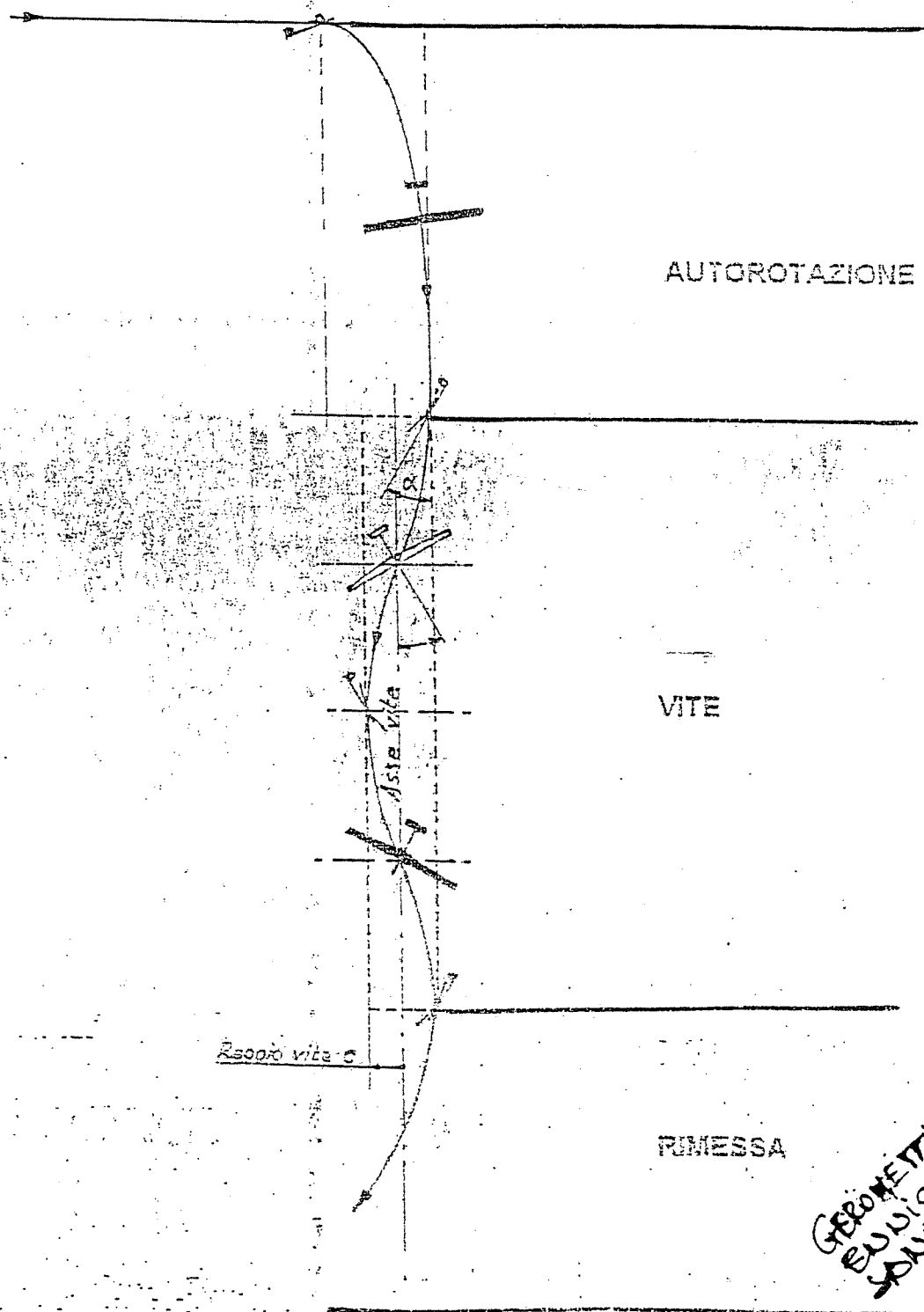


Pietro Longaretti
(2^a edizione ampliata e corretta - 2000)

LA VITE CON L'ALIANTE



Ai piloti Giancarlo Maestri e Angelo Colombo (caduti allenandosi alla vite).

PREFAZIONE

Qualche tempo dopo la pubblicazione della 1^a edizione (1997) mi fu fatta la seguente critica : "A che serve fare la vite? La vite è un problema dei progettisti, dei collaudatori e degli istruttori. Basta non entrare in vite e si sta lontani dai guai."

Secondo me un pilota d'aliante deve sapere riconoscere la vite in cui è incappato, deve saperne uscire e deve starne alla larga quando si trova a bassa quota. Ma per imparare a riconoscerla, per allenarsi a sentire tutti i minimi particolari che la pre-segnalano, per uscire indenne nelle svariate occasioni di vite della pratica, è bene che il pilota sia stato preparato, sia allenato e conosca anche i principi teoretici che i progettisti ed i piloti inizialmente trovarono alquanto misteriosi (e vale la pena di conoscerne la storia) e che stanno alla base dell'avvitamento mai totalmente sotto controllo.

Questa monografia ha l'ambizione di presentare l'argomento in maniera completa e per renderne meno pesante la lettura e lo studio è stata suddivisa in 3 parti e cioè :

1. Una prima parte, la giornalistica.

Aneddottica di piloti collaudatori. (Tre episodi realmente accaduti durante il collaudo della vite con alianti).

2. Una seconda parte, la scolastica. (Per piloti di aliante praticanti. Buon ripasso).

Didattica di piloti esperti, collaudatori e istruttori (Abbiamo attinto a libri di E. Bergomi e di D. Piggott, all'esperienza di S. Wielgus e a nostri ricordi da istruttore).

3. Una terza parte, la teoria. (Settore storia : un sintetico libro di storia della vite. Settore teorico-tecnico : da consultare come un manuale).

L'ingegneria. (Da un ottimo trattato sulla vite di A. Lausetti e F. Filippi del Politecnico di Torino. Lo abbiamo qui rielaborato per gli alianti).

La risposta alla critica (a che serve fare la vite...) è tutta nella presente monografia.

I ricordi del pilota Stanisław Wielgus sono stati a lui strappati in un conversare amicale e possono peccare di qualche imprecisione nelle date, non nel contenuto.

ANEDDOTICA SU : COLLAUDI DI ALIANTI

Tre schemi di principio per comprendere le descrizioni dei piloti :

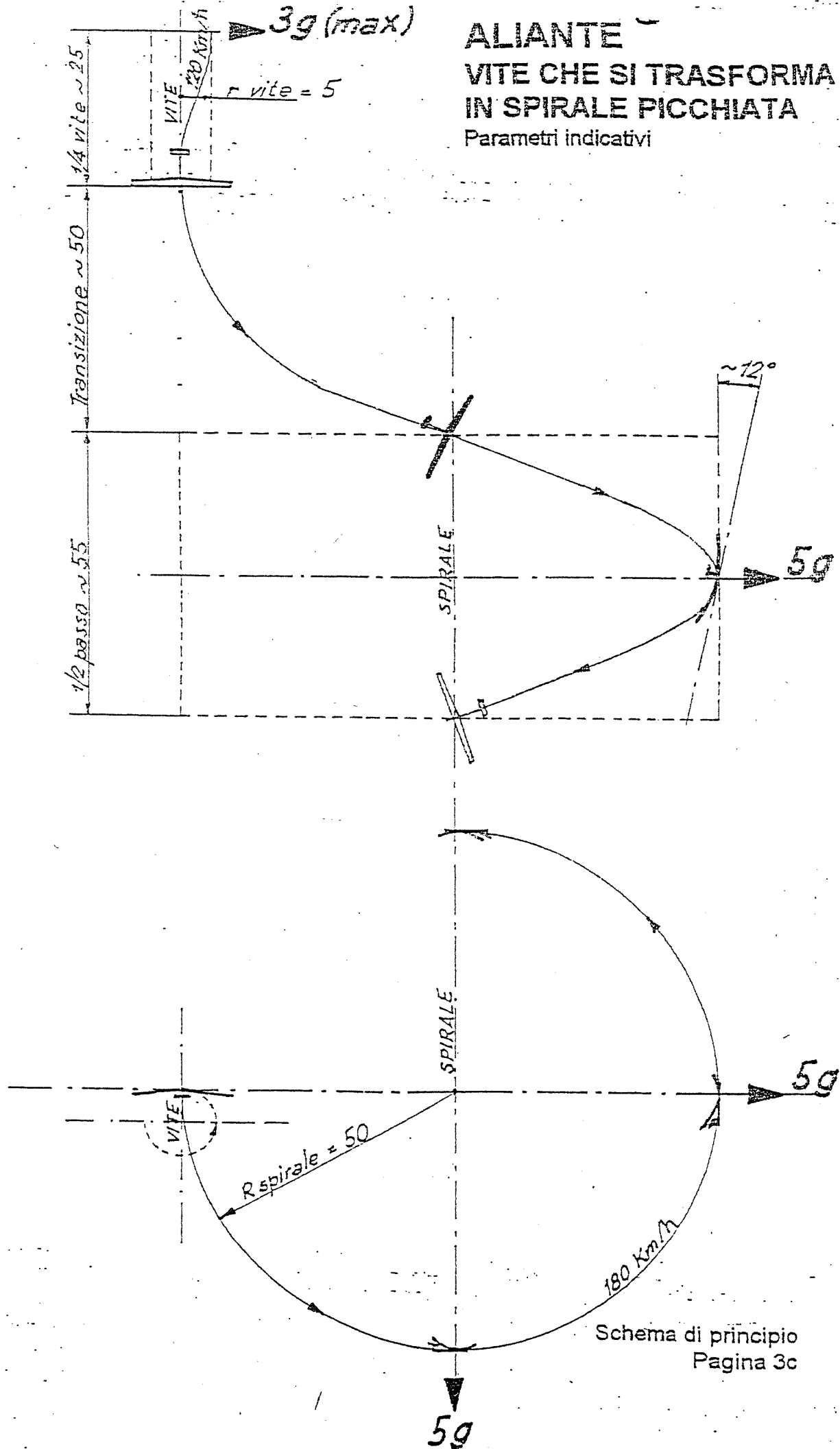
- Pag. 3a. Un aliante in vite normale
- Pag. 3b Un aliante in vite piatta
- Pag. 3c Vite che si trasforma in spirale picchiata

Gli episodi di vita vissuta vanno da Pag. 4 a Pag. 14

ALIANTE

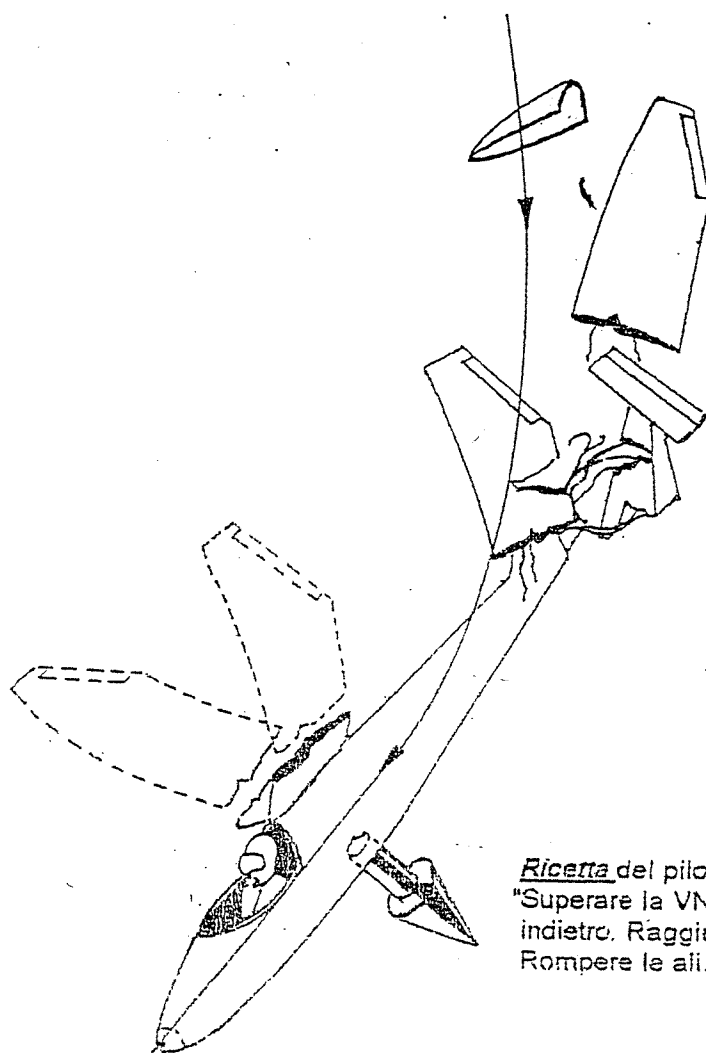
VITE CHE SI TRASFORMA
IN SPIRALE PICCHIATA

Parametri indicativi



Schema di principio
Pagina 3c

1.- COLLAUDO DELLA VITE DELL'ALIANTE SZD-30-PIRAT CON BARICENTRO MOLTO AVANZATO FIGURA 1



Impossibilità per il
pilota di uscire dalla
cabina a causa della
Forza centrifuga
(anche oltre i "5 g")

Ricerca del pilota collaudatore Wielgus :
"Superare la VNE. Poi dare fortissima barra
indietro. Raggiungere carico di rottura.
Rompere le ali."

Dopo la rottura delle ali .

- la velocità doveva restare elevata (ma il problema era relativo)
- i "g" dinamici dovevano azzerarsi. Quindi il pilota poteva uscire dalla cabina.

Così fu.

Nota. Il pilota uscì ma rimase impigliato per qualche secondo nei cavi che fuoriuscivano dai timoni spezzati dalle ali. Quando si fu liberato, azionò il paracadute. Il paracadute rimase aperto qualche secondo solo prima di toccare terra. Si trovò in un providenziale avvallamento del terreno.

IL FATTO

Bielsko Biala (Polonia, 1967).

Racconto di Stanislaw Wielgus.

La Svezia ha ordinato una ventina di Pirat. Gli svedesi sono di taglia alta e robusta (più della media polacca). La PZL (leggi PEZETEL) decide di ricontrollare il comportamento in vite dell'aliante con baricentro un po' più avanzato. Quindi si aggiunge zavorra al posto anteriore.

Ai comandi dell'aliante si trova Stanislaw Skrzydlewski, capo pilota collaudatore della PZL.

Stanislaw Wielgus è presente in qualità di pilota collaudatore dell'Istituto dell'Aviazione Civile di Varsavia (una specie di NACA polacco).

A bordo è installato un *voice recorder* costituito da un registratore a filo. Niente radio.

La prova ha inizio alla quota di 2000 metri.

Dopo alcuni giri con uscite regolari, osservate anche da terra, avviene il disastro, cioè una vite ininterrotta fino allo schianto a terra. L'unica testimonianza tecnica di ciò che è avvenuto realmente a bordo sarà la registrazione magnetica. La voce del collaudatore dice: "1200 metri. Entro in vite, 1, 2, 3 (giri, NDR). Esco. Non esce, non esce, *kurcze blade*" (*).

Wielgus, sempre didascalico, spiega: Significa gallinella chiara, ma in russo blacz vuol dire puttana.

La disgrazia non sembra avere spiegazioni.

Una ipotesi: la zavorra aggiunta si è mossa e ha bloccato qualche comando? Dai rottami non risulta alcunché.

Wielgus rientra a Varsavia dove proseguirà l'investigazione con calcoli, riunioni e prove pratiche, sia con la PZL sia autonomamente come Istituto.

A quel tempo l'Istituto di Varsavia possiede un potente elicottero (SM-1 da 600 CV). Il capo Dipartimento Alianti dell'Istituto, ingegner Bojanoroski, di fronte ad un incidente così inspiegabile, prende le seguenti decisioni:

1. Iniziare le prove di vite il più in alto possibile (quindi elicottero potente e quota 4000 metri).
2. Terminare comunque le vite a 2000 metri.

Decisioni sagge.

Le prove in volo furono svariate. La maggior parte di queste prove furono eseguite da Wielgus.

Le prove consistevano in vite con aliante in diverse configurazioni come:

- CG spostato
- entrata in vite normale
- uscita secondo la regola (piede, tempuscolo, barra avanti, centralizzazione, richiamata)
- entrata in vite con barra da un lato
- uscita con simulazione di blocco della barra da un lato

- blocco rotazione di solo piede
- blocco rotazione di sola barra
- un alettone sganciato
- un diruttore sganciato
- forte vento
- altro.

Le prove furono sempre positive. Wielgus non perde l'occasione per essere didascalico e quindi dice : "Le frazioni di giro, le quantità di giri, la quota persa per giro, le centrifughe erano le più varie e mai le stesse."

E ancora : "Non sempre la vite era una vite vera e propria. A volte era uno stallo storto, a volte c'era una uscita spontanea, altre volte la vite si trasformava in una spirale picchiata. Le uscite erano molto varie come quantità di frazione di giro prima del blocco della rotazione, velocità anemometrica al termine della rotazione, eccetera. E l'assetto era più o meno picchiato, fino ad avere la percezione, come pilota, di essere in vite piatta, di cambiamenti di passo. Insomma raccogliemmo una mole enorme di dati."

In conclusione arrivarono ad una opinione unanimemente condivisa :

"Quell'incidente non fu colpa del tipo di aliante. Fu colpa di quell'esemplare di aliante".

A seguito di queste conclusioni, decisero di collaudare gli alianti da consegnare alla Svezia ad uno ad uno nella configurazione vite.

Wielgus fu incaricato di eseguire i collaudi di ciascun aliante a Bielsko Biala presso la PZL.

Mi racconta che si era preparato ricette (sic, nel suo inimitabile italo-polacco) nel caso si fosse trovato nella situazione del suo sfortunato amico Skrzydlewski. Di queste ricette ne apprezzeremo una in particolare tra poco.

Ma, come dice Chuck Yeager nel suo "Vivere per volare", a proposito di piloti collaudatori, "Oltre ad abilità occorre fortuna. Il giorno in cui la fortuna ti abbandona, fai un buco per terra".

Wielgus la fortuna, quel giorno, l'ha avuta (ma se l'era potuta preparare perché un suo amico gli aveva preparato la strada). Altrimenti...

Al collaudo del 3° o 4° esemplare di Pirat, Wielgus si trova a 2300 metri e può fare ancora una entrata ed una uscita dalla vite (ordine del Direttore del Dipartimento).

In tutti questi collaudi usano adesso il voice recorder ed anche la radio.

Wielgus racconta :

"Entro in una vite molto picchiata. La vite si trasforma presto in una spirale picchiata e prendo troppa velocità. Dò barra laterale per recuperare il rollio.

Tiro la barra per ridurre l'assetto picchiato. La barra resta bloccata lateralmente. Non c'è verso di sbloccarla. Devo lanciarmi e avviso per radio. Via la cappottina. Slacciare le cinture. Mi rannicchio e faccio per alzarmi dal seggiolino. La forza centrifuga della spirale picchiata non mi permette di lanciarmi. Ah, la ricetta! Eccola : Aumentare velocità. Oltre la VNE. Tirare la barra il più decisamente e fortemente possibile. L'aliante si DEVE rompere. Infatti si rompe. Le ali si spaccano e tranciano la coda. Termina la centrifuga. Posso lanciarmi. Mi lancio. Ma appena fuori c'è un nuovo problema (senza ricetta stavolta). Le funi d'acciaio della fusoliera ~~rotta dall'ala mi agganciano un piede.~~ La mia esperienza di paracadutista (obbligatoria a quei tempi in Polonia per i piloti collaudatori) mi dice di non aprire il paracadute prima di essermi liberato. Secondi lunghissimi. Sforzi senza speranza. Libero. Tiro la maniglia del paracadute. Passa un secondo... e pesto per terra piuttosto duramente. Mi trovo in una depressione di una cinquantina di metri rispetto al campo di volo in erba di Bielsko. (Si diceva della fortuna...) Mentre sono lì ancora frastornato mi cadono vicini alcuni pezzi di Pirat che si conficcano nel terreno come frecce. Salvo."

A questo punto gli investigatori della PZL e dell'Istituto hanno raggiunto un punto fermo nella ricerca : "C'è in qualche caso un bloccaggio laterale della barra. Ma il quando ed il perché sono ancora sconosciuti." La soluzione in verità è lì, quasi a portata di mano, ma non la vedono.

Interviene il caso. Un caso fortuito.

A Parigi, al Bourget, è in corso la periodica Esposizione Aerea Internazionale. Là c'è Jerzy Smielkiewicz (capo del Progetto e della Produzione del Pirat). Un Pirat è parcheggiato al suolo in esposizione. Un elicottero, sorvolando di pochi metri l'aliante, invortica nel flusso d'aria l'aliante sottostante, lo solleva scompostamente e poi lo fa sbattere violentemente al suolo. Anche le ali sono deformate e danneggiate. Analisi immediata dei danni. Smielkiewicz scopre che un alettone è rimasto bloccato nell'incavo dell'ala dove avviene la rotazione. Perché? Perché c'è stata una certa deformazione dell'ala. Smielkiewicz realizza il seguente concetto : ma allora ciò si può verificare anche in volo se e quando ci fosse una certa deformazione. Corre al telefono. Si mette in contatto con Bielsko. Racconta i fatti e la sua ipotesi. Gli rispondono "Grazie. Lo sappiamo anche noi da pochi minuti. Wielgus si è lanciato perché c'è stato un blocco ala/alettone".

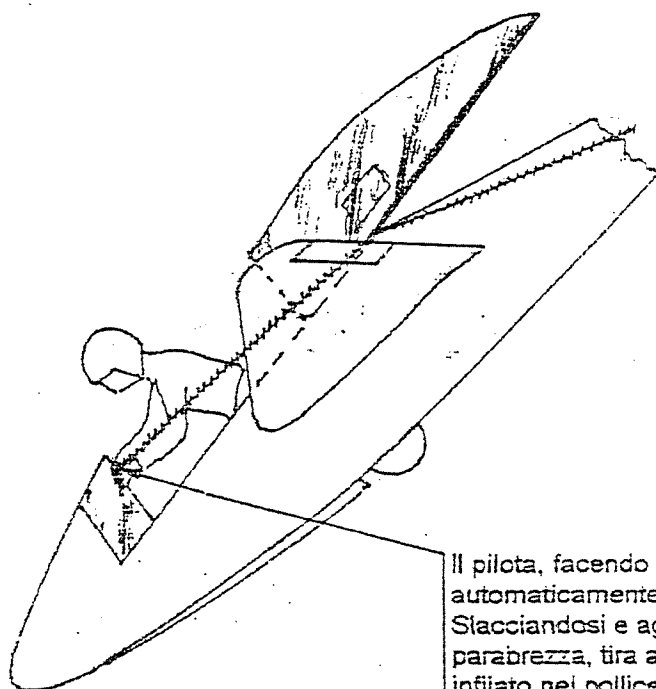
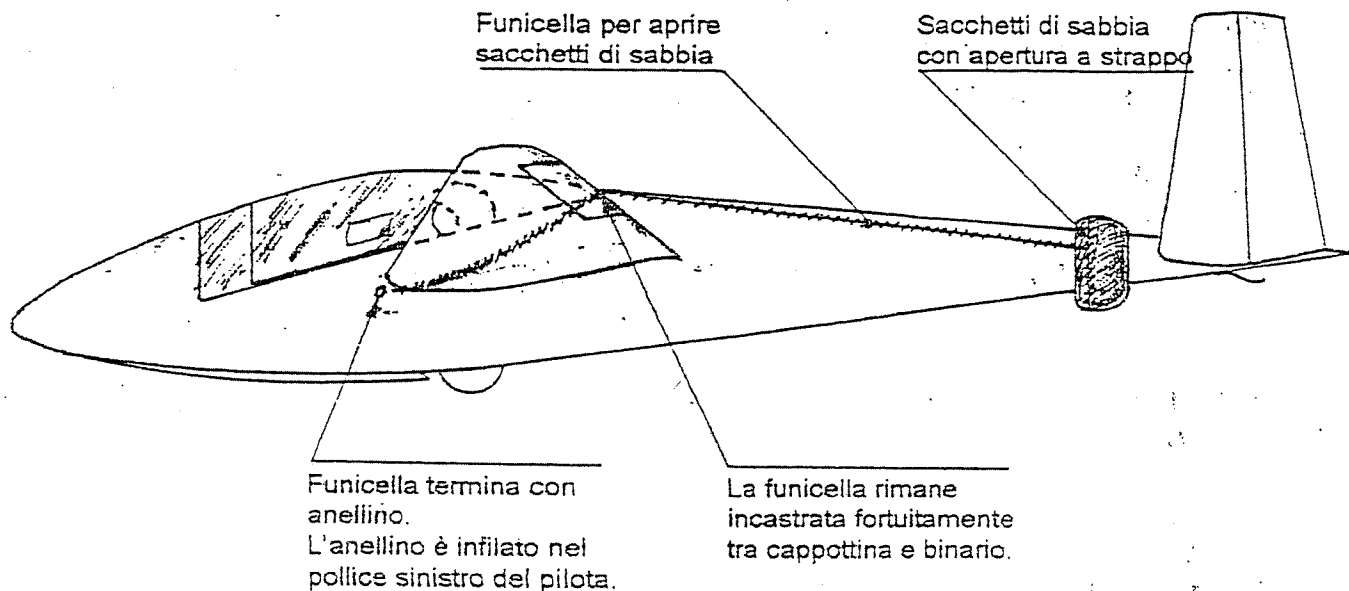
L'analisi appurò senza ombra di dubbio che il gioco ala/alettone era insufficiente alla rotazione quando l'ala era flessa per carichi particolarmente alti. Problema risolto aumentando il gioco di 2 mm circa. Nell'italo-polacco di Wielgus : "Piccolo intervento per grande problema".

2.- COLLAUDO DELLA VITE DELL'ALIANTE JASKOLKA (rondine) CON BARICENTRO MOLTO ARRETRATO

FIGURA 2

Note. Jaskolka con timoni sperimentali a farfalla.

Pilota collaudatore : Stanisław Wielgus



Il pilota, facendo scorrere la cappottina libera
automaticamente la funicella.
Staccandosi e aggrappandosi al montante
parabrezza, tira anche la funicella il cui anello è
infilato nel pollice. I sacchetti si strappano.
La sabbia viene scaricata.
Il baricentro avanza.
L'aliante esce spontaneamente dalla vite piatta.
Il pilota riprende la padronanza dell'aliante.

IL FATTO.

Bielsko Biala (Polonia, metà anni 50).
Jaskolka con timoni sperimentali a farfalla.
Racconto di Stanislaw Wieigus.

Per verificare il limite posteriore del baricentro avevamo applicato all'esterno della fusoliera, un po' prima dei timoni, due sacchetti pieni di sabbia. Se necessario, lo scarico della sabbia sarebbe avvenuto da due squarci dei sacchetti, attivati mediante una funicella azionata dal pilota. La sabbia era stata essiccata in forno, per evitare che sabbia umida ghiacciata non si scaricasse. Come si vede si era usato abbastanza cervello contro l'imponderabile. Ma, per mia fortuna, come tante altre volte, avevo inventato una ricetta (NDR. La ricetta è il suo pallino ed è sua l'espressione ricetta nel suo inconfondibile italo-polacco).

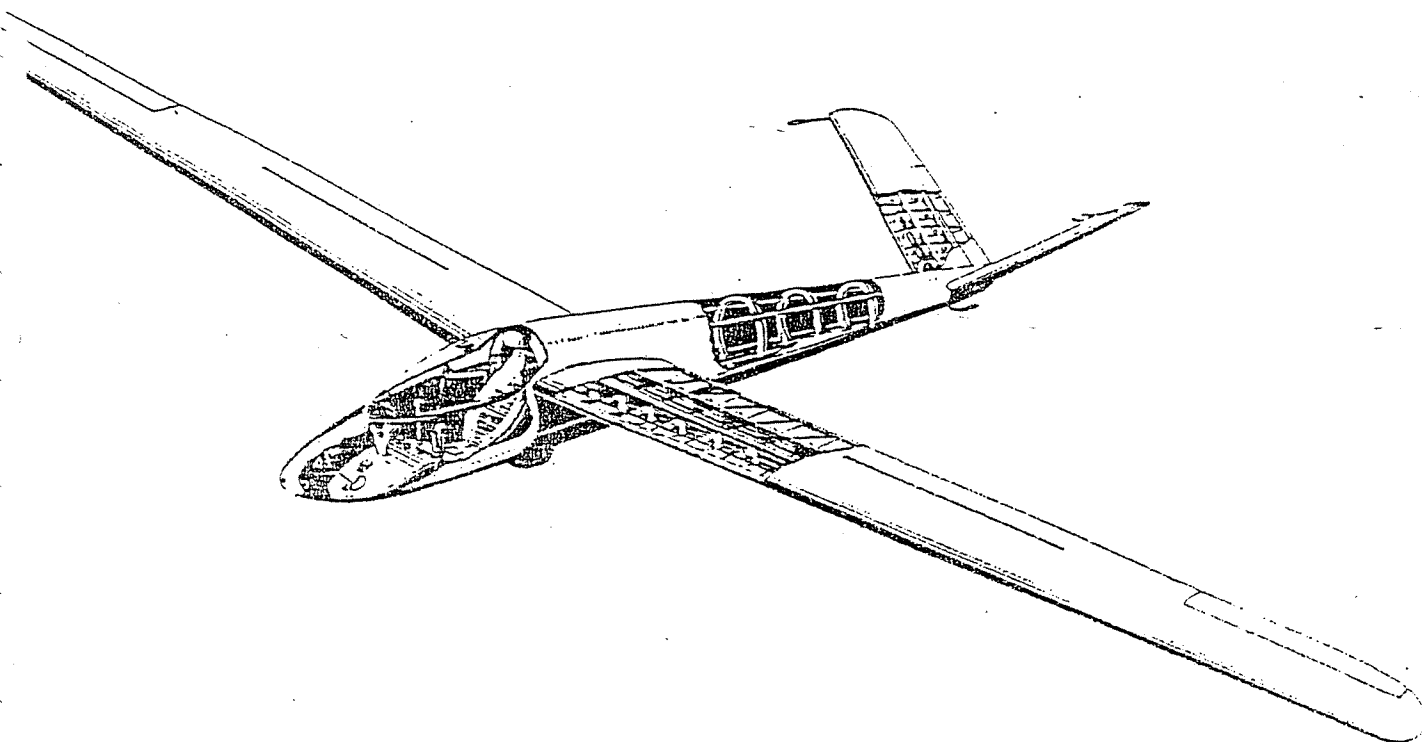
La ricetta : l'estremità in cabina della funicella terminava con un anello direttamente infilato nel pollice sinistro del pilota collaudatore. Ciò per non perdere tempo a cercarne il bandolo qualora mi fossi trovato in una vite incontrollata, con pochi secondi a disposizione, centrifugato anche di sgheombo e con panico montante.

Sappiamo che le viti piatte sono infide. Devo quindi compiere una notevole serie. Bisogna provare e riprovare tante posizioni di baricentro arretrato. Ma quanto arretrato? Ecco quindi le tante prove. Questa volta mi trovo a circa 1000 metri e ce ne sta un'altra. Dunque : entrata in vite. Per l'ennesima volta : manovra di uscita. Stavolta lo Jaskolka non ubbidisce. Niente da fare. Devo scaricare la sabbia. Tiro la funicella. L'anello non dà assolutamente segni di reazione e quindi la vite prosegue. Adesso debbo lanciarmi e alla svelta! Sblocco la cappottina e quasi la scardino verso l'indietro. Sgancio le cinghie. Mi aggrappo con entrambe le mani al montante parabrezza. Mi trovo quasi in piedi quando all'improvviso la vite si ferma da sola. L'aliante in qualche modo può essere poi da me riportato in una accettabile linea di volo. Cosa è successo? Mi accorgo che il pollice sinistro ha ancora infilato l'anello terminale della funicella. Realizzo il concetto : quando mi sono aggrappato al montante parabrezza ho portato le mani in avanti e con ciò ho tirato la funicella. Per qualche maledetta ragione, prima, era evidentemente incastrata. (Dall'inchiesta : era rimasta bloccata tra cappottina e binarietto). Non avevo fatto un'azione ragionata, ma la ricetta, inventata per un'altra ragione (non perdere tempo e anti-panico) aveva comunque funzionato. Ci fu l'errore mio iniziale di non aver verificato il funzionamento della fune. D'accordo. Ma resta valida una mia vecchia convinzione : il beota è sempre dietro l'angolo. Perciò occorrono sempre ricette anti-beota.

3.- COLLAUDO DELL'ALIANTE SHK DELLA SCHEMPP HIRTH.

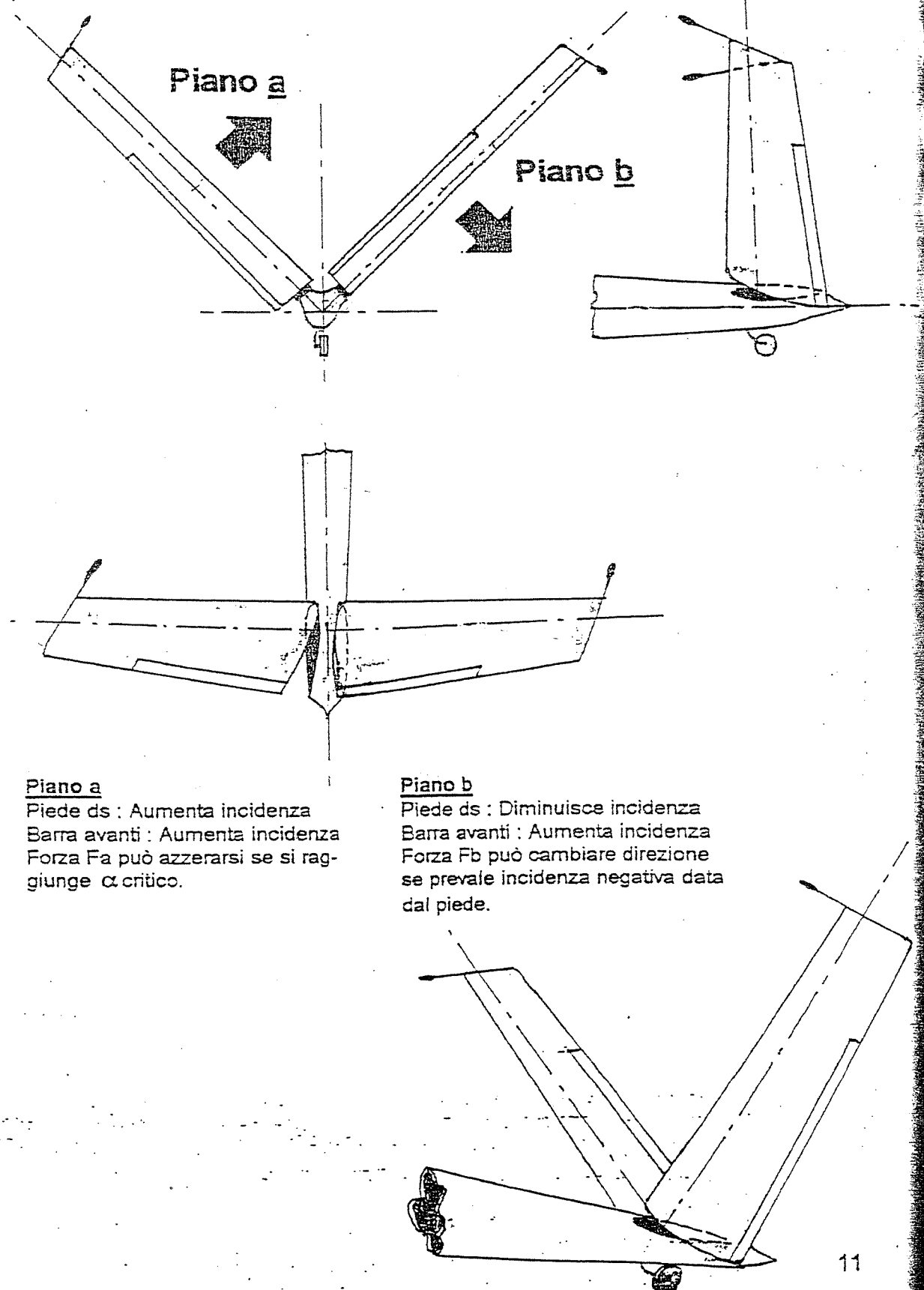
FIGURA 3
LO STANDARD AUSTRIA COI PIANI A FARFALLA.

Da questo aliante (in legno) è stato derivato lo SHK della SCHEMPP-HIRTH



«Standard Austria S».

FIGURA 4
 COME SI COMPORTANO I PIANI A FARFALLA
 IN VITE PIATTA SINISTRA
 (QUANDO SI DA' PIEDE DESTRO E BARRA IN AVANTI)



Seguito de :

IL COMPORTAMENTO DEI PIANI A FARFALLA IN VITE PIATTA SINISTRA

COMANDO DI MANOVRA	Piano a	Piano b
Piede destro Barra avanti	Più incidenza Più incidenza	Meno incidenza Più incidenza
Esempio di risultato	Incidenza può arrivare a valore critico	Incidenza può arrivare a valore di C_p max
Conseguenze su Forze aerodinamiche F_a e F_b di ogni singolo piano	Può azzerarsi	Può arrivare a valore max

La Risultante vettoriale (R) di F_a più F_b :

Se F_a diventa zero, si ha una R dimezzata. Può essere insufficiente a far modificare l'angolo Δ . (Ved. Parte Ingegneria).
Da cui impossibilità di uscire dalla vite.

IL FATTO.

Hahnweide (Germania, 1965).
Collaudatore Klaus Holigauss.

Racconto ricavato dal libro Segelfugzeuge di Peter S. Selinger.

Holigauss stava eseguendo una prova in volo dello SHK di 17 metri (derivato dallo Standard Austria) che poi doveva consegnare a Rolf Kuntz per permettergli di partecipare al campionato del mondo 1965 a South Cerney in Inghilterra.

Campionato che poi ebbe la seguente classifica :

- 1° Jan Wroblewski su Foka 4
- 2° Rolf Kuntz su SHK
- 3° Rolf Spaenig su D-36 Circe.

Il collaudo consisteva nel trovare il punto più arretrato possibile del baricentro.

Holigauss è in vite piatta e ad un tratto comunica per radio : "Debo lanciarmi". Getta via la cappottina e slaccia le cinghie. Per uscire in qualche modo si aggrappa anche alla maniglia dei diruttori e si tira su. L'avvitamento si arresta stranamente da solo. L'alliante si trova a 300 sopra una valle boscosa a sud di Hahnweide. Passato il comprensibile spavento, Holigauss resta in volo ancora per due ore. Chi di noi ne sarebbe capace? I collaudatori sì. La cappottina intatta è poi ritrovata da Martin Schempp nel bosco.

Solo due anni più tardi, durante i voli di collaudo del prototipo del Cirrus 17 metri (anch'esso coi piani a farfalla come lo SHK), Holigauss sviscera la causa di quanto gli è accaduto quella volta.

Speculazione sul fatto e spiegazione.

Con CG arretrato, la vite è ovviamente di tipo piatto. Si esce come sempre in modo classico :

- Tutto piede opposto
- tempuscolo
- barra avanti
- comandi al centro e richiamata.

Ma la forza risultante R , comunque sempre necessaria per modificare l'angolo di deviazione Δ (Ved. Parte Ingegneria), nel caso dei piani a farfalla, può essere in certi casi dimezzata o addirittura inesistente. Nell'ultimo caso non si uscirebbe mai dalla vite. Negli altri, a volte, con gravi ritardi.

Dalla Figura 4 e dalla tabella della pagina successiva si capisce che, nel caso in specie, certamente :

- la risultante R era piccola o inesistente
- l'asse dell'aliante non poteva essere modificato
- l'aliante restava in vite.

E fin qui tutto era chiaro a Holigauss. Ma fino ad allora non aveva capito perché questa risultante R fosse poi ritornata in modo sufficiente e quasi per incanto. Da progettista aveva comunque preso subito le sue buone contromisure :

- riduzione della posizione posteriore del CG.
- Da cui vite piatta solo entro certi limiti.

Aveva risolto il problema, punto e basta. Ma si arrovellava sul tema. Adesso, dopo voli e voli di collaudo in tutte le condizioni di CG, ad Holigauss si accende la lampadina :

- Essere senza cappottina (sganciata e gettata via)
- essersi aggrappato alla maniglia diruttori per tirarsi su (e quindi avendoli aperti)
- essersi sporto in parte col corpo fuori dall'abitacolo aveva generato un flusso vorticoso di aria. Flusso vorticoso che aveva investito i piani a farfalla dando loro l'energia sufficiente. Ecco. Bisogna trovare energia. E l'energia si ha, ad esempio, con un bel timone di direzione, ampio e mai in ombra aerodinamica. Nemmeno se la vite è piatta fino a 90°
- ma anche la posizione del proprio corpo aveva modificato in parte la posizione del Cg portandolo un po' più avanti.

Ovvvia soluzione :

abbandonare i piani a V.

Infatti Holigauss, sullo stesso Cirrus 17 metri di serie passa ai piani a croce. E sugli alianti successivi attua la soluzione dei timoni a T (soluzione ormai generalizzata da tutti i progettisti).

La vite piatta è una brutta bestia e se ci si casca sono dolori. Quei collaudi furono utili come non mai ai fini della sicurezza.

LA DIDATTICA DELLA VITE

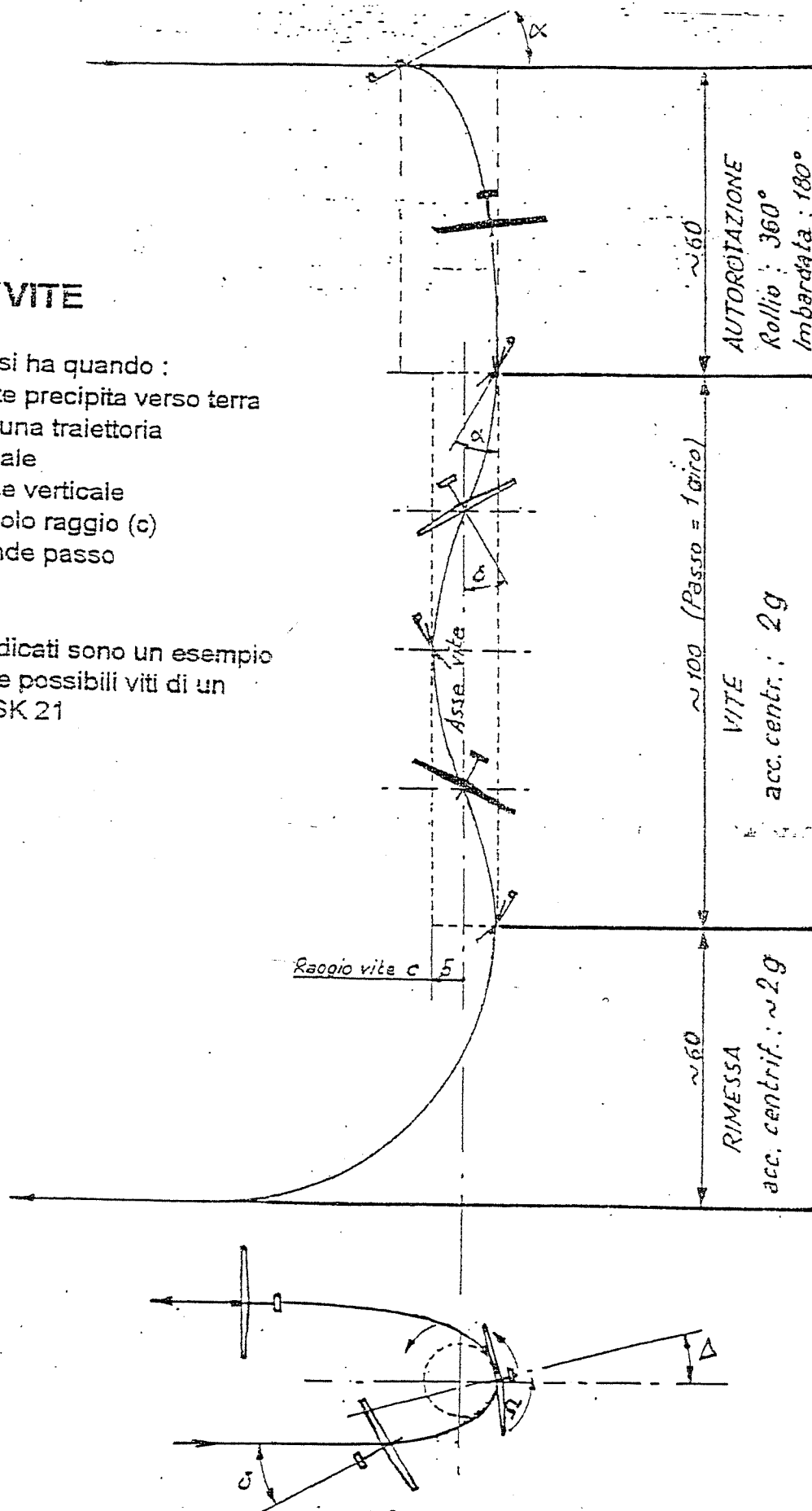
Da Pagina 16 a Pagina 44

1.- LA VITE

La VITE si ha quando :

- l'aliante precipita verso terra
- lungo una traiettoria
- elicoidale
- ad asse verticale
- di piccolo raggio (c)
- di grande passo

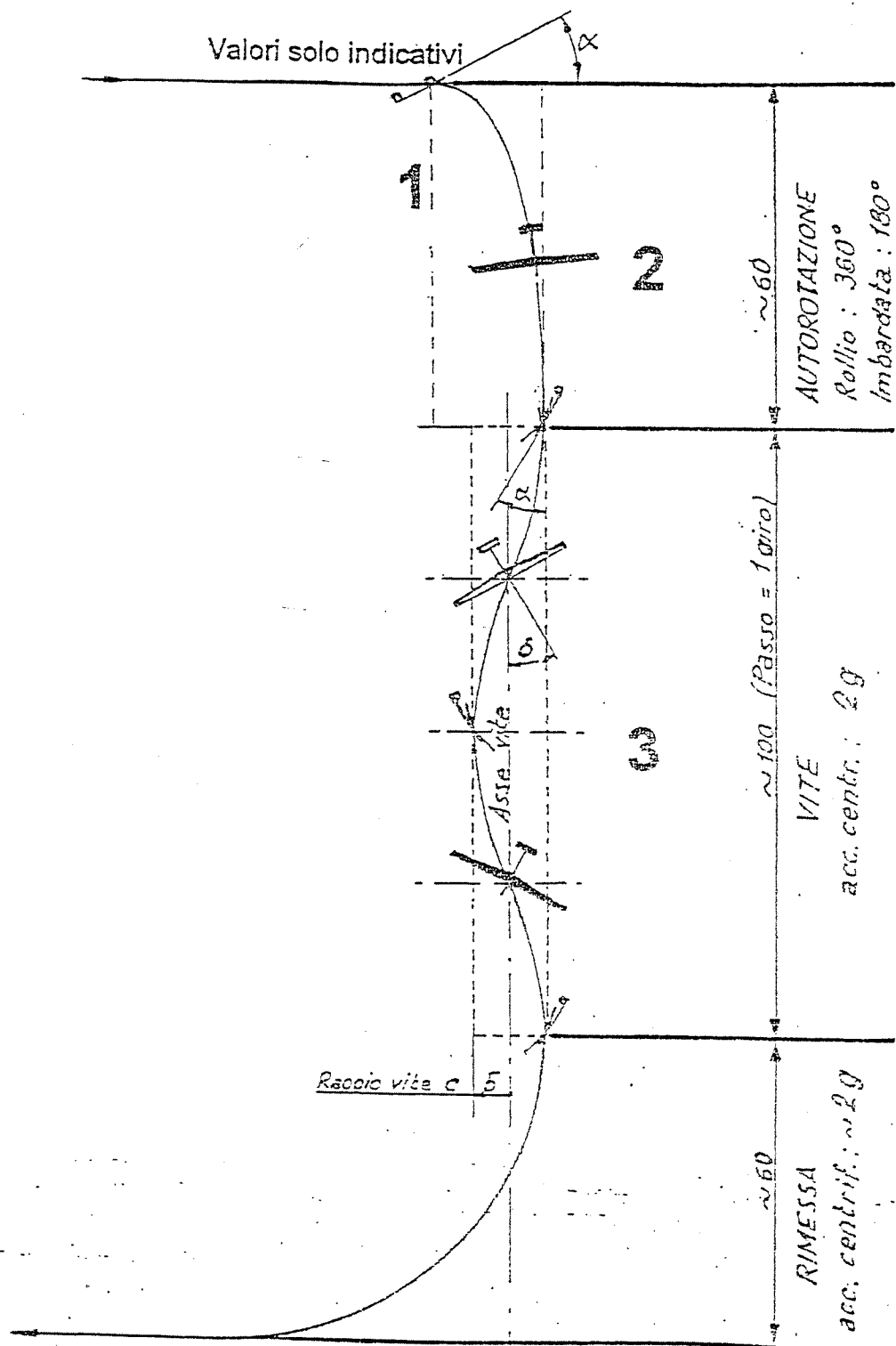
I valori indicati sono un esempio delle tante possibili viti di un aliante ASK 21



2.- SUCCESSIONE DEI REGIMI

(DA VOLO NORMALE A VITE)

1. Stallo in regime deviato
2. Autorotazione
3. Vite.



3.- LA MANOVRA DI ENTRATA IN VITE VOLONTARIA (AUTOROTAZIONE E STABILIZZAZIONE DELLA VITE).

Enrico Bergomi.

Se, all'approssimarsi dello stallo, il pilota, oltre che portare la barra tutta indietro, affonda il piede da un lato, l'aliante eseguirà una rapida autorotazione dalla parte del piede affondato e quindi, se il pilota insiste con i comandi in quella posizione, mettendo giù il muso l'aliante entrerà nella vite vera e propria.

Alcuni alianti moderni sono restii ad eseguire la vite, altri eseguono una vite più o meno ripida, più o meno veloce.

Le condizioni di carico, soprattutto riguardanti il centraggio (CG arretrato o avanzato), possono variare sensibilmente il tipo di vite che può fare un certo aliante.

La barra spostata dal lato opposto alla rotazione generalmente peggiora la vite rendendola più veloce.

La vite può provocare una sensazione molto sgradevole che può portare al panico o quasi. Di solito non è richiesto all'allievo di imparare la vite in sé e per sé ma è assolutamente indispensabile che la provi, che si familiarizzi con essa e che non abbia timore di farla in quanto si deve fare a quote di sicurezza. Soprattutto deve imparare ad uscirne.

NDR. L'AUTOROTAZIONE. L'autorotazione è la parte iniziale della figura, cioè quella parte in cui l'aliante, inclinandosi su un'ala (in certi casi quasi rovesciandosi per il forte rollio dovuto ad una semiala ancora portante e ad una semiala stallata), passa da volo normale a vite.

NDR: COME SONO LE ALI. La vite nello spazio avviene con un'ala più bassa dell'altra. Questo a causa dell'angolo di deviazione Δ .

NDR. LA STABILIZZAZIONE DELLA VITE. Il prosieguo della vite si ha se si mantiene la barra a cabrare e si tiene la pedaliera da una parte. Non è detto però che la vite abbia un andamento regolare. Anzi, il più delle volte la vite è aperiodica sia in velocità verticale, sia in velocità di rotazione, sia in assetto cioè in angolo α .

4.- LA MANOVRA DI USCITA DALLA VITE (RIMESSA).

Enrico Bergomi.

In ogni caso e con ogni tipo di aliante, la rimessa dalla vite si esegue con le seguenti manovre :

1. Piede contrario alla rotazione (a fondo corsa)
2. Barra avanti dritta
3. Centralizzazione dei comandi appena si arresta la rotazione
4. Richiamata e ripresa del volo normale.

E' assolutamente necessario effettuare le sopra descritte manovre in quella esatta successione. Dare prima barra e poi pedaliera, in alcuni casi può significare un peggioramento momentaneo della situazione ma potrebbe anche provocare l'insuccesso completo della manovra di rimessa: La barra andrà tenuta, come negli stalli, rigorosamente al centro (in senso laterale), evitando assolutamente di tentare di fermare la rotazione spingendo la barra dalla parte opposta prima che siano ripristinate le normali condizioni di volo. Alcune macchine cessano la rotazione al primo accenno di rimessa, altre invece continuano a ruotare ancora per un mezzo o addirittura un giro di vite prima di fermarsi. Il pilota in questi casi dovrà avere fiducia, rimanere ben fermo nelle prime due manovre della rimessa (piede a fondo corsa, barra poco più avanti, barra centrata lateralmente) e attendere. L'aliante prima o poi sicuramente cesserà di ruotare e si potrà passare alle fasi 3 e 4. La richiamata andrà dosata in modo che non sia eccessivamente brusca, al fine di evitare uno stallio secondario ed una possibile nuova vite. Ma nemmeno troppo dolce per non fare aumentare eccessivamente la velocità (specie negli alianti di elevate caratteristiche, col rischio di superare i limiti strutturali) e per non perdere troppa quota. Infatti in caso di vite imprevista, bisogna perdere la minor quota possibile.

NDR. Tra la 1° e la 2° manovra occorre far passare circa un secondo.

5.- VITE (NON VOLUTA) PER COMANDI INCROCIATI.

Enrico Bergomi.

Si è all'intorno della velocità di stallo. Si sta facendo una virata piuttosto piatta perché si è vicini al suolo (esempio si è in virata finale). Si vuole ottenere una variazione della prua (si vuole una cadenza maggiore) perché si ha l'ansia di allinearsi alla pista dove si vuole atterrare. Pista che tarda a presentarsi allineata come si vorrebbe perché si sta virando con inclinazione piatta (da cui rateo basso). Se si osservasse (ma si è presi da altra preoccupazione) si vedrebbe il filo di lana tutto all'interno. La semiala interna è la prima ad entrare in stallo perché ha una velocità più bassa di quella esterna. Quindi l'ala interna cade verso il basso (autorotazione).

NDR. L'aliante, attraverso questo rollo può a volte quasi rovesciarsi.

Si vuole allora sostenere l'ala che si abbassa. Quindi la si sostiene con l'alettone. L'alettone interno abbassato fa da freno ed aumenta l'imbardata verso l'interno della virata.

Ci sono tutte le condizioni per una vite vera e propria e cioè :

- stallo di una semiala per incidenza critica
- alettone abbassato e incidenza critica peggiorata
- attacco deviato verso l'interno (e il filo di lana lo sta a dimostrare).
- comandi incrociati (piede all'interno, barra verso l'esterno).

NDR. Un testimone oculare scambiarebbe erroneamente tutta la manovra suddetta come : *virata stretta (troppa inclinazione) degenerata in vite*. In realtà vedrebbe sostanzialmente solo la prima parte della vite e cioè l'autorotazione. Invece è un'autorotazione conseguente a virata piatta e sbagliata.

Come uscire da questa situazione.

Di solito è un errore essercisi trovati. Di solito si è a bassa quota. Di solito la frittata è ormai fatta.

Ma se c'è ancora aria sotto di noi (ad esempio perché c'è un avvallamento del terreno o perché ci si trova su un costone), allora occorre avere la massima potenza dai comandi. Quindi la successione delle manovre è la solita. Non ci sono scorciatoie. E bisogna perdere la minor quota possibile.

SEGUITO DI : VITE (NON VOLUTA) PER COMANDI INCROCIATI

Si notino due punti di vista :

- a) lo spettatore
- b) il pilota

c) Allora il pilota compie una catena perversa di comandi

a) lo spettatore vede :

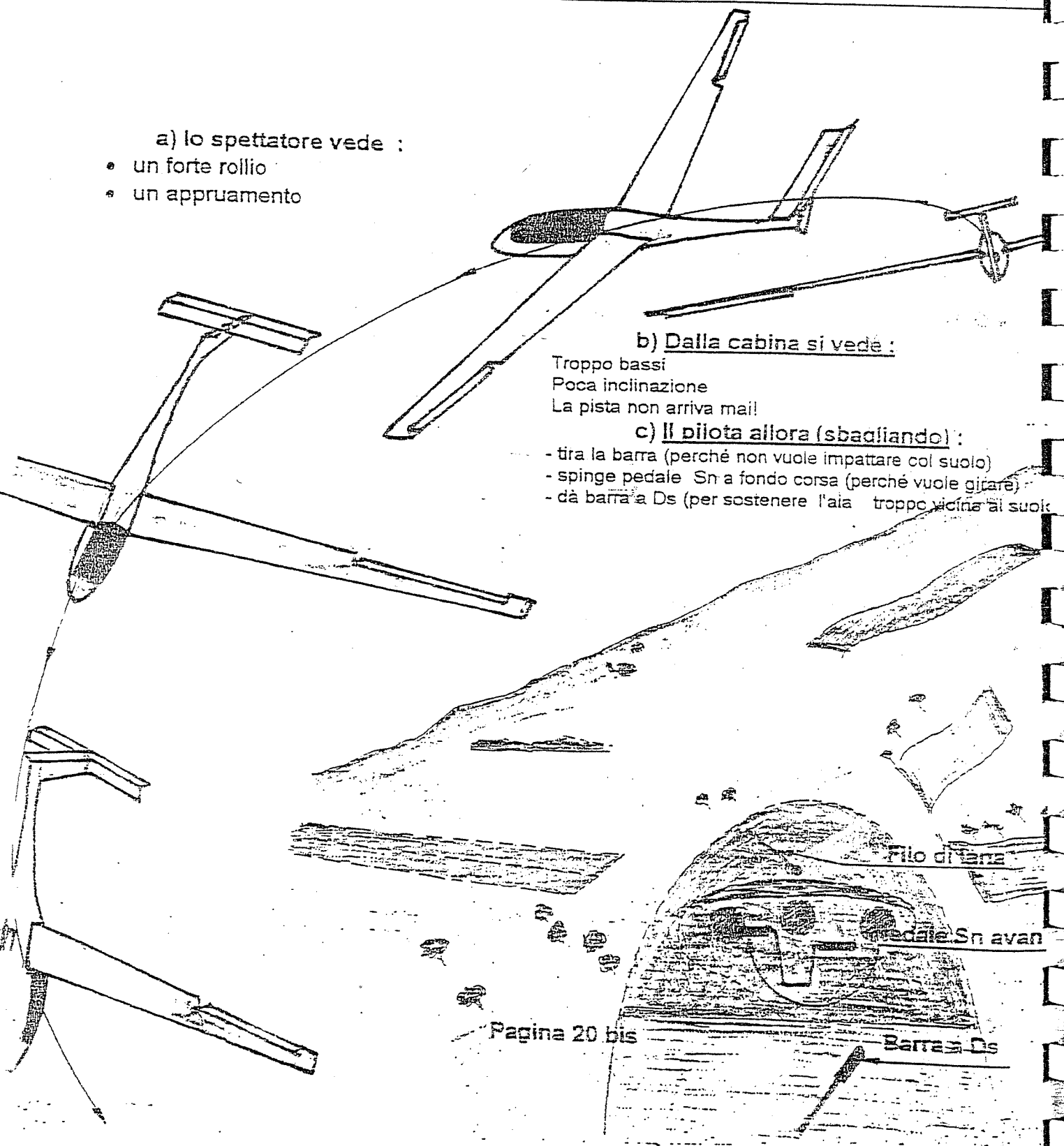
- un forte rollio
- un appruamento

b) Dalla cabina si vede :

Troppo bassi
Poca inclinazione
La pista non arriva mai!

c) Il pilota allora (sbadliando) :

- tira la barra (perché non vuole impattare col suolo)
- spinge pedale Sn a fondo corsa (perché vuole girare)
- dà barra a Ds (per sostenere l'ala troppo vicina al suolo)



6- L'USCITA DALLA VITE (LA PRIMA AZIONE BASE) COMMENTATA DA DERECK PIGGOTT.

Dereck Piggott.

La prima manovra fondamentale :

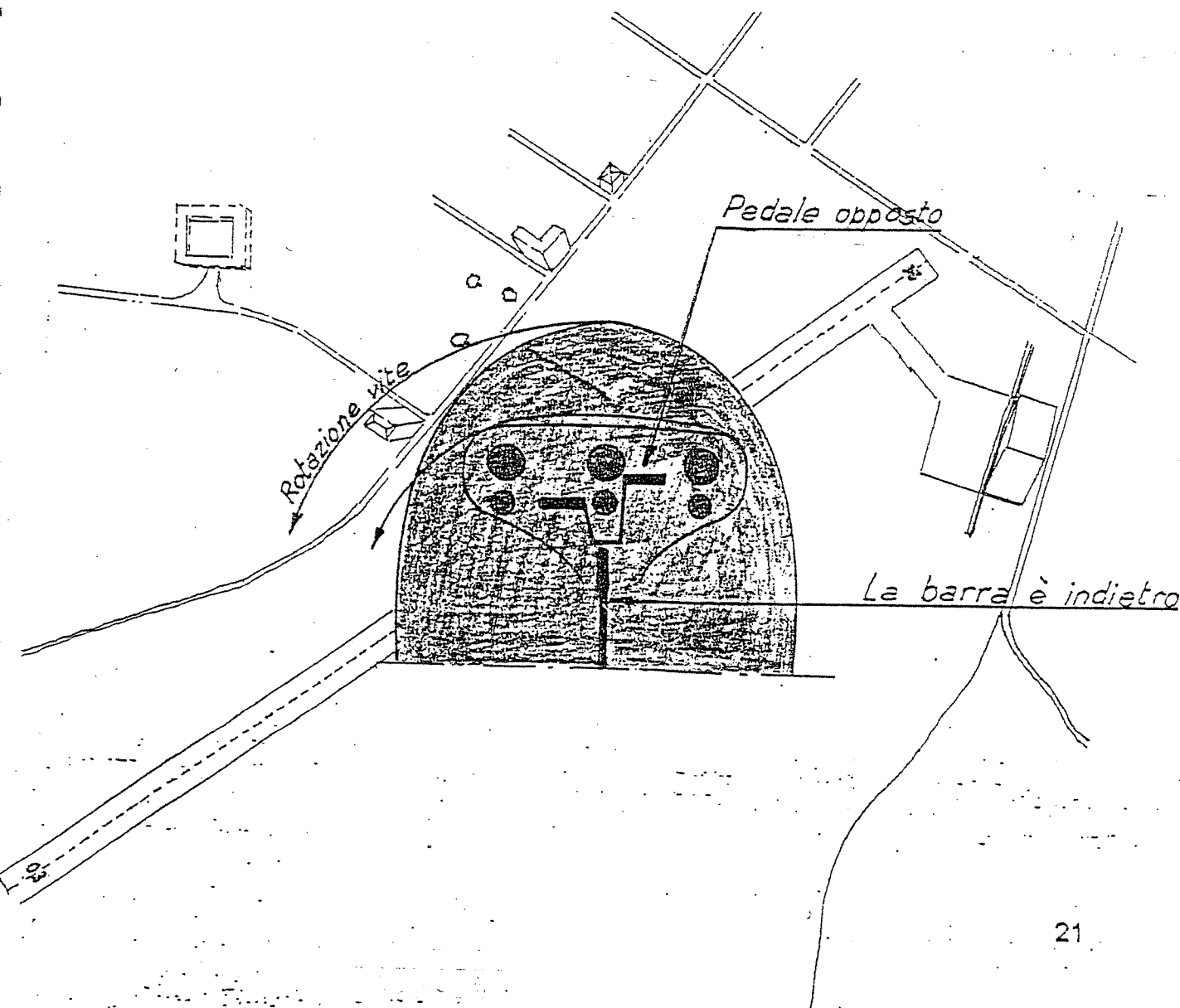
PEDALIERA A FONDO CORSA OPPOSTA ALLA ROTAZIONE.

Con ciò si ottiene :

- annullamento dell'assetto deviato della fusoliera (Ved. Parte Ingegneria).
- riduzione del rateo di rotazione.

Dettagli.

- L'assetto deviato è la condizione base perché si abbia una vite (altrimenti sarebbe solo stallo). Il suo azzeramento è sostanziale.
- La rotazione diminuita produce già da sola l'effetto di muso giù (Ved. figura).



7.- SE SI HA UNA RIDUZIONE DELLA EFFICACIA DEL TIMONE DI DIREZIONE (a causa dell'effetto ombra dell'equilibratore) SI POSSONO AVERE SERI INCONVENIENTI

L'effetto ombra aerodinamica :

- riduce l'efficacia del timone di direzione
- aumenta il tempo di reazione dell'aliante.

Ciò si ha per esempio nel caso dell'aliante SZD-50-3-Puchacz della PZL.

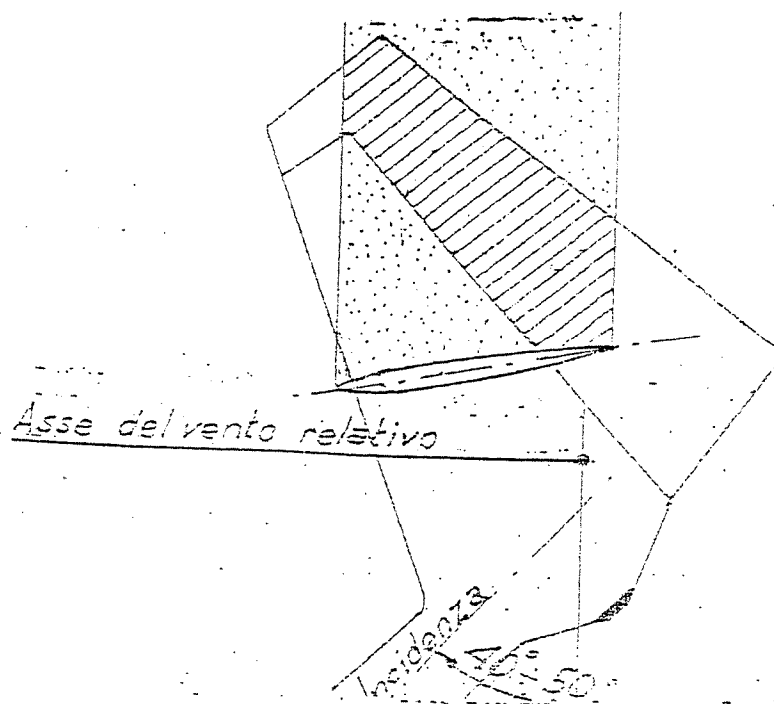
Se poi si verificano alcune condizioni peggiorative come :

- baricentro arretrato
 - (da cui) vite piatta
 - (da cui) necessità di dare tutta barra avanti
- allora ci si trova in una situazione particolarmente avversa.

L'esempio qui fatto con vite piatta e angolo di incidenza sui 50° , dimostra graficamente gli elevatissimi valori percentuali di superficie neutralizzata del timone di direzione e quindi la fortissima riduzione della sua efficacia.

Evidentemente in questi casi occorrono opportune contromisure.

- Se si deve fare allenamento alla vite (e questo aliante è stato scelto da varie scuole di pensiero come aliante addestratore particolarmente efficace allo scopo), la prima vera contromisura è iniziare l'allenamento alla vite da quota elevata.
- Se non si sta facendo allenamento specifico alla vite, con questo tipo di alianti non bisogna mai arrivare a condizioni di volo portatrici di vite (ved. prossimi capitoli).
- Inoltre evitare assolutamente la condizione di baricentro arretrato.



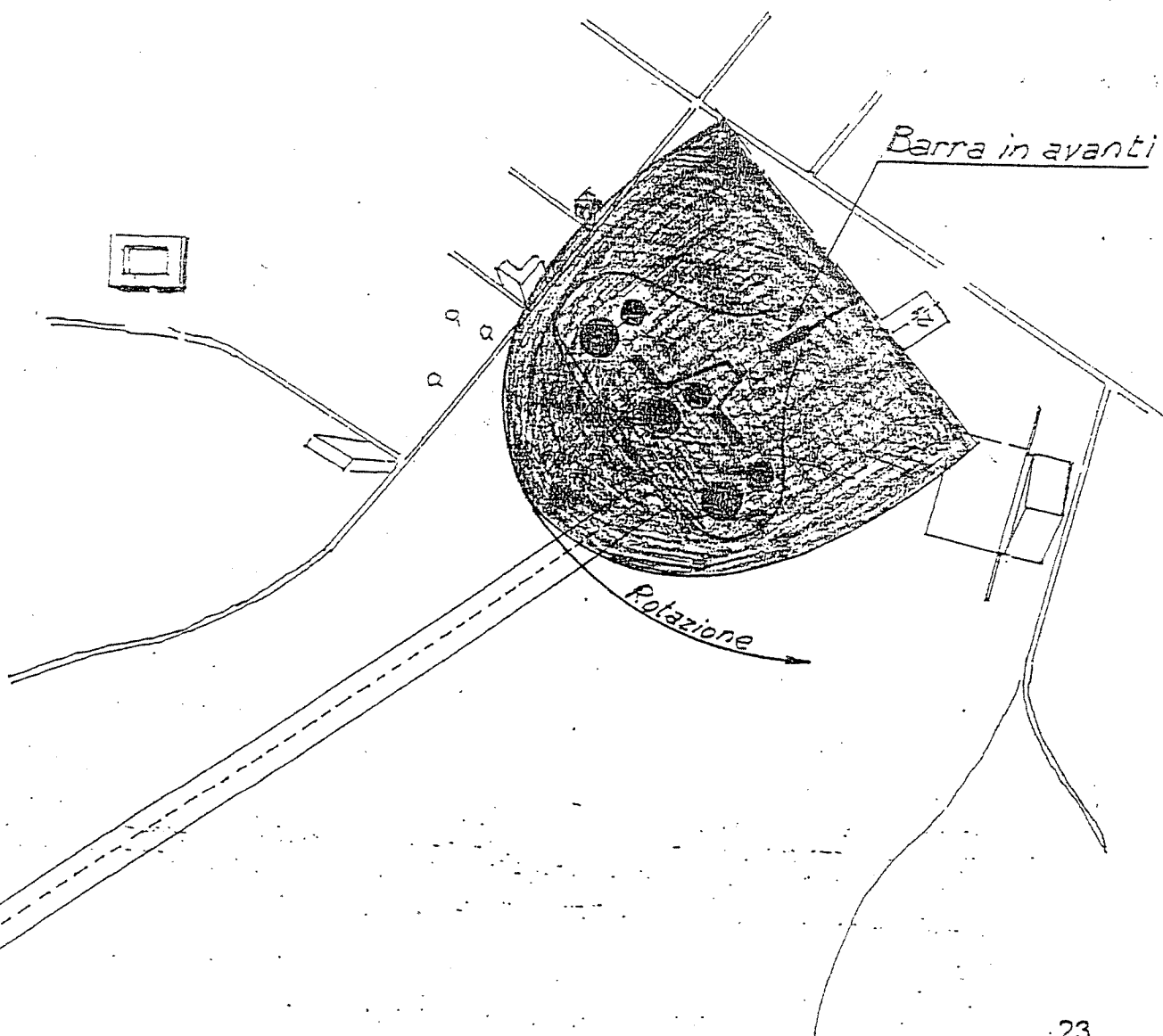
8.- L'USCITA DALLA VITE (LA SECONDA AZIONE BASE) COMMENTATA DA DERECK PIGGOTT.

Dereck Piggott.

La seconda manovra fondamentale :
BARRA MOSSA PROGRESSIVAMENTE IN AVANTI (E CENTRATA LATERALMENTE).

E' effettuata al fine di togliere ulteriormente, definitivamente e al più presto le ali dalla condizione di stallo.

NDR. C'è un breve istante in cui lavora solo la pedaliera. Subito dopo interviene la manovra della barra.

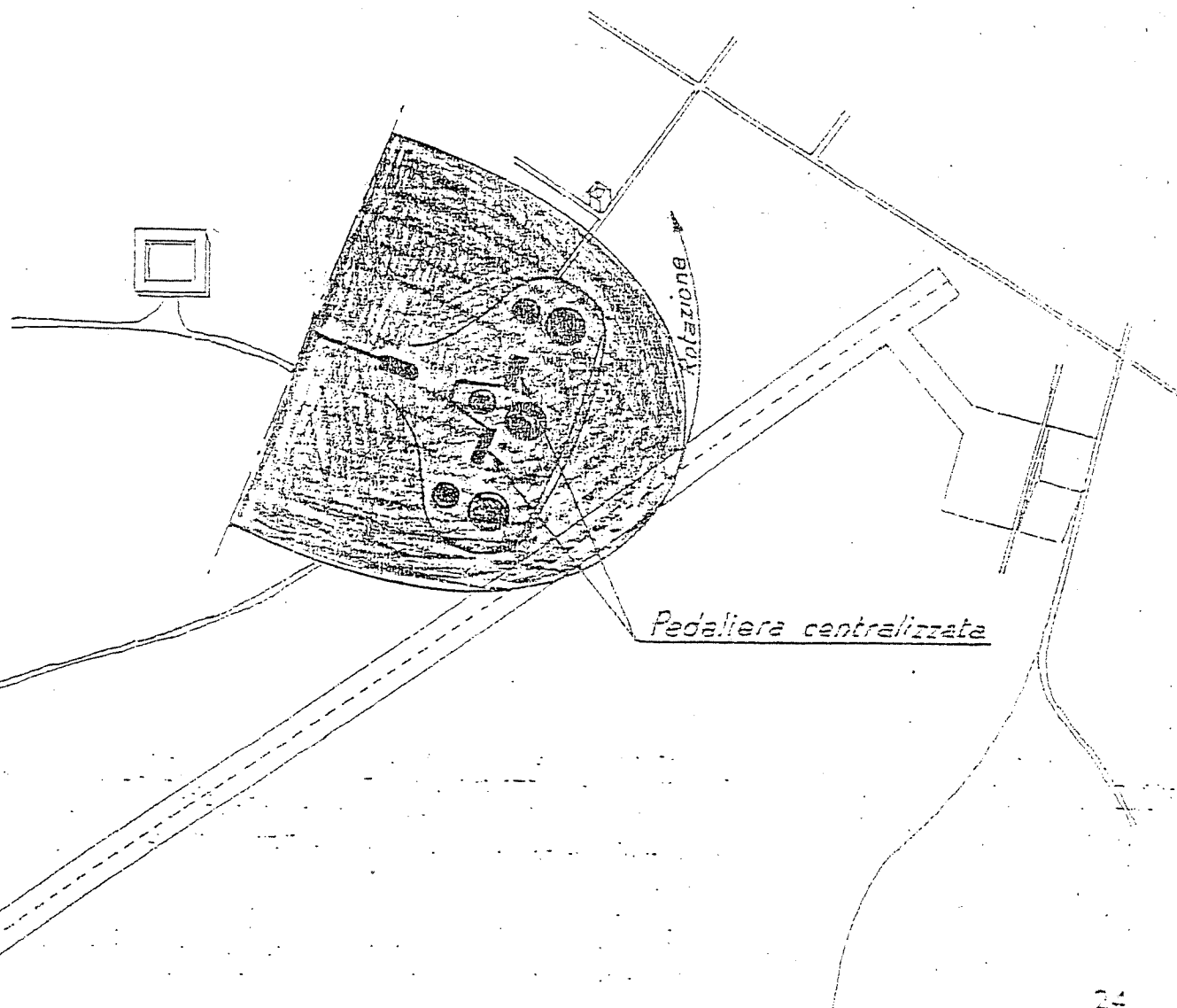


9.- L'USCITA DALLA VITE (LA TERZA AZIONE BASE) COMMENTATA DA DERECK PIGGOTT.

Dereck Piggott.

La terza manovra fondamentale è :
PEDALIERA CENTRALIZZATA.

Se il timone di direzione è molto potente, può aversi l'arresto completo della rotazione già con sola pedaliera, perché c'è l'arresto del movimento sull'asse di imbardata. Ma le ali potrebbero in teoria essere ancora stallate. Se ciò fosse nulla vieta che si abbia una vite dalla parte opposta e cioè nella direzione del piede mandato a fondo corsa dalla parte opposta. Quindi centralizzare la pedaliera appena la rotazione cessa.



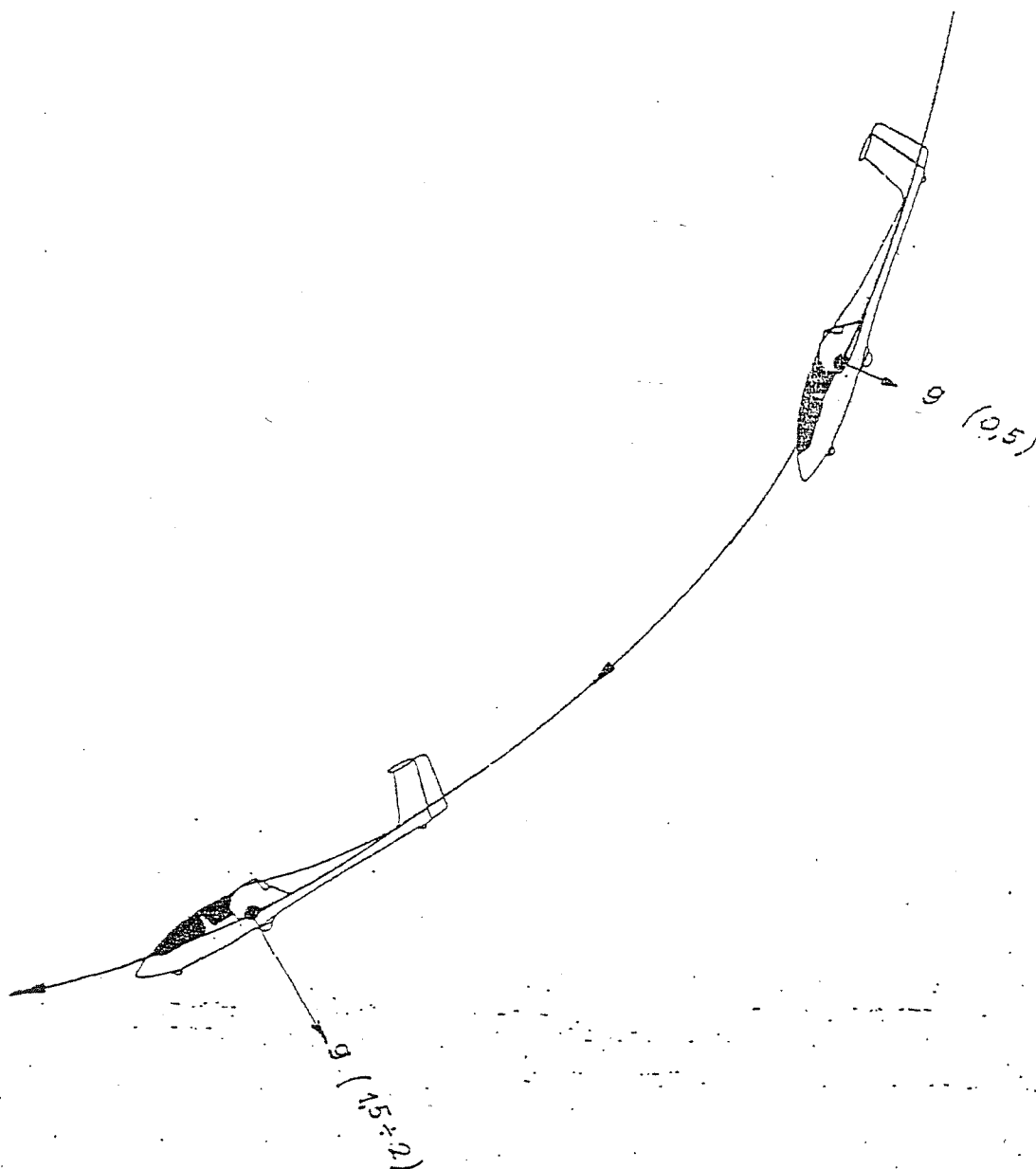
10- L'USCITA DALLA VITE (LA QUARTA AZIONE BASE) COMMENTATA DA DERECK PIGGOTT.

Dereck Piggott.

La quarta manovra fondamentale :
UNA RICHIAMATA DOLCE, FERMA E GRADUALE.

Per non arrivare a velocità eccessive, per non perdere troppa quota e per non incassare troppi "g".

Ricordiamo che lo scopo della rimessa dalla vite è : uscirne perdendo la minor quota possibile.



11.- CATTIVE ABITUDINI.

Dereck Piggott

Molti piloti che volano solitamente su uno o su due tipi di aliante tendono ad assuefarsi a quelle macchine e ad assumerle come macchine standard. E questo è tanto più dannoso quando si tratta della vite.

Fermo restando che la pedaliera va sempre spinta a fondo corsa dalla parte opposta alla rotazione, bisogna ricordare che ci sono variazioni da aliante ad aliante (e per lo stesso aliante a seconda della posizione del CG come :

- i tempi di attesa prima che la rotazione cessi
-
- l'eventuale risucchio della barra verso la rotazione
- la perdita di quota totale conseguente a tutta la manovra di rimessa.

Fra i tanti fattori che intervengono ci sono anche :

- a) la quantità di escursione in avanti della barra
- b) il modo in cui si è entrati in vite
- c) la posizione degli alettoni durante i primi istanti della vite (cioè al momento dell'autorotazione)
- d) il numero di giri compiuti.

NDR. Il Twin III Acro tollera la barra laterale per uscire (Ved. Manuale di volo dell'aliante!)

a) La quantità di barra in avanti

Il movimento in avanti della barra deve essere pensato come un movimento progressivamente verso l'avanti e non come un movimento per arrivare alla posizione centrale, anche se in effetti, ciò corrisponde generalmente alla bisogna.

Se ci si trova in presenza di rimessa lenta in maniera abnorme, il fatto è da imputare a :

- barra troppo anticipata
- (oppure) barra insufficiente.

Ragioniamo. Dicevamo che il movimento in avanti serve a togliere le ali dallo stallo. Adesso aggiungiamo che se la vite non si è fermata, il movimento in avanti va continuato anche fino alla massima escursione del comando perché possono essere sopraggiunti fattori come :

- una avaria
- ghiaccio
- posizione non corretta (non controllata) del CG.

In aerei che tendono a viti particolarmente piatte, anche la forza per muovere la barra in avanti può essere parecchie volte più grande del solito.

b) Il modo in cui si è entrati in vite.

I modi nei quali si è entrati in vite possono essere i più vari.

- da volo rettilineo
- da virate più o meno piatte
- per comandi incrociati dovuti a bassa quota (ved. capitolo 3).
- da volo rovescio per looping abortito
- altro.

La vite poi può essere :

- più o meno veloce
- più o meno piatta
- con frazioni di giro o con più giri.

Evidentemente tutto ciò dà luogo a diversi risultati.

c) La posizione degli alettoni al momento dell'autorotazione.

Ciò che non si sottolinea sufficientemente nelle scuole di volo è il fatto che, durante una vite, gli alettoni tendono ad essere deflessi a causa della circuitazione del flusso d'aria. Cosicché, a meno che il pilota tenga fermamente la barra, questa può muoversi da sola in direzione della rotazione.

In ogni caso : la barra va tenuta al centro lateralmente.

d) Il numero di giri compiuti.

Nella maggior parte degli alianti moderni la vite può fermarsi da sola dopo un giro o quasi se si portano i comandi verso il centro.

Se la vite è stata attuata volontariamente (per allenamento, per collaudare, per forare uno strato compatto di nubi sottostanti) il numero di giri di vite può essere notevole. In quest'ultimo caso, specie su alianti moderni, si saranno aperti anche i diruttori.

Do fronte a tanti giri si avranno :

- velocità elevate
- alti "g" per lungo tempo (comunque entro i 3g)
- non regime costante.

Evidentemente il tema posto al pilota non è più quello citato, cioè : Perdere la minor quota possibile".

12.- POSIZIONE DEL BARICENTRO.

Dereck Piggott.

CG arretrato.

NDR. Parliamo di CG arretrato sempre nel campo del lecito.
CG oltre il lecito posteriore : può dar luogo all'impossibilità di arrestare la vite!

Sugli alianti, il peso del pilota influisce direttamente sul CG.

Un pilota pesante avrà difficoltà a tenere in vite la maggior parte degli alianti.

Un pilota leggero, sullo stesso aliante, troverà una situazione completamente differente. Sarà più facile per lui stallare ed avvitarci. Inoltre, invece di trovare un aliante che esce da solo dalla vite, questo pilota leggero deve agire positivamente sia per prevenirla sia per uscirne.

Con CG progressivamente sempre più arretrato, abbiamo una rimessa dalla vite sempre meno positiva.

Regola : Con CG arretrato, la vite tende ad appiattirsi. Questo fatto interessa l'ampiezza dello spostamento in avanti della barra.

Bisogna insegnare a pensare il movimento della barra come :

movimento progressivamente in avanti fino allo stop della rotazione.

CG avanzato.

In questo caso la vite continuata è impossibile.

Appena le semiali escono dallo stallo per effetto del muso che si abbassa, la traiettoria si trasforma in una spirale picchiata.

La rimessa è allora la rimessa da spirale picchiata e non da vite.

(Ved. Capitolo 1 dell'Aneddotta. Wielgus su Pirat).

13.- EFFETTO DELLA PIOGGIA (e dei moscerini) SULLO STALLO.

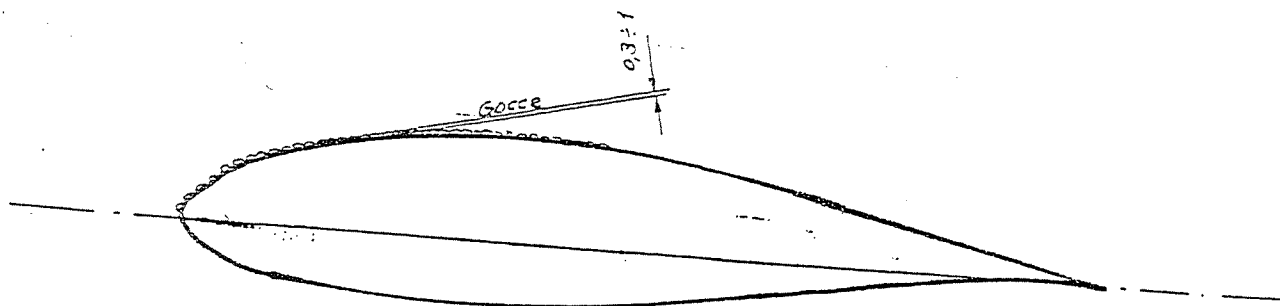
Dereck Piggott.

Pioggia o gocce di pioggia hanno forte influenza sulle caratteristiche sia della planata che dello stallo.

La pioggia interessa di solito tutto il dorso di un'ala. Una pioggia leggera può comportare un aumento della velocità di stallo di 8 nodi (15 Km/h) su un ASK 13.

Sui moderni profili laminari, moscerini spiaccicati sul bordo d'attacco possono comportare una riduzione notevole dell'efficienza (abbassandola ad esempio da 40 a 35).

NDR. Profili più recenti hanno diminuito l'influenza dei moscerini.



14.- I COLLAUDI DELLA VITE DEGLI ALIANTI.

Dereck Piggott.

I collaudi (anche quelli in vite) di un aliante sono argomento della ditta costruttrice. Si solito non si ritiene di comunicarli alla clientela. Ma il collaudatore e il progettista hanno eseguito le più svariate manovre di :

- a) entrata in vite
- b) uscita

ed hanno testato :

- c) gli effetti dei comandi
- d) il senso di rotazione

a) Entrata in vite.

Con alettoni completamente dalla parte della rotazione e dalla parte opposta.

Con diruttori aperti e chiusi.

Con un diruttore staccato.

Da volo rovescio.

Con flaps e senza.

Altro.

b) Uscita dalla vite.

Rimessa da vite incipiente.

Rimessa da vite stabilizzata.

Rimessa dopo cinque giri (ad esempio).

Le Autorità preposte al rilascio del Certificato di Navigabilità non richiedono altri modi diversi dal metodo standard (che non prevede l'uso degli alettoni!).

Su aerei leggeri a motore (Chipmunk e Tomahawk) si sono scoperti sforzi ai comandi (in vite) più elevati del consueto. Sugli stessi aerei si trovò che movimenti troppo bruschi della barra e quello progressivo in avanti potevano essere non sufficienti a fermare la vite.

c) Effetti dei comandi.

Nella maggioranza degli alianti la rotazione si arresta subito dopo l'applicazione del pedale opposto.

In alcuni occorre anche muovere la barra in avanti. In questi non basta la pedaliera a fondo corsa.

Nota 1. La barra va mossa, non solo premuta un avanti.

Nota 2. Non confondere la forza sulla barra col movimento sulla barra.

d) Il senso di rotazione.

Se la vite è inattesa, può essere difficile dire in quale senso si sta ruotando.

Se eravate in una nube e siete caduti in vite, l'ago del viro-sbandometro ne indica il senso. Usualmente, ma non sempre, la pallina è dalla parte opposta.

15.- ALLENAMENTO ALLA VITE VOLONTARIA.

Dereck Piggott.

In molti alianti di allenamento e scuola è difficile dimostrare ben bene la vite.

La vite di solito si arresta già con la sola pedaliera. Se ciò accade è importante muovere la barra in avanti la quantità necessaria solo ad assicurare la presa di velocità per non cadere in una seconda vite opposta. Quando un aliante ha una rimessa facile, troppa barra in avanti e prolungata producono alta velocità non richiesta.

Dopo aver fatto esercizio con un biposto, l'allievo può scoprire che, applicando pedaliera opposta a fondo corsa ottenga l'arresto della vite e che, tenendo la barra indietro non abbia alcuna seconda vite perché l'aliante aveva preso da solo un assetto sufficientemente picchiato. Se questo viene interiorizzato come fatto normale, l'allievo può cadere nell'abitudine di tenere la barra indietro. Male!

Questa cattiva idea porta :

- una rimessa ritardata
- (oppure addirittura) una non rimessa.

Regola : La barra deve essere sempre comunque mossa un po' in avanti. L'omissione di questa manovra può portare ad una vite opposta (se non si è centralizzata la pedaliera).

Non sempre ma è successo. Aereo difficile da mettere in vite uguale aereo difficile da tirare fuori dalla vite. Non è fatto sconosciuto che un aereo refrattario alla vite abbia portato alla rovina.

16.- SE SI TROVA "BARRA LEGGERA" (BASSO SFORZO) DURANTE LA RICHIAMATA.

Dereck Piggott.

Evitare la tendenza a "tirare" troppo la barra durante la richiamata. Spesso è segno di nervosismo e segnala che occorre ulteriore allenamento.

Un incidente da meditare.

Il seguente incidente, occorso ad un pilota di un Ka 6E con alta esperienza di volo, sottolinea l'importanza di fare movimenti di barra ragionati e progressivi.

Il pilota era un istruttore di volo con buona pratica sul biposto ASK 13 ma senza esperienza su Ka 6E.

Il modello E, contrariamente al Ka 6 CR, ha il piano orizzontale in un pezzo unico (pendel) e senza l'aletta aerodinamica Flettner sostituita da un trim a molla. Il trim a molla non dà alcuna variazione di sforzo alle varie velocità (come invece si ha sull'ASK 13).

La vite compiuta in quel volo era una vite normale. Dopo pochi giri il pilota iniziò la rimessa applicando piede totale opposto e barra decisamente in avanti. A causa dei trascurabili sforzi di barra in gioco, si presume che egli abbia esagerato nel movimento perché il muso picchiò in giù con violenza (generando centrifuga piedi/testa). Il pilota venne proiettato verso la cappottina, picchiò la testa e perse gli occhiali.

Cosa sia successo poi è alquanto incerto. Si sa che il pilota restò semi incosciente per alcuni secondi e che agì per abitudine. Tirò molti "g" e non si riprese che quando si trovò quasi in verticale e quasi fermo.

Portò comunque a termine il volo in maniera soddisfacente.

Dopo l'atterraggio, sull'aliante furono riscontrati :

- una crepa nella fusoliera (in legno)
- diffusi, anche se minori, danni alle ali (in legno e tela)

Fu fortunato a non perdere le ali.

Voli di controllo sul pilota (successivi al fatto) mostrarono che durante le rimesse da viti sull'ASK 13, i movimenti di spinta in avanti e di tirata erano alquanto decisi. Egli trovò molto difficile impedirsi di agire in questo modo, anche dopo che gli fu fatto notare. Dal momento che questi movimenti erano semi automatici e largamente interiorizzati, si è molto vicini al vero se si afferma che furono essi la causa di tutto.

Commenti all'incidente.

Abitudine ad un certo tipo di aliante.

Gli istruttori dovrebbero insistere sui concetti :

- il movimento della barra in avanti deve essere progressivo e deve essere interrotto a rotazione stoppata
- la richiamata deve essere aggettivata usando termini quali : dolce, gentile, progressiva, agevole, naturale, disinvolta, dosata.

Ulteriore commento al caso del pilota del Ka 6E.

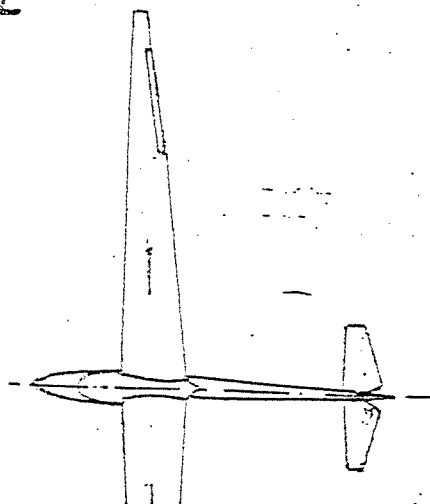
Risulta che quel pilota, durante la richiamata abbia avuto la classica visione nera da "g".

Dobbiamo sapere che la resistenza agli alti "g" è un fatto soggettivo e fortemente influenzato dalla durata del fenomeno. La maggior parte delle persone sopporta 3-4 g per pochi secondi. Un carico dello stesso valore per qualche secondo in più può generare la visione nera. Nel caso considerato, il pilota aveva probabilmente tirato 8-10 g per 1-2 secondi (da cui i danni all'aliante) e 5g per 4-6 secondi (da cui la visione nera). La resistenza ai g dipende anche dalla posizione sul seggiolino ed anche dal fatto che il pilota si aspetti gli extra g e vi si prepari esercitando una tensione adeguata. Per esempio, mentre ero seduto comodamente in un T-21b, (io, Piggott) ebbi una quasi visione nera causatami da un allievo durante un looping stretto.

Molta cura è necessaria quando si vola ad alte velocità con alianti dotati di piani di profondità in mono-pezzo (pendel) e con trim a molla. Fortunatamente i progettisti sembra abbiano abbandonato la strada del pendel. Le nuove generazioni di alianti sono più piacevoli da pilotare e più sicure.



Ka 6E



17.- APPROCCI DIDATTICI ALLA VITE (DI DERECK PIGGOTT).

Dereck Piggott.

Esercizi in volo con :

17a.- troppo piede (sovrapedale) e troppo poco piede (sottopedale)

17b.- barra avanti e indietro

17c.- uso della sola barra (per uscire dalla vite).

17a.- Esercizio sull'influenza sullo stallo del troppo piede (SOVRAP-
PEDALE) e del poco piede (SOTTOPEDALE) in virata.

Pilota che abbia l'abitudine a tenere piede interno in virata a bassa inclinazione (leggero sovrappedale). (Naturalmente tutti i piloti hanno avuto l'insegnamento basico e la dimostrazione che non si vira con filo di lana all'interno).

Prima parte dell'esercizio in volo 17a.

- spirale a 20° di inclinazione, a triangolino giallo e filo di lana al centro
- si riduce gradatamente la velocità fino al buffeting o ad una leggera caduta dell'ala interna per qualche aliante
- si fa notare all'allievo la posizione della pedaliera (bisogna guardare all'interno dell'abitacolo ed avere riferimenti)
- si aumenta la velocità di circa 10 Km/h
- si trova la nuova posizione della pedaliera e la si fa notare all'allievo la differenza rispetto a prima (bisogna guardare all'interno dell'abitacolo ed avere riferimenti).

Nota : La maggior parte degli alianti mostrano piccoli scostamenti nella posizione dei pedali.

Seconda parte dell'esercizio 17a.

- si spinge in avanti il pedale interno di circa un pollice (2,5 cm) (bisogna guardare all'interno)
- si riduce la velocità avvicinandosi al pre-stallo
- *si noterà una caduta molto pronunciata della semiala interna (perché è arrivata allo stallo).*

Terza parte dell'esercizio.

(sempre in virata di 20°)

- ritornare a triangolino giallo
- filo di lana al centro

- spingere il pedale esterno per ottenere una leggera scivolata
- ridurre velocità fino al pre-stallo
- *non ci sarà la caduta dell'ala interna!*

Con questi esercizi si dimostra come :

1. anche piccolissime quantità di sovrappedale in virata, causino cadute dell'ala interna (cioè errori contro la sicurezza)
2. piccole quantità di sottopedale (quindi sempre errore) siano errori in sicurezza perché inibiscono lo stallo di una semiala

Commento agli esercizi 17a : dovendo compiere errori, si facciano errori di sottopedale e non il contrario. Meglio filo esterno che interno!

17b-1.- Esercizio sull'uso di barra avanti per prevenire la vite.

Per i piloti che hanno dimenticato o sottovalutato il movimento avanti/indietro della barra.

L'istruttore porta l'aliante allo stallo ed applica tutto pedale come si fa per entrare in vite. Appena l'ala cade e la vite parte con l'autorotazione, l'istruttore muove la barra in avanti lasciando il piede sempre a fondo corsa. La barra in avanti toglie l'ala dallo stallo ed impedisce che la vite abbia il suo corso.

Nota : dopo pochi secondi la barra deve essere riportata all'indietro per evitare che si prenda troppa velocità.

Esercizio che dimostra in modo inequivocabile che ogni movimento in avanti della barra previene la vite anche se il piede è dimenticato in posizione pro-vite.

17b-2.- Esercizio sull'uso di barra indietro per entrare in vite.

Spirale poco inclinata. Piccolissimo sovrappedale. Pedaliera ferma in questa posizione.

L'istruttore tira indietro e decisamente la barra. Otterrà inizialmente lo stallo. (Barra indietro tutta e centralizzata lateralmente).

L'ala interna cade (autorotazione) e inizia la vite.

A questo punto l'istruttore compie la rimessa dalla vite.

Esercizio che dimostra che si ha una vite anche con poco piede ma con tutta barra indietro.

17c.- Esercizio sull' uso della sola barra per compiere stalli e viti incipienti.

L'istruttore (se la quota lo permette) fa una ampia serie di stalli e viti incipienti facendo uso della sola barra per entrare ed uscire 17b-1 e 17b-2 in successione).

18.- SPIEGAZIONE DEL MOTIVO DI BASE SUL DARE BARRA IN AVANTI PER LA RIMESSA DALLA VITE.

Dereck Piggott.

Gli esercizi di sola barra servono a sottolineare che l'avvitamento dipende innanzitutto dall'entrare in stallo e dal mantenersi in stallo (ad attacchi obliqui s'intende).

Quindi ogni movimento in avanti della barra (prima che l'aliante sia entrato in vite) evita la vite perché lo portiamo fuori dallo stallo.

Invece insufficienze di barra avanti (anche per sola dimenticanza) permettono la vite se c'è stallo in attacco obliquo.

Purtroppo, sebbene questi esercizi siano molto significativi se fatti con vecchi tipi di alianti quali l'ASK 13, sono poco corrispondenti all'uso se fatti su alianti più moderni come lo ASK 21 (a meno che si usi molto sovrappedale).

Conclusioni finali di Piggott sulla vite.

Non c'è alcun dubbio che molti seri stalli e viti siano causati da cattiva conduzione del volo. Cattiva conduzione che porta a cattive manovre con pessimi risultati se in vicinanza del suolo.

A questo proposito sono necessarie :

1. una conoscenza teorica appropriata
2. una istruzione pratica accurata
3. una pratica costante.

19.- COSA FARE QUANDO LA VITE E' UNA VITE AD ANDAMENTO PERIODICO TIPO: PIATTA / NORMALE / PIATTA.

(Stanislaw Wielgus)

Il pilota d'aliante deve sapere che a volte (ed è male) il CG viene arretrato inavvertitamente. Ad esempio :

- aliante con più proprietari
- oggetti caduti nella fusoliera e rotolati fino alla coda (pochi chili ma grande braccio)
- pivottante dimenticato (è capitato).

Certo che poi occorre la concomitanza di entrare in vite...

Se a CG arretrato oltre il lecito si entra in vite, la faccenda è seria.

Se il CG è arretrato la vite è di tipo piatto (o meglio è di tipo periodico).

Cosa fare (se si ha quota sufficiente) :

- Mai tentare l'uscita dalla vite piatta quando il muso tende ad alzarsi
- Iniziare la manovra di uscita quando il muso tende all'ingiù.

Altrimenti : lanciarsi.

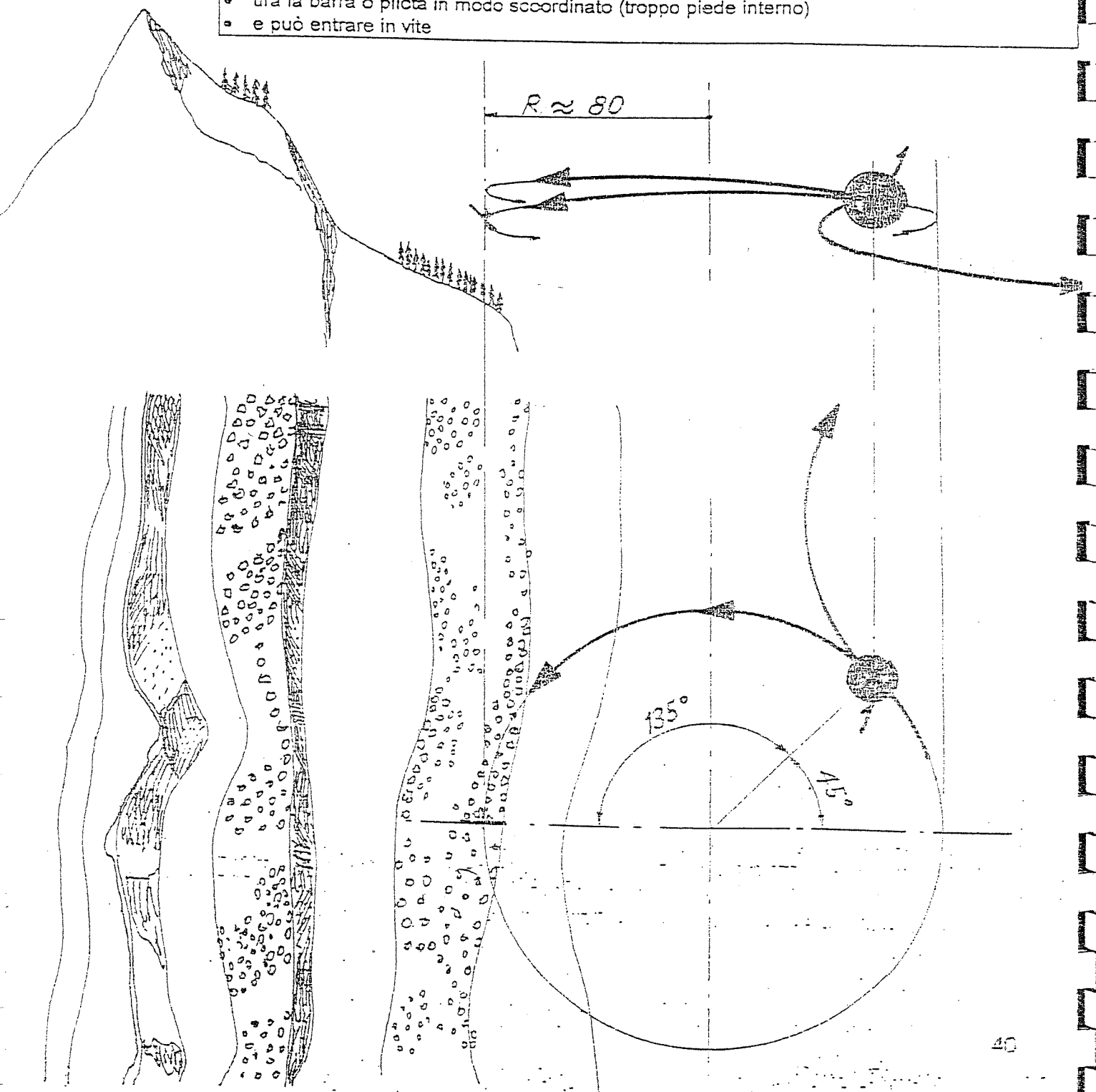
20.- TEMA : NON METTERSI IN CONDIZIONE DI POSSIBILE ENTRATA IN VITE.

Di Stanislaw Wielgus.

PRIMA SITUAZIONE. Spirale vicino al costone. L'aliante si trova nel punto 1. Deve compiere ancora 135° in pianta per mettersi tangente al costone.

Importante : Chi non è allenato al volo in montagna o non conosce sufficientemente il proprio aliante è bene che non spirali contro il costone ma compia i classici otto a uscire.

- a) Se il vario è positivo (o comunque non in diminuzione) :
IL PILOTA PUO' PROSEGUIRE E CHIUDERE LA SPIRALE.
- b) Se il vario è in diminuzione (anche se fosse ancora positivo) :
IL PILOTA DEVE INVERTIRE LA SPIRALE.
- Altrimenti :
- si spaventa
 - tira la barra o pilota in modo sccordinato (troppo piede interno)
 - e può entrare in vite



21.- TEMA : NON METTERSI IN CONDIZIONE DI POSSIBILE ENTRATA IN VITE.

Di Stanislaw Wielgus.

SECONDA SITUAZIONE. Spirale vicino al costone. L'aliante si trova nel punto 2. Deve compiere ancora 45° in pianta per mettersi tangente al costone.

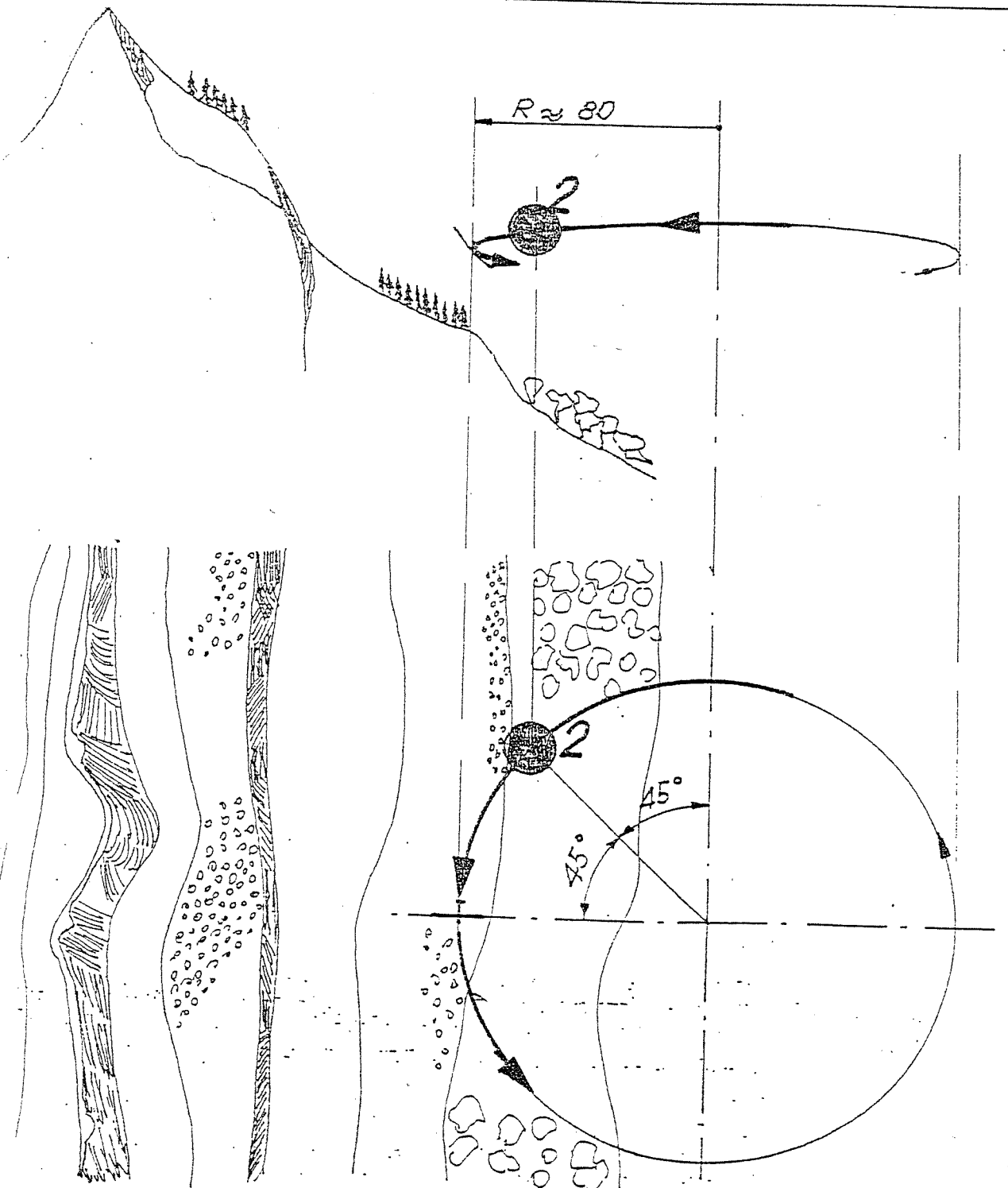
Importante : Chi non è allenato al volo in montagna o non conosce sufficientemente il proprio aliante è bene che non spirali contro il costone ma compia i classici otto a uscire.

Qualsiasi sia la situazione variometrica :

IL PILOTA PUO' PROSEGUIRE E CHIUDERE LA SPIRALE

ma deve ricordare di :

- mai diminuire la velocità
- (anzi) sempre aumentare la velocità
- chiudere la virata.



22.- SI E' SOPRA UN PENDIO E SI E' ENTRATI IN AUTOROTAZIONE

Stanislaw Wielgus e Pietro Longaretti

La frittata ormai è fatta. Cosa rimane da fare?

Wielgus dice :

"Uscire verso valle"

Ma Wielgus è un professionista del volo e certe cose egli le conosce per via della vastissima esperienza da pilota collaudatore.

E questa esperienza non l'hanno i piloti che iniziano a veleggiare in montagna.

Longaretti allora, per costoro, perché a casa loro studino il problema e in volo si allenino (in pianura s'intende) dice :

"L'allenamento alla vite incipiente deve essere fatto ad ogni volo e deve essere mirato a portare in cascina (in modo automatico nella propria memoria e nei propri riflessi) :

- 1) la quota perdibile tra entrata ed uscita
- 2) la posizione della prua in uscita rispetto a quella in entrata (imbardata)
- 3) quanto rollio ne consegue

A questo scopo presenta la seguente TABELLA con i dati ricavati da una delle tante possibili autorotazioni ipotetiche di cui a pagg. 82 e 83.

Serve solo a fornire un ordine di idee ed a stimolare la ricerca di ciascuno mediante allenamento sistematico su uno specifico aliante.

Aliante "classico" ($\Omega = 1.2 \text{ rad/sec}$)

Quota persa metri	angolo di rollio gradi	angolo di imbardata gradi	angolo su orizzonte gradi	tempo secondi	velocità verticale Km/h
0	0	0	0	0	0
(Metà tempo) 3.5	80	41	6	1.3	29.8
7	95	48	11	1.55	42.2
10	104	53	16	1.69	50.4
20	123	63	32	2.01	71.3
(metà quota) 28.3	134	68	45	2.19	84.8
30	136	69	48	2.22	87.3
40	146	75	64	2.39	100.9
50	155	79	80	2.53	112.8
(Termine) 56.5	160	81	90	2.61	120

Più semplicemente. I capitoli 17 e 18 di Piggott non sono così banali come potrebbe sembrare ad una prima lettura. Da cui sempre :

- a) filo di lana, medlio esterno
- b) al primo accenno di autorotazione, barra avanti.

23.- DOMANDA DI WIELGUS A PILOTI DI ALIANTE :

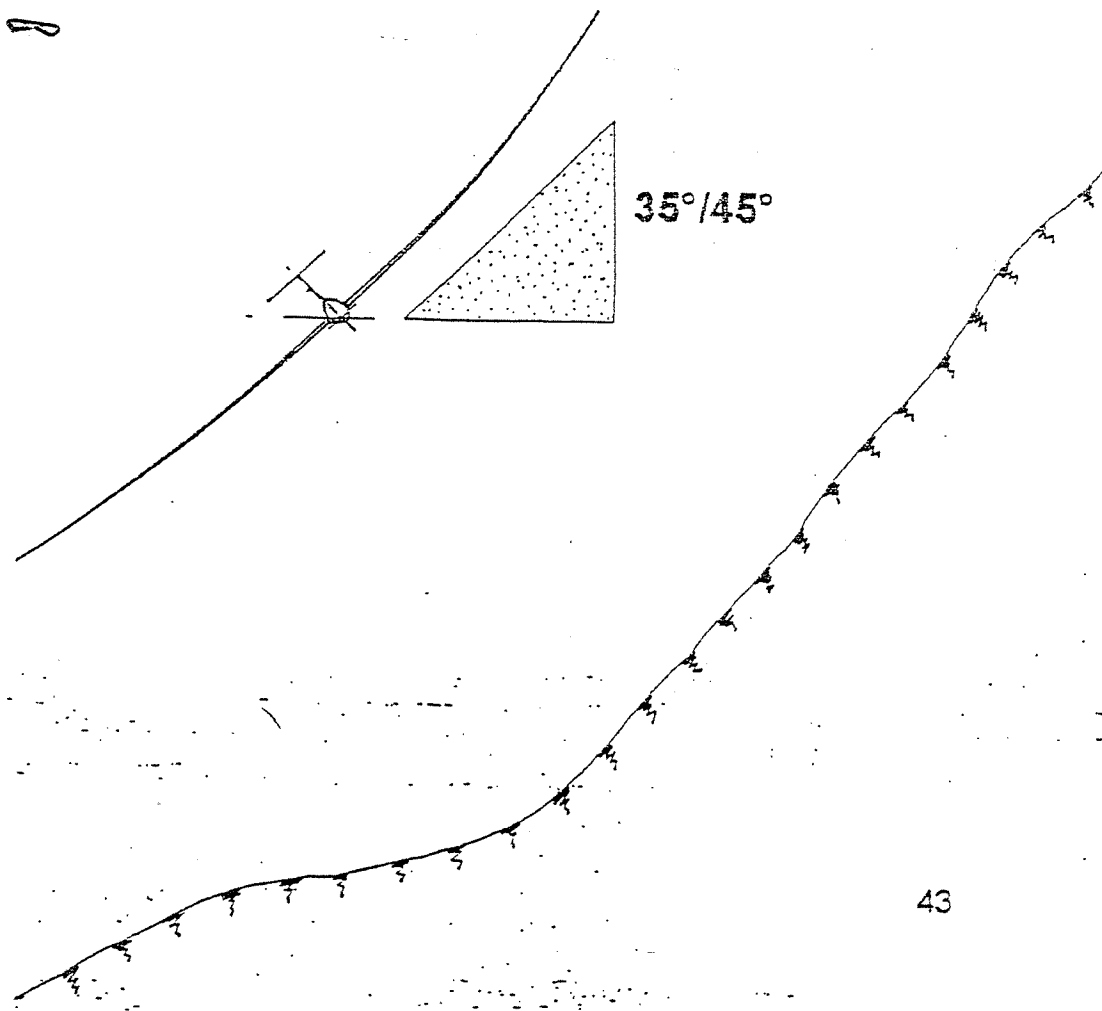
"In virata vicino ad un cestone, è meglio essere poco o tanto inclinati al fine di non entrare in vite?"

Risposta di Wielgus : "E' MEGLIO ESSERE TANTO INCLINATI".

Spiegazioni : Una inclinazione di $35^\circ/45^\circ$ non farà mai andare in vite. Ricordiamo che in vite si va partendo da condizioni di basso angolo di rollio, in attacco obliquo e ad angolo di incidenza critico. Solo in queste condizioni, (con una semiala stallata e l'altra no, con il peso non controbilanciato dalla portanza delle due semiali) si ha l'autorotazione e poi la vite.

Se si è inclinati di $35^\circ/45^\circ$ ci si trova con :

- un effetto bandiera particolarmente efficace (fa scendere la prua verso l'ala bassa e fa quindi recuperare la velocità eventualmente scarsa)
- una probabilità maggiore di essere in scivolata (la scivolata è più sicura dell'imbardata)
- una minore tentazione di dare piede interno perché la cadenza è già notevole anche se si scivola parzialmente.



24.- DOMANDA DI WIELGUS A PILOTI DI ALIANTE.
(IN CASO DI SGANCIO ACCIDENTALE O DI ROTTURA DI CAVO IN
DECOLLO E AD UNA QUOTA CHE OBBLIGHI A FARE UN DIETRO-
FRONT).

**"E' MEGLIO ESSERE DECOLLATI CON VENTO IN
CODA O DI FRONTE?"**

Risposta di Wielgus : E' meglio essere decollati con vento in coda
(evidentemente con aeroporti e con venti che consentano il decollo con
vento in coda).

Infatti è meglio iniziare a fare il dietro-front con vento alle spalle, perché
l'energia cinetica dell'aliante, inizialmente, sarà data dalla velocità indicata
più quella del vento.

Energia cinetica più alta, significa energia in più per concludere il dietro-
front.

$$E = \frac{1}{2} m \cdot V^2$$

dove :

$m = P/g$ (Peso diviso 9,81)

$V =$ Velocità al quadrato (in m/sec)

$E =$ Kilogrammetri

L'INGEGNERIA DELLA VITE

Da "ELEMENTI DI MECCANICA DEL VOLO" di Attilio Lausetti e
Federico Filippi (Politecnico di Torino) e contiene nostre elaborazioni.
Si trovano anche note storiche sulla vite.

Da Pagina 46 a Pagina 84

TERMINOLOGIA

VITE

Italiano :	Vite
Inglese :	Spin
Francese :	Vrille
Tedesco :	Trudeln

STALLO

Italiano :	Stallo
Inglese :	Stall
Francese :	Décrochage
Tedesco :	Sackflug

AUTOROTAZIONE

Italiano :	Autorotazione
Inglese :	Autorotation
Francese :	Autorotation
Tedesco :	Autorotation

ANGOLO DI INCIDENZA GEOMETRICA DEL VELIVOLO (α) *(il distinguo con l'angolo α qui è trascurabilissimo)*

Italiano :	Angolo di incidenza
Inglese :	Angle of attack
Francese :	Angle d'attaque
Tedesco :	Anstellwinkel

ANGOLO DI DERIVA (δ)

Italiano :	Angolo di deriva
Inglese :	Drift angle
Francese :	Angle de dérive
Tedesco :	Seitendriftwinkel

ANGOLO DI DEVIAZIONE (Δ)

Italiano :	Angolo di deviazione
Inglese :	Yaw angle
Francese :	Azimut
Tedesco :	Gierwinkel

ANGOLO DI ROLLIO (°)

Italiano : Angolo di rollio
Inglese : Bank roll
Francese : Assiette latérale
Tedesco : Rollwinkel

IMBARDATA

Italiano ; Imbardata
Inglese : Yaw
Francese : Emcardée
Tedesco : Gieren

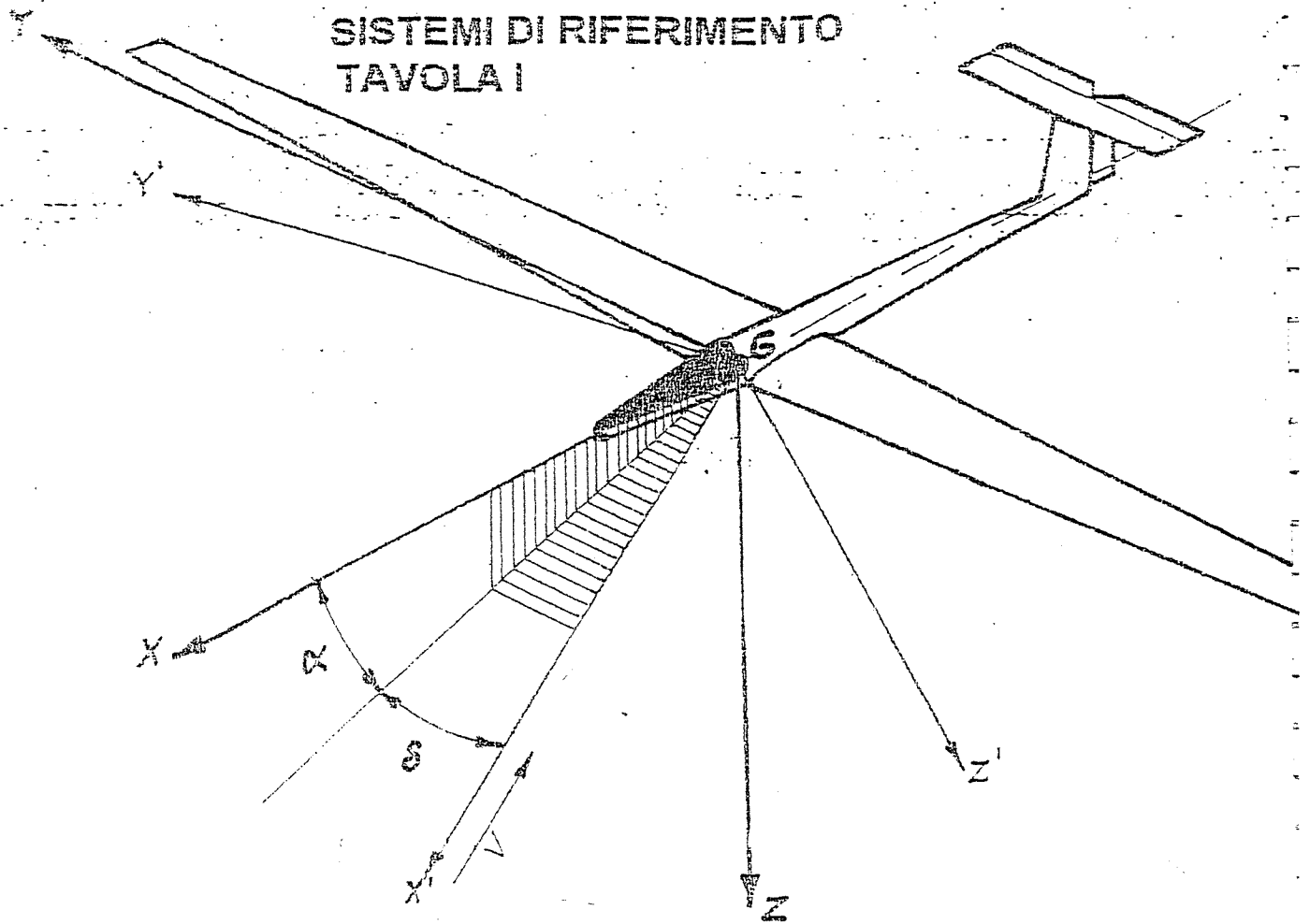
BECCHEGGIO

Italiano : Beccheggio
Inglese : Pitching
Francese : Tangage
Tedesco : Kippebewegung

ROLLIO

Italiano : Rollio
Inglese : Roll
Francese : Roulis
Tedesco : Rollbewegung

SISTEMI DI RIFERIMENTO TAVOLA I



Tre Sistemi di assi

1° Sistema

ASSI CORPO

ASSE X	Verso prua
ASSE Y	Verso la destra del pilota
ASSE Z	Verso il basso
PIANO XZ	Piano di simmetria

2° Sistema

ASSI VENTO

X'	In senso opposto al vento
Y'	Normale a X'
Z'	Normale agli altri due

3° Sistema

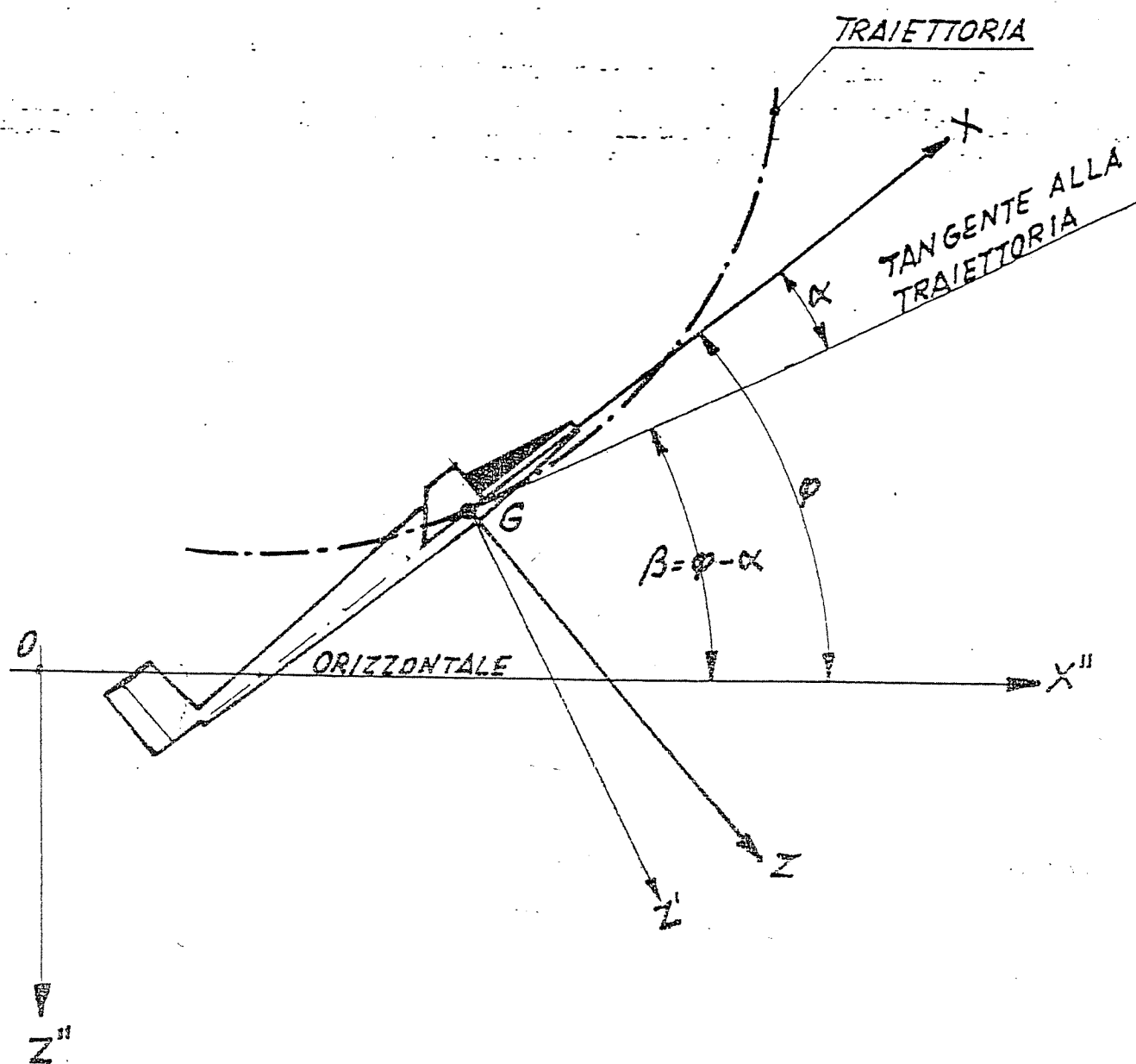
ASSI SUOLO

X'' e Y''	Disposti a piacimento in un piano orizzontale
Z''	Asse verticale

VELOCITÀ

p	velocità di rollio
q	velocità di beccheggio
r	velocità di imbardata

SISTEMI DI RIFERIMENTO TAVOLA II



Angolo α

Formato dall'asse corpo X con la proiezione dell'asse vento X' sul piano di simmetria XZ. Prende il nome di angolo di incidenza geometrica del velivolo (notare che per semplicità corrisponde esattamente alla definizione rispetto alla corda alare).

Angolo ϕ

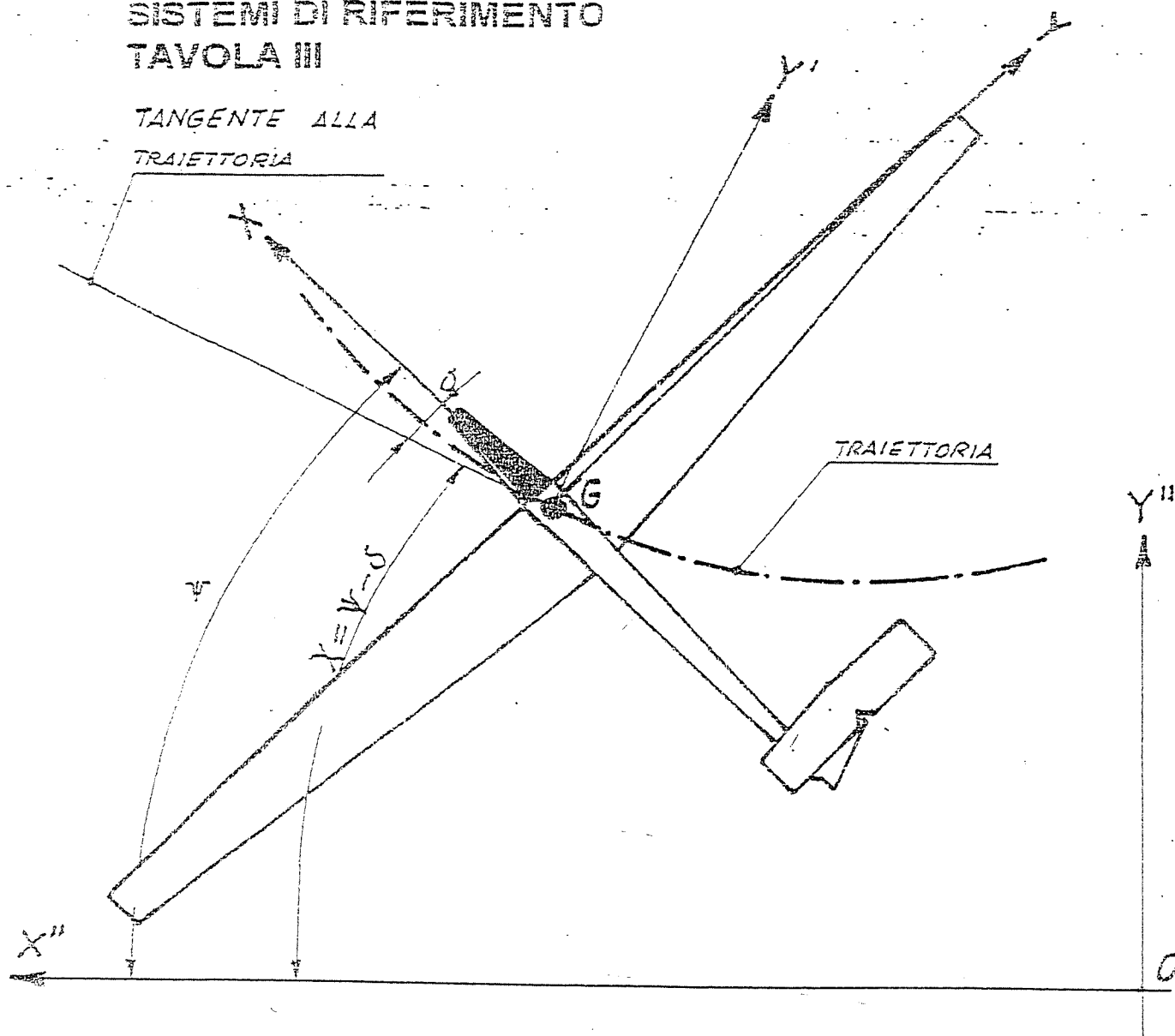
Tra asse corpo X e la proiezione dell'asse suolo X'' sul piano XZ detto angolo di beccheggio.

Angolo β

Angolo di rampa.

SISTEMI DI RIFERIMENTO TAVOLA III

TANGENTE ALLA
TRAJETTORIA



Angolo ψ

Angolo di imbardata fra l'asse corpo X e la proiezione dell'asse suolo X'' sul piano XZ.

Angolo δ

Angolo di deriva.

Angolo χ

Angolo formato dalla tangente alla traiettoria con l'asse suolo X'' .

SISTEMI DI RIFERIMENTO TAVOLA IV

Angolo ζ ... Angolo di sbandamento formato dal piano $X'Y'$ con il piano XY del velivolo. (Evidentemente il volo è scoordinato per qualche ragione)

Angolo ϑ ... Angolo di rollio formato dal piano orizzontale $X''Y''$ con il piano XY .

Si noti la verticale apparente "sbandata" nel caso di volo scoordinato.

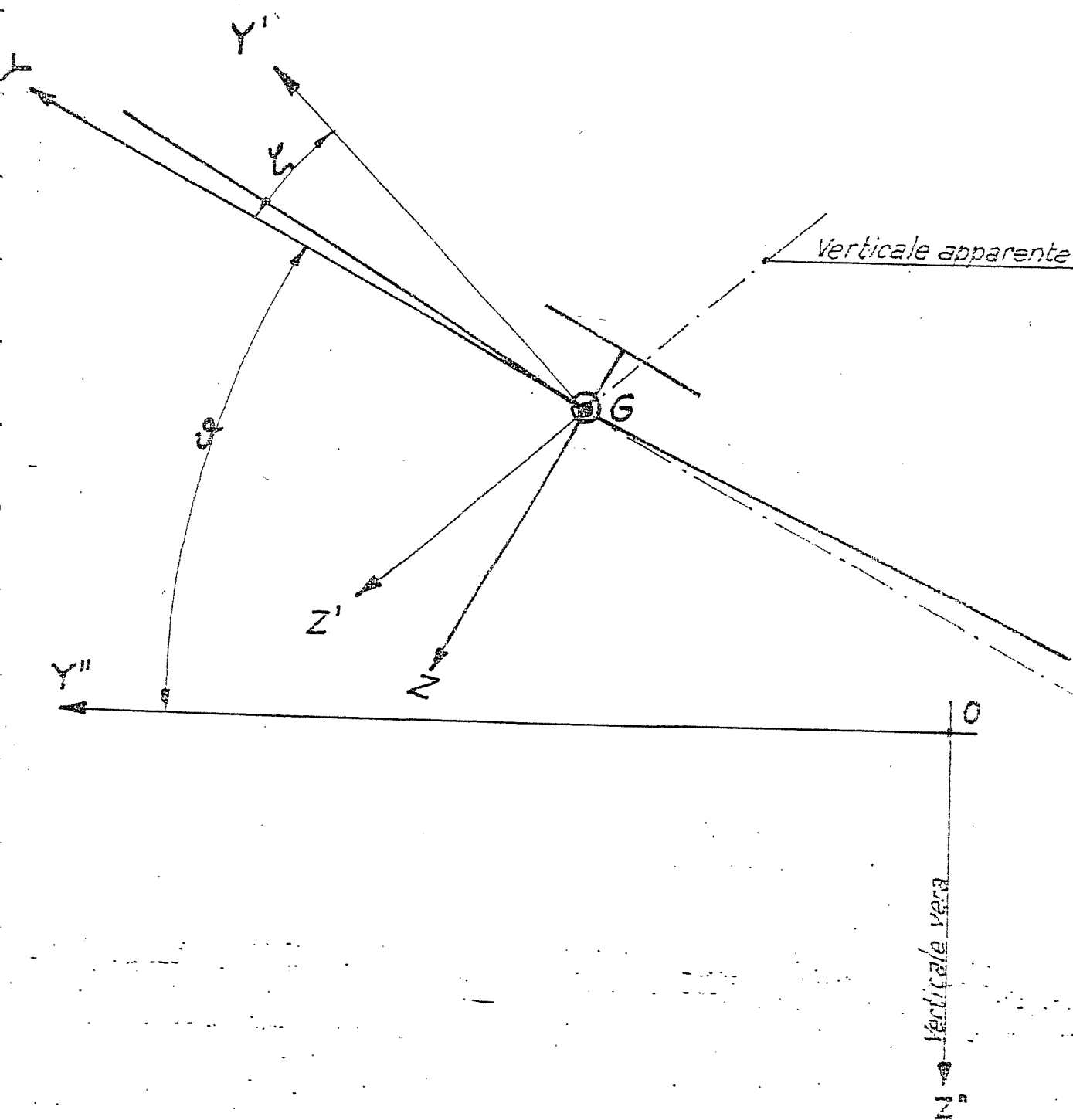
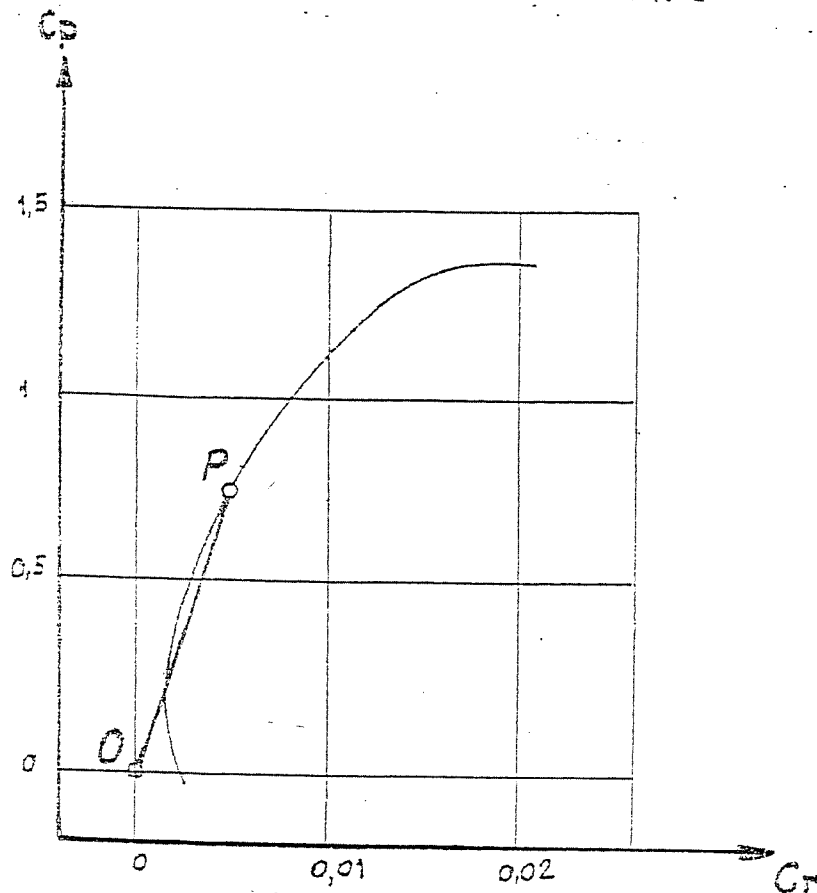


TAVOLA V DIAGRAMMI POLARI (C_p - C_r).



I diagrammi C_p - C_r si chiamano DIAGRAMMI POLARI perché se C_p e C_r vengono misurati sugli assi nella medesima scala (il che generalmente non avviene per comodità di lettura), i segmenti OP relativi ad una data incidenza, od assetto, rappresentano in :

- grandezza (a meno del fattore $\frac{1}{2} \rho V^2 S$)
- direzione e
- verso

la risultante delle forze aerodinamiche corrispondenti.

CONSIDERAZIONI GENERALI SULLA VITE

In una traiettoria elicoidale (spirale in discesa)

Il piano di simmetria del velivolo contiene il vettore velocità o forma con esso un angolo di deriva moderato non superiore a $10^\circ - 15^\circ$

In una traiettoria chiamata vite

Il piano di simmetria XZ può contenere l'asse della traiettoria elicoidale o può scostarsi da questo di un angolo di deviazione Δ anche sensibile, restando tangente ad un cilindro coassiale con la traiettoria elicoidale ed interno ad essa.

(Può anche sbandare di ϑ in modo da intersecare in un punto l'asse della vite, ma non lo prendiamo in considerazione perché non cambia di molto i ragionamenti seguenti).

L'angolo α di incidenza che il piano XY degli assi corpo del velivolo forma in un punto qualsiasi con la tangente alla traiettoria elicoidale descritta durante la vite, può assumere i più svariati valori.

Questi valori possono quindi essere :

- da quello corrispondente alla incidenza critica $12^\circ - 18^\circ$
- fino a quasi 90° .

L'angolo di deviazione Δ (formato dal piano XZ col piano passante per l'asse della traiettoria elicoidale ed il baricentro del velivolo, generalmente è:

- compreso tra 0° e $\pm 25^\circ$ (intendendo col doppio segno esprimere il fatto che il velivolo può essere deviato nel senso del moto o in senso opposto ad esso.

Le differenze sostanziali tra volo elicoidale (spiraliforme classico) e vite.

Risultano evidentissime differenze dai grafici che si trovano all'inizio della monografia.

Un'altra chiara differenza è quella fra l'angolo δ (di deriva) del volo spiraliforme e l'angolo Δ (di deviazione) della vite.

Si noti anche che :

- una deviazione ottenuta imbardando il velivolo nel senso opposto a quello di rotazione del moto della vite tende a contrastare la vite. Ciò del resto è intuitivo se si pensa al fatto che ci si va così accostando alle condizioni che si realizzano nel moto elicoidale spiraliforme.
- quindi l'angolo di deviazione può essere o anti-vite o pro-vite.

Nota. Nella letteratura tecnica inglese sull'argomento, riferendosi all'imbardata che ha provocato la deviazione, si parla di imbardata anti-vite e di imbardata pro-vite (out-spin yaw e in-spin yaw) scambiando la causa (l'imbardata) con l'effetto (la deviazione). Questione di nomenclatura, sembrerebbe. Va bene.
Però occorre fare attenzione alla TAVOLA III dove si parla di angolo di imbardata ψ . Bisogna ricordare che durante la vite gli assi del velivolo ruotano continuamente rispetto allo spazio, sicché ψ varia continuamente, mentre Δ può rimanere immutato.

Caratteristiche delle vite.

Dai primi tempi dell'aviazione si sono osservati tutti i casi possibili ed immaginabili di vite e si è constatato che questi si possono ricondurre nella gran maggioranza a due categorie fondamentali:

- a) le "viti normali" a forte passo e piccola velocità angolare Ω di rotazione attorno all'asse verticale della vite. Vite che si svolge a sua volta ad incidenze fino a $30^\circ - 35^\circ$.
- b) le "viti piatte" a piccolo passo e forte velocità angolare. Viti che hanno incidenze dell'ordine di $50^\circ - 80^\circ$.
- c) Sovente ci si trova in casi intermedi.

Regimi di vite (in generale)

Raramente la vite assume caratteristiche di moto a regime: il velivolo può passare da un tipo di vite all'altro e, nello stesso tipo di vite, può variare di incidenza e di velocità angolare, anche bruscamente e più volte.

Nei primi anni dell'aviazione, fino all'inizio della 1^a Guerra Mondiale, la vite terminava sempre tragicamente per ignoranza delle manovre necessarie per ritornare nelle condizioni normali del volo. Nel 1916 si scoprì che bastava, per quasi tutti i tipi di velivoli di quel tempo, riportare i comandi al centro (posizione neutra) e picchiare leggermente, perché il velivolo uscisse dalla vite da solo. Così la vite divenne quasi una comune manovra acrobatica, adottata spesso in combattimento per sfuggire all'azione avversaria.

Tre anni dopo incominciarono però a verificarsi casi sempre più frequenti di vite piatte insensibili al comando dell'equilibratore, che mieterono innumerevoli vite umane.

Il regime di vite piatta.

Le ragioni per le quali la vite piatta, prima pressoché sconosciuta (si manifestò in forma evidente solo verso il 1920), sono state oggetto, in quegli anni, di molte discussioni fra gli addetti ai lavori.

Forse andavano addebitate, almeno in parte, nel mutato indirizzo del disegno dei velivoli militari e in parte nel diffondersi del paracadute che

accrebbe grandemente il numero dei sopravvissuti che poterono descrivere le caratteristiche della vite in cui erano caduti.

Quali ne fossero le cause, la vite venne a costituire un pericolo così grave da spingere teorici e sperimentatori a compiere estese ricerche in merito, ricerche che neppure ora possono ritenersi concluse, tanto più che il continuo mutare del disegno dei velivoli ha introdotto sempre nuovi fattori nello studio.

Studio scientifico della vite

Le conoscenze attuali sulla vite provengono da un grande numero di esperimenti, alcuni dei quali (pochi) realizzati in vera grandezza con strumenti registratori posti a bordo del velivolo e riprese cinematografiche da terra, altri (più numerosi) con modelli il volo libero in una corrente ascendente in una galleria verticale. Solo questi ultimi hanno permesso lo studio sistematico del comportamento del velivolo nelle viti più pericolose e delle manovre necessarie per uscirne. Nessun pilota si sarebbe arrischiato di sua volontà in certi tipi di viti presumibilmente ribelli.

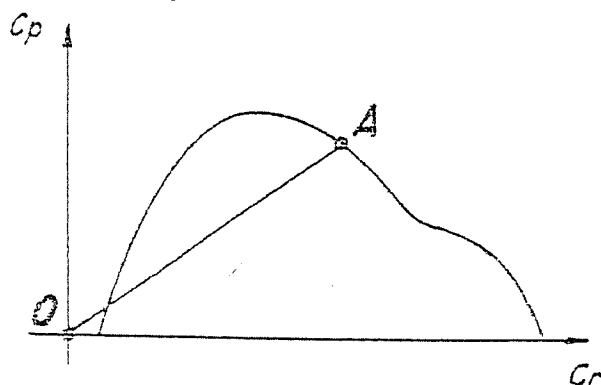
Per lo studio delle forze e dei momenti che provocano il moto di avvistamento, inizialmente ci si è valse largamente delle esperienze in galleria aerodinamica, misurando le azioni risentite dal modello, libero di ruotare attorno ad un asse passante per la posizione del baricentro del velivolo.

In questi esperimenti, l'asse di rotazione era sempre contenuto nel piano di simmetria del modello. Solo successivamente le esperienze vennero estese agli assetti deviati, in modo da completare l'esplorazione delle azioni aerodinamiche e da accostarsi sempre più alle condizioni effettive della vite incontrate nella pratica, condizioni che però si possono realizzare esattamente solo in volo libero.

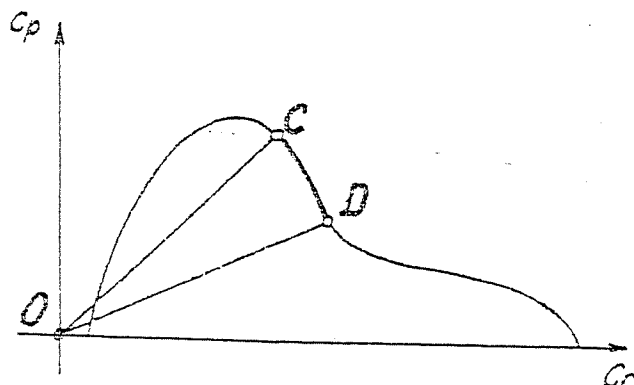
TAVOLA VI TRE DIAGRAMMI POLARI.

(Bisogna ricordare la TAVOLA V e la caratteristica fondamentale del vettore OP di quella Tavola. Nella Tavola VI quel vettore è chiamato C_F).

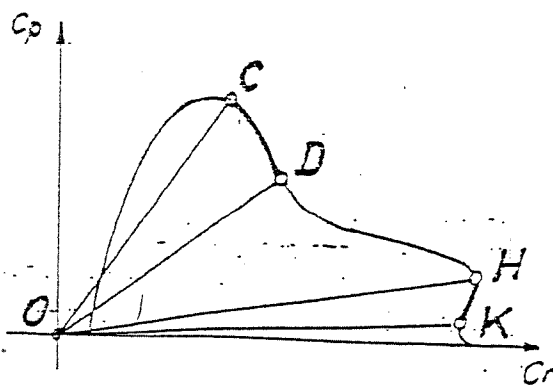
1° caso (Il vettore C_F va sempre crescendo con l'incidenza)
L'autorotazione non è possibile



2° caso (Il vettore C_F va diminuendo al crescere di α).
Viti normali.



3° caso (Si vedano i settori nei quali il vettore C_F diminuisce).
Si hanno due campi di possibile vite : un campo di viti normali e un campo di viti piate.



PROSIEGUO DELL' ANALISI DEI TRE CASI DELLA TAVOLA VI
(IMPORTANTE : In tutti i tre casi, l'angolo di deriva è zero).

1. Autorotazione impossibile
2. Vite possibile per certe incidenze
3. Viti possibili solo per certi campi

1° caso. Autorotazione: impossibile.

Quando il vettore C_F va sempre crescendo perché C_F cresce al crescere dell'incidenza α .

2° caso. Vite: possibile solo per certe incidenze.

Il vettore C_F diminuisce nel tratto C D perché C_F diminuisce al crescere dell'incidenza α .

3° caso. Si hanno due soli possibili campi di viti e cioè quando il vettore C_F diminuisce. I tratti sono :

- il tratto C D
- il tratto H K.

Il tratto H K con incidenze molto più elevate, dà luogo a viti piatte.

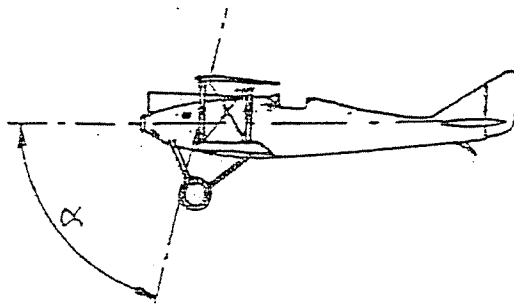
Nota. Osserviamo che il terzo tipo di polare, evidentemente il più sfavorevole perché comporta anche viti piatte, è praticamente irrealizzabile negli assetti simmetrici dei monopiani, mentre era frequente nei biplani nei quali, a causa della schermatura dell'ala superiore da parte di quella inferiore (ved. TAVOLA VII) si veniva a creare alle altissime incidenze, una zona in cui C_F diminuiva in conseguenza della diminuzione della resistenza del complesso, dato che l'ala superiore veniva a cadere in ombra di quella inferiore.

Un rimedio fu trovato mediante lo scalamento positivo delle ali. Scalamento col quale si tentò di diminuire il mascheramento troppo esteso dell'ala superiore da parte di quella inferiore.

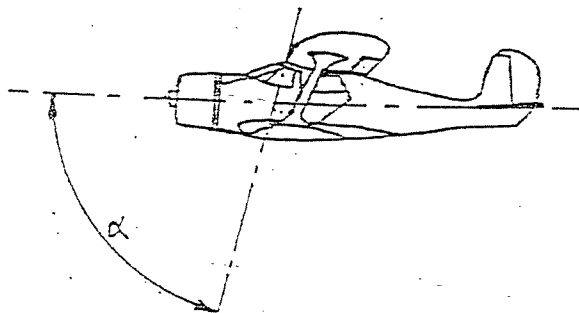
TAVOLA VII

TRE TIPI DI BIPLANI.

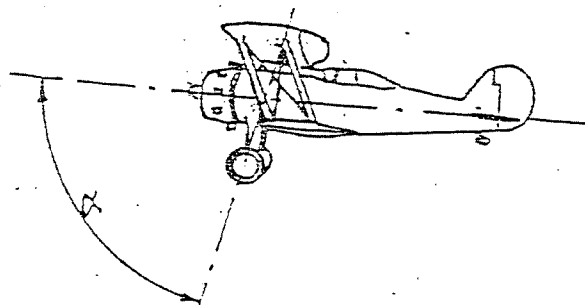
Solo il 3° tipo di scalamento rimedia al mascheramento dell'ala superiore da parte dell'ala inferiore.



a) Biplani senza scalamento (S.V.A.)



b) Biplano con scalamento negativo (Beechcraft D 17)



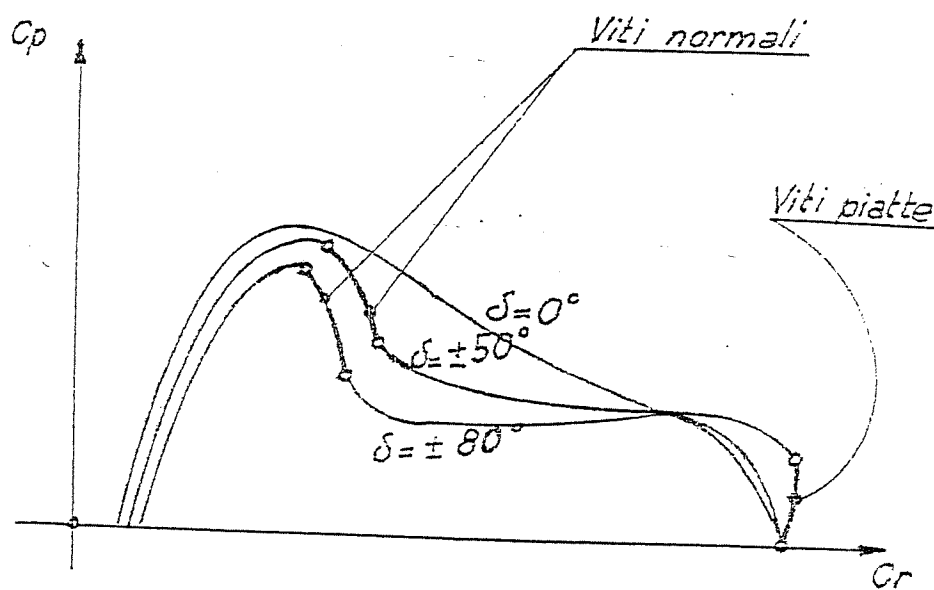
c) Biplano con scalamento positivo (Gloster Gladiator)

TAVOLA VIII

DIAGRAMMI POLARI DI UNO STESSO VELIVOLO MODIFICATI DAGLI ASSETTI DEVIATI.

Esaminiamo 3 diverse polari di uno stesso velivolo relative a 3 assetti devianti :

- angolo di deriva $\delta = 0^\circ$. Vite impossibile sempre.
- angolo di deriva $\delta = \pm 50^\circ$. Vite solo in un certo tratto.
- angolo di deriva $\delta = \pm 80^\circ$. Viti normali in un tratto e viti piatte nell'altro.



La presente monografia dedica il Capitolo allo studio sulla vite mediante modelli. Si va dal modello libero solo di rotare attorno ad un asse baricentrico fino al modello libero nello spazio con i suoi sei gradi di libertà (cioè tre assi del modello e tre assi dello spazio).

MODELLO 1.

Ved. TAVOLA IX

ROTAZIONE PROVOCATA DA UNA FORZA INIZIALE ESTERNA.

(Modello fissato su un asse orizzontale X' parallelo al flusso aria. L'incidenza può essere variata all'inizio di ogni prova).

Esperimento facilmente realizzabile.

Il modello è libero di ruotare su un asse X' passante dal suo baricentro ma non può né avanzare né indietreggiare.

Si supponga di imprimere al modello dall'esterno, una velocità di rotazione attorno a tale asse. Si misuri la coppia motrice necessaria a mantenerlo in rotazione mentre è investito da un vento di velocità V .

Detta Ω la velocità angolare di rotazione rispetto all'asse vento X' il modello risulterà animato :

da una velocità angolare di imbardata r (trascurabile alle piccole incidenze) :

$$r = \Omega \sin \alpha$$

e da una velocità angolare di rollio p :

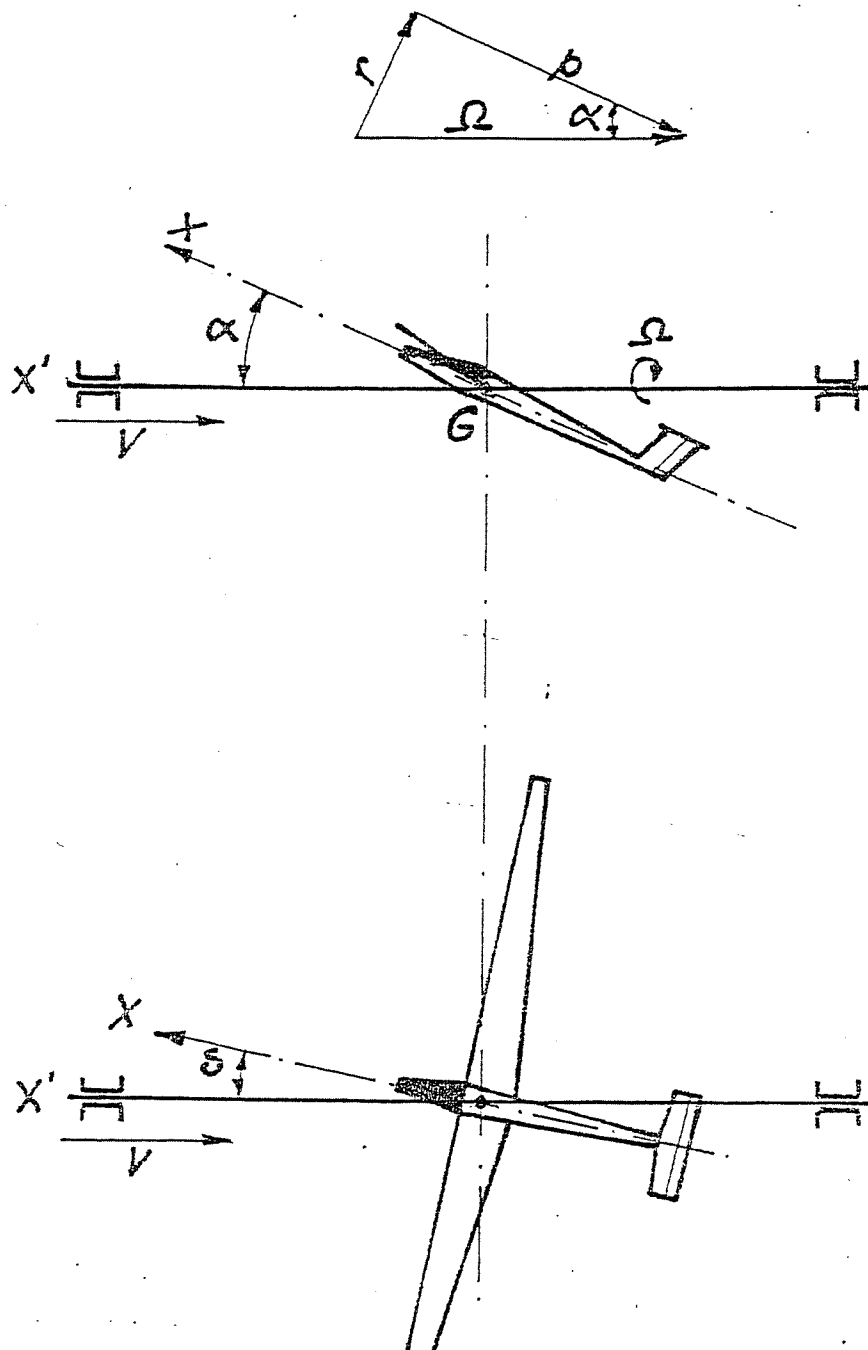
$$p = \Omega \cos \alpha$$

rispetto agli assi corpo.

Se α oltrepassa l'incidenza critica di stallo, la portanza diminuisce al crescere di α .

Il modello allora è in grado di mantenersi in rotazione indipendentemente da qualsiasi coppia applicata dall'esterno. Accelera poi fino a raggiungere un valore angolare costante.

TAVOLA IX



- Ω : Velocità angolare di rotazione sull'asse vento X'
- r : velocità angolare di imbardata sull'asse corpo Z
- p : velocità angolare di rollio sull'asse corpo X

TAVOLA X MODELLO 2.

ROTAZIONE PROVOCATA DA UNA FORZA INIZIALE ESTERNA MA
POI MANTENUTA AD UN SUO PROPRIO REGIME .

(Modello fissato su un asse verticale X' sul quale può scorrere verso il basso e verso l'alto. Può ruotare come il modello 1. L'incidenza può essere variata solo all'inizio di ogni prova. Poi resta costante).

Adesso il modello può scorrere sull'asse verso il basso. Si stabilizzerà solo quando il suo peso darà uguale alla resistenza totale in funzione della velocità dell'aria V .

Si può anche misurare la coppia della rotazione.

Con questo modello si ottiene una seconda grossolana immagine di vite.
Ma ne siamo ancora ben lontani.

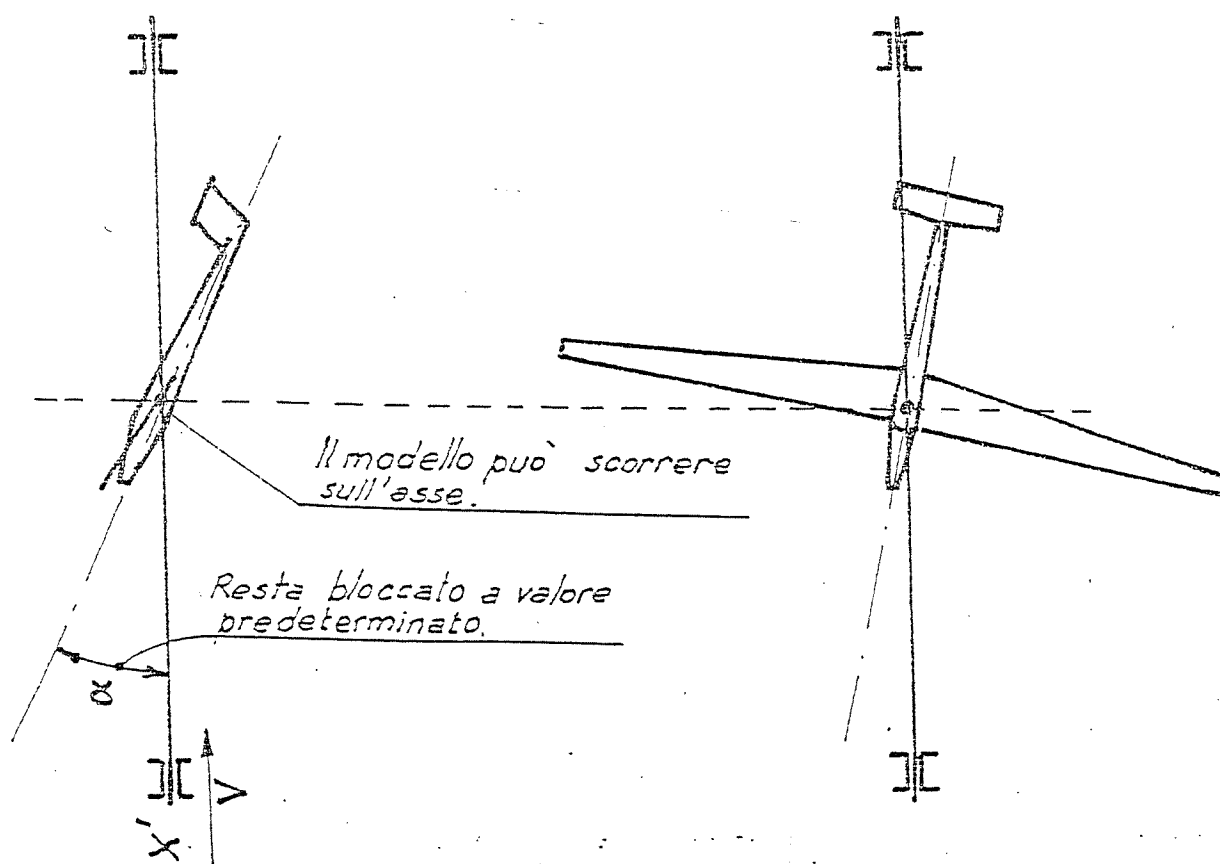


TAVOLA XI MODELLO 3.

(Come modello 2 ma l'angolo di incidenza α si auto-modifica perché intervengono anche le forze di inerzia).

Il modello si stabilizzerà a :

- rotazione di regime sua propria
- resistenza pari al suo peso
- incidenza in funzione delle masse davanti e dietro al centro di rotazione.

Quindi abbiamo a che fare con :

1. forze aerodinamiche
2. forze di massa.

Negli aerei dove ha forte prevalenza la fusoliera (monoplani da turismo) appare chiara l'importanza che nella vite assumono i momenti d'inerzia e, a parità di altre condizioni, la tendenza all'appiattimento della vite. Ved. anche TAVOLA XVII a pagina 76.

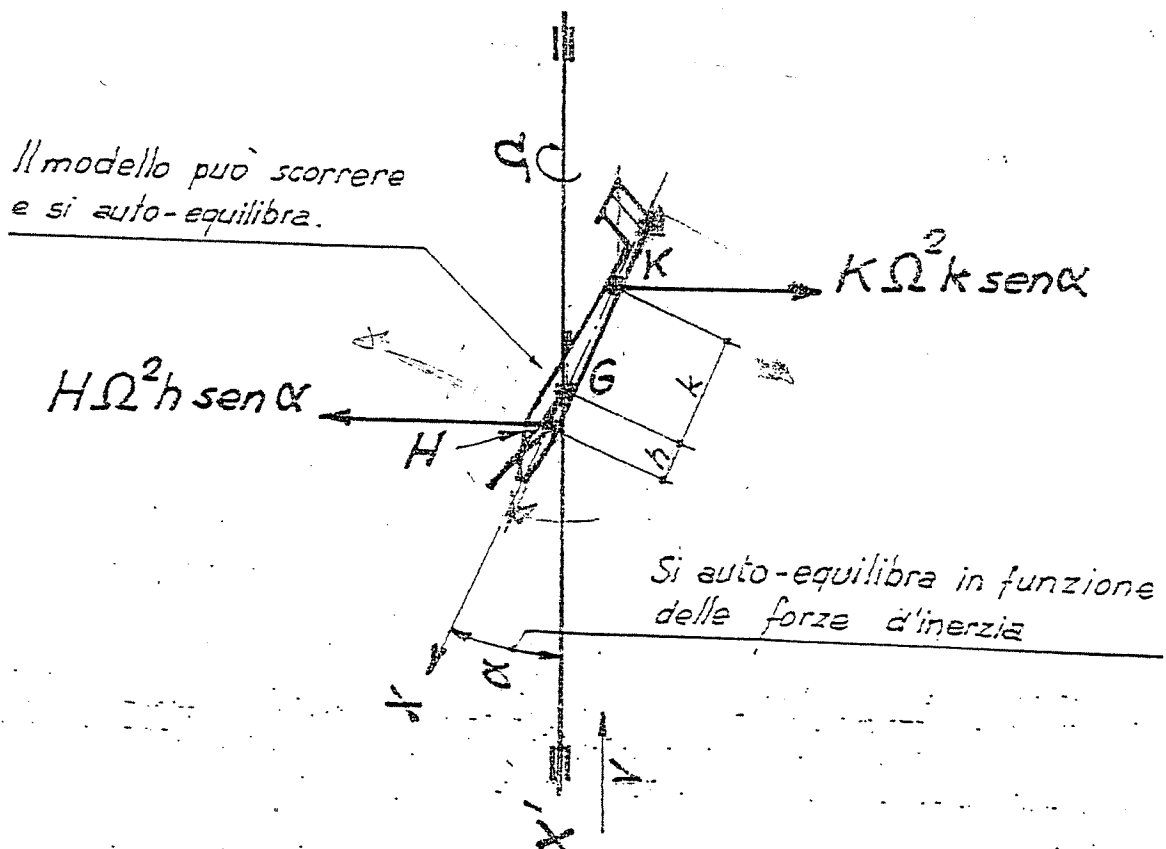
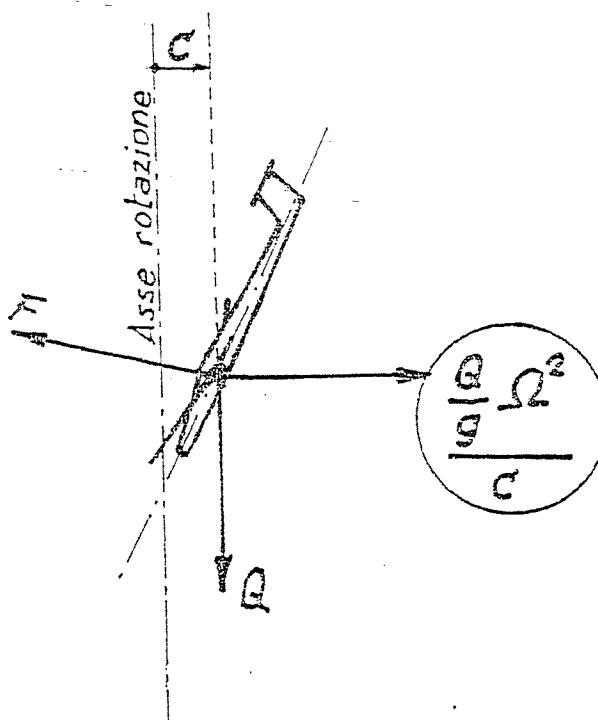


TAVOLA XII MODELLO 4.

(Come modello 3 ma su un asse parallelo all'asse X' ad una distanza c . Modello non realizzabile ma è un passaggio logico per avvicinarci il più possibile alla vite).

Le rotazioni attorno agli assi X e X' avvengono con azioni esterne iniziali. In più si consente al baricentro di abbandonare l'asse di rotazione X' del valore c (raggio della vite).

Manca però ancora un parametro per avere la vite vera e propria : la deviazione.



MODELLO 5.

Ved. TAVOLA XIV

(Modello fissato su un supporto come in figura).

Caratteristiche del modello :

- (Importantissimo) l'asse X deve avere un angolo di deviazione Δ provate. Altrimenti la vite, anche se innescata, si ferma da sola.
- per ottenere l'angolo Δ bisogna ruotare il modello sull'asse Z. Il dado "d" deve essere bloccato dopo la rotazione descritta.
- L'asse Z può essere parallelo all'asse vite (angolo di rollio θ nullo).
Nel caso della Tavola XIV l'asse è parallelo.

Il modello, quando messo in rotazione, è finalmente molto vicino alla vera vite.

NOTA

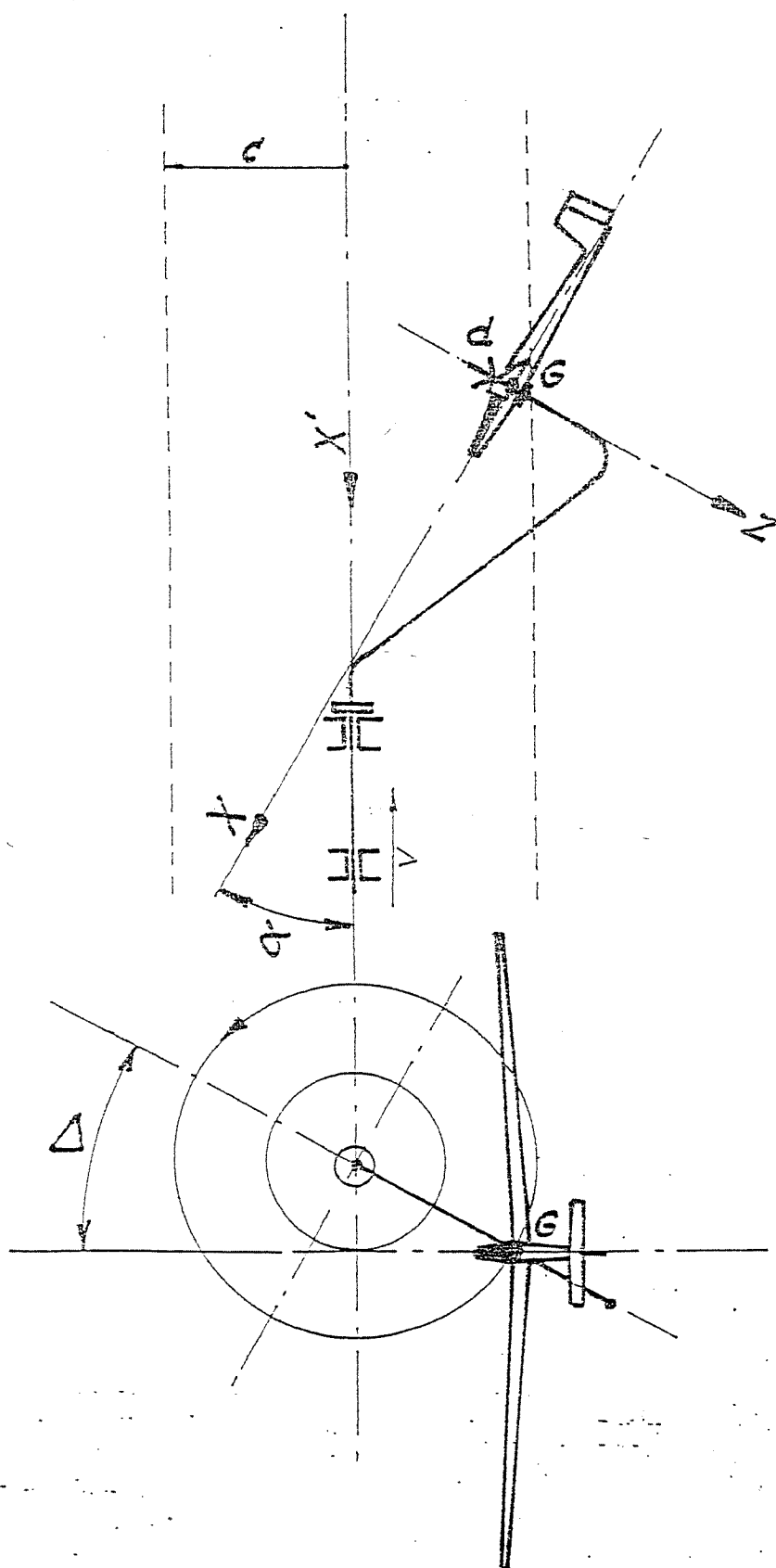
Nella vite vera e propria in volo libero, i sottosegnati parametri cambiano in modo autonomo (e sovente in modo continuativo) :

- angolo di incidenza
- raggio della vite
- velocità di rotazione
- velocità verticale
- angolo di deviazione (anche funzione della quantità di piede dato dal pilota)

Invece in questo modello quei valori restano fissi.

Ma è sempre un modello che pur se vincolato è abbastanza vicino alla vite vera e propria.

TAVOLA XIV
MODELLO 5.



ESPERIENZE SUI MODELLI IN VOLO LIBERO.

In aria libera.

Le prime esperienze in volo libero si eseguirono lasciando cadere un modello in configurazione vite da una certa altezza e cinematografandone la discesa. Le difficoltà incontrate con tale tecnica sperimentale erano dovute soprattutto alla brevissima durata della prova ed alla difficoltà di seguire il modello con le macchine da presa durante la caduta, senza contare i danni al modello quanto cadeva fuori dalla rete di raccolta.

In galleria verticale.

Nel 1932 H.E. Wimperis ebbe l'idea geniale di prolungare indefinitamente la durata della vite, a volontà dello sperimentatore, facendo cadere il modello in una corrente d'aria verticale dotata di velocità ascendente pari a quella di caduta del modello.

La prima galleria verticale fu quella installata al Royal Aircraft Establishment di Farnborough. Diede fin dall'inizio risultati così promettenti che americani, tedeschi, francesi e italiani munirono i loro laboratori di gallerie consimili per lo studio della vite.

NDR. Come si vede dalle date siamo a 30 anni dai primi voli!

Alcune particolarità.

Il modello è costruito in legno balsa leggerissimo ($0,10-0,20 \text{ Kg/dm}^3$) e deve riprodurre oltre la similitudine geometrica anche in scala la distribuzione dei pesi e di conseguenza la posizione del baricentro ed i momenti d'inerzia del velivolo. Deve cioè riprodurre anche la *similitudine dinamica*. Il vento è diretto dal basso verso l'alto con intensità tale da evitare la caduta del modello.

Il modello nel suo moto a regime si manterrà in autorotazione (in vite) restando all'incirca fermo nello spazio.

La velocità max dell'aria era di 34 m/sec .

TAVOLA XV

GALLERIA DEL VENTO DI TIPO VERTICALE.

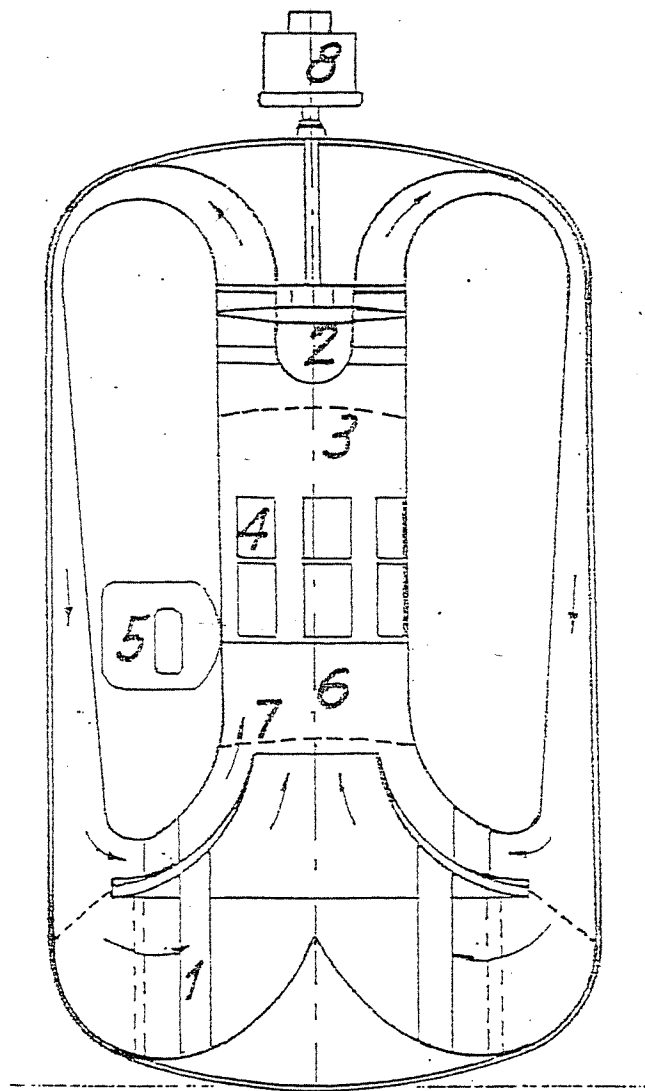
GALLERIA VERTICALE DEL N.A.E. (BEDFORD).

Pressione d'esercizio 1-4 atm

Velocità max corrispondenti 42,3 - 27,3 m/sec

Diametro sezione utile 4,55 m

Apertura max modello 106 cm

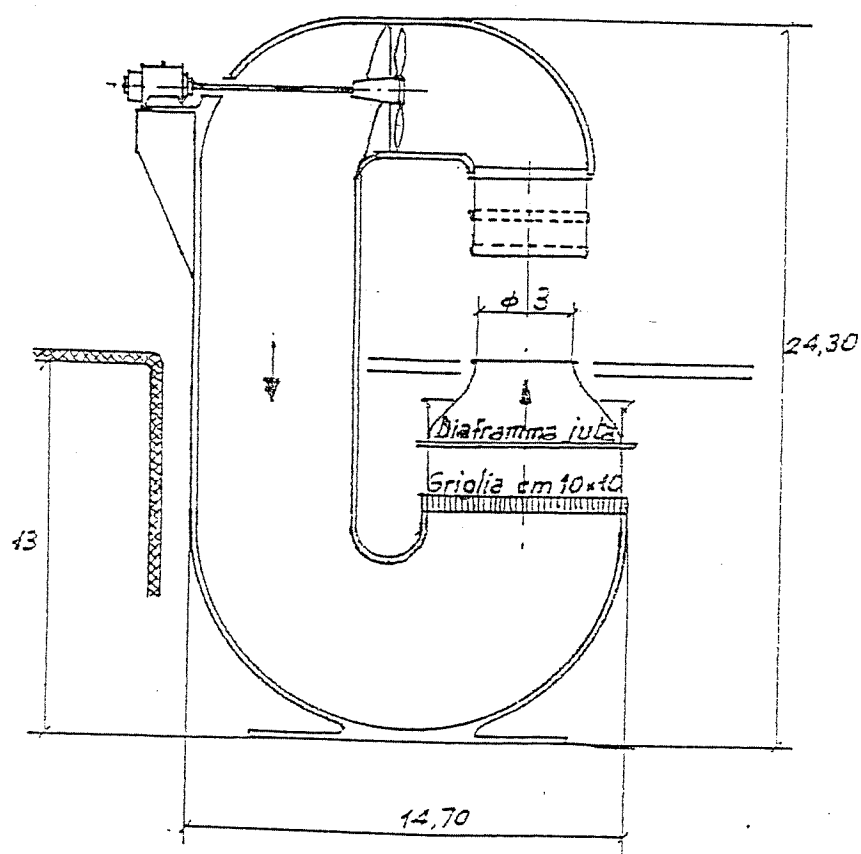


- 1 n. 9 Raddrizzatori
- 3 Rete superiore
- 5 Cabina operatori
- 7 Rete ricupero modellini

- 2 Ventilatore
- 4 Finestre
- 6 Sezione utile
- 8 Motore da 3000 CV

TAVOLA XVI
UN'ALTRA GALLERIA VERTICALE

GALLERIA VERTICALE DI GUIDONIA



COME DEVONO ESSERE I MODELLI.

Devono avere similitudine geometrica e dinamica.

Sono fatti in legno di balsa ($0,10-0,1 \text{ Kg/dm}^3$).

Fusoliera interamente cava.

Ali abbondantemente traforate e ricoperte di carta.

Opportune zavorre sul muso, in coda e sulle estremità alari servono a portare il baricentro servono a portare il baricentro nella posizione reale.

I momenti d'inerzia (di rollio, di beccheggio e di imbardata) vengono portati ai valori desiderati.

Una carica supplementare di piombo nel baricentro porta la densità totale al valore stabilito dalla prova.

Nell'aeromodello è inoltre installato un apparecchio a orologeria che, per mezzo di uno o più eccentrici comanda a tempo, nell'ordine desiderato, le superfici di coda e gli alettoni con l'ampiezza voluta.

Il lancio del modello nella corrente deve essere effettuato da un abile operatore, in modo da iniziare la vite nel senso desiderato, mentre un altro operatore, dal banco di manovra antistante, regola la velocità della corrente al fine di mantenere il modello ad altezza costante. Il moto del modello viene cinematografato con una sequenza di 32 o 64 fotogrammi al secondo. Il modello viene così a muoversi di moto circolare anziché elicoidale rispetto agli operatori ed alle macchine da presa.

All'uscita dalla vite il modello può sfuggire in volo libero dalla vena fluida e planare in una camera in cui sono disposte opportune reti per raccogliarlo senza danneggiarlo.

Nota. Per la similitudine tra il modello ed il velivolo reale occorre che i numeri di Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot b}}$$

siano eguali nei due casi.

Dove :

b = apertura alare in m

g = accelerazione di gravità m/sec^2

V = velocità in m/sec

Per quel che si riferisce alla attendibilità dei risultati così ottenuti, si è constatato che, in genere, i modelli rappresentano viti meno piate e restituzioni più rapide del corrispondente velivolo.

Tale differenza può essere spiegata con l'effetto scala, soprattutto alle differenze che si hanno nel numero di Reynolds (R_e) nel passare dal modello al velivolo.

Si è constatato che un aumento del R_e provoca in certi casi una rapida diminuzione dello smorzamento nell'imbardata dovuto alla fusoliera.

Per effettuare la correzione più significativa, i modelli sono normalmente dotati di piccole alette o braccia attaccate all'estremità dell'ala interna, che provocano momenti imbardanti pro-vite (in-spin yaw) di grandezza nota.

In ogni caso le esperienze in galleria permettono di studiare esaurientemente il comportamento di un dato aereo in diverse condizioni di carico e di distribuzione delle masse, nonché di determinare le manovre più idonee da suggerire al pilota per l'uscita dalla vite.

FATTORE DI CONTINGENZA NELLA VITE.

Per definizione il fattore di contingenza n in una evoluzione del velivolo è il rapporto tra le forze dinamiche F e il peso Q .

Cioè :

$$n = F / Q$$

Nel caso della vite, essendo $Q = F \sin \alpha$ si avrà :

$$n = F / F \sin \alpha$$

da cui :

$$n = 1 / \sin \alpha$$

Nella vite l'angolo di incidenza α è compreso per lo più tra 20° e 30° . Quindi n può variare all'incirca tra 3 e 2.

DATI NUMERICI SULLA VITE.

Dalle origini dell'aviazione ai giorni nostri, con prove pratiche si sono riscontrati, i casi più disparati di vite.

Valori sperimentali riscontrati :

Velocità verticali $V =$ da 20 a 150 m/sec
Angoli di incidenza $\alpha =$ da 20° a 80°
Raggi della vite $c =$ da 0,6 a 15 metri
Di regola, tanto più la vite è piatta tanto minori sono le velocità verticali e il raggio dell'elica.

In passato, con biplani a bassissimo carico alare, si sono misurati casi di vite molto piatta, asse di rotazione a poche decine di centimetri dal baricentro e velocità verticali di discesa così basse che l'urto col suolo non riuscì fatale all'equipaggio. Ma nei monopiani con elevato carico alare, i valori più frequenti di velocità angolari sono compresi fra 2,5 e 3,5 secondi per compiere un giro e le incidenze α sono sui valori di 30° .

Prove su un velivolo da addestramento alla caccia ad elica.

FIAT G 59A. A carichi crescenti, si riscontrarono le seguenti caratteristiche di vite (a partire da circa 3000 metri di quota) :

- velocità di discesa $V = 80 - 100$ m/sec
- velocità angolari $\Omega = 2,5 - 1,8$ rad/sec
(rispettivamente corrispondenti a 1 giro ogni 2,51 - 3,49 sec)
- Passo della vite Passo = 200-350 metri
(corrispondente a circa 3 giri ogni 600-1050 metri persi)
- angolo di incidenza $\alpha = 30^\circ$

Si era osservato (ed è interessante) che a carichi alari crescenti la velocità angolare diminuiva.

Contrariamente a quanto si potrebbe ricavare dalle impostazioni teoretiche, in cui per impostazione, si sono considerati moti a regime, la vite (come già detto) non è quasi mai uniforme ma, dal più al meno, presenta caratteristiche irregolari, con variazioni talora brusche nella velocità angolare e quindi con tendenza ad accrescere o a diminuire l'incidenza.

Si noti anche che le viti a regime (dette anche *viti permanenti*) che corrispondono perfettamente alla schematizzazione teorica, sono più ribelli alla rimessa di quelle molto anormali o irregolari (dette anche *viti oscillatorie*) le quali talvolta ben poco conservano dell'aspetto di moto di vite.

NOTE

1.- Dati numerici sulla rotazione

1 Rad/sec —————> 57,32 gradi/sec —————> 6,28 sec/giro

Radianti/sec	Gradi/sec	Sec/giro
0,5	28,66	12,56
0,6	34,39	10,47
0,7	40,12	8,97
0,8	45,86	7,85
0,9	51,59	6,96
1	57,32	6,28
1,1	63,05	5,71
1,2	68,78	5,23
1,3	74,52	4,83
1,4	80,25	4,49
1,5	85,98	4,19
1,6	91,71	3,93
1,7	97,44	3,69
1,8	103,18	3,49
1,9	108,91	3,31
2	114,64	3,14
2,1	120,37	2,99
2,2	126,10	2,85
2,3	131,84	2,73
2,4	137,57	2,62
2,5	143,30	2,51
2,6	149,03	2,42
2,7	154,76	2,33
2,8	160,50	2,24
2,9	166,23	2,17
3	171,96	2,09

2.- Calcolo del fattore di contingenza (accelerazione centrifuga) in un aliante in spirale picchiata.

Esempio a)

V 160 Km/h
R 50 metri

Il fattore di contingenza risulta essere 4 (leggasi anche 4 g)

Esempio b)

V 160 Km/h
R 40 metri

Il fattore di contingenza risulta essere 5 (leggasi anche 5 g)

NDR. Si notino :

- La differenza tra il Fattore di contingenza max in vite e i valori raggiungibili in spirale picchiata scolastica.
- La forte differenza di raggio tra vite e spirale picchiata.

Ritorniamo a "Elementi di meccanica del volo" di Lausetti e Filippi.

MANOVRE PER ENTRARE ED USCIRE DALLA VITE (VISTE DAGLI INGEGNERI).

a) L'entrata in vite per gli ingegneri.

Se un aeroplano, come per lo più accade, ha un diagramma polare simile al caso 2° della TAVOLA VI, può entrare spontaneamente in vite al diminuire della velocità e all'aumento dell'incidenza fino ai valori critici. In questa situazione, a condizione di una simmetria casuale anche momentanea, si innesca l'autorotazione, anticamera della vite.

Quando però in vite si vuole entrare di proposito stabilendone il verso, si riduce la velocità fino a raggiungere la velocità di stallo e si dà piede dalla parte della rotazione voluta. Infine si cabra ulteriormente al massimo tirando la barra o il volantino.

In vite perciò l'aereo viene a trovarsi con :

- angolo di deviazione positivo (verso la rotazione voluta)
- (provocato da) timone di direzione al massimo angolo dalla parte della rotazione voluta
- equilibratore alla massima posizione verso l'alto
- angolo di incidenza critico
- (da cui) velocità di stallo.

b) L'uscita dalla vite per gli ingegneri.

Per uscire dalla vite occorre :

- (innanzitutto) annullare l'angolo di deviazione (piede opposto)
- diminuire l'angolo di incidenza critico
- (da cui) necessità di aumento della velocità (maggiore della velocità di stallo)
- (da cui) barra in avanti per deflettere l'equilibratore verso il basso o, comunque, per non averlo più in posizione di massima deflessione cabrata. Ma l'angolo di incidenza α è stato influenzato anche dalle forze d'inerzia studiate in TAVOLA XI (centrifuga delle masse sulla coda e sul muso).

LA VITE TENDE A DIVENTARE PIATTA PER L'INTERVENTO DELLE FORZE D'INERZIA.

(Ved. anche Tavola XI)

Ricordiamo le prime scoperte dei piloti durante la 1° Guerra Mondiale :

- portare i comandi al centro
- dare successivamente un leggero invito a picchiare
- in qualche caso aiutare la manovra con qualche smanettata (accelerate di motore) per rendere più efficaci, col soffio dell'elica, le superfici di manovra dei piani di coda.

Ma raramente il velivolo è così docile. Nella maggior parte dei casi l'equilibratore non basta. E' necessario smorzare l'angolo di deviazione rovesciando il timone di direzione. Quindi lasciare passare un breve lasso di tempo per ottenere lo stop della rotazione. E infine portare l'equilibratore a picchiare.

Per gli ingegneri, un velivolo si definisce non pericoloso se si ristabilisce dopo due giri di vite al massimo. Ma ve ne sono di quelli che ne escono prima (per fortuna, dicono i piloti).

Eseguendo le manovre di piede opposto e poi di barra avanti (poi centralizzazione, naturalmente) in ordine inverso, cioè deflettendo l'equilibratore verso il basso e poi spostando il timone, l'uscita dalla vite può essere problematica ed in taluni casi non avvenire affatto.

Innanzitutto perché non è detto che la potenza del timone di direzione sia integra, come nel caso di ombra aerodinamica provocata da piani orizzontali a metà del piano verticale oppure come nel caso di stallo del timone di direzione.

E poi anche perché l'angolo di deviazione Δ può avere assunto valori così grandi da aver bisogno di troppi secondi per essere recuperato.

Bisogna anche osservare che il timone così indebolito nella sua efficacia frena la velocità angolare di imbardata r :

Ricordiamo che

$$r = \Omega \sin \alpha$$

L'azione del timone di direzione è però tanto più necessaria quanto più la vite è piatta.

Poca efficacia ha invece il timone di direzione nelle viti molto ripide dove la r è addirittura trascurabile e dove invece è preponderante la velocità angolare di rollio p .

Ricordiamo che

$$p = \Omega \cos \alpha$$

In tal caso si deve ricorrere agli alettoni per smorzare il rollio, manovrandoli a seconda che la zona dell'ala da essi occupata sia in stallo o meno.

In questo modo si spiega il contenuto del manuale di volo dell'aliante **Twin III Acro**, che prevede anche l'uso degli alettoni per fermare la vite.

Nei velivoli con masse distribuite prevalentemente in fusoliera ma non eccessivamente caricati (per esempio nei monomotori da turismo), la vite si svolge con incidenze abbastanza alte dato il notevole valore dei momenti di inerzia di beccheggio rispetto agli altri momenti di inerzia e quindi il comando più importante è il timone di direzione la cui inversione è spesso sufficiente da sola a provocare l'uscita dalla vite.

Viceversa, nei velivoli con masse distribuite sulle ali (plurimotori classici ad elica con armi, serbatoi e carrello sistemati sulle ali), è solo con l'impiego combinato del timone di direzione e dell'equilibratore che si esce dalla vite. Gli americani hanno introdotto a questo scopo il fattore di smorzamento della coda **T.D.P.F.** (Tail damping power factor). (Ved. anche Capitolo 7).

NDR. Le "orchidee" (alianti da 25 metri di apertura alare e più e con ballast carichi di acqua nelle ali) assomigliano ai plurimotori. Ricordiamo il recente incidente del **Nimbus di Evans**.

COSA FARE NEL CORSO DEL PROGETTO PER ALLONTANARE IL PERICOLO DELLA CADUTA SPONTANEA IN VITE.

a) PROFILI ALARI ANTI VITE.

TAVOLA XVII DIAGRAMMI CON DIVERSO ANDAMENTO DELLA CADUTA DI PORTANZA.

Scegliere un profilo alare che all'incidenza critica non dia luogo ad una brusca caduta di portanza. Ad esempio un profilo con le caratteristiche del diagramma 1 al contrario di quello del diagramma 2.

DIAGRAMMA 1

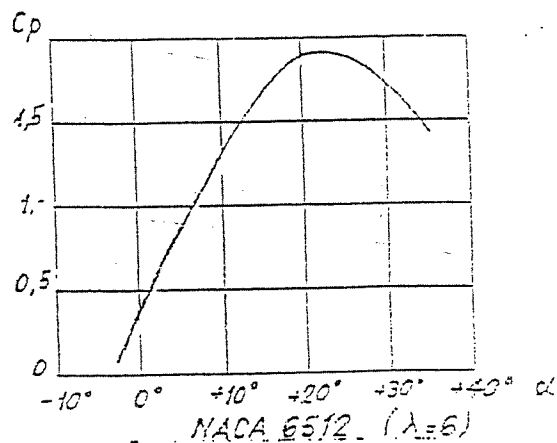
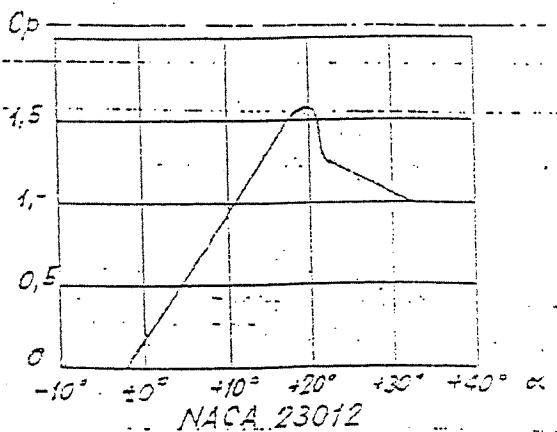


DIAGRAMMA 2



b) LO SVERGOLAMENTO DELLE ESTREMITA' DELL'ALA.

E' preferibile in ogni caso avere un'ala che cada in stallo prima alla radice che alle estremità. L'aereo si apprua prima di perdere completamente la manovrabilità.

c) LIMITARE LA CORSA DELL'EQUILIBRATORE.

Negli aerei in cui ciò sia prescritto, per esempio in quelli militari da allenamento alla caccia, oltre ad assicurarsi che la vite sia possibile anche ad assetti non troppo deviati, conviene in ogni caso limitare la corsa a cabrare dell'equilibratore, in modo che l'angolo di barra corrispondente non superi un certo valore. Ciò per evitare che il pilota, tirando a sé a fondo corsa la barra, per portare l'aereo in vite, non superi involontariamente la massima incidenza oltre la quale, come si è visto (Figura 7), l'autorotazione è nuovamente impossibile.

d) COLLOCARE I PIANI DI CODA IN POSIZIONE STRATEGICA (PER OTTENERE UNA FACILE USCITA DALLA VITE).

Bisogna studiare di non porre in ombra aerodinamica i piani di coda. Un modo è quello di posizionare il piano orizzontale al fine di non mandare in ombra quello verticale (ved. capitolo 7 a pag. 22) anche nei presumibili assetti abnormi del velivolo in vite piatta.

Bisogna curare i raccordi ala/fusoliera e ala/gondole motore. Evitare sporgenze od altro che possano provocare alle forti incidenze distacchi locali di vena con conseguente formazione di scie turbolente capaci di mettere in ombra aerodinamica i piani di coda.

e) RIDURRE I MOMENTI DI INERZIA AL BECCHEGGIO.

(Ved. TAVOLA XI di pag. 63)

f) ADOTTARE POSSIBILMENTE FUSOLIERE AD ELEVATO POTERE SMORZANTE ATTORNO ALL'ASSE Z (imbardata).

E' intuitivo che le sezioni poligonali o quelle con spigoli e pinne longitudinali sono le più adatte.

NDR. Ma ciò non si addice agli alianti di alte prestazioni. Pertanto lo si cita solo per completezza.

COSA FARE CON VELIVOLI ASSOLUTAMENTE RIBELLI ALL'USCITA DALLA VITE.

Argomento che interessa il campo dei caccia militari e degli ultra-leggeri.

- Prima di tutto proibire la vite volontaria.
- Prescrivere il lancio col paracadute nel caso di vite accidentale (militari).

Per favorire l'uscita dalla vite nei casi più ribelli, si sono adottati (ma con alterne fortune) specie su aerei militari :

- piccoli razzi alle estremità alari (militari)
- piccoli paracadute anti-vite per spegnere l'autorotazione (si ricorda che Janus, "Ketrellone" *et similia* possono usare il paracadute preposto per gli atterraggi cortissimi).

CONCLUSIONI MORALI PER UN PROGETTISTA.

La vite costituisce comunque sempre un'insidia grave nel volo. Innumerevoli sono i piloti che per essa perirono e che continuano e che continueranno a rischiare la vita.

I progettisti hanno l'obbligo morale di studiare esaurientemente il comportamento delle loro macchine anche sotto questo aspetto.

Anche se lo hanno fatto (e lo hanno fatto) per l'aliante Puchacz, la domanda dopo tanti incidenti è : "Hanno propagandato a sufficienza le caratteristiche della vite di quell'aliante?".

ALIANTE CON FLAPS

Non abbiamo affrontato specificamente l'argomento alianti con flaps.

Un chiarimento base lo facciamo ora.

I flaps positivi sono ipersostentatori e freni. E' evidente che la velocità subisce una decelerazione e che l'aliante comunque deve assumere un assetto più picchiato. Molti alianti moderni hanno anche la posizione LANDING che va usata solo in configurazione atterraggio (lecito il suo uso anche in virata finale). Occorre non dimenticare i flaps positivi (specie se in posizione LANDING) mentre si è vicini ad un costone.

CONCLUSIONI PER CHI INSEGNA A VOLARE E PER I PILOTI.

Gli istruttori hanno il dovere di indagare i misteri della vite su tutti gli alianti in dotazione alla scuola o al club in cui operano. E' compito loro formare la coscienza e la conoscenza negli allievi e nei piloti che vi operano. Ecco allora il contributo che questo trattatello vuol dare alla conoscenza.

Benvenute critiche, aggiunte, esperienze. Anche via Internet.

Sappiamo comunque che il destino e la fortuna intervengono comunque per la loro parte.

VALORI DI MASSIMA DI UNA AUTOROTAZIONE CON UN ALIANTE

Pietro Longaretti

Fatta salva l'affermazione che non c'è una vite uguale all'altra, proviamo a studiare una autorotazione di un aliante biposto "paccioccone" con baricentro che gli permetta una vite con α sui 27° .

Traiettoria balistica da orizzontale a caduta verticale :

- Velocità verticale al termine autorotazione uguale a quella verticale in vite (cioè 120 Km/h).
- I metri persi sono ($h = \frac{V \cdot V}{2g}$) = 56,6 m
- Il tempo impiegato ($t = \sqrt{2V/g}$) = 2,61 sec
- Ω = circa 1.2 Rad/sec
- Rollio conseguente ($\Omega \cos 27^\circ$) = 1,07 Rad/sec
- Imbardata conseguente ($\Omega \sin 27^\circ$) = 0,54 Rad/sec

Dopo una caduta di 56,6 metri, si hanno :

- Tempo impiegato 2,61 secondi
- Velocità verticale 120 Km/h
- Un angolo di rollio di 160°
- Un angolo di imbardata di 81°
- Un angolo di beccheggio di 90°

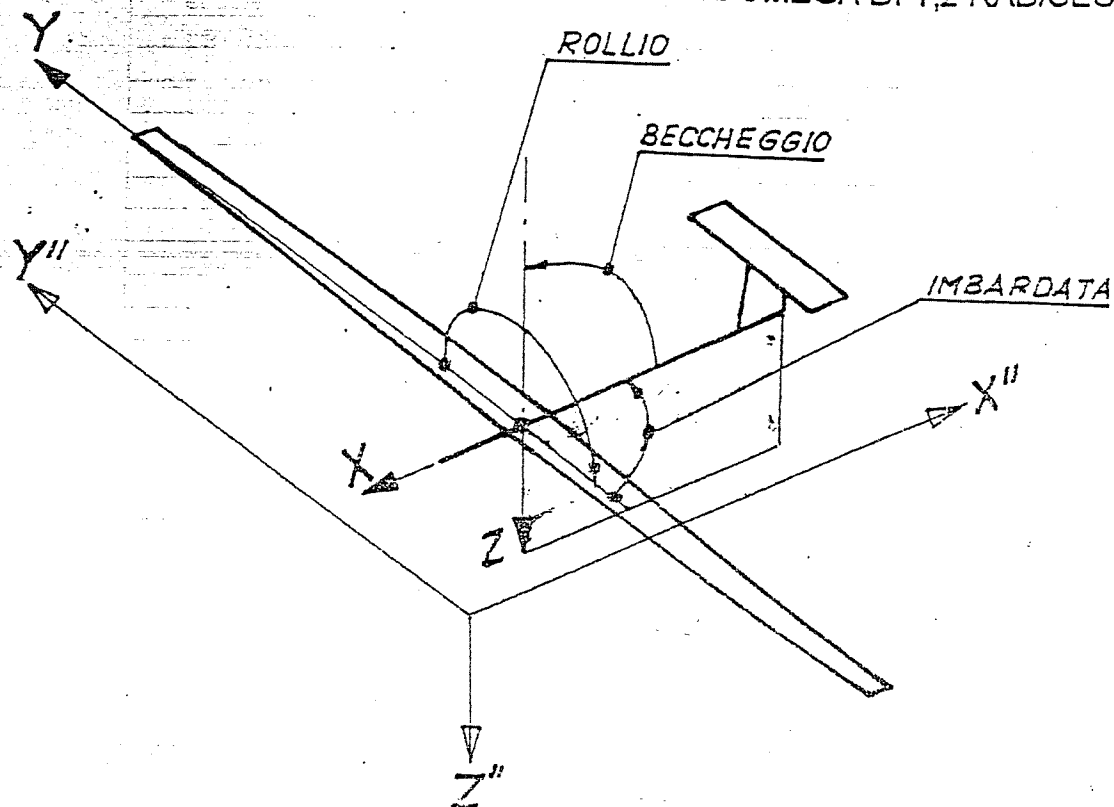
Nella pagina 83 si è schematizzato :

- l'aliante in volo normale
- l'aliante dopo la caduta balistica e dopo le rotazioni suddette

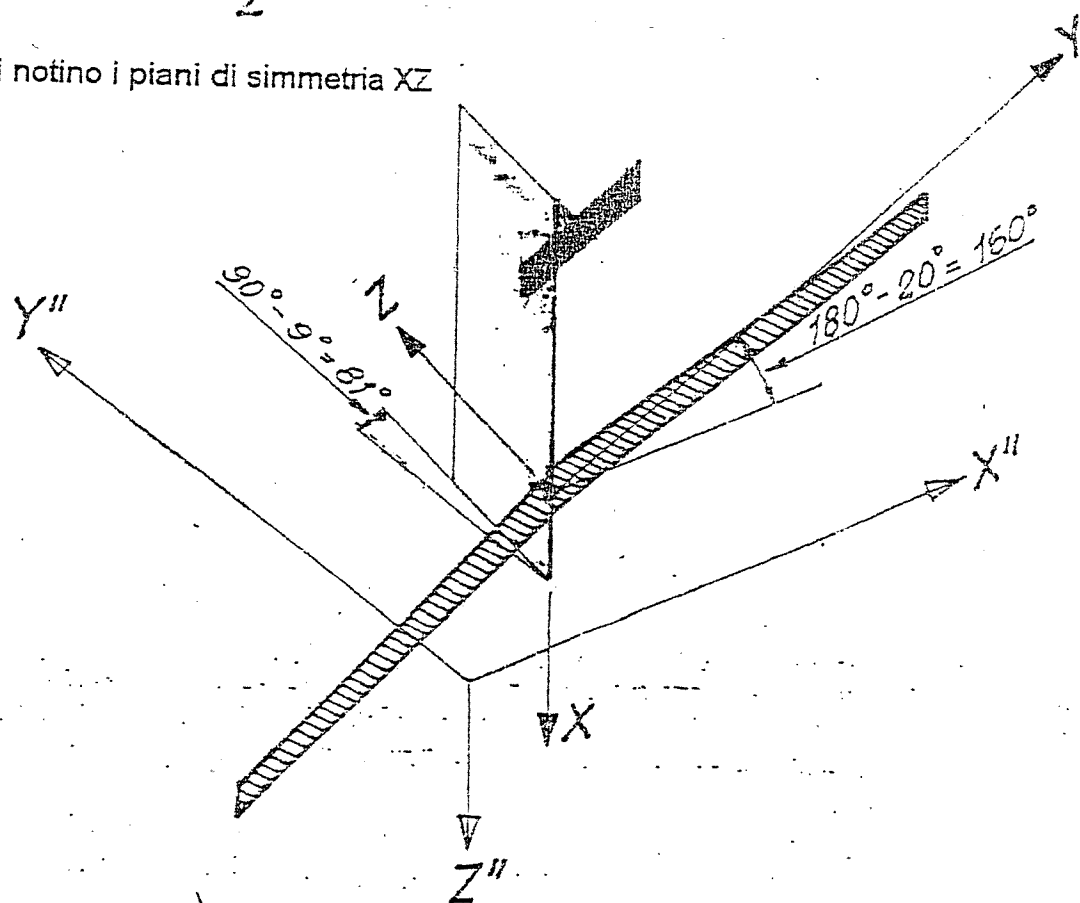
Nella pagina 84 si trovano 3 tabelle con i dati relativi a 3 tipi di alianti (cattivo, medio cattivo, classico; classifica arbitraria ma comunque relata alla velocità angolare Omega).

SCHEMA DI UN ALIANTE PRIMA E DOPO LA ROTAZIONE

DATA UNA VELOCITA' ANGOLARE OMEGA DI 1,2 RAD/SEC.



Si notino i piani di simmetria XZ



3 TABELLE COI VALORI DI AUTOROTAZIONI PER 3 ALIANTE (CATTIVO, MEDIO CATTIVO, CLASSICO)

TABELLA I
ALIANTE "CATTIVO" CON OMEGA = 2.65 RAD/SEC (151,9 GRADI/SEC)

quota persa metri	angolo di rollio gradi	angolo di imbardata gradi	angolo di beccheggio gradi	tempo secondi	velocità verticale Km/h
3,5	176	89	45	1,30	29,8
7	209	106	53	1,55	42,2
10	229	116	58	1,69	50,4
20	272	138	69	2,01	71,3
28,3	296	151	76	2,19	84,8
30	301	153	77	2,22	87,3
40	323	164	82	2,39	101
50	342	174	87	2,53	112,8
56,6	353	179	90	2,61	120

TABELLA II
ALIANTE "MEDIO CATTIVO" CON OMEGA = 2 RAD/SEC (114,6 GRADI/SEC)

quota persa metri	angolo di rollio gradi	angolo di imbardata gradi	angolo di beccheggio gradi	tempo secondi	velocità verticale Km/h
3,5	133	68	45	1,30	29,8
7	158	80	53	1,55	42,2
10	173	88	58	1,69	50,4
20	205	105	69	2,01	71,3
28,3	224	114	76	2,19	84,8
30	227	116	77	2,22	87,3
40	244	124	82	2,39	100,9
50	258	132	87	2,53	112,8
56,6	266	136	90	2,61	120,0

TABELLA III
ALIANTE CLASSICO CON OMEGA = 1,2 RAD/SEC (68,8 GRADI/SEC)

quota persa metri	angolo di rollio gradi	angolo di imbardata gradi	angolo di beccheggio gradi	tempo secondi	velocità verticale Km/h
3,5	80	41	45	1,30	29,8
7	95	48	53	1,55	42,2
10	104	53	58	1,69	50,4
20	123	63	69	2,01	71,3
28,3	134	68	76	2,19	84,8
30	136	69	77	2,22	87,3
40	146	75	82	2,39	100,9
50	155	79	87	2,53	112,8
56,6	160	81	90	2,61	120,0

INDICE

ARGOMENTO	PAGINA
Prefazione	2
ANEDDOTICA SU COLLAUDI DI ALIANTI	3
Schema di principio aliante in una vite normale	3a
Schema di principio aliante in una vite piatta	3b
Schema di principio di vite che si trasforma in spirale picchiata	3c
Figura 1 - Collaudo aliante SZD-30-PIRAT	4
Il fatto del PIRAT	5 - 7
Figura 2 - Collaudo dello Jaskolka	8
Il fatto dello Jaskolka	9
Figura 3 - Collaudo SHK	10
Figura 4 - Come si comportano i piani a farfalla	11
Seguito piani a farfalla	12
Il fatto dello SHK	13 - 14
LA DIDATTICA DELLA VITE	15
Figura 1 - La vite	16
Figura 2 - Successione dei regimi (autorot.-vite-rimessa)	17
3.- (E. Bergomi) La manovra di entrata in vite	18
4.- (E. Bergomi) La manovra di uscita dalla vite (rimessa)	19
5.- (E. Bergomi) Vite (non voluta) per comandi incrociati	20
Raffigurazione vite per comandi incrociati	20 bis
6.- (D. Piggott) La prima azione base della rimessa	21
Figura 7 - Ombra aerodinamica sul timone di direzione	22
8.- (D. Piggott) La seconda azione base della rimessa	23
9.- (D. Piggott) La terza azione base della rimessa	24
10.- (D. Piggott) La quarta azione base della rimessa	25
11.- (D. Piggott) Cattive abitudini	26 - 27
12.- (D. Piggott) Posizione del baricentro	28
13.- (D. Piggott) Effetto della pioggia sullo stallo	29
14.- (D. Piggott) I collaudi della vite degli alianti	30 - 31
15.- (D. Piggott) Allenamento alla vite volontaria	32
16.- (D. Piggott) Se si trova barra leggera nella richiamata Incidente accaduto	33 - 34
17.- (D. Piggott) Approcci didattici alla vite	35 - 37
18.- (D. Piggott) Spiegazione del dare barra avanti	38
19.- (D. Piggott) Cosa fare quando la vite ha andamento periodico	39
20.- (S. Wielgus) Prima situazione. Non mettersi...	

in condizione di prossima vite o di impatto (in montagna)	40
21.- (S. Wielgus) Seconda situazione. Non mettersi in condizione di prossima vite o di impatto (in montagna)	41
22.- (S. Wielgus e Pietro Longaretti) La vite vicino a una montagna	42
23.- (S. Wielgus) Quale inclinazione in montagna?	43
24.- (S. Wielgus) Sgancio accidentale cavo in decollo	44
L'INGEGNERIA DELLA VITE	45
Terminologia	46 - 47
TAVOLA I - Sistemi di riferimento (Assi)	48
TAVOLA II - Sistemi di riferimento (Angoli α - φ - β)	49
TAVOLA III - Sistemi di riferimento (Angoli ψ - δ - χ)	50
TAVOLA IV - Sistemi di riferimento (Angoli ζ - θ)	51
TAVOLA V - Diagrammi polari	52
Considerazioni generali sulla vite	53 - 55
TAVOLA VI - Tre diagrammi polari caratteristici analisi dei tre diagrammi polari	56 57
TAVOLA VII - Tre tipi di biplani (mascheramento dell'ala)	58
TAVOLA VIII - Diagrammi polari in assetti devianti	59
Modello 1 -	60
TAVOLA IX - Modello 1	61
TAVOLA X - Modello 2	62
TAVOLA XI - Modello 3	63
TAVOLA XII - Modello 4	64
Modello 5	65
TAVOLA XIV - Modello 5	66
Esperienze su modelli in volo libero	67
TAVOLA XV - Galleria del vento verticale (Bedford)	68
TAVOLA XVI - Galleria del vento verticale (Guidonia)	69
Come devono essere i modelli	70 - 71
Il Fattore di contingenza nella vite	72
Dati numerici riscontrati in viti varie	73
Dati numerici dell'autore della presente monografia	74 - 75
Manovre per entrare ed uscire dalla vite	76
La vite tende a diventare vite piatta	77 - 78
Il progetto, la vite coi flaps, gli istruttori	79 - 81
Valori di massima di una Autorotazione (Longaretti)	82
Schéma di un aliante prima e dopo la rotazione (Longaretti)	83
3 Tabelle con valori di autorotazioni (3 alianti con velocità Omega diverse) (Longaretti)	84