



Ma il direzionale è davvero necessario?

A qualcuno magari sembrerà una domanda oziosa, ma vi siete mai chiesti quanti aeromodellisti della domenica pensano che quella specie di banderuola serva a tenere dritto il modello in fase di decollo o poco più? Vediamo dunque di gettare un po' di luce sull'argomento.

Un articolo di Martin Simons



Come preannunciato, a partire da questo numero *MODELLISMO* ha il grandissimo piacere di annoverare fra i suoi collaboratori Martin Simons, aeromodellista, pilota di alianti full-size ed esperto di aerodinamica di fama mondiale, autore di numerosi libri fra i quali vogliamo ricordare le monografie sugli alianti *Slingsby* e *Schweizer* ed il volume "Vintage Sailplanes". La prima edizione del suo "Model Aircraft Aerodynamics", il più diffuso testo teorico nei paesi anglosassoni, è della fine degli anni '70, l'ultima, dello scorso anno. Simons è inglese, ma da diversi anni vive in Australia dove insegna all'Università di Adelaide. Il suo primo articolo è dedicato soprattutto ai principianti, ma se siete degli "esperti", non girate pagina...

❑ I bei vecchi tempi

Più di quarant'anni fa avevo parecchi problemi con i miei veleggiatori RC. Avevo trascorso i dieci anni precedenti costruendo modelli da volo libero, principalmente veleggiatori, ma anche qualche motomodello e qualche elastico. Avevo anche cominciato a volare in aliante. Il radiocomando era ancora un'attività pionieristica. C'erano, è vero, alcune apparecchiature sofisticate, progettate, costruite e messe a punto da persone con profonde conoscenze di radiotecnica. Pochissimi aeromodellisti erano dei veri esperti in materia. Ricordo che costruii la mia prima radio da un kit, assemblando i pezzi co-

me un automa, senza capirci granché. Si trattava di radio molto elementari, a valvole, che funzionavano sui 27 Mhz. Si poteva volare solo uno alla volta, a causa delle interferenze. A valle del ricevitore c'era un relè che azionava uno scappamento che, a sua volta, era collegato meccanicamente alle superfici mobili. Lo scappamento consisteva in una specie di stella messa in movimento da un elastico a cui, prima di ogni volo, venivano impartite alcune centinaia di giri. In teoria, la pressione del pulsante di trasmissione avrebbe dovuto provocare il rilascio dello scappamento che, facendo un quarto di giro, avrebbe a sua volta provocato la deflessione, ad esempio a sinistra, della parte mobile collegata. Lasciando il pulsante, lo scappamento avrebbe dovuto posizionare il comando al centro. Un'altra pressione del pulsante e il comando sarebbe andato a destra e, al rilascio, ancora al centro. Tutto questo, come ho detto, in teoria. Il mio primo aliante RC aveva un'apertura alare di 244 cm. La radio funzionava perfettamente al banco, ma una volta in volo

diventava "sorda". Quest'apparato a valvole venne ben presto rimpiazzato da uno dei primi radiocomandi a transistor, sempre costruito da un kit, ma che aveva l'innegabile merito di funzionare! Oltre a ciò, non utilizzava più il relè ed il segnale andava direttamente allo scappamento, sempre ad elastico. Il veleggiatore andava molto bene e mi regalò parecchi voli piacevoli, usando solo il timone verticale. Anche senza elevatore, alettoni, spoilers, aerofreni o altri simili "lussi", mi fu possibile volare in pendio e, qualche volta, atterrare senza danni. Tutto ciò fu possibile perché erano sufficienti piccole correzioni per mantenere il modello faccia al vento. L'atterraggio era una cosa più difficile, ma portare il modello a terra senza sfasciarlo, qualche volta addirittura a pochi passi di distanza, era già un successo. Era possibile fare voli di una mezz'ora circa, con qualche ovvia limitazione. Lo scappamento ad elastico, ad esempio. Troppi comandi facevano scaricare la matassa al punto che non aveva più la forza sufficiente a muovere il timone.



I veleggiatori degli anni '50 dei quali si parla nell'articolo.

Se il vento rinforzava non c'era un modo sicuro per incrementare la velocità relativa del modello che veniva così inesorabilmente spinto all'indietro sul pendio. L'unica cosa possibile era centrarlo per avere una planata più veloce e sperare di averci azzeccato. Nessuno a quei tempi pensava d'incrementare il carico alare aggiungendo zavorra sul baricentro. Riuscire poi a spiralarlo, come richiesto dal volo in termica, era praticamente impossibile, sebbene ci abbia provato parecchie volte. Mantenere il comando sul timone significava incrementare progressivamente l'inclinazione del modello, con una picchiata in spirale ed un forte aumento di velocità. Cercare di raddrizzarlo neutralizzando il comando o dando timone in direzione opposta, si traduceva in uno stallo o, addirittura, in un looping. In effetti era possibile fare anche qualche semplice acrobazia, agendo in questo modo. Mancando l'elevatore, era giocoforza dover fare affidamento sulla stabilità intrinseca del modello per la rimessa. Era possibile smaltire un po' di velocità facendo scodinzolare il modello con una rapida successione di comandi destra-sinistra ben sincronizzati, costringendolo ad imbarcare da una parte all'altra e creando una resistenza supplementare che lo faceva rallentare. Prima che gli aerofreni venissero inventati, i piloti di alianti veri usavano questa tecnica per evitare di arrivare lunghi in atterraggio, ma ci voleva molto buon senso per non fare disastri.

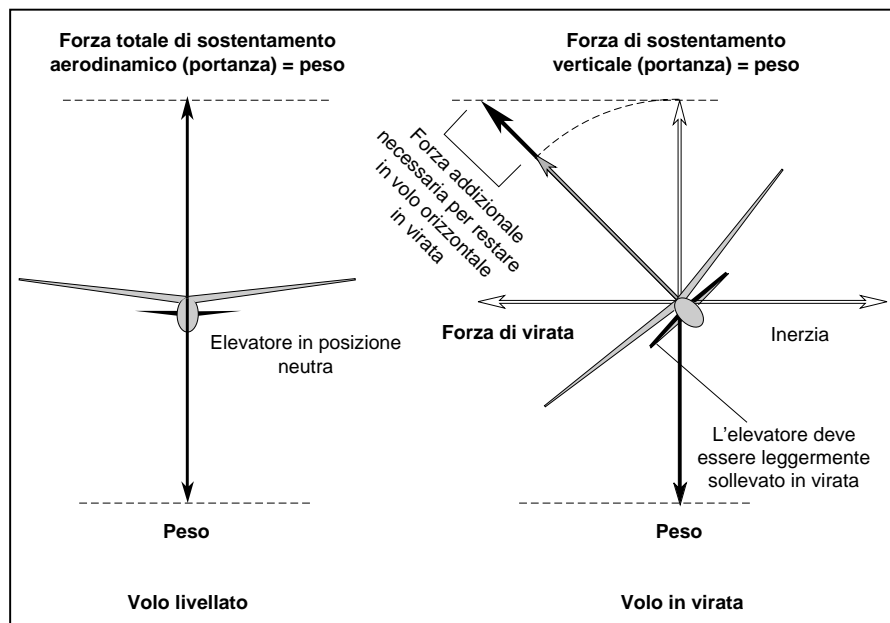


Figura 1: Le forze che agiscono durante la virata.

❑ Un'esperienza deludente

Subito dopo il primo, costruii un modello da un metro e ottanta circa, più piccolo dato che ora la radio era più piccola e la batteria occupava meno spazio. Ai primi voli, ci rimasi molto male: il mio bel veleggiatore nuovo non valeva una cicca! Il timone era quasi del tutto inefficace. Se premevo il pulsante e continuavo a tenerlo premuto con la forza della disperazione, il modello, piano piano, cominciava a virare dolcemente e, sempre lentamente, la virata diveniva sempre più accentuata. Una volta in virata stretta, ogni tentativo di richiamata era altrettanto lento. Ricordo che riuscii a farci qualche volettto quando c'era po-

co vento, ma definirlo "volo controllato" sarebbe decisamente eccessivo: non ne volevo proprio sapere di darmi retta! La mia reazione fu quella che potete immaginare. Dopo l'inevitabile scassatura, riparai e rivestii nuovamente l'ala in carta e montai un timone più grande. Questo non fece praticamente alcuna differenza. Suppongo che, ogni tanto, riuscissi ad avere qualche influenza su di lui, ma non riuscii mai a fare una bella virata quando volevo io. E sicuramente non era colpa della radio. Vedevo benissimo il grosso timone che faceva il suo dovere e il modello ballonzolava un po' ogni volta che davo comando, ma quanto a virare... continuava a farlo in maniera pigra e svogliata. Consultai un po' dei manuali scritti dagli esperti di quegli anni. Il consiglio di solito era: "Copiate quello che altri hanno fatto prima di voi e vi troverete bene senz'altro." I modelli RC dell'epoca erano strettamente imparentati con modelli da volo libero di successo con l'aggiunta di un timone mobile. C'erano alcuni grossi veleggiatori (ricordo il Thunderking ed il Sunspot) che erano modelli da volo libero che potevano montare una radio monocanale. Non mi è mai piaciuto copiare il lavoro altrui, ma le proporzioni complessive del mio modello, le superfici, la posizione del centro di gravità ed altro erano più o meno le stesse adottate da tanti altri, o almeno questo era ciò che pensavo. Cosa stavo sbagliando? Perché il mio modello era incontrollabile?

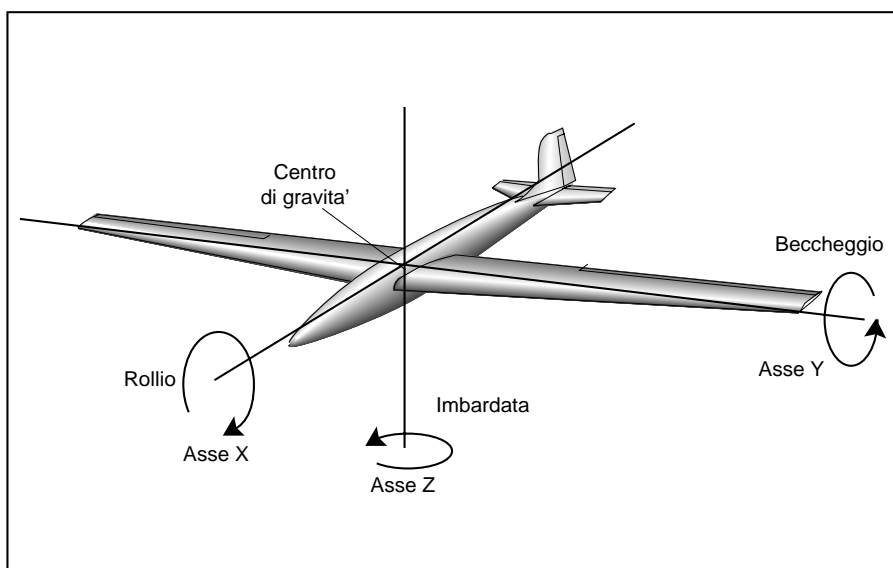


Figura 2: I tre assi convenzionali di un aeroplano.

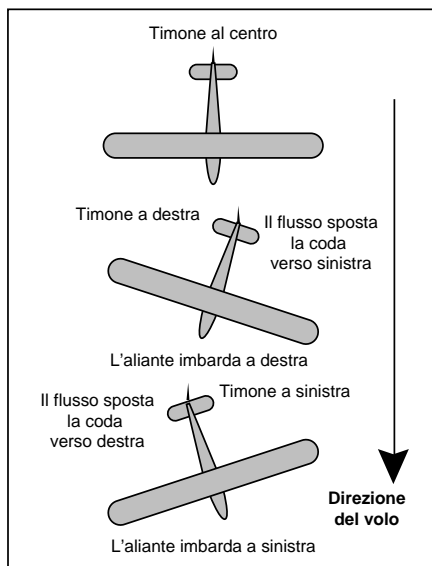


Figura 3: effetto del timone verticale. Timone a destra, imbardata destra, Timone a sinistra, imbardata sinistra.

□ Una lezione in scala 1:1

Ne parlai con l'istruttore che mi aveva insegnato a pilotare in aliante. La sua risposta fu: *“Non puoi pretendere di far virare un aliante usando solo il direzionale. Se ti vedo fare una cosa del genere, ti costringo a restare a terra! Sempre che tu sia ancora vivo...”*

Ma tutto questo lo sapevo bene, quando sedevo in cabina. Per poter virare, è necessario far inclinare l'aliante.

E' la differenza di portanza fra le due ali, prodotta da questa inclinazione, che fornisce la forza necessaria alla virata (fig. 1). E il sistema più classico per inclinare l'aliante, lo sappiamo, è quello di usare gli alettoni, ruotando attorno all'asse longitudinale. Forse avevo fatto la domanda sbagliata.

Non avrei dovuto chiedere perché il mio nuovo modello, col suo grande direzionale, non sentiva il comando, ma piuttosto: perché tanti altri modelli virano bene senza alettoni ed elevatore? A questo punto sarà bene tirare fuori un pezzo di carta e tracciare i tre assi X, Y, e Z. Il direzionale, ricordiamolo, controlla solo l'asse Z, quello d'imbardata (fig. 2). Ma un aereo non è una barca che viene guidata facendola imbardare con il timone. Facendo imbardare un aereo si ottiene solo una sbandata laterale, come con una macchina su una strada ghiacciata. Se ne può andare via di fianco oppure girare come una trottola su se stessa, ma continuerà pur sempre a sbandare senza deviare di

molto dalla direzione che stava seguendo prima (fig. 3). Quindi, se nonostante tutto l'aliante comincia davvero a virare, questo è solo perché la fusoliera, sbandando lateralmente, disturba in qualche modo il flusso aerodinamico e provoca una diminuzione di portanza da un lato. A questo punto un'ala si abbasserà leggermente, il modello comincerà a seguire quest'inclinazione e si otterrà un qualcosa che somiglia ad una virata, ma con scarsissima efficienza a causa della resistenza supplementare offerta dallo sbandamento della fusoliera. Quindi cos'era, nei miei veleggiatori, che in un caso produceva una virata corretta e nell'altro no?

Guardai ancora una volta i miei modelli. Quello più vecchio e più pesante aveva delle baionette in acciaio piuttosto sottile che flettevano sensibilmente in volo dando un considerevole diedro all'ala. L'altro aveva una struttura analogica, ma grazie alla radio transistorizzata e alla batteria più piccola pesava molto meno e, in volo, le baionette flettevano pochissimo col risultato che il diedro era davvero scarso. Sotto certi aspetti, questo modello somigliava di più ad un aliante full-size, mentre l'altro era quasi un veleggiatore da volo libero. E, a questo proposito, bisogna ricordare che i veleggiatori A2, che di solito avevano delle superfici verticali delle dimensioni di un francobollo, potevano essere agevolmente trimmati in modo da volare in cerchio, facendo uso di superfici mobili microscopiche. Avevano un sacco di diedro. Finalmen-

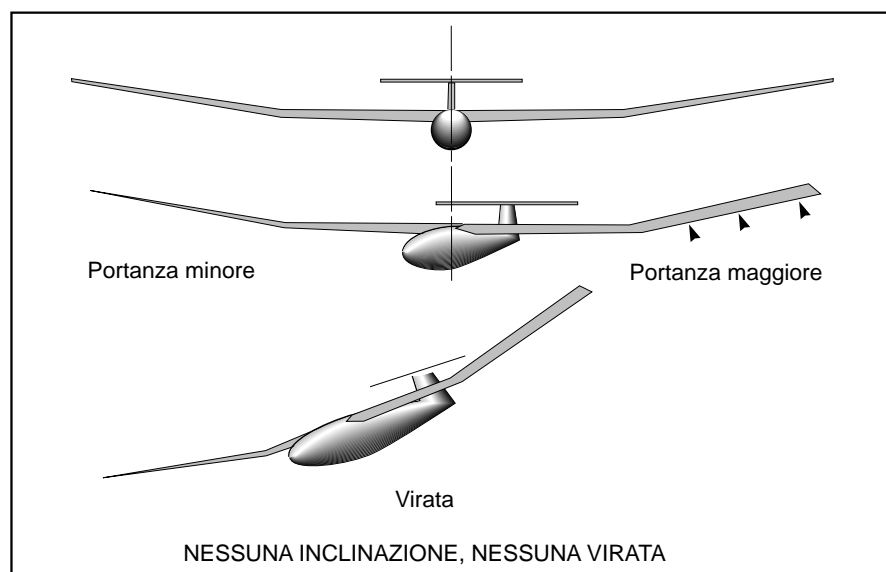
te avevo capito. Se un modello ha un diedro sufficiente, può virare bene anche con il solo direzionale. Ma se non ha praticamente diedro, al comando del timone risponderà imbardando e a sbandando lateralmente. Ma come agisce il diedro? Quando il modello imbarda, sbanda. Si verifica un'immediata variazione dell'angolo di attacco dell'ala lungo la sua intera apertura. Lo potete osservare molto facilmente. Tenete un modello (che abbia un buon diedro) di fronte a voi e fatelo imbardare da una parte, mantenendo le ali livellate. Vi accorgete subito che l'ala che si trova nella direzione della sbandata assume un angolo d'attacco maggiore dell'altra.

Il cambiamento di angolo d'attacco fa sì che l'ala in sbandata diventi più portante. Quindi il modello s'inclina e vira (fig. 4). Questo è il principio di funzionamento dei modelli monocanale. Un modello con un diedro inadeguato può, al massimo, virare pigramente e con un sacco di resistenza inutile. Al contrario, con molto diedro, come nei modelli da volo libero, il controllo con il solo direzionale sarà perfettamente soddisfacente. Decine di migliaia di modelli, dotati solo di elevatore e direzionale, volano con successo così da anni.

□ Spiralarre

Ora il modello sta virando con le ali inclinate. Se vogliamo uscire dalla virata, dobbiamo dare direzionale in direzione opposta. Il modello imbarda e

Figura 4: Risposta del diedro all'imbardata



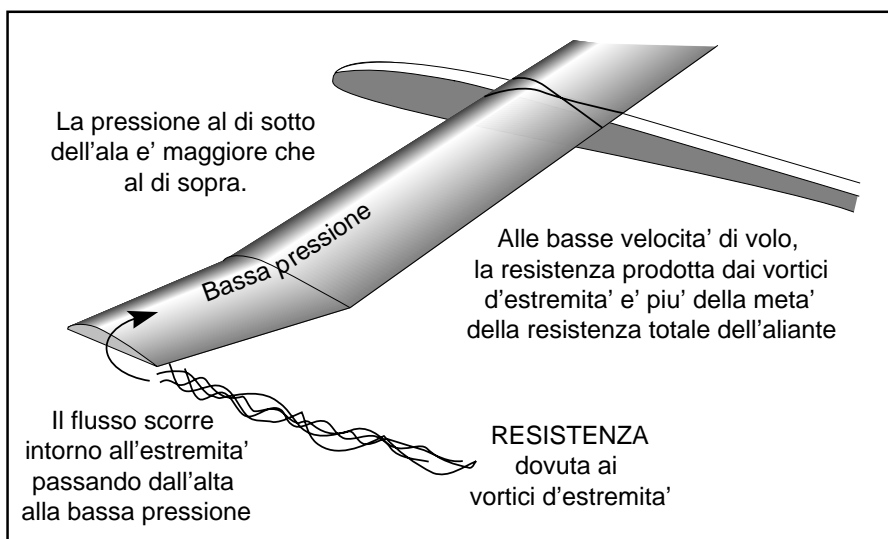


Figura 5: La resistenza indotta dai vortici

Figura estratta da: "Gliding with Radio Control", Capitolo 11

l'avrebbe portato fuori dalla virata. Per spiralar e sfruttare una termica era possibile "pulsare" ripetutamente sul comando del direzionale in modo da ottenere una media degli effetti descritti. Tutto ciò era un po' goffo e la velocità invariabilmente tendeva a salire, incrementando il rateo di discesa del modello. Per non parlare del fatto che lo scappamento ad elastico si scaricava molto rapidamente.

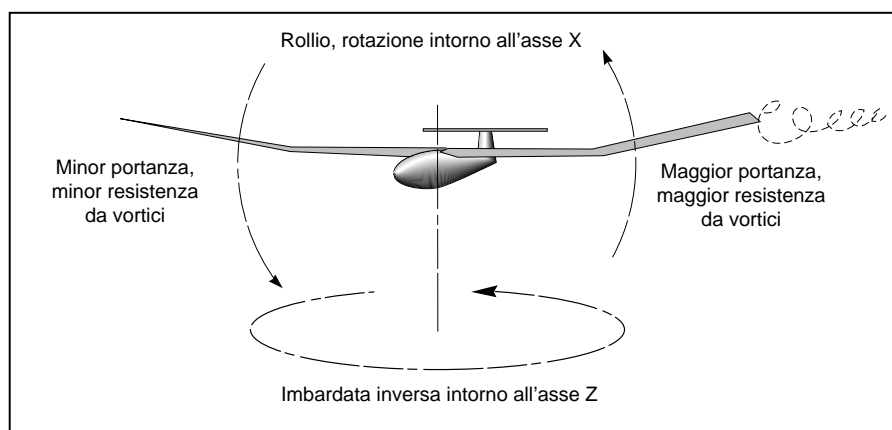
□ La virata coordinata

In volo livellato, il peso è controbilanciato da una reazione aerodinamica orientata verso l'alto. Di solito dividiamo questa reazione in due componenti: la portanza, che agisce ad angolo retto rispetto al moto, e la resistenza, che agisce in direzione contraria ad esso, ma per il momento non ce ne curiamo. In un aliante, la forza di reazione aerodinamica complessiva controbilancia il peso, ma, se questa forza è insufficiente, l'aliante accelera verso terra. In virata, noi incliniamo le ali. Anche la forza di reazione aerodinamica risulterà inclinata. La forza centrifuga (inerzia) agisce orizzontalmente verso l'esterno e cerca di contrastare la virata (v. sempre fig. 1). Appare chiaro dal disegno che, a meno che non facciamo qualcosa, quando le ali s'inclinano, compare una deficienza della componente verticale, ovvero della portanza. Se questa situazione perdura, l'aliante comincia ad accelerare in picchiata. Questo conduce rapidamente ad una picchiata in spirale sempre più ripida e ad un rapido aumento della velocità. Per mantenere la virata a quota e velocità il più possibile costanti, la portanza deve nuovamente aumentare fintanto-

sbanda. L'ala in sbandata si viene a trovare ad un angolo d'attacco maggiore rispetto all'altra. L'inclinazione delle ali diminuisce e la virata si arresta. Supponiamo ora di volare continuamente in cerchio, come quando ci troviamo in termica. Quarant'anni fa non ci avremmo nemmeno provato. I veleggiatori RC erano concepiti solo per il volo in pendio. Ma i veleggiatori e i motomodelli da volo libero, con i loro microscopici direzionali, venivano centrati per volare in cerchio. Avevano sempre un diedro più che generoso, cosicché una minima variazione di direzionale riusciva a persuaderli a virare in continuazione. In realtà, riuscire a centrare un modello così non è una cosa semplicissima, e vedremo più avanti il perché, ma lo si può fare. E' evidente che, se durante il volo in cerchio si verifica una sbandata o una scivolata, il diedro entra subito in azione. Se il modello dovesse tendere a scivolare all'interno della virata, il diedro correggerebbe subito l'inclinazione del modello. Se dovesse sbandare verso l'esterno, il diedro farebbe subito aumentare l'inclinazione delle ali. Ma noi non vogliamo che accada nulla di tutto questo. Vogliamo mantenere un angolo d'inclinazione costante. Per una virata corretta e precisa, è fondamentale che l'angolo d'inclinazione e la velocità relativa restino costanti. Possiamo controllare la velocità con l'elevatore (visto che oggi abbiamo questo lusso...) e il timone viene usato solo quando necessario per

mantenere il corretto angolo di virata. Ho già detto che con i vecchi modelli monocanale mantenere il comando sul direzionale avrebbe causato una spirale sempre più accentuata con un rapido e notevole incremento della velocità. A quei tempi non avevamo radio proporzionali: il comando era del tipo "o tutto o niente". Non avevamo un elevatore per controllare la velocità del modello. Il timone provocava l'imbardata e il diedro faceva inclinare il modello all'interno della virata. Continuando a tenere il comando la sbandata aumentava, il diedro agiva in modo tale da incrementare l'angolo d'inclinazione e la velocità aumentava rapidamente. Per mantenere un raggio di virata costante, era necessario fermare l'imbardata. Per fare ciò, il timone veniva riportato al centro ma questo permetteva al modello di scivolare verso l'interno e il diedro

Figura 6: L'imbardata inversa



ché sia nuovamente in grado di contro-bilanciare il peso mantenendo allo stesso tempo la componente laterale che permette di continuare a virare. Oggi, abbiamo un elevatore. Per compensare la perdita di portanza in virata, dobbiamo aumentare l'angolo di attacco dell'ala. Quindi, per fare una virata coordinata, dobbiamo tenere un po' di trim a cabrare. Con questo trimmaggio un veleggiatore stabile riuscirà a mantenere la virata con continuità e il pilota sarà in grado di poter lasciare i comandi. Come un modello da volo libero, manterrà la virata senza interventi esterni. Notate comunque che, in questo tipo di virata, il direzionale sarà praticamente al centro o quasi. Se venisse mantenuto in posizione di virata, infatti, produrrebbe un'imbardata, il diedro costringerebbe l'ala ad inclinarsi di più e sarebbe necessaria una maggior quantità di elevatore a cabrare per bilanciare la situazione. Più direzionale, più imbardata, una virata più stretta, più elevatore e... guai in arrivo! Se l'elevatore dev'essere portato sempre più a cabrare, l'angolo d'attacco dell'ala aumenta di conseguenza ed è molto probabile che si verifichi uno stallo.

□ Il temibile vortice

Molti aeromodellisti sanno che le ali e le superfici di coda creano una resistenza da vortici che è spesso chiamata "resistenza indotta", un'espressione inesatta che può portare fuori strada. La resistenza da vortici è figlia della portanza. Perché un'ala produca una portanza utile, è necessario che abbia un angolo aerodinamico d'attacco in modo che la pressione dell'aria sia mediamente più bassa al di sopra di essa. In pratica un'ala non può essere infinita, quindi avrà un'estremità. All'estremità la bassa pressione del dorso dell'ala è adiacente all'alta pressione del ventre. Ne risulta quindi un flusso incrociato ed una forte scia di vortice a mulinello dietro all'estremità (fig. 5). C'è sempre una perdita d'energia in questo punto, che si traduce in una fortissima resistenza. Quando un aliante vola lentamente, come nel caso del volo in termica, una gran parte della sua resistenza (spesso fino all'80%) proviene dai vortici d'estremità. Il profilo dell'ala, la fusoliera, la coda ecc. sono in realtà molto meno importanti duran-

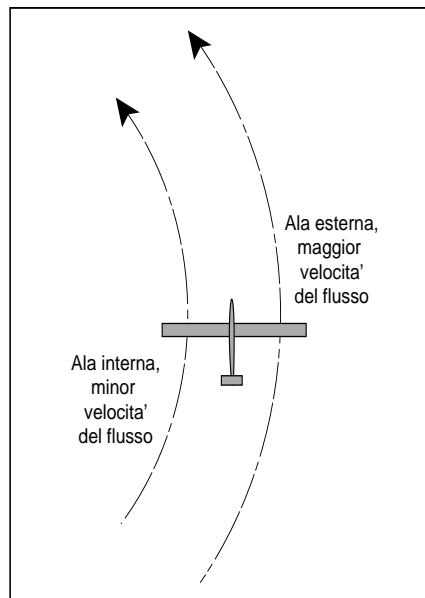
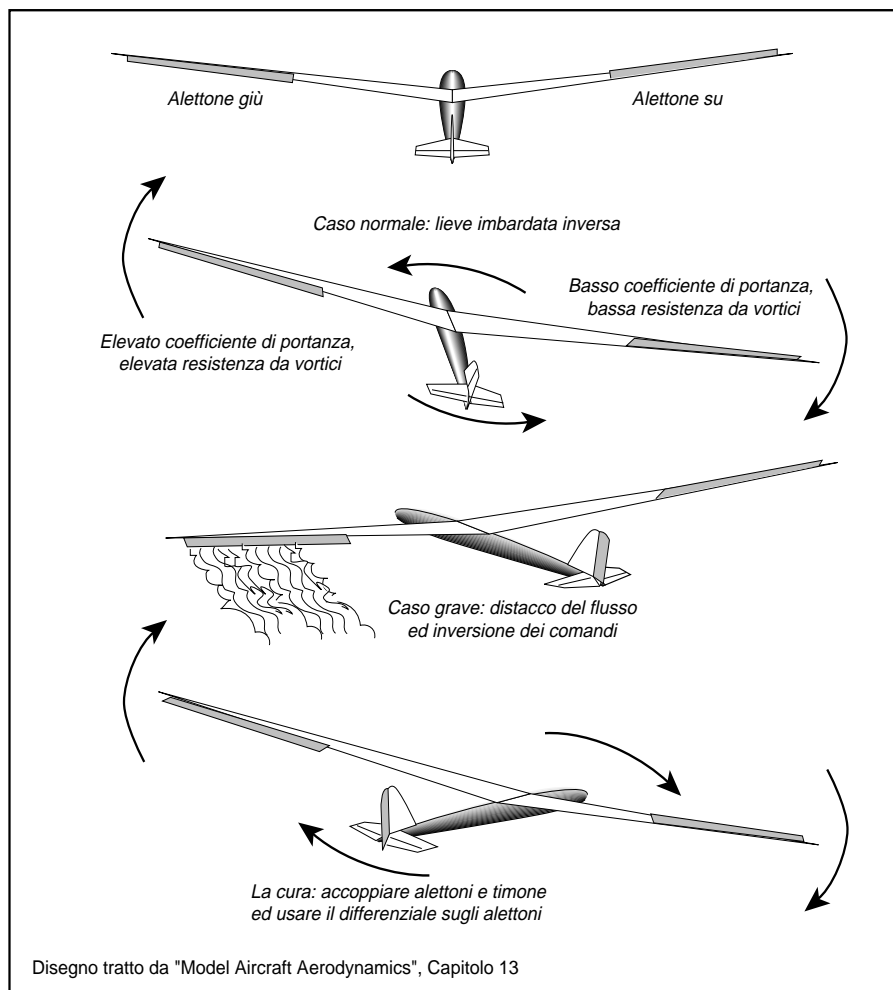


Figura 7: Rilascio degli alettoni

te il volo in termica. Quando il modello invece vola veloce, è vero il contrario. I progettisti cercano sempre di trovare il modo per ridurre il vortice d'estremità. Il metodo più efficace consiste nell'adozione di un allungamento elevato, cioè di un'ala lunga e stretta invece che corta ed ampia. Detto grossolanamente, tanto più lontane sono le estremità dal resto dell'ala, tanto minori saranno i loro effetti negativi. Per questa ragione i migliori alianti da termica hanno sempre allungamenti molto elevati. Forme particolari delle estremità, winglets e piante alari opportunamente disegnate vengono usate per cercare di ridurre la resistenza da vortici alle estremità. Comunque, nessuno di questi accorgimenti permette di eliminare totalmente i vortici. La forza del vortice e quindi la quantità di resistenza che esso crea, è in diretta relazione con la quantità di portanza prodotta dall'ala. Questo conduce ad un'interessante osservazione a proposito del timone. Abbiamo visto che, per poter virare col solo direzionale, un'ala con diedro subisce un'imbardata, il diedro fa sì che una semiala divenga più portante dell'altra e che quindi l'aliante s'inclini. Ma la portanza diseguale sulle due semiali produce una diseguale resistenza da vortici alle due estremità (fig. 6). Se, per esempio, il direzionale viene portato a destra, l'aliante imbarda verso destra. Il diedro fa sì che la portanza sia diseguale e la semiala destra si solleva. Ma la diseguale

portanza crea una maggior resistenza da vortici sulla semiala che si solleva e tale resistenza agisce direttamente contro il direzionale cercando di far imbarbare l'aliante dalla parte opposta. Questa resistenza sbilanciata, causata dai vortici di estremità, è chiamata "resistenza inversa" perché si oppone alla virata richiesta dal pilota. Per risolvere il problema è necessario usare più direzionale in modo da contrastare l'imbardata inversa e, al tempo stesso, occorre inclinare l'aliante. Comunque, una volta che la virata è stata impostata, la portanza diviene pressoché uguale su tutta l'apertura alare e quindi anche i vortici di estremità si equalizzano, rendendo praticamente inutile l'uso del timone per contrastare l'imbardata inversa. La virata viene mantenuta grazie all'angolo d'inclinazione dell'aliante, l'extraportanza necessaria viene ottenuta mantenendo il trim dell'elevatore a cabrare e le cose vanno a posto. In una virata costante, con un aliante stabile, spesso il timone viene riportato al centro e, fintantoché l'angolo d'inclinazione rimane costante ed il trim dell'elevatore a cabrare, la virata prosegue normalmente. C'è comunque una complicazione: ora che il modello sta virando, l'ala interna alla virata si muove un po' più lentamente di quella esterna. Questo perché il suo raggio di virata è minore (fig. 7). Tutte le forze aerodinamiche dipendono dalla velocità del flusso, quindi in una virata le due semiali sviluppano una portanza leggermente differente. A questo punto compare una forza che induce un rollio e tende ad incrementare l'angolo d'inclinazione. Ciò ha l'effetto di creare un po' più di resistenza da vortici sull'ala esterna che sulla quella interna, sviluppando quindi una tendenza ad imbarbare in direzione opposta alla virata mentre la differenza di portanza tende a far aumentare l'inclinazione dell'ala. In una situazione di virata costante, la differenza di velocità fra le ali dev'essere accuratamente bilanciata per contrastare la tendenza al rollio verso l'esterno causata dall'imbardata inversa. Se l'equilibrio non è esatto, il timone può richiedere un leggero trimmaggio da una parte o dall'altra, in modo da mantenere costante l'angolo d'inclinazione.

Figura 8: L'imbardata inversa con gli alettoni



□ Gli alettoni

Finora ci siamo occupati del timone, ma è piuttosto ovvio che se un aliante ha gli alettoni, il diedro non è più così importante e può essere estremamente ridotto o addirittura completamente assente. Gli alettoni fanno inclinare l'ala per virare e, in questo caso, il direzionale potrebbe sembrare totalmente superfluo. Ci sono in effetti molti modelli di successo, di solito alianti da pendio od elettrici veloci, che hanno un timone verticale senza alcuna parte mobile. Ma il timone continua a svolgere un ruolo molto importante in molti alianti, particolarmente quando si vola a bassa velocità, come ad esempio in termica. Come nel caso del modello col solo timone direzionale, la diseguale portanza che si sviluppa sull'ala quando gli alettoni vengono mossi, produce una grande differenza di portanza fra le due parti. Questo crea uno squilibrio nella resistenza da vortici alle estremità ed una fortissima

imbardata inversa usualmente attribuita agli alettoni (fig. 8). In realtà non è giusto attribuire loro tutte le colpe. Per inclinare l'aliante ed iniziare una virata è necessario squilibrare la portanza dell'ala. E' quindi l'inevitabile squilibrio fra i vortici di estremità che crea resistenza e imbardata inverse. Per evitare ciò, è necessario usare il timone e, spesso, molto timone per pochi alettoni. Voglio ribadire che l'imbardata inversa che si verifica quando si usano gli alettoni è causata dai differenti vortici di estremità sulle due semiali. La spiegazione che di solito viene data ai modellisti è decisamente errata (per approfondire questo punto occorrerebbe un altro articolo). Quindi per iniziare una virata con gli alettoni, alettoni e timone si devono sempre muovere assieme. Nel volo a vela questa lezione viene ripetuta più e più volte finché si trasforma in un'azione automatica. Alettoni e timone devono essere sempre coordinati.

Nel caso dei modelli, la miscelazione di alettoni e timone è una pratica molto comune (io volo sempre così). E' solo nel caso in cui il pilota voglia fare cose particolari come ad esempio la scivolata d'ala (alettoni da una parte e timone dall'altra) o acrobazie come tonneaux, snap rolls, viti, volo a coltello (possibile solo con aerei a motore) ed altre manovre particolari, che gli alettoni ed il timone devono essere mantenuti indipendenti. Come prima, una volta stabilito l'angolo d'inclinazione la portanza alare dev'essere nuovamente equalizzata per evitare che l'angolo d'inclinazione aumenti troppo. Quindi gli alettoni vanno portati nuovamente al centro ed il timone con essi. La virata continua fintantoché l'angolo d'inclinazione viene mantenuto. Ma anche in questo caso l'ala interna vola più lentamente, producendo dunque meno portanza. Per evitare che ciò faccia stringere la virata gli alettoni vanno in realtà portati oltre il centro. In altre parole, in una virata costante gli alettoni vanno solitamente tenuti contro il senso della virata mentre il timone va mantenuto al centro.

□ L'inerzia

Un'ultima osservazione sul timone. Come sottolineato prima, un aliante avrà sempre una grande apertura alare in rapporto alla sua corda, ovvero un grande allungamento. Negli alianti veri della cosiddetta "classe libera" è normale avere aperture alari superiori ai 25 metri ed allungamenti superiori a 38:1. Ultimamente vengono sperimentati allungamenti ancora superiori. Una delle principali difficoltà nel mantenere sotto controllo un aliante di questo tipo risiede nell'inerzia di queste lunghissime ali con il loro centro di gravità ben al di fuori della linea centrale dell'aereo. L'imbardata inversa causata dallo squilibrio della portanza richiesta per virare agisce molto verso l'esterno. Il timone si trova invariabilmente alla fine di una fusoliera relativamente corta. Per contrastare l'imbardata inversa è necessaria un'azione molto potente del timone che spesso viene a mancare. Per questa ragione su alcuni degli alianti più grandi hanno cominciato a comparire degli aerofreni d'estremità accoppiati agli alettoni per cercare di smorzare le forze che causano l'imbardata inversa nel punto stesso in cui esse si generano. ✈