NACA condusse degli studi e venne proposta la sostituzione di questi profili con quelli della serie 230 (anch'essi con leggero disegno reflex), che però avevano scarse caratteristiche alle alte velocità e agli alti angoli di incidenza. Nel '31 la NACA acquistò un Pitcairn PCA-2 e lo usò come banco prova. Fece anche molte prove in galleria del vento.



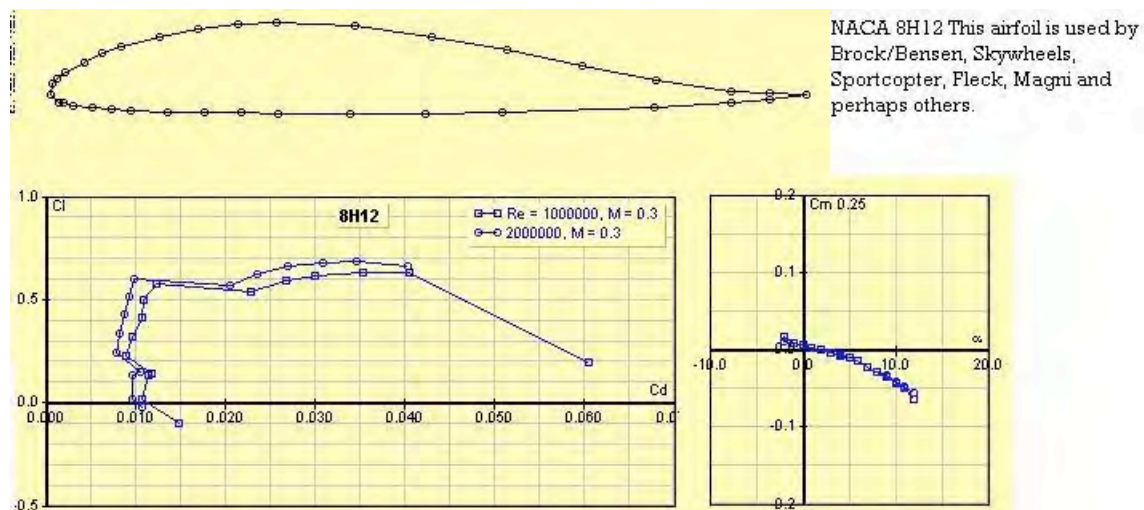
a) Gottingen-429



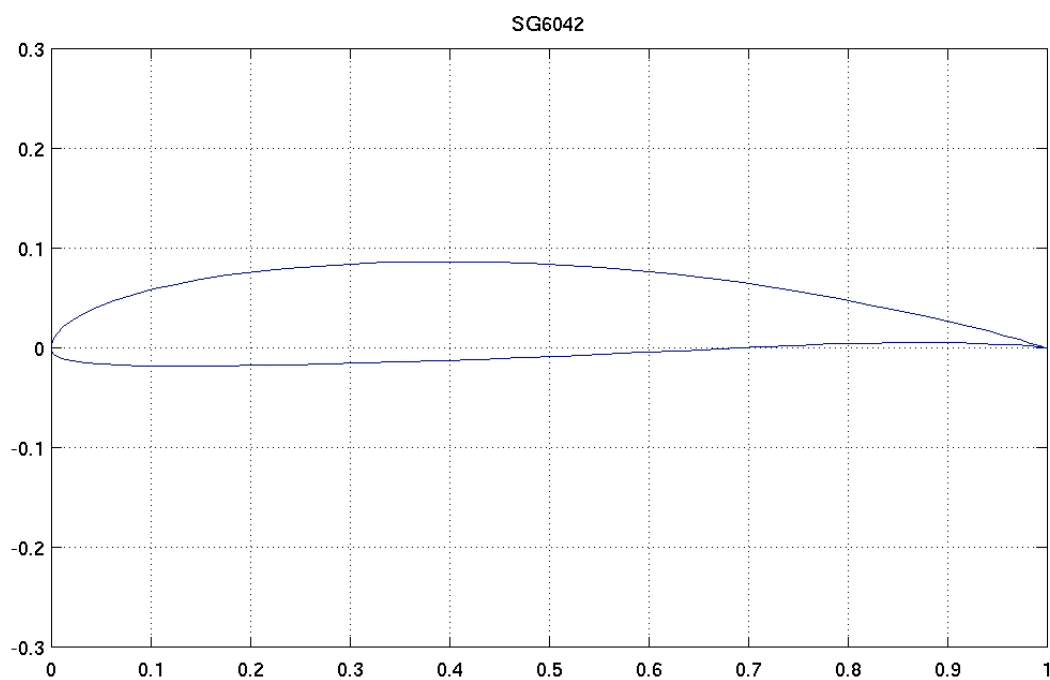
b) RAF-34

I profili ora maggiormente usati sono gli autostabili 8H12 e i portanti SG6042 ma in passato ci fu anche l'epoca dei Clark Y.

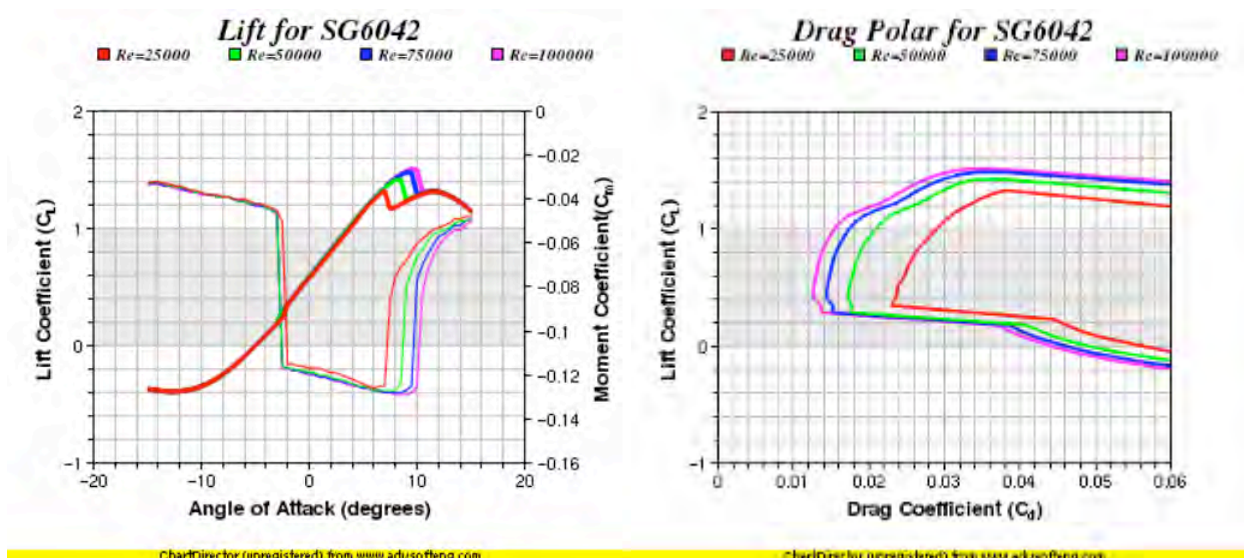
Qui di seguito le caratteristiche dei due profili che ho citato: Questo è il **NACA 8 H 12**:



E questo è quell' **SG 6042** provato in galleria del vento da Gerber e Friedlander 10 anni fa. Lo designarono il migliore agli effetti portanza, provando in galleria del vento pale aventi corda da 38 a 59 mm, spessore dal 10 al 14 % e rotori da 1120 mm di diametro.



Trovarono che il profilo più consigliabile era l'SG 6042 che, fra l'altro risultava anche più semplice da realizzare per gli aeromodellisti, più facile dell'8 H 12 reflex. Trovarono che la finitura superficiale era fondamentale, quanto più liscia la superficie tanto migliori i risultati e tante più pale montate tanto più portanza generata. Altri dati sono stati riportati in un mio articolo su Modellismo di Maggio-Giugno 2010.



Il baricentro e la stabilità

L'autogiro necessita un accurato controllo della posizione del baricentro per la sua stabilità in volo e soprattutto per ovviare a una causa esterna che possa introdurre dei problemi di volo (correnti ascendenti e discendenti nonché imperizia o errore del pilota).

-Il Centro di Pressione, o “di Spinta Laterale”, deve trovarsi dietro al Baricentro.

Ecco perchè un autogiro deve disporre di una bella fusoliera o di una bella deriva magari multipla. Maggiore è questa distanza fra baricentro e centro di spinta laterale, maggiore è la stabilità (pensate a una freccia con le sue piumette in coda).

Come fa un aeromodellista a trovare la posizione del Centro di Pressione ?

Il sistema più semplice e più rapido consiste nel ritagliare da un cartoncino o da un pezzo di compensato ben omogeneo la sagoma laterale dell'autogiro. Le parti vuote vanno ritagliate anch'esse. Si tratta poi di trovare il baricentro della sagoma ottenuta. Aiutandosi con un righello si pone la sagoma di piatto, quando rimane orizzontale, è trovato uno degli assi di bilanciamento. Spostandola si trova un secondo asse e il loro punto d'incontro è il Centro di Pressione.

- Il **Baricentro** viene trovato appendendo il modello con un gancio in corrispondenza del centro della testa del rotore. Aiutandosi con un filo a piombo e un nastro adesivo piazzato sul modello si indica sul nastro con una matita la verticale. Cambiamo punto di sospensione e appendiamo il modello per esempio dal ruotino di coda. Altra verticale tracciata sul precedente nastro adesivo ancora ottenuta col filo a piombo.

Dove si incrociano, lì si trova il baricentro.

- Non rimane che valutare la distanza fra baricentro e Centro di Pressione.
- Molto importante la posizione del **baricentro rispetto alla linea di trazione** (asse motore).

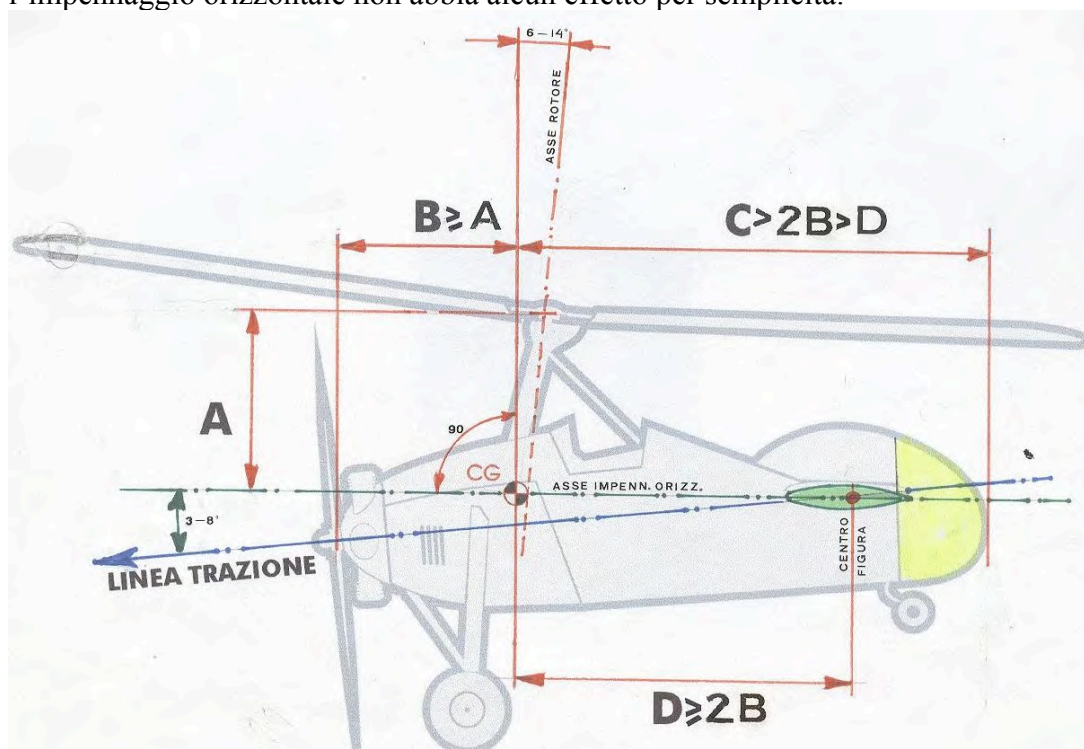
Diciamo che un autogiro è STABILE se, soggetto ad una perturbazione esterna, ha in sé la tendenza a smorzare gli effetti.

Schematizziamo qui di seguito un esempio dimensionale di un autogiro con elica trattiva.

Prendiamo come asse di riferimento l'asse del modello passante attraverso il piano di coda.

Ipotizziamo che il baricentro si trovi su quest'asse per semplicità. La posizione in altezza dell'impennaggio orizzontale può esser scelta con vari criteri.

Diciamo subito che, agli effetti della stabilità, è opportuno che il **baricentro** si trovi **davanti all'asse del rotore e sopra alla linea di trazione**. Ora vedremo perché. Consideriamo che l'impennaggio orizzontale non abbia alcun effetto per semplicità.



Supponiamo che il nostro autogiro voli ad una certa velocità e ad una certa quota in volo rettilineo. Arrivano delle turbolenze. Per noi il baricentro è un perno attorno al quale ruota l'autogiro.

Una corrente ascendente provoca un aumento di giri del rotore e quindi un aumento di portanza.

Se il baricentro si trova davanti l'asse del rotore, aumentando la portanza aumenta il momento picchiante. La coppia che può contrastarla è quella data dalla trazione per il braccio che la distanza dal baricentro. Se il baricentro si trovasse dietro l'asse rotore si avrebbe la somma di due momenti cabranti.

Una corrente discendente provoca una diminuzione di giri del rotore e della sua portanza. Se il baricentro si trovasse sotto la linea di trazione, generando essa un momento picchiante, in presenza di una diminuzione di portanza, farebbe ingigantire la tendenza a "cadere". Molti sono gli autogiro ultraleggeri col baricentro sotto la linea di trazione. L'unica maniera per ovviare al problema è l'aggiunta di un generoso impennaggio orizzontale che, opportunamente investito dalla scia dell'elica generi una coppia di senso opposto. E' il caso tipico dei nostri modelli: possiamo aggiustare le cose mettendo l'impennaggio orizzontale e spostando il baricentro dov'è meglio.

I guai dell'autogiro: "PIO" e "PPO"

Il "P.I.O." (*Pilot Induced Oscillation*) viene anche chiamato delfinamento ("porposing") che illustra bene cosa succede quando il pilota tenti di correggere troppo presto l'effetto di una perturbazione esterna alla macchina come una corrente ascendente o discendente. Se il naso si alza al pilota viene istintivo picchiare con la cloche. E' un pilota inesperto che non considera l'effetto giroscopio del rotore e la sua notevole inerzia. Anche senza agire sui comandi, l'autogiro, se ben progettato, stabile e col baricentro a posto avrà una sua naturale tendenza a correggere l'effetto malefico della turbolenza. Agendo troppo presto (per esempio naso in alto e immediato colpo di cloche a picchiare) si inizia una serie di ondulazioni che possono esasperarsi e portare alla disgrazia.

Più pericoloso perchè agisce in frazioni di secondo è il P.P.O. (**“Power Push Over”**), chiamato anche **“bunting over”** o **“nosing over”**, in cui viene scaricata la portanza del rotore e il naso picchia fortemente perchè la macchina non riesce a compensare il proprio peso. Può anche essere una conseguenza del P.I.O., di una turbolenza troppo elevata o di un eccesso di velocità. C’è una soluzione incredibile, ma esatta: bisogna togliere motore, ridurre la trazione. Infatti il PPO viene spiegato come l’azione troppo forte della trazione (**“push over”**) che arriva ad incrementarsi mentre scende la portanza del rotore e la sua resistenza. Il rotore non riesce a girare quanto dovrebbe e va in stallo.

Quali le soluzioni a P.I.O. e P.P.O.? Allenamento, ridurre manetta, addirittura levare motore !

L’autogiro è una macchina che si comanda facilmente a bassa velocità. Se aumenta, aumentano le difficoltà e i pericoli. Inoltre, prima di cambiare quota, salire o scendere è opportuno ridurre il regime del motore. Già in fase di progettazione dell’autogiro è però possibile pensare che la visione perfetta e chiara dell’orizzonte aiuta la percezione del muso che si alza o si abbassa. E questa è la ragione dei tantissimi autogiro moderni con elica propulsiva dotati di un sistema ottico che riveli il minimo beccheggio, basta una barra di riferimento. Anche sui nostri modelli potrebbe essere montato un sistema elettronico di rilevamento dell’orizzonte o giroscopi o accelerometri.

Ottima cosa è poi l’installazione di un impennaggio orizzontale di una certa superficie che minimizza il pericolo di P.I.O. e P.P.O. E deve essere grande. Se l’autogiro è **“aperto”**, tipo i Bensen, può essere piccolo, ma quando c’è una fusoliera, quando c’è della resistenza da vincere di qualcosa che sta davanti all’albero rotore, bisogna compensarla con un piano di coda dietro. E val la pena di considerare il suo piazzamento nella scia dell’elica per avere il massimo della velocità di scorrimento dell’aria. Per tener conto della scia a spirale, a suo tempo, Kellet usò un semipiano portante e uno deportante. Un’indicazione circa la superficie del piano orizzontale di coda viene dallo stesso La Cierva:

“Il volume ideale dato dalla superficie dell’impennaggio orizzontale moltiplicata per la distanza fra la linea che si trova a $\frac{1}{4}$ della sua corda dal bordo d’attacco e l’asse del rotore deve essere pari al 12 – 15 % del volume ideale dato dalla superficie delle pale del rotore moltiplicata per il diametro del disco rotore”.

E’ un qualcosa che assomiglia al rapporto volumetrico di coda degli aerei che è invece intorno al 50 %. Altro punto importante è avere il baricentro più alto o al limite sulla linea di trazione, mai più basso, come abbiamo visto.

L’ideale sarebbe avere Portanza del rotore, Resistenza della fusoliera, Linea di trazione e Peso che passano per lo stesso punto (baricentro).

Ecco varie soluzioni di impennaggio orizzontale allineato coll’asse dell’elica propulsiva:



AA SparrowHawk II



Hinchman Racer



Dominator Single Place



Groen Brothers



Molti sono però gli autogiro in cui l'impennaggio orizzontale si trova più basso o più alto, fuori dalla scia dell'elica.



La recente popolarità dell'autogiro deriva da varie versioni di monoposto ultraleggeri. In teoria il velivolo non necessita di impennaggio orizzontale, dato che il controllo diretto del rotore (rollio e beccheggio) non ha bisogno che di un direzionale aggiuntivo, utile in decollo e atterraggio. In realtà è molto meglio avere un piano di coda anche piccolo o a "V" che dia stabilità.

La soluzione a elica propulsiva.

Ho già parlato di Bensen e di tutti i seguaci. Nei velivoli in scala reale il maggior vantaggio della soluzione propulsiva è dato dalla grande visibilità che offre e dalla possibilità di avanzare molto l'abitacolo (anche quello dell'osservatore per i biposto). Non c'è poi alcun pericolo che olio caldo o altri detriti posano colpire l'equipaggio. Ho già detto che negli anni '30 ci fu solo un caso di soluzione propulsiva (il Buhl). Attualmente non ci sono che soluzioni propulsive sul mercato sia dell'autogiro "turistico", sia di quello ultraleggero, sia di quello destinato ad applicazioni di sorveglianza, antincendio, polizia, ecc. Nei modelli motore e elica sono ben protetti in caso di cadute che risultano così meno rovinose. Ecco alcuni tipi reali di autogiro ad elica propulsiva.



Dominator



Magni al museo Volandia



Sky hook



Magni M22



SC2



Mc Culloch Super J-2 Gyrocopter



Wallis



Groen Brothers Hawk 4



American Autogyro Sparrowhawk III



RAF 5

E alcuni modelli realizzati di recente ad elica propulsiva:



Autogiro elettrico da interni di Paolo D'Alessandro di Viareggio



Sempre di Paolo il Gyrone dotato di motore a scoppio OS .70 4 tempi. 4 kg di peso con diametro rotore 1740 mm. E' disponibile in scatola di montaggio della Experimental Models di Viareggio, praticamente pronto al volo.



Il Gyrone Elettrico di Paolo D'Alessandro.



e la sua semiriproduzione del Magni biposto con rotore di 3 m di diametro



FB 12 elettrico di Franco Bugada, 450 W



FB 10 elettrico di Franco Bugada 450 W



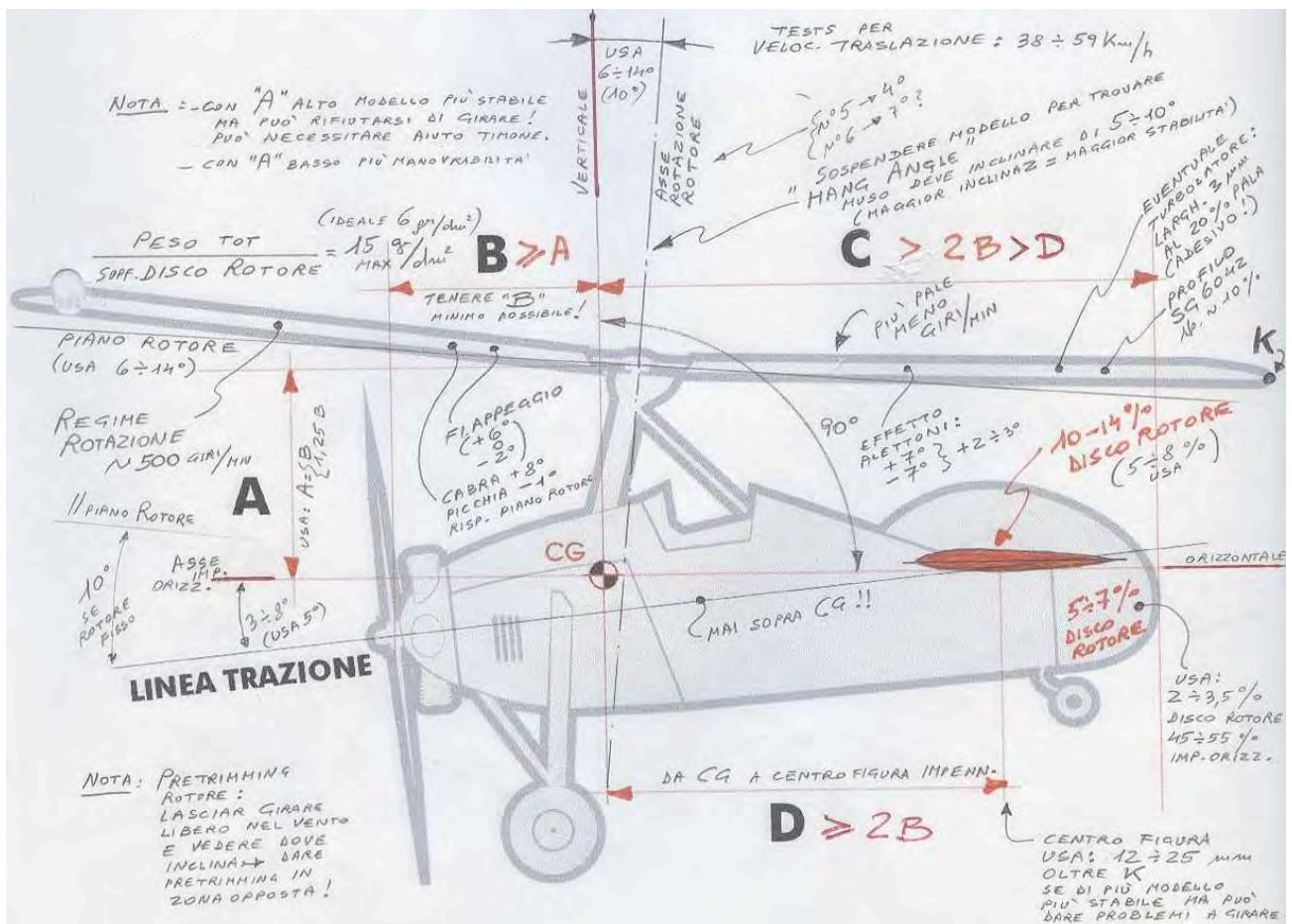
FB 11 di Franco Bugada bipala elettrico. Tutti i suoi modelli hanno rotore di 1,7 m di diametro e peso intorno a 2,5 kg.





L'ultimo nato di Paolo D'Alessandro è un maxiautogiro di 3,2 m di diametro rotore e 18 kg di peso con motore a scoppio o elettrico. Ha superato il collaudo ed è in fase di messa a punto avanzata. Anch'esso è proposto dalla Experimental Models in scatola di montaggio, praticamente pronto al volo. E' una semiriproduzione dell'Arrowcopter austriaco.

Per ultimo uno “schema di lavoro” con tutte le informazioni che ho trovato finora da varie fonti.



Bibliografia:

- **“Autogiro, the story of the Windmill Plane”** – George Townson - ISBN 0-943691-11-7
- **“Les autogires La Cierva – Autogiros”** .- Josè Fernandez, Juan Arraez Cerda e Arnaud Prudhomme – ISBN 2-915205-04-3
- **“Understanding the Gyroplane”** – Paul Bergen Abbott – ISBN 1-888723-01-7
- **“ELI-ULM”** Ultraleggeri ad ali rotanti, Minielicotteri e Autogiro”- Leonardo Algardi – ISBN 88-856815-50-6
- **“Legacy of Wings- The Story of Harold F. Pitcairn”** –Frank Kingston Smith- ISBN 0-87668-48
- **“Modellismo”** – n ° 105 Maggio –Giugno 2010
- E varie ricerche su **Internet** (non ho ancora finito...)