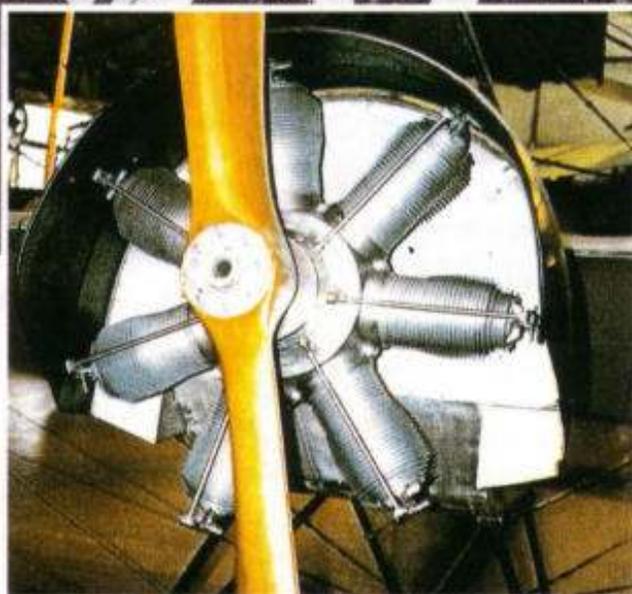
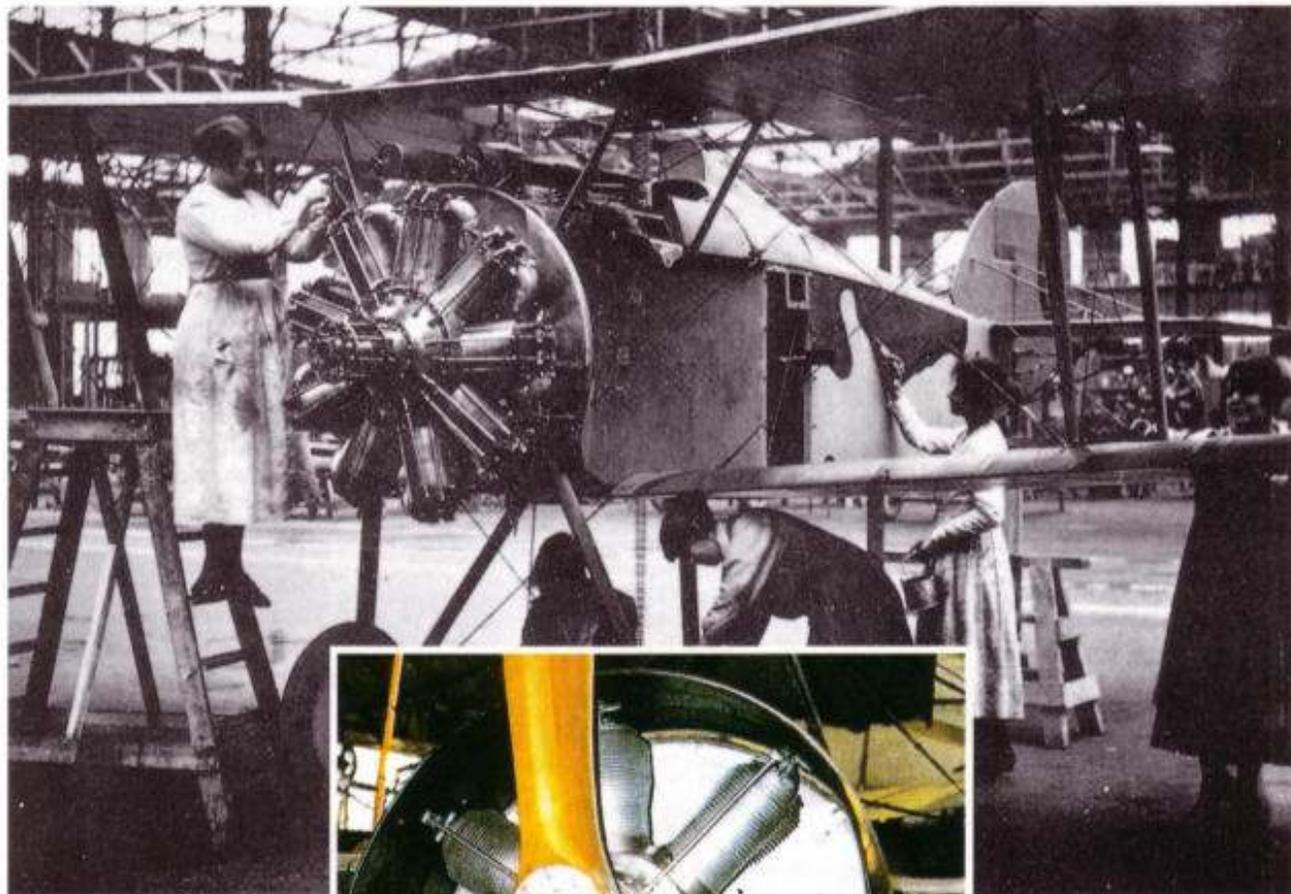


# I MOTORI ROTATIVI

## Alle origini della propulsione aeronautica

di Francesco Greco



**C**hi, nei suoi trascorsi modellistici, ha avuto modo di imbattersi in una riproduzione in scala di un caccia della Prima Guerra Mondiale, sarà forse rimasto perplesso nel constatare che il motore, un radiale a 7 o a 9 cilindri, fosse solidale con l'elica e ruotasse con questa: lungi dal costituire un caso isolato o una soluzione peregrina, l'idea, tanto bizzarra oggi

*In alto: donne al lavoro su di un Sopwith TF.2 Salamander; il Salamander era mosso da un motore rotativo Bentley BR.2 a nove cilindri da 230 HP. Qui sopra: l'architettura a sette cilindri fu ripresa dai motori radiali «fissi» raffreddati ad aria.*

quanto foriera di proficui risvolti allora, rappresentò invece la tipologia standard per la maggior parte dei velivoli degli anni '10.

L'aviazione degli esordi, nel suo spasmodico sforzo per la riduzione dei pesi, trovava nei propulsori uno dei suoi crucci più consistenti: il motore a combustione interna era ormai abbastanza maturo (la prima automobile a benzina, ad



*A sinistra: vista posteriore di uno Gnome Omega da 50 CV; si notino il magnete e la pompa dell'olio ai due lati dell'albero ed il carburatore alla sua estremità. Sotto: disegno in sezione, d'epoca dello stesso tipo di motore.*

esempio, risaliva al 1885), ma di doti quali la leggerezza e l'affidabilità nessun progettista si era mai dato eccessivo pensiero.

Fu così che l'introduzione sul mercato aeronautico, nel 1909, di un motore che garantiva un rapporto peso/potenza prossimo all'unità (1,2 kg/hp

per l'esattezza) rivoluzionò il mondo delle macchine volanti: nasceva così, nell'anno della trasvolata della Manica e del definitivo tramonto del pionierismo, il primo vero propulsore «aeronautico» della storia, ed era un rotativo.

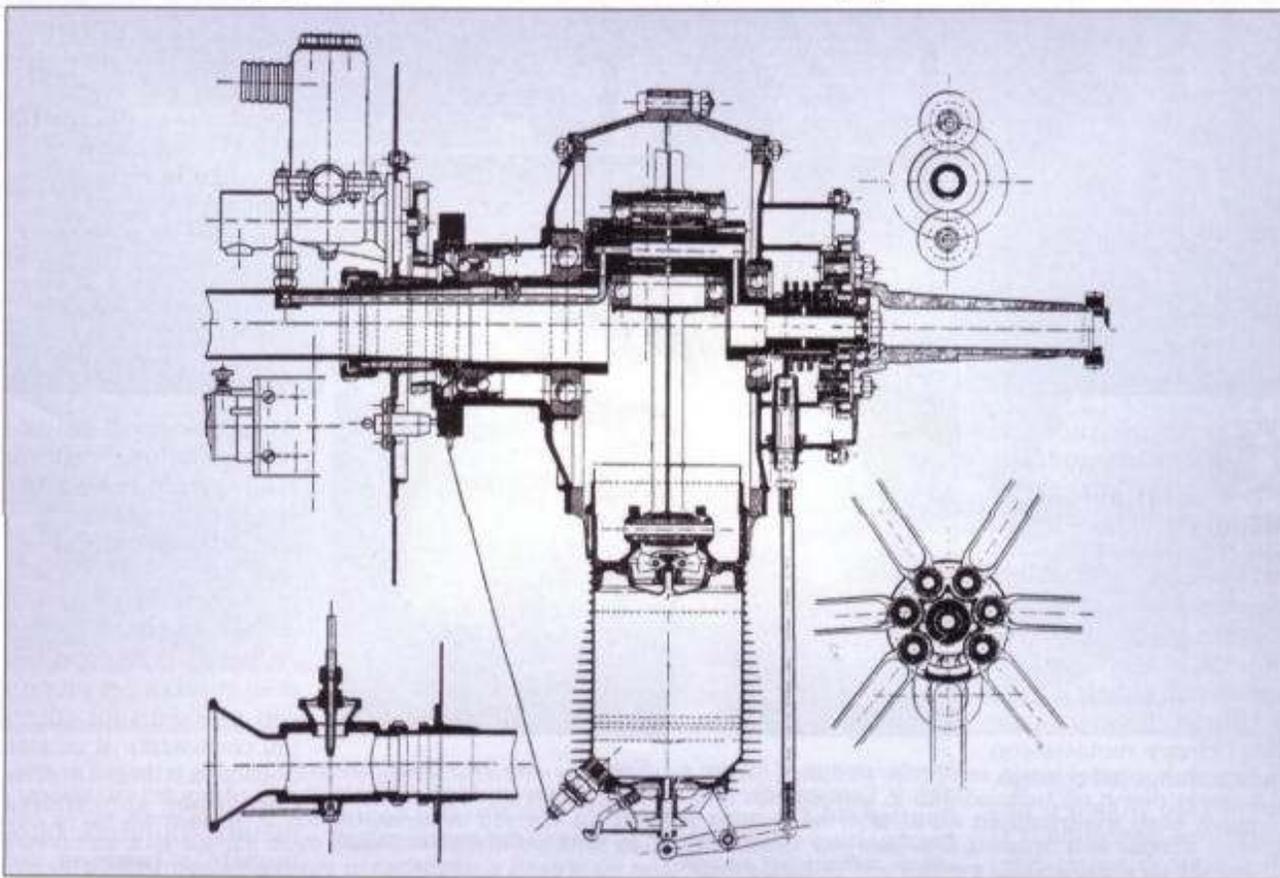
I suoi progettisti, i fratelli Laurent e Louis

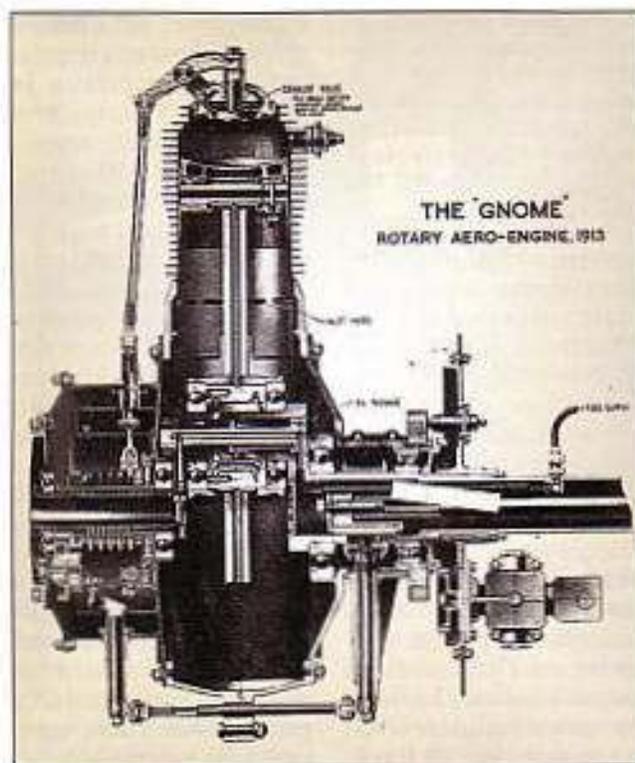
Seguin, titolari della Société Anonyme des Moteurs Gnome, avevano impiegato quasi due anni per metterlo a punto: dopo un tentativo fallito nel gennaio 1909, con una versione sperimentale a cinque cilindri montata sull'idroplano di Roger Ravaud (che non decollò neppure), il primo rotativo Gnome a levarsi in volo, il 16 giugno dello stesso anno, fu il sette cilindri da 50 hp che Louis Pauhlan aveva acquistato per montarlo sul proprio Voisin.

L'idea di far ruotare i cilindri tenendo fisso l'albero motore non era del tutto originale (uno dei più illustri propulsori

degli esordi, il radiale Manly del 1903, era stato inizialmente progettato secondo questa tipologia, poi abbandonata, e già nel 1907 Berliner aveva montato sul suo elicottero, senza però riuscire a farlo volare, un rotativo che gli statunitensi Farwell e Balzers avevano sviluppato per l'impiego automobilistico), ma i Seguin furono i primi che riuscirono a risolvere in maniera affidabile i problemi derivanti dal dover sottoporre i cilindri (e in particolar modo le punterie) alle sollecitazioni di alcune centinaia di g che la forza centrifuga comportava.

Di contro però veniva eliminata la necessità di due componenti il cui peso costituiva una frazione non indifferente della massa complessiva dei propulsori coevi: il volano, a cui si sostituiva





*A sinistra: lo spaccato di uno Gnome Monosoupape del 1913 permette di decifrarne il funzionamento. Sotto: uno Gnome B.2 da 12.800 cc e 100 CV con il carter rimosso per permettere di scorgere l'imbiellaggio e comando della distribuzione.*

una valvola a farfalla e da uno spruzzatore di benzina; dal carter la miscela, resa omogenea dallo sbattimento subito a causa del movimento delle bielle, passava nei cilindri attraverso delle valvole automatiche montate sul cielo dei pistoni, bilanciate in modo tale da non risentire della forza centrifuga ed aprirsi solo durante la fase di aspirazione, quando la pressione nel cilindro era inferiore a quella nel car-

lo stesso gruppo cilindri, e l'impianto di raffreddamento, dal momento che la rotazione dei cilindri garantiva loro un'ottima ventilazione forzata, era vitale in un periodo in cui il raffreddamento ad aria risultava quantomai critico, da un lato per la ridotta velocità dei velivoli e dall'altro per le deficienze della metallurgia del tempo che non consentiva di ottenere né alettature efficienti né leghe particolarmente resistenti al calore.

L'esordio del nuovo motore sconvolse l'effervescente mondo aeronautico parigino, vera culla dell'aviazione mondiale: nel raduno aereo di Reims, dove fece la sua prima apparizione appunto sul Voisin di Pauthan, Henry Farman si affrettò ad acquistarne un esemplare per montarlo sul suo velivolo, vincendo così il Grand Prix de Distance il 27 agosto e il Grand Prix de Passagers il giorno dopo! Il pionieri-



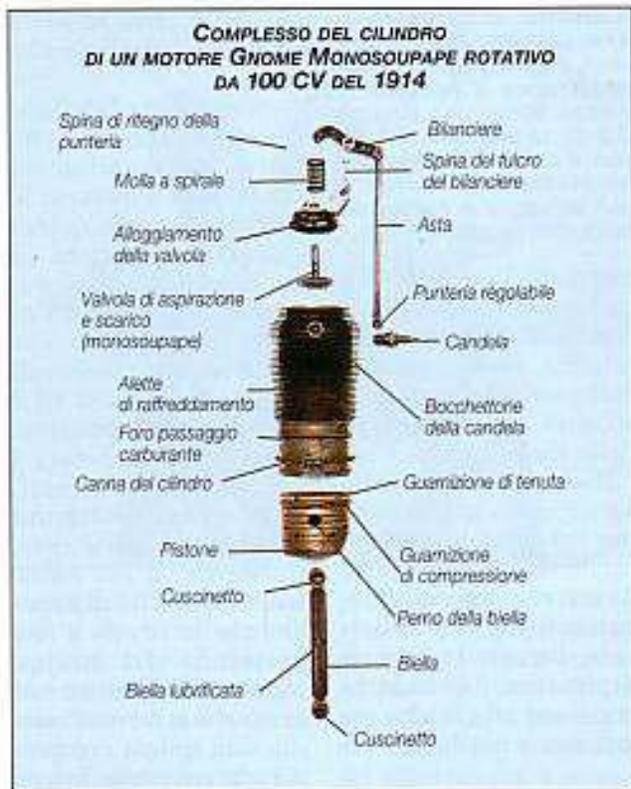
simo era davvero finito. Il funzionamento dello Gnome presentava alcune interessanti peculiarità. La miscela aria-benzina e l'olio per la lubrificazione giungevano al carter attraverso l'albero, cavo, che montava infatti alla sua estremità posteriore un carburatore molto semplice, costituito da

ter. Lo scarico avveniva invece attraverso delle normali valvole in testa (una per cilindro), prive di una qualsiasi forma di condotto di scarico e azionate per mezzo di aste di punteria da un'unica grande camma coassiale all'albero e ruotante a velocità dimezzata rispetto al motore (siste-

ma che diverrà standard su tutti i radiali, anche fissi).

Ovviamente la lubrificazione era a perdita: l'olio finiva inevitabilmente nei cilindri attraverso le valvole e veniva quindi espulso dagli scarichi; da qui la necessità di adottare come lubrificante l'olio di ricino, che brucia senza lasciare consistenti residui carboniosi ed è solubile nella benzina, come pure di dotare i velivoli di quelle caratteristiche capottature avvolgenti, aperte inferiormente, il cui unico scopo era quello di impedire che la nuvola d'olio proiettata dal motore andasse a imbrattare tutta ciò che si trovava sulla sua scia (pilota compreso) e si riversasse invece lungo la parte inferiore del velivolo.

Lo Gnome finiva così per consumare una quantità d'olio pari a circa un terzo della quantità di benzina (il che si traduceva in una spesa in lubrificante pressoché doppia rispetto a quella in carburante); se a ciò si aggiunge la necessità di mantenere piuttosto ricca la miscela aria-benzina per scongiurare eventuali ritorni di fiamma in caso di cattiva tenuta da parte delle valvole dei pistoni, si capisce perché lo Gnome non fosse un motore particolarmente parco nei consumi (non era d'altronde un motore economico: quando uscì il suo prezzo d'acquisto era superiore a quello di tutti i suoi concorrenti); il suo impiego risultava quindi vantaggioso solo a bordo di velivoli cui non erano richieste particolari doti di autonomia, come i caccia, perché altrimenti la maggior quantità di carburante e di olio annullava i van-



A sinistra: il cilindro di un Monosoupape, con l'anello di tenuta in ottone (Monosoupape era sia marchio che nome comune, per «monovalvola»). Sotto: il Gnome BB.18c da 240 CV.

tuale bloccaggio in posizione aperta si traduceva automaticamente in un ritorno di fiamma che incendiando la miscela presente nel carter finiva per scaricarsi lungo l'albero, con gravi rischi per il pilota che si trovava dietro.

Nacque così, alla fine del 1912, il «monosoupape» (monovalvola), in cui la miscela che giungeva al carter era ricchissima (e quindi ininfiammabile) e passava ai cilindri attraverso delle luci di travaso che il pistone scopri-

discendente; nel cilindro si creava così una depressione che aspirava la miscela dal carter non appena il pistone scopriva le luci di travaso, miscela che mescolandosi con l'aria già presente nel cilindro ristabiliva il giusto titolo aria-benzina. In questo modo peraltro valvola e cilindro godevano di un raffreddamento supplementivo dovuto all'aria entrante (essiziale in un periodo in cui la bruciatura delle valvole era la panne più frequente) ma restava definitivamente inficiata la già limitata possibilità di regolare il regime del motore, dal momento che non vi era modo di parzializzare l'aria aspirata dalla valvola.

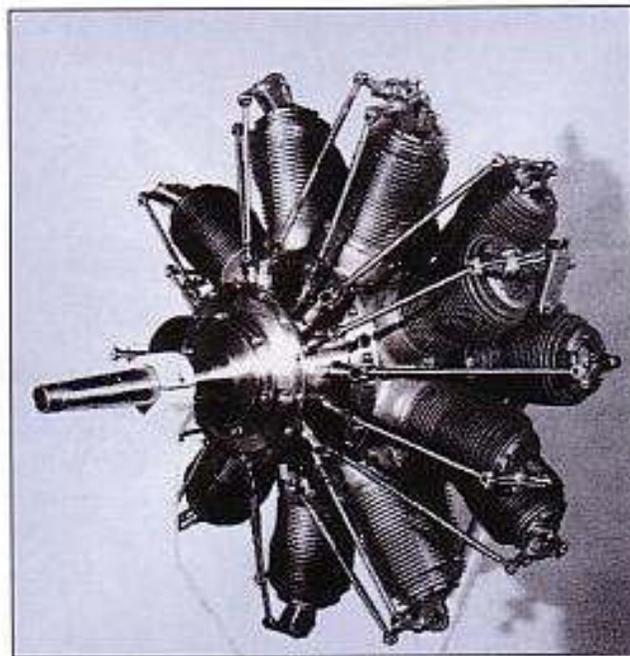
In realtà questo non costituiva un problema molto sentito, perché sui velivoli di allora il pilota aveva bisogno quasi esclusivamente della piena potenza, tranne che nella fase di atterraggio: il sistema più immediato per controllare uno Gnome era costituito, piuttosto che dalle due manette (una per la farfalla e l'altra per lo spruzzatore di benzina), da un pulsante detto «blipper» o «blip switch», posto sulla cloche, che toglieva semplicemente il contatto alle candele; il motore continuava a girare comunque grazie all'elevata inerzia, ma agendo sul pulsante ad intervalli più o meno lunghi si riusciva a dosare la potenza erogata.

Dal momento che l'idea dei due fratelli parigini era assolutamente vincente, molti si affrettarono ad emularli, producendo sin dal 1910 tutta una serie di rotativi che rispetto agli originali Gnome presentavano parecchie modifiche, spesse volte soltanto ad aggirarne i brevetti.

taggi in termini di peso rispetto ai propulsori fissi.

Ciononostante lo Gnome conobbe un successo clamoroso: ne vennero prodotti migliaia di modelli nelle varie versioni, a sette e a nove cilindri, con potenze variabili da 50 a 100 cavalli, contraddistinte ciascuna da una lettera dell'alfabeto greco (Omega, Sigma, Lambda, Delta), e di ciascun tipo venne pure messa in produzione la versione doppia, con due stelle di cilindri affiancate (che però doveva essere supportata anche anteriormente, tra l'elica e il motore).

I fratelli Seguin non si adagiarono comunque sugli allori, ma si concentrarono invece su quello che restava il componente più critico del loro motore: le valvole automatiche sul cielo dei pistoni; sottoposte a stress termici violenti e ad accelerazioni enormi, tali valvole andavano



revisionate al massimo ogni venti ore di volo (col conseguente smontaggio dell'intero motore) anche se i piloti più accorti, per eccesso di prudenza, le facevano ispezionare dopo ogni atterraggio; eccesso di prudenza d'altronde ampiamente giustificato, dal momento che un even-

in prossimità del punto morto inferiore. In pratica la valvola di scarico continuava a restare aperta anche durante la prima fase dell'aspirazione, consentendo così all'aria esterna di entrare nel cilindro, e si chiudeva solo quando il pistone aveva percorso circa due terzi della sua corsa

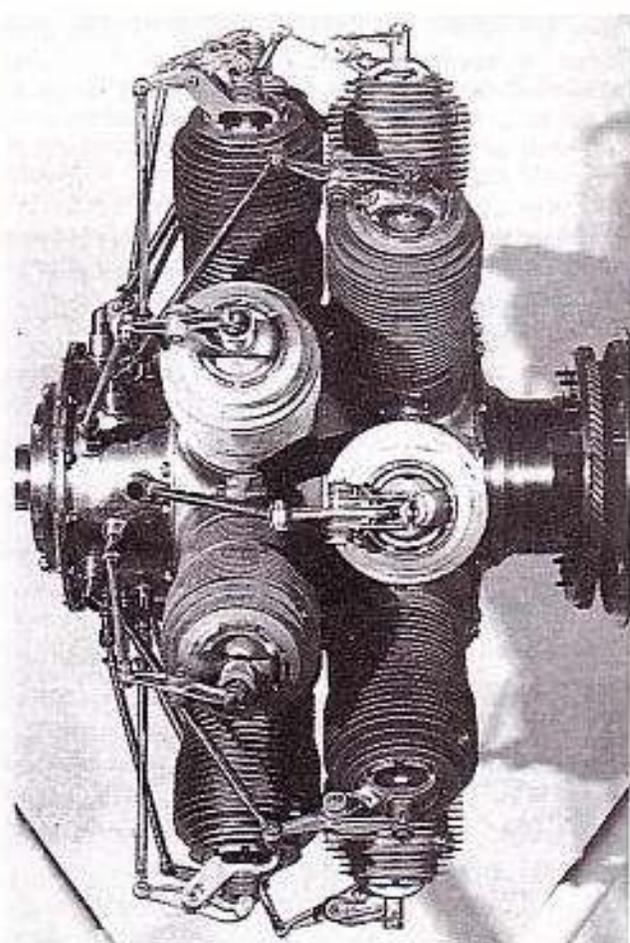
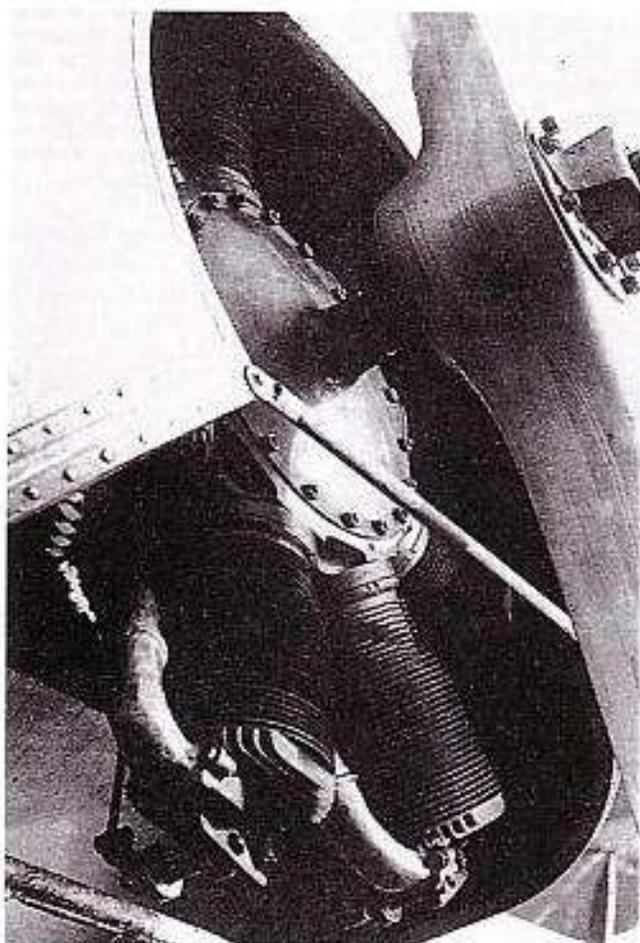
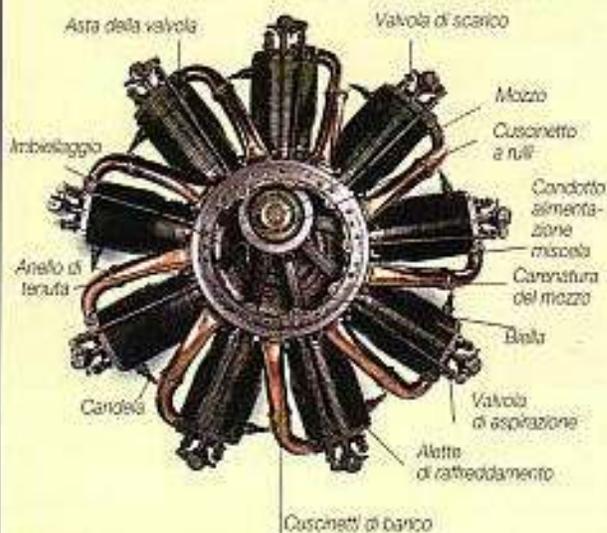


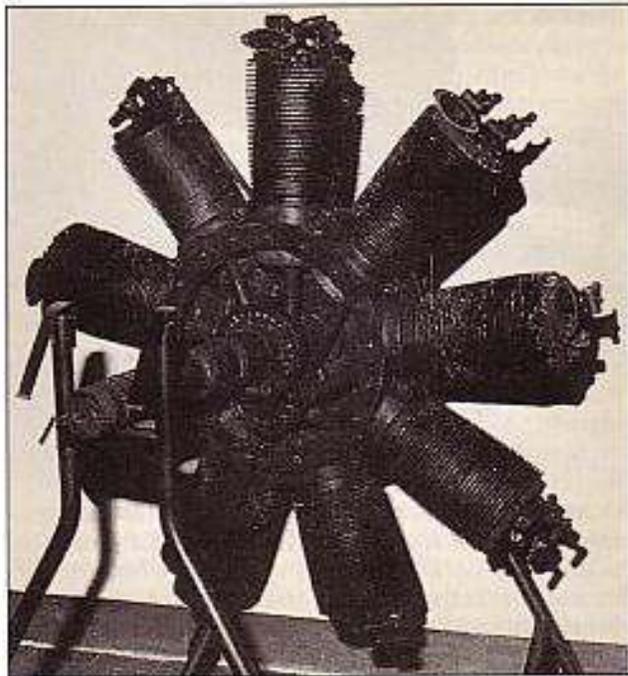
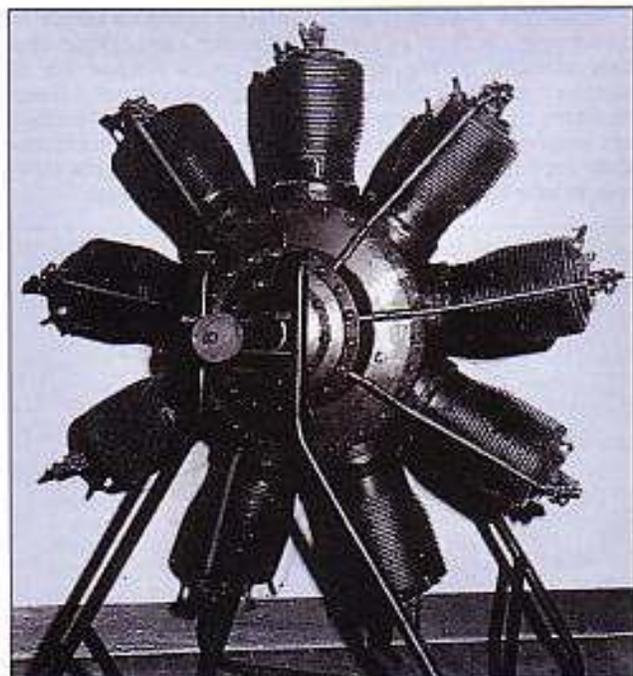
Alcuni adottavano soluzioni piuttosto bizzarre: in Italia la LUCT produsse un rotativo a sei tempi, con una corsa a vuoto del pistone tra scarico e aspirazione onde migliorare lavaggio e raffreddamento del cilindro; negli Stati Uniti apparvero i Gyro, dei monosoupape con un distributore a pistoncino

per ogni cilindro al posto delle luci di travaso: in Francia D'Henain realizzò un motore in cui i sette cilindri erano fusi in blocco col carter e in Russia Ufimtsev disegnò l'ADU-4, un rotativo che, oltre ad avere un numero pari di cilindri (sei), montava un cinematismo che consentiva ai cilindri di basculare,

A sinistra: in questo Ufimtsev ADU-4 russo da 60 CV le bielle erano solidali ai pistoni ed erano i sei cilindri che basculavano. Sotto: spaccato di un Le Rhône 9B; si notano i condotti telescopici di aspirazione ed il meccanismo delle punterie con un'asta per cilindro, a doppia azione. In fondo, a sinistra: un Le Rhône montato sulla replica di un Avro Type 504K; a destra: vista laterale di uno Gnome Monosoupape a doppia stella.

#### MOTORE ROTATIVO LE RHÔNE 9B DA 110 CV DEL 1914





dal momento che le bielle erano fissate rigidamente ai pistoni!

Non mancò però chi riuscì a progettare dei propulsori addirittura migliori degli Gnome, come nel caso di Louis Verdet, proprietario della Société des Moteurs Le Rhône, che a partire dal 1910 produsse una serie di rotativi il cui successo commerciale risultò comparabile con quello ottenuto dai motori della concorrente.

I Le Rhône erano un po' meno «esotici» degli Gnome: i cilindri ospitavano in testa due distinte valvole per l'ammissione e lo scarico (anche se azionate da un'unica asta di punteria che lavorava sia a trazione sia a compressione) e la miscela giungeva dal carter ai cilindri attraverso dei condotti sagomati in rame; condotti che fra l'altro erano telescopici, per consentire di variare il rapporto di compressione semplicemente avvitando più o meno profondamente i cilindri nel carter.

Ma forse la caratteristica

più originale dei Le Rhône era l'imbiellaggio, perché al posto del classico sistema biella madre-bielle (mantenuto poi su tutti i radiali fissi) presentava una serie di bielle con testa a pattino che eliminavano tutte le irregolarità del moto che il sistema tradizionale comporta. Soluzione originale quanto non particolarmente utile, dal momento che tutti i rotativi andavano quasi completamente esenti da vibrazioni, in quanto non presentavano parti in moto alternato; i cilindri e i pistoni descrivevano semplicemente delle traiettorie circolari che però, non essendo concentriche, comportavano un moto relativo.

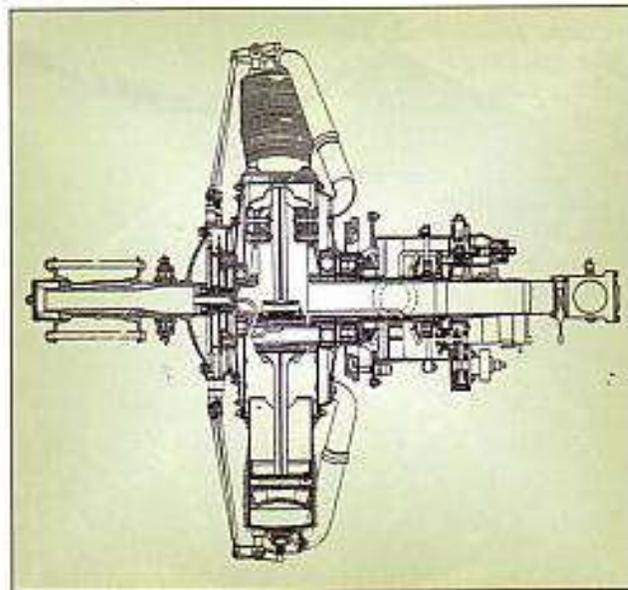
Prodotti in una serie di modelli dagli 80 ai 130 hp, i Le Rhône si rivelarono più leggeri e più parchi nei consumi dei corrispondenti Gnome, e vennero prodotti su licenza dalla Thulin in Svezia, dalla Union Switch & Signal negli Stati Uniti e, con modifiche più estese, dalla

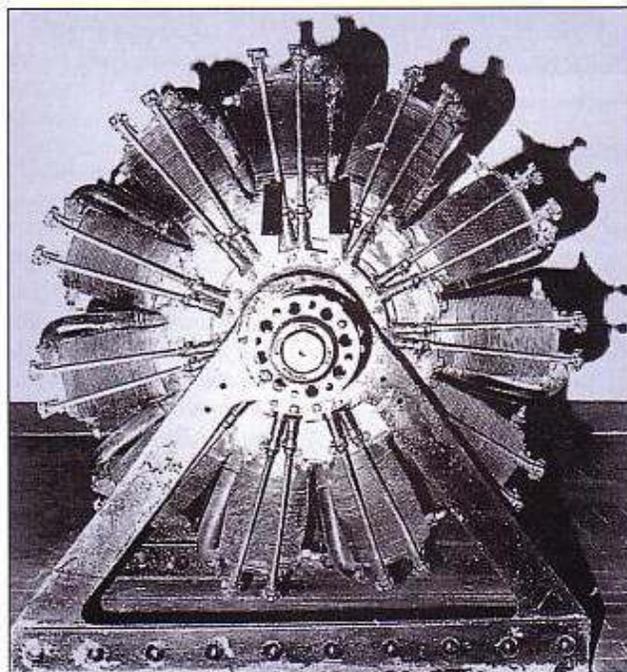
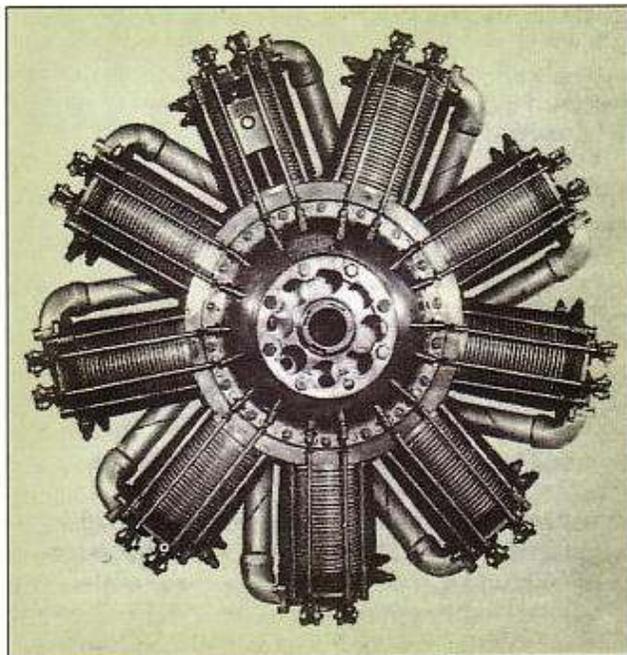
Oberursel e Goebel in Germania e come M2 in Russia.

Ancor meno stravagante, ma di certo più avanzato da un punto di vista costruttivo, fu il motore che Pierre Clerget lanciò sul mercato nel 1911: dotato di un'alettatura molto più efficiente e, novità assoluta, di pistoni in alluminio, venne prodotto nelle versioni a 7,9 e 11 cilindri (rispettivamente nel 1911, nel 1913 e nel 1915) per una gamma di potenze nomi-

*Sopra a sinistra: il Goe III era un «monosoupape» di costruzione tedesca; con una cilindrata di 27 litri sviluppava 160 CV ed un peso di 180 kg; a destra: il Clerget 9BF da 22.300 cc e 146 CV, del quale si distinguono le bielle tubolari. Sotto: sezione (originale dell'epoca) del Siemens und Halske Sh.III che, grazie alla soluzione dell'elica controrotante rispetto al motore, forniva 160 CV a 800 giri/min.*

nali che andava dagli 80 ai 200 hp. Costosissimo benché più prestante e meno assetato dei con-





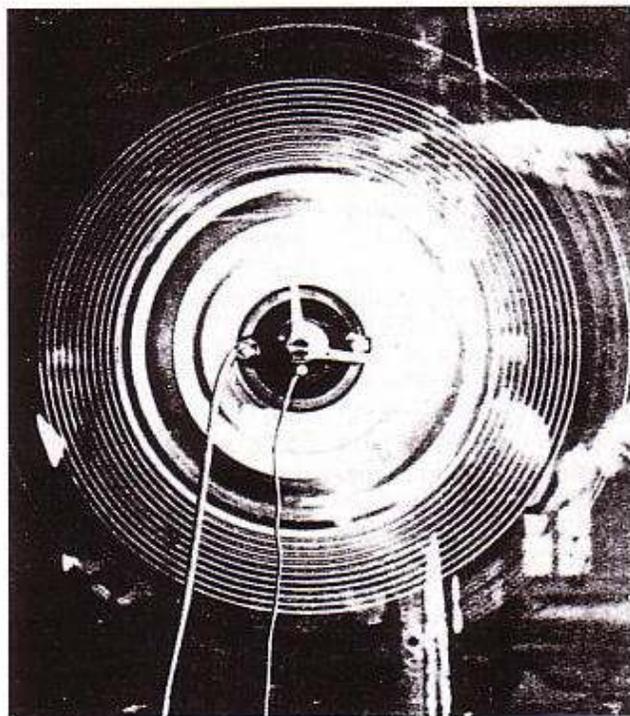
correnti, venne prodotto in migliaia di esemplari: la versione 9B da 130 hp costruita a Londra dalla Gwynnes divenne il motore standard del Sopwith Camel. Il suo difetto più serio era costituito dai gravi surriscaldamenti che si verificavano in caso di rottura dell'anello otturatore di un cilindro: per ovviarvi, l'Ammiragliato inglese diede incarico a W.O. Bentley, l'afferma-

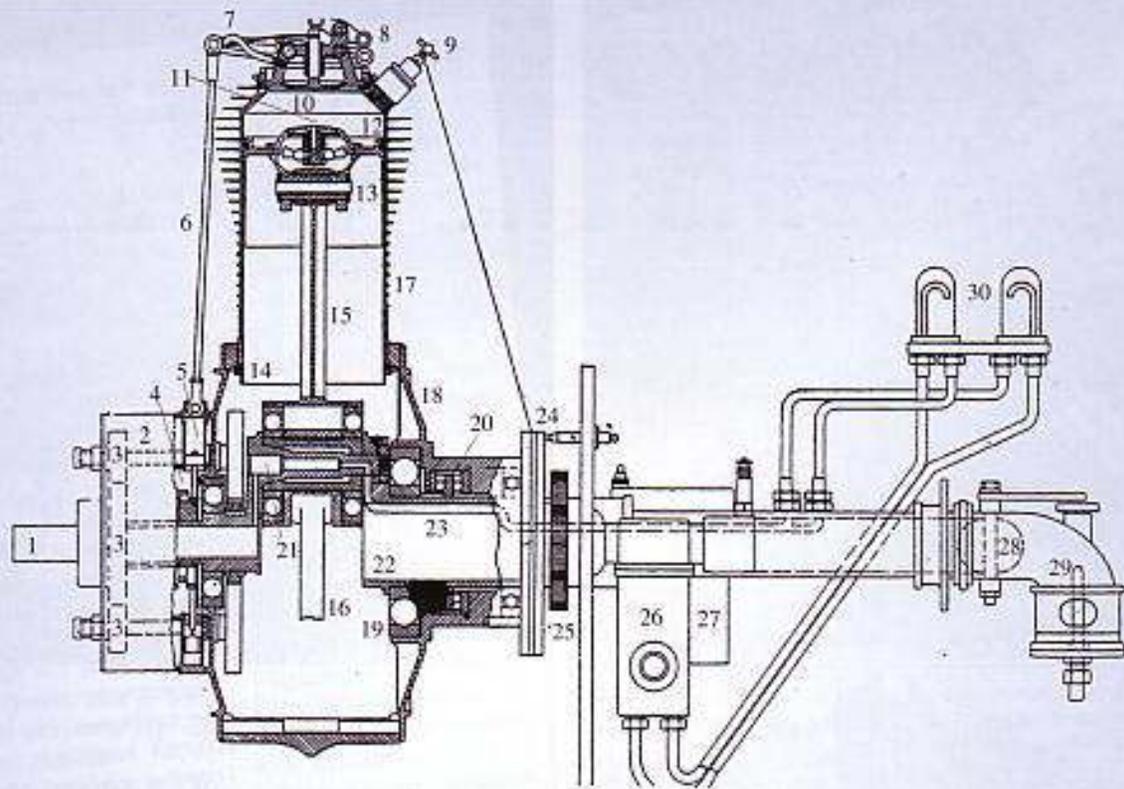
to progettista di automobili, di apportare le necessarie modifiche al motore francese, anche nell'ottica di ridurne i costi di produzione. Ne scaturì dapprima l'AR1 (Admiralty Rotary 1) da 150 hp, ottenuti aumentando l'alesaggio, e quindi, nel 1915, il BR1 (Bentley Rotary 1), che mantenendo invariate cilindrata e potenza introduceva tutta una serie di novità quali i

**Dal manuale di pilotaggio del Sopwith Pup, propulso da un Le Rhône da 80 hp:**

*«Teoricamente la giusta alimentazione può essere ottenuta una volta sola per ogni assetto della manetta, così che una volta sistemata la cosa non c'è più bisogno di intervenire di nuovo, dovendo poi agire sulla manetta solo per mantenere un assetto di volo costante. In pratica, se sarà stato trattato in questo modo, il motore funzionerà, ma migliori risultati possono essere ottenuti variando la regolazione della miscela al variare della manetta. Per l'avviamento del motore la manetta dovrebbe stare chiusa, finché il motore funziona a poche centinaia di giri al minuto; poi si taglia l'alimentazione della benzina fino a quando il motore comincia a venire meno. Ciò determina una posizione al di sotto della quale la levetta non può essere usata. La manetta è poi spinta in avanti bene aperta e la levetta dell'alimentazione viene avanzata finché si raggiunge il massimo dei giri. Un fumo troppo nero significa che nella miscela vi è troppa benzina: se è troppo chiaro vuol dire che vi è una predominanza di olio».*

**A sinistra, sopra: il Bentley BR.2 da 25 litri di cilindrata, in grado di sviluppare 234 HP a 1.300 giri/min; sotto: vista frontale del Siemens und Halske Sh.III, del quale si può vedere la sezione alla pagina precedente. Sotto: singolare fotografia di un motore rotativo durante il funzionamento.**





SPACCATO DI UNO Gnome 50

- |   |  |  |  |
|---|--|--|--|
| 1. Asse portaelica  | 7. Molla della valvola di scarico                  | 15. Biella madre                         | 25. Prese di forza degli accessori (pompa e magnete)       |
| 2. Scatola del comando della distribuzione                      | 8. Sistema di bilancieri contrappesati             | 16. Bielella                             | 26. Pompa dell'olio  |
| 3. Ingranaggi riduttori per l'azionamento della camma           | 9. Candela   | 17. Cilindro                             | 27. Magnete  |
| 4. Camma (coassiale all'albero e ruotante a velocità dimezzata) | 10. Valvola di scarico                             | 18. Carter                               | 28. Valvola a farfalla                                     |
| 5. Registro delle punterie                                      | 11. Valvola automatica sul pistone (contrappesata) | 19. Cuscinetti di banco                  | 29. Getto della benzina                                    |
| 6. Asta di punteria   | 12. Anello otturatore                              | 20. Cuscinetto reggispinta               | 30. «Spie» dell'olio (da montare sul cruscotto dell'aereo) |
|   | 13. Spinotto                                       | 21. Manovella                            |  |
|   | 14. Pistone  | 22. Albero cavo                          |  |
|   |  | 23. Condotto dell'olio (sdoppiato)       |  |
|   |  | 24. Distributore rotante dell'accensione |  |

cilindri in alluminio con camicie in acciaio, le testate fissate direttamente al carter mediante bulloni prigionieri e la doppia accensione; prodotto in gran numero, il BR1 si rivelò affidabile ed efficiente, e andò anch'esso a equipaggiare parecchi Sopwith Camel. Nel 1916 Bentley ne mise in cantiere una versione ingrandita: il BR2 entrò in servizio nell'aprile 1917, e con i suoi 230 hp di potenza per 224 chilogrammi di peso rappresentò il vertice di questa particolare tipologia propulsiva.

In realtà l'epoca dei rotativi era già al suo tramonto: quei motori sporchi e puzzolenti di olio di ricino che avevano contribuito a creare l'epopea dei grandi assi della Grande Guerra, consentendo loro manovre altrimenti impossibili senza l'aiuto delle consistenti coppie di reazione di uno Gnome o di un Clerget, conobbero il loro declino proprio sul finire della Prima Guerra Mondiale. Col crescere della richiesta di potenza, il motore rotativo cominciò a mostrare i suoi limiti: aumentandone le

dimensioni, quelle stesse doti che ne avevano fatto la fortuna si rivelarono degli handicap; l'effetto ventilante sottraeva una percentuale di potenza eccessiva, il raffreddamento non omogeneo comportava delle deformazioni inaccettabili sui cilindri di grosse dimensioni, l'enorme effetto giroscopico rendeva ingovernabili i velivoli.

Un estremo tentativo per rivitalizzarne il principio venne tentato nel 1917 dalla «Siemens und Halske» che produsse una serie di rotativi (il più

importante dei quali fu l'Sh III da 11 cilindri da 160 hp di potenza) in cui l'elica girava in un senso e la stella di cilindri nell'altro: in questo modo, a 1.600 giri, l'elica e il motore ruotavano ciascuno ad un regime molto più ragionevole di 800 giri al minuto, alleviando i problemi citati in precedenza e al contempo migliorando il rendimento dell'elica; ciononostante, tutta una serie di problemi alle valvole, alle fasce elastiche e agli ingranaggi ne segnalarono definitivamente la sorte. ■