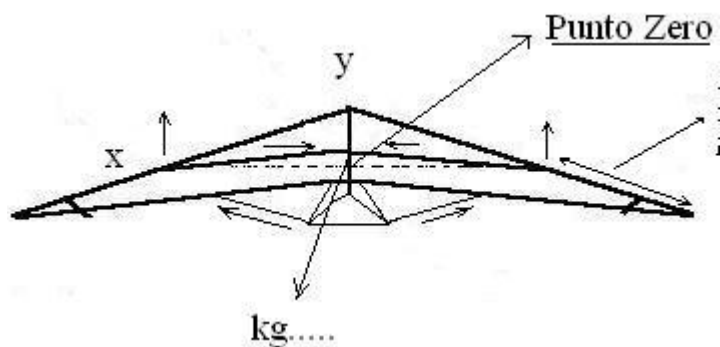


BRIEFING 11 - "PRATICA DEL VOLO CON IL DELTAPLANO A MOTORE" - TRATTO DAL TESTO "VOLARE ULTRALEGGERI" DI GUIDO MEDICI E DAL FILMATO "VOLARE CON IL DELTAPLANO" DI ANGELO D'ARRIGO

THE
Hang-glider
ENGINE



comp. R. Pascale

STORIA

Nel 1954 lo scienziato americano Francis Melville Rogallo, responsabile della divisione ricerche aerodinamiche della Nasa (ad Hampton, in Virginia), crea la famosa “ala floscia”, che consente il rientro a terra di capsule spaziali, con il volo planato. Si eliminano così i tradizionali paracadute. E' l'inizio **dell'aviazione leggera**. Nasce il deltaplano e con esso centinaia di novelli Icaro: che si affidano a un fragile mezzo per rinnovare l'antico sogno di volare in libertà.

IL PENDOLARE

Prodigiosi piloti abituati a pilotare gli aeroplani, trovano difficoltà nel pilotaggio del deltaplano perché, per variare l'angolo d'incidenza, devono effettuare sulla barra di controllo dei movimenti razionali, mentre, ciò che viene considerato “ contrario ai movimenti istintivi” è solo contrario alle abitudini normali ormai consolidate.

Una volta che si sono assimilati i principi aerodinamici del deltaplano (e si sia imparato a pilotarlo), si scoprirà che i movimenti richiesti sono molto più immediati e istintivi di quelli richiesti dal multiassi.

“Personalmente ho provato tutte le specie degli apparecchi VDS e non ho riscontrato alcuna difficoltà a transitare da un modello ad un altro, compresi autogiri ed alcuni tipi di aerei anche convenzionali, (naturalmente dopo anni di esperienza nel settore), potrei parlarvi di atterraggi d'emergenza effettuati in colline, in terreni arati, in mare, in spiaggia, perfino in autostrade (chiuso al traffico) e/o con rifornimenti effettuati direttamente alle colonnine di carburante, di prove d'atterraggio mirato a motore spento, di aree irriconoscibili e raggiunti con il solo aiuto di una bussola; di lunghi percorsi al limite di carburante, nonché di amici dispersi o scomparsi per imperizia o per eccessiva sicurezza”.

Cari amici e appassionati che state per intraprendere questa attività, per pilotare un ultraleggero occorre un singolare attestato VDS. Ottenuto ciò, disporrete della facoltà di volare più o meno dove volete, purchè al di fuori degli spazi aerei specificamente destinati al traffico aereo civile è militare, basterà osservare alcune semplici norme di sicurezza per evitare di danneggiare se stessi e gli altri.

Seguite bene le lezioni e i consigli che vi saranno dati dal vostro istruttore e fate frutto di tutto quello che riuscirete ad acquisire in questo periodo. In futuro cercate di affiancare i piloti già esperti nel settore, rubategli ogni notizia, sia positiva sia negativa, vi servirà nel tempo e, vi aprirà le porte ad una nuova attività sportiva del tutto sicura.

Vi auguro buoni voli, *ad alcuni non piace questa frase*, perciò:

in bocca al lupo e “...*dosatevi di volo !!!*”.

Roberto Pascale

GLI ASSI DI ROTAZIONE

Possiamo immaginare un velivolo come idealmente attraversato da tre assi (v. fig.1) il primo passa per il centro delle due semiali ed è definito asse **longitudinale**.

Le rotazioni che avvengono su quest'asse determinano l'inclinazione laterale del velivolo dei movimenti detti di rollio.

Il secondo asse passa approssimativamente lungo le due semiali ed è definito **asse trasversale**. Quando il velivolo ruota su quest'asse alza o abbassa la prua rispetto all'orizzonte e questo movimento è detto di beccheggio.

Il terzo è l'asse verticale, perpendicolare agli altri due e che passa per punto della loro intersezione. La rotazione del velivolo su di esso provoca lo spostamento della prua a destra è a sinistra e questo movimento è detto imbardata.

Qualunque movimento del velivolo è riconducibile quindi ad una rotazione su uno o più assi. Progettare un velivolo stabile significa fare in modo che queste rotazioni avvengano principalmente in seguito ad una decisione del pilota.

LA STABILITÀ

Un primo problema è quello di costruire velivoli che mantengano la direzione di volo e quindi la rotta. Che non ruotino quindi a destra o a sinistra dell'asse verticale, ma che siano dotati di una certa **stabilità direzionale** o di rotta.

Questa proprietà viene ottenuta in due modi:

- costruendo le due semiali in modo tale che i bordi di attacco formino una specie di freccia ossia un angolo minore di 180° (v. fig. 2).
- dotando il velivolo di un impennaggio verticale di coda detto deriva.

La meccanica della stabilità direzionale è abbastanza semplice. Vediamo di

Analizzare distintamente il funzionamento delle due soluzioni principali cominciando dalle disposizioni a freccia delle semiali. Quando un velivolo con le ali a freccia vola con traiettoria rettilinea, le due semiali vengono investite dall'aria con la stessa angolatura (v. fig. 3). Quando, invece, il velivolo ruota intorno all'asse verticale questa simmetria viene alterata. Una delle due semiali avanza più dell'altra e si dispone ad un impatto più diretto dell'aria. Il contrario accade all'altra semiala che, in seguito alla rotazione, si dispone rispetto alla direzione del flusso con un'angolatura minore. L'effetto che ne risulta è che il velivolo tende a ritornare nella primitiva posizione. (Analogo funzionamento della deriva verticale di un multiassi).

LA STABILITÀ LONGITUDINALE

Ma come funziona il deltaplano privo com'è di qualunque superficie orizzontale di coda?

La soluzione costruttiva adottata nel caso del deltaplano per conferire la necessaria stabilità longitudinale è, come si suol dire, una soluzione geniale, sia per la semplicità della sua concezione sia per la sua efficacia.

Avete mai osservato com'è tagliato il bordo di uscita della vela di un deltaplano ? fatelo !!!

Dalla chiglia, il bordo di uscita prosegue quasi parallelamente al tubo del bordo di attacco; verso la fine della semiala fa una grande curva e termina sull'estremità finale. Quest'ultimo tratto della velatura viene chiamato **Roach** = lunata (si tratta di un particolare taglio che viene applicato alle vele delle imbarcazioni v. fig. 4).

Quest'ultimo tratto di vela assume un ruolo di stabilizzatore conferendo - come vedremmo - stabilità longitudinale al velivolo. In volo, come vedrete mostrato nella videocassetta di Angelo D'Arrigo allegata alla presente dispensa, la parte centrale della velatura (quella più vicino alla chiglia) mantiene un angoli d'incidenza molto maggiore di quello che caratterizza la parte più esterna della vela. Si dice, in questo caso, che l'ala è *svergolata*, ossia deliberatamente deformata rispetto alla sua ordinaria forma teorica che corrisponderebbe ad una superficie più o meno sullo stesso piano (v. fig. 5).

La parte della vela più vicina all'estremità alare vola quindi con un angolo d'incidenza molto più ridotto di quello esistente al centro dell'ala e sviluppa poca portanza. In questa situazione di volo il " centro di pressione " coincide con il centro di gravità e il velivolo è in equilibrio. Ma le cose cambiano non appena l'angolo d'incidenza aumenta o diminuisce (v. fig. 6 A).

Quando, infatti si aumenta l'angolo d'incidenza, le estremità entrano in funzione e cominciano a creare portanza.

Poiché la forma dell'ala del deltaplano è a freccia (e le estremità si trovano in posizione arretrata rispetto al centro di gravità) lo sviluppo di portanza sulle estremità determina un momento picchiante che riporta il velivolo nella sua originaria posizione d'equilibrio. Detto in altro modo, il contributo delle estremità alari alla formazione della portanza totale dell'ala è tanto determinante che il centro di pressione si sposta dietro in baricentro determinando un momento picchiante (v. fig. 6 B). Analogo fenomeno si verifica quando il deltaplanista riduce l'angolo d'incidenza. La portanza sulle estremità in questo caso si mantiene nulla, mentre, con l'aumento della velocità, aumenta la portanza sviluppata dalla parte più avanzata della velatura rispetto al centro di pressione: il risultato è un momento cabrante che riporta in velivolo in posizione di equilibrio.

LA MANOVRABILITÀ

Se in un velivolo esistono delle superfici fisse come le ali, gli stabilizzatori e la deriva, con il ruolo di mantenere inalterati l'assetto e la direzione di volo, esistono anche delle superfici mobili (controllate e comandate dal pilota), la cui funzione è esattamente opposta.

Imparare a pilotare un aereo, ultraleggero o deltaplano, significa, come abbiamo accennato, imparare a squilibrare il velivolo per fargli compiere manovre particolari. Le superfici mobili di comando servono a questo e il principio del loro funzionamento è quello di provocare delle " deformazioni " alla struttura del velivolo. Agendo sui comandi, infatti, il pilota non fa altro che alterare i profili delle ali e delle altre superfici fisse, creando, in sostanza, delle variazioni di portanza in determinati punti del velivolo invece che in altri. Ciò obbliga il velivolo ad inclinarsi, girare su se stesso ed impennarsi, alzare o abbassare la prua, compiere cioè ogni manovra più o meno complessa che entra nel campo delle sue possibilità e delle sue prestazioni di volo.

Nel deltaplano le superfici mobili di comando non esistono e le tecniche utilizzate per alterare l'assetto, la velocità e la traiettoria di volo sono più semplici di quelle alle quali è necessario ricorrere nel caso degli ultraleggeri. Più semplici, ma, come vedremo in seguito, altrettanto efficaci.

LA MANOVRABILITÀ NEL ROLLIO E NELL'IMBARDATA

Quando un velivolo vola in volo orizzontale rettilineo la portanza sviluppata dalle due semiali è uguale e quindi si mantengono livellate. Per provocarne l'inclinazione è necessario creare artificialmente e temporaneamente una differenza di portanza tra le due semiali.

Nel deltaplano nel quale mancano le superfici mobili di comando, l'effetto rollio è ottenuto in questo caso in modo molto semplice: il pilota, afferrando la barra di controllo, sposta lateralmente tutto il carrello in modo tale che la semiala che s'intende inclinare sia caricata di un peso maggiore rispetto all'altra (v. fig. 7).

L'effetto di rollio è immediato ed efficace. Poiché il deltaplano è privo di timoni direzionali, l'imbardata si ottiene solamente come effetto secondario del rollio e **non afferrando la barra di controllo e cercando di sterzare come se si trattasse del manubrio di una bicicletta.**

LA MANOVRA DEL BECCHEGGIO

Nel deltaplano la variazione dell'incidenza dell'ala è ottenuta senza la mediazioni di superfici mobili ma agendo direttamente sull'ala. Spingendo infatti in avanti la barra di controllo l'ala aumenta il suo angolo d'incidenza. Quando invece il pilota tira sulla barra, il carrello si sposta in avanti e l'angolo d'incidenza si riduce.

Come avremo occasione di ripetere anche in seguito, le rotazioni del velivolo sull'asse trasversale ottenute agendo sulla cloche o sulla barra di controllo hanno:

- se state scendendo (velocità variometrica negativa) applicate progressivamente e lentamente potenza per alzare il muso.
- Se state salendo (velocità variometrica positiva) riducete altrettanto lentamente la potenza del motore
- Dopo aver trovato la potenza necessaria e sufficiente per mantenere il velivolo in volo livellato, legate un segno di riconoscimento sulla barra antistallo, all'altezza è in corrispondenza dell'orizzonte. E' un sistema empirico ma valido tenendo conto, però, che la posizione dell'orizzonte rispetto al punto di riferimento varia con la quota di volo; variazione che - data la quota media di volo con l'ultraleggero - possiamo tuttavia considerare trascurabile (v. fig. 8).

Quando andrete in volo senza variometro potrete controllare l'orizzontalità del volo traguardando il punto di riferimento così costruito con l'orizzonte. Se i comandi in posizioni neutra questo riferimento si trova al di sopra di questa linea significa che l'assetto del velivolo è eccessivamente cabrato e che state salendo. Riducete quindi la potenza fino a far scendere il riferimento sulla linea dell'orizzonte.

Quando, invece, si trova al di sotto dell'orizzonte, allora significa che state scendendo e che è necessario erogare maggiore potenza.

LA SALITA (NORMALE)

Eccoci alla seconda manovra fondamentale: la salita. Rispetto a questo argomento è necessario premettere alcune importanti precisazioni.

La prima è questa: contrariamente a quanto potrebbe suggerire l'intuizione, un velivolo non sale perché il pilota tira a se la cloche e alza la prua. Analogamente, con il deltaplano non si sale soltanto se si spinge in avanti la barra di controllo. A questi momenti generalmente si ricorre solo per introdurre la manovra della salita, ma ciò che permette ad un velivolo di guadagnare quota è la disponibilità di potenza fornita dal gruppo moto-elica. (La potenza disponibile W_d , è il risultato del prodotto della potenza del motore W_m , per il rendimento (η) dell'elica). Pensate a quello che accade in automobile: per superare una salita è necessario aumentare la potenza del motore, pigiando sull'acceleratore quantomeno per poter mantenere inalterata la velocità.

E pensate inoltre, tanto per completare l'argomento, ad una automobile con un motore talmente debole da erogare soltanto quel po' di potenza appena sufficiente a trascinarla. Appena inizia una salita, anche se poco accentuata, il destino è quello di restare in panne.

La stessa cosa accade con le macchine volanti di cui stiamo trattando: se il motore installato è in grado di sviluppare una quantità di potenza appena sufficiente per mantenere il velivolo in volo livellato non c'è possibilità di affrontare nessun genere di salita. Non c'è, del resto, nemmeno la possibilità di effettuare un decollo vero è proprio. Appena tirate la cloche per puntare la prua verso il cielo, non solo il velivolo non accennerà a salire ma inizierà a perdere velocità.

Quello che è indispensabile possedere, quindi, per poter salire è una potenza di motore superiore a quella necessaria per mantenere il velivolo in volo livellato.

La differenza tra la potenza che è in grado di erogare il motore e quella necessaria per mantenere il velivolo in volo livellato

è detta " supero di potenza ". Tanto maggiore è questa differenza tanto migliori saranno le prestazioni in salita del velivolo.

I velivoli sono progettati in modo tale per cui basta incrementare la spinta dell'elica con un aumento di potenza del motore per provocare una variazione d'assetto del velivolo che si dispone spontaneamente più cabrato.

Un comportamento di questo tipo risponde, come abbiamo già riscontrato nel capitolo dedicato all'aerodinamica, a esigenze di sicurezza e di stabilità. Immaginate che cosa succederebbe se, dando potenza al motore per una improvvisa necessita di cabrare , il velivolo rispondesse con una picchiata....Fortunatamente le cose non stanno in questo modo. Pertanto, quanto il pilota agisce in avanti sulla manetta del gas, introduce automaticamente una variazione di assetto e dà inizio ad una traiettoria di volo in salita senza che sia necessario toccare la cloche o la barra di controllo(v. fig. 9) Vediamo come.

SALITA NORMALE

- Siete in volo orizzontale rettilineo con barra o cloche in posizione neutra;
- Aumentare lentamente e progressivamente la potenza del motore;
- Consultare l'altimetro ed il variometro: la quota aumenta e il variometro segna una certa velocità in salita
Agendo in questo modo il velivolo inizia a salire alla stessa velocità con cui si muoveva durante il volo livellato poiché l'angolo d'incidenza dell'ala è rimasto invariato.

Per riportare il velivolo in volo orizzontale qualche metro prima di arrivare alla quota desiderata iniziate e ridurre lentamente la potenza del motore fino a quando il variometro non ritorni ad azzerarsi e il punto di riferimento non coincida con la linea dell'orizzonte.

Negli aeroplani convenzionali la salita normale si esegue i gemere a velocità leggermente ridotta rispetto a quella di crociera. Anche negli ultraleggeri si può adottare questa tecnica sebbene la mancanza di compensatore (trim) non permetta un controllo sufficiente sulla regolarità della salita perché il pilota è costretto ad esercitare una pressione costante sui comandi per tutta la durata della salita stessa.

Esaminiamo la situazione:

- Dalla condizione di volo orizzontale rettilineo tirate la cloche o spingete lentamente in avanti la barra di controllo finché la velocità non si sia ridotta al valore desiderato.
- Quando questa velocità è raggiunta aumentare la potenza del motore.
- Continuate ad esercitare una costante pressione sui comandi per tutta la durata della salita in modo da tenere costante la velocità.

Volendo si può salire a velocità più elevata agendo sulla cloche o sulla barra in senso contrario.

SALITA A VELOCITÀ ELEVATA RIDOTTA

- dalle condizioni di volo orizzontale rettilineo tirate la cloche o spingete lentamente in avanti la barra di controllo finchè la velocità non si sia ridotta al valore desiderato.
- Quando questa velocità è raggiunta aumentare la potenza del motore.
- Continuate ad esercitare una costante pressione sui comandi per tutta la durata della salita in modo da tenere costante la velocità.

SALITA A VELOCITÀ ELEVATA

- dalla condizione di volo orizzontale rettilineo date potenza riducendo contemporaneamente l'angolo d'incidenza per contrastare la tendenza a salire.
- Quando la velocità desiderata è raggiunta aumentare ulteriormente la potenza del motore.
- Continuate ad esercitare , mantenendola invariata, la necessaria pressione sui comandi per tutta la durata della salita.

Nella fase di livellamento è necessario ridurre sempre la potenza del motore gradualmente riportando contemporaneamente i comandi in posizione neutra.

SALITA RAPIDA E SALITA RIPIDA

Queste due velocità sono solitamente adottate dai piloti di aereo per raggiungere , nella prima fase della salita post-decollo (nel cosiddetto primo segmento), la massima quota con la minima percorrenza orizzontale, quando è necessario superare in sicurezza eventuali ostacoli naturali o artificiali posti alla fine della pista; nella seconda fase (detto secondo segmento), la massima quota nel minor tempo.

SALITA RAPIDA (MASSIMO ANGOLO DI SALITA)

- Tenete i comandi in posizione neutra e date al motore tutta la potenza:
il velivolo comincerà a salire.

- Tenendo sotto controllo il variometro aumentate progressivamente lo angolo d'incidenza : il variometro comincerà a segnalare una velocità verticale sempre maggiore.
- Oltre a un certo angolo, la velocità verticale comincerà a diminuire .
- Riducete quindi leggermente l'angolo d'incidenza e mantenete la velocità di
- volo per la quale il variometro segna0 la massima velocità verticale.

Esaminiamo ora il caso del massimo angolo di rampa ,cioè con il velivolo sulla traiettoria più ripida :

SALITA RIPIDA (MASSIMO ANGOLO DI SALITA)

La traiettoria più ripida si ottiene volando ad una velocità leggermente inferiore a quella di salita ripida .Immaginando di voler passare da una traiettoria di salita rapida sarà quindi necessario aumentare ancora un po' l'angolo d'incidenza .La velocità variometrica subirà per questo un leggero ridimensionamento.

ERRORE NELL' IMPOSTAZIONE DELLA FASE DI SALITA:

Dare troppo rapidamente tutta la potenza disponibile. (fig.10 11)

LA VELOCITÀ DI MASSIMA EFFICIENZA
Fig.12

ERRORI NELL'IMPOSTAZIONI DELLA DISCESA
Scendere a velocità troppo elevata.(fig. 13 - 14).

LA VIRATA

Fig.15

L'INFLUENZA DEL VENTO SULLE MANOVRE FONDAMENTALI

Fig.16

LO STALLO

Fig. 17

STALLO NORMALE COMPLETO SENZA POTENZA:

Fig.18

STALLO NORMALE COMPLETO CON POTENZA:

fig. 19

STALLO IN CABRATA

Fig.20

LA SERIE SUCCESSIVA DI STALLI :

fig.21

VITE E SPIRALE

Con il deltaplano a motore la vite non si verifica perché manca il timone di direzione e quindi manca il timone di direzione quindi manca anche la possibilità di creare un'imbardata sufficiente ad imprimere al velivolo un movimento d'autorotazione sull'asse verticale. Tuttavia il deltaplano entra facilmente in spirale specialmente se lo stallo si verifica con le ali non livellate o durante una virata. In questo caso l'ala più alta si alza sempre di più, la prua si abbassa e l'assetto si fa più picchiato portando il velivolo a perdere quota spiralandolo. In questo caso la tecnica migliore per raddrizzare il velivolo è quella di togliere il motore, ridurre l'incidenza e spostare il peso del corpo dal lato opposto al senso di rotazione.

IL DECOLLO(NORMALE)

Fig.22

IL DECOLLO CON VENTO LATERALE

Fig. 23

TECNICA DI ATTERRAGGIO (NORMALE)

Fig.24

ERRORI NELLA FASE DI ATTERRAGGIO

Fig. 25 - 26 - 27

fig. 28 - 29 - 30

ATTERRAGGIO CON VENTO LATERALE:

Un primo metodo per atterrare quando soffia vento laterale è avvicinarsi alla pista volando a "granchio" mantenendo questo assetto fino all'ultimo momento e raddrizzando il carrello poco prima di toccare il suolo.

fig. 31 - 32

L'ATTERRAGGIO "FUORI CAMPO" (PRECAUZIONALE):

Una delle prestazioni più interessanti del deltaplano a motore, è il ridotto spazio necessario per il decollo e l'atterraggio.

Una volta stabilito che nei dintorni del campo non esistono ostacoli pericolosi, non resta che controllare lo stato e la natura del terreno. Impostare quindi una manovra di avvicinamento come se doveste atterrare, portatevi in volo a pochi metri dalla superficie della pista. Percorretela fin dove è possibile, controllandola attentamente.

Tenete presente che:

- il terreno agricolo è sempre soffice e, specialmente se è piovuto, è facile impantanarsi e non riuscire a ridecollare;
 - su campi coltivati, rimangono dopo la raccolta folti solchi che possono provocare seri danni al carrello e rendere pericoloso l'atterraggio;
quando il campo è lasciato a riposare ed appare coperto da un'erba bassa ed uniforme, nasconde sempre dei solchi più o meno profondi, avvallamenti che possono rendere difficoltoso un atterraggio e impossibile un decollo;
 - attenzione ai fossati che delimitano i campi;
 - i campi appena seminati sono da escludere per due ragioni: la prima è che fareste dei danni al contadino la seconda è che non riuscirete a decollare perché il terreno è troppo morbido.
- Oltre ai fossati, fate anche attenzione alle buche e alla segnaletica stradale.

L'EMERGENZA;

E' buona norma dei piloti VDS tenere presente (atteso che, la manutenzione del motore è di esclusiva competenza del pilota) della possibilità che il motore potrebbe abbandonarci.

Logica conseguenza è di prendere l'abitudine a scrutare di continuo (e attentamente) il territorio scegliendo rotte di volo

105

ricche di potenziali campi di atterraggio e quote sufficientemente elevate da poter permettere l'impostazione corretta di un eventuale atterraggio.

I limiti di tempo e di spazio a disposizione del pilota per impostare un atterraggio di emergenza sono molto ristretti, si consiglia quindi di fare planare il velivolo con molta prudenza, *(tenendo soprattutto d'occhio eventuali palificazioni Enel intorno all'area scelta per l'atterraggio)*. La relazione tra quota di volo e la traiettoria che segue il velivolo in planata di emergenza, mette in evidenza il cosiddetto *cono di sicurezza*. Uno spazio costituito da un cono rovesciato con il vertice posto al centro della potenziale pista di atterraggio.

Fig.33 - 34

106

28

L'aerodinamica, come suggerisce il suo nome, studia e descrive il moto dell'aria e le forze che questa esercita sui corpi che ne sono investiti: è dunque la disciplina che spiega il comportamento di un'ala in volo (a dire il vero questa materia spiega anche il comportamento di qualsiasi altro oggetto che viaggi nell'aria).

Bisogna però chiarire subito che l'aerodinamica, così come è esposta in questo capitolo, è riferita ad un **profilo alare ideale**: non ci stupiremo, quindi, nel notare che alcune situazioni sono difficilmente 'trasportabili' alla realtà del volo libero (che, aerodinamicamente parlando, sfrutta ali nient'affatto ideali): deltaplano e parapendio, infatti, hanno profili alari flessibili e deformabili, ed il pilota (che costituisce la maggior parte del peso della 'macchina volante') è esterno al profilo alare stesso (nel caso del parapendio esso è molto distante dall'ala). In altre parole, il Volo Libero presenta **alcune importanti eccezioni** rispetto alle regole generali dell'aerodinamica ma, proprio per comprendere bene tali eccezioni, bisogna aver capito con esattezza la regola.

Una seconda considerazione, doverosa, è che ci occuperemo soltanto della aerodinamica che gli esperti chiamano **di bassa** (velocità), dal momento che le nostre possibilità di giungere a velocità vicine o superiori a quelle del suono (quando accadono fenomeni aerodinamici diversi da quelli che studiamo noi) sono assolutamente nulle.

La terza ed ultima considerazione è che ci limiteremo alla **aerodinamica del volo veleggiato** e non di quella con trazione artificiale (motore).

Riepilogando, quindi, ci apprestiamo a conoscere le regole generali dell'aerodinamica del volo veleggiato (che è aerodinamica 'di bassa'), consci del fatto che, in alcuni casi, tali regole non si applicano direttamente alle ali leggere. Nell'ambito dei rispettivi capitoli cercheremo di capire in maggior dettaglio l'aerodinamica del deltaplano e del parapendio e le ragioni di alcuni comportamenti particolari di queste 'macchine volanti'.

CONCETTI DI FISICA UTILIZZATI NEL CAPITOLO

Accenneremo ora ad alcuni concetti fondamentali di fisica che utilizzeremo in questo capitolo ed in quello di meteorologia: dobbiamo quindi conoscerli, almeno a grandi linee, poichè costituiscono i 'vocaboli' della lingua che ci apprestiamo a studiare.

FORZA

I 4 PARAMETRI DELLE FORZE

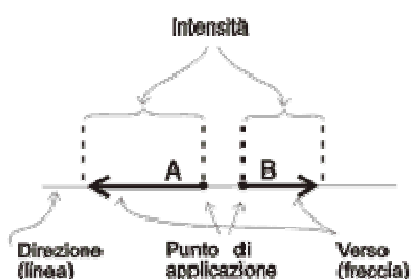


Figura 3-1. Le due forze A e B hanno diversa intensità ($A > B$), uguale direzione ma senso opposto.

definita come la causa capace di modificare lo stato di quiete o di moto di un corpo.

Come intuitivamente sappiamo, una forza è caratterizzata da un **punto di applicazione** (nell'esempio la pallina da golf), da una **intensità** (da debole a forte), da una **direzione** (ad esempio asse Nord-Sud) e da un **verso** (verso Nord oppure verso Sud).

Una forza è dunque completamente definita da questi quattro parametri.

Se un oggetto inanimato giace, per i fatti suoi, in una condizione di equilibrio e non interviene nulla, esso resta come è, e non si sogna di spostarsi. Perchè il suo stato cambi deve intervenire qualcosa: questo qualcosa è, necessariamente, **una forza**. Si pensi ad una pallina da golf, placidamente adagiata sull'erba: quando le viene applicata, con un apposito bastone, la forza sufficiente, essa schizza via, spostandosi anche di qualche centinaio di metri (a seconda dell'intensità del colpo) nella direzione della forza stessa. La forza, in fisica, può dunque essere

Quando vengono disegnate, le forze sono rappresentate da frecce: il punto di applicazione coincide con l'origine della freccia, l'intensità è proporzionale alla lunghezza della freccia medesima, la direzione è data dall'asse della freccia ed il verso è indicato dalla 'punta' (per intendersi si possono avere forze opposte che hanno la stessa direzione ma verso opposto). Le grandi forze che incontreremo e studieremo sono la pressione (che, ad essere precisi, è una forza su una superficie), il peso (forza di gravità), la forza aerodinamica e le sue 'ancelle' portanza e resistenza, la spinta (come quella generata da un motore), la forza centrifuga e quella centripeta. Anche se non conosciamo ancora l'esatto significato di questi termini, già sappiamo che si tratta sempre di forze, cioè di entità in grado di influenzare il movimento (o il riposo) degli oggetti che le subiscono.

COMPOSIZIONE E SCOMPOSIZIONE DELLE FORZE

Dobbiamo tenere a mente che è **sempre** possibile scomporre una forza in due o più forze ad essa equivalenti (dette **componenti**), così come è possibile, al contrario, comporre forze differenti (purchè applicate ad uno stesso corpo) in un'unica forza (detta **risultante**).

Per fare ciò si usa la tecnica del parallelogramma (che è poi una figura geometrica con i lati, a due a due, paralleli fra loro); valgano due esempi pratici.

COMPOSIZIONE

Si immagini una barca su di un fiume trainata da due cavalli che camminano sulle rive opposte (Fig. 3-2). I cavalli esercitano due forze distinte A e B, applicate allo stesso punto (la prua della barca) ma aventi direzioni e verso differenti.

La barca si muoverà secondo una terza direzione C: se le frecce che indicano le forze A e B sono ben disegnate (tendendo conto della esatta intensità) è allora molto semplice ottenere direzione, verso ed intensità della forza risultante. Per farlo basta tracciare, partendo dalla punta di A, una linea parallela a B; allo stesso modo, poi, si traccia, partendo dalla punta di B, una linea parallela ad A: ecco tracciato il nostro parallelogramma. Unendo il punto di applicazione (che nel nostro esempio non cambia) con il punto di incontro tra le linee tracciate, otteniamo proprio la risultante; il disegno ci dice direzione, verso ed intensità del movimento della nave (o se preferite, delle due forze A e B applicate contemporaneamente).

Un secondo modo di esprimere la stessa cosa è il seguente: quando due forze vengono applicate allo stesso punto, questo subisce, in pratica, una sola forza che è la risultante delle prime due (ed eventualmente si sposta di conseguenza).

SCOMPOSIZIONE

Al contrario una singola forza A può venire scomposta in due forze C e D, che sono applicate nello stesso punto ma che mostrano direzione, verso, ed intensità differenti.

Attenzione però, mentre esiste un solo modo per comporre due forze, trovandone la risultante, **esistono infiniti** (letteralmente) **modi di scomporre una forza in due componenti** (Fig. 3-2). Questo significa che, quando si deve scomporre una forza, si può 'scegliere' secondo quali assi scomporla: come vedremo, nell'aerodinamica del volo planato, i due assi prescelti sono rappresentati dalla direzione del vento relativo e dall'asse a questo perpendicolare.

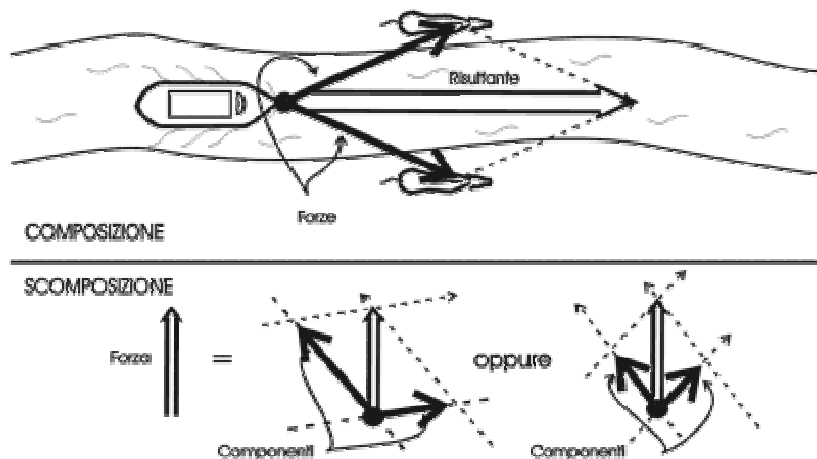


Figura 3-2. Due forze che agiscono nello stesso punto possono venire composte in una sola forza a loro equivalente. Al contrario ogni forza può essere scomposta in altre due con direzioni scelte arbitrariamente.

CAMPO

Nella realtà l'aria non è mai ferma, la sua pressione non è mai costante e la temperatura varia in continuazione; tuttavia, se vogliamo capire qualcosa degli effetti che l'aria esercita su un oggetto dobbiamo isolare questi effetti da altri dovuti, poniamo, al sole, al vento o ai moti turbolenti. Per fare ciò si immagina di poter disporre di una 'zona di spazio' dove non accade nulla di imprevisto e dove agiscono soltanto le forze che desideriamo studiare: questo spazio "irreale" (a volte faticosamente riprodotto in laboratorio) viene chiamato **campo**. Il campo dunque è un'**entità teorica** utile per lo studio degli effetti delle forze su corpi isolati.

PRESSIONE

La pressione è la forza esercitata su una superficie, con direzione perpendicolare a questa.

Una particolare pressione che riveste notevole importanza in aerodinamica (e come vedremo anche in meteorologia) è la pressione esercitata, su tutte le superfici, dall'aria che circonda la superficie terrestre, cioè la **pressione atmosferica**, e noi la utilizzeremo come esempio per comprendere alcuni aspetti generali della pressione stessa.

La pressione atmosferica è relativamente costante (pur oscillando intorno a valori medi) e noi non ci accorgiamo nemmeno che esiste, fino a quando essa varia bruscamente (ad esempio cambiando rapidamente quota) e si fa sentire. Anche se la pressione atmosferica è, in un certo senso, 'arbitraria' (se vivessimo in un'atmosfera di elio essa sarebbe ben inferiore), il suo valore medio, presente sulla terra al livello del mare (circa 760 mmHg per ogni centimetro quadrato), viene fatto pari ad 1 ATM (atmosfera, appunto). Gonfiare un pneumatico a 2,5 ATM significa quindi immettere una pressione pari a due volte e mezzo quella terrestre. Anche se non esistono (né possono esistere) pressioni negative, l'abitudine di vivere immersi in 1 ATM ci ha influenzato e parliamo dunque di **sovrappressioni** per pressioni superiori a 1 ATM e di **depressioni** (o, impropriamente di pressioni negative) per pressioni inferiori a 1 ATM.

La figura 3-3 porta tre esempi del modo in cui due compartimenti con pressioni diverse influenzano il movimento di un separatore mobile posto tra loro. Anche se 'sembra' che in un caso lo stantuffo sia stato 'spinto' dalla sovrappressione mentre nell'altro esso sia stato 'risucchiato' dalla depressione, in entrambi i casi il 'lavoro' è stato compiuto dalla **differenza di pressione** tra i due compartimenti.

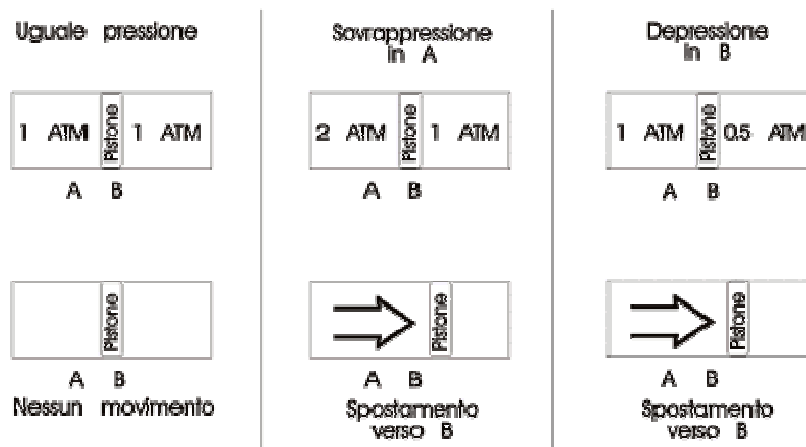


Figura 3-3. Ciò che determina lo spostamento del separatore mobile è la differenza di pressione tra A e B: ciò può essere ottenuto sia determinando una sovrappressione in A sia riducendo la pressione in B.

PRESSIONE STATICA E PRESSIONE DINAMICA

La pressione che l'aria esercita sulle pareti interne di un pneumatico è una pressione statica. In altri termini è una pressione che l'aria esercita **senza muoversi**. Quando invece l'aria viene posta in movimento, si genera la pressione dinamica (o cinetica), che nasce e si rafforza a spese di quella statica (che diminuisce).

Facciamo un esempio, necessariamente semplificato (Fig. 3-4). Immaginiamo un lungo tubo cavo, come quello utilizzato dai benzinai per gonfiare le gomme: su tutte le sue superfici agisce la pressione atmosferica (1 ATM); all'interno la pressione è determinata dal 'cilindro' di aria che sta dentro al tubo, mentre all'esterno è dovuta all'aria circostante; si tratta in entrambi i casi di pressione statica.

Quando però il compressore mette in movimento l'aria si genera una nuova pressione che prima non esisteva: la percepiamo molto bene se dirigiamo il getto d'aria contro il palmo della mano. Questa pressione, dovuta al movimento dell'aria è la pressione dinamica.

LA LEGGE DI BERNOULLI

Fin qui tutto bene. Meno intuitivo è il legame che esiste tra pressione statica e pressione dinamica, ed infatti la scoperta di tale legame ha fruttato a Daniele Bernoulli una fama eterna; egli era un fisico del '700 che, dopo infiniti studi e prove, dichiarò: **'la somma della pressione statica più quella dinamica è costante!'** (in realtà Bernoulli, nipote dell'altrettanto illustre e scientifico Nicola, disse qualcosa di molto più complesso, riferito ai liquidi incompressibili, ma accettiamo questa enorme semplificazione, utile per comprendere quanto segue). Quando l'aria è ferma la pressione dinamica non esiste (è uguale a zero): tutta la pressione disponibile è in forma statica (contro le pareti interne). Man mano che l'aria viene messa in movimento, e scorre nel tubo, si genera pressione dinamica (contro la mano fuori dal tubo). Se è vero che la somma di questa nuova pressione con quella statica non varia, significa che la pressione statica è diminuita, tanto di più quanto più è aumentata quella dinamica.

Sarà vero? Per sincerarsene basta un semplice esperimento. Si prendano due fogli di carta e li si lascino penzolare tra le dita, paralleli tra loro. I due fogli delimitano tre zone: la zona compresa tra i fogli stessi e le due zone esterne (destra e sinistra). In tutte e tre le zone esiste una identica pressione atmosferica (pressione statica) e quindi i fogli non si muovono. Soffiamo ora tra i fogli (meglio dall'alto verso il basso) e, se abbiamo fatto le cose bene, notiamo che questi, anziché allontanarsi si avvicinano. È infatti accaduto che, mentre sulle superfici esterne dei due fogli, la pressione dell'atmosfera non è cambiata, all'interno l'aria, muovendosi, ha ridotto la sua pressione statica sulle superfici interne. Se qualcuno, mentre noi soffiando, pone la sua mano nella direzione del soffio, percepirà la

pressione dinamica che si è creata ex novo. Quel Bernoulli ... aveva proprio ragione!

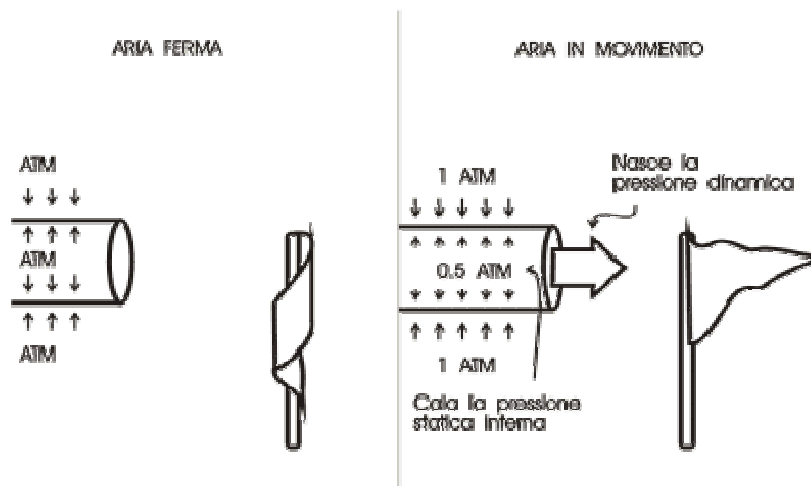


Figura 3-4. La pressione statica, all'interno di un tubo di gomma, è pari a quella atmosferica. Quando l'aria è posta in movimento si genera una pressione dinamica che cresce a scapito di quella statica.

IL TUBO DI VENTURI

Mezzo secolo più tardi, Giovanni Battista Venturi, trovò la prima applicazione pratica al teorema del suo illuminato collega e costruì un tubo in grado di misurare la velocità di scorrimento di un fluido, sfruttando proprio i rapporti tra pressione statica e velocità.

Scusandoci con gli appassionati ed i fisici usiamo ancora una volta la scure della semplificazione e facciamo dire anche a Venturi qualcosa di più banale rispetto a ciò che in realtà disse: "l'aria che viene forzata attraverso una strozzatura subisce una accelerazione che è proporzionale alla velocità iniziale dell'aria stessa". Allo stesso modo la pressione statica, a livello della strozzatura, si riduce tanto più quanto maggiore è la velocità iniziale. Reincontreremo il signor Venturi parlando di meteorologia (effetto Venturi delle valli strette) e di strumenti (tubo di Venturi in alcuni anemometri).

Figura 3-5. Il tubo di Venturi è un tubo con un restringimento: a questo livello l'aria accelera e la pressione statica che essa esercita sulle pareti è quindi minore rispetto al resto del tubo

CENNI DI METEOROLOGIA

L'atmosfera che circonda la terra è un'enorme massa di gas, sempre in movimento, dai capricci della quale dipendono cose importanti come inondazioni o siccità, ma anche cose più "banali" come un'altra domenica di pioggia oppure uno stupendo giorno di volo.

La meteorologia osserva e studia queste masse gassose con lo scopo di comprenderne i meccanismi e di prevederne le evoluzioni. Più precisamente è possibile distinguere quattro "discipline", fortemente connesse, che si occupano di argomenti differenti.

La **meteorologia vera e propria**, che studia i movimenti delle grandi masse, è quella più nota: effettua previsioni a livello mondiale o continentale, può dirci molto sull'evoluzione generale del tempo, ma poco o nulla su ciò che accade in singole località.

Più interessante, per noi, è l'**aerologia**, che si occupa di masse d'aria più piccole (fino a qualche chilometro) e ne studia il comportamento in condizioni particolari (interazioni tra vento e rilievi, formazione dei singoli cumuli, eccetera).

Scendendo ancora incontriamo la **microclimatologia**, che studia gli strati più bassi dell'aria (fino a qualche decina di metri dal suolo): come vedremo è la microclimatologia che ci spiega come e perché si formano e si distaccano le termiche, come mai esistono le brezze di valle e di mare, e così via.

Infine, cambiando registro, esiste la **climatologia**, che si riferisce invece a regioni o nazioni specifiche delle quali studia le particolarità tipiche delle zone considerate. È molto importante anticipare che, per il vololiberoista, esistono (almeno) due differenti ragioni per studiare la meteorologia globalmente intesa: sicurezza e praticità.

SICUREZZA

La prima è connessa con la **sicurezza del volo e con la sopravvivenza stessa del pilota**. Come abbiamo già visto, infatti, le ali da Volo Libero hanno raggiunto un grado di sicurezza strutturale più che soddisfacente per l'impiego cui sono destinate. Non possono, però, essere considerate "sicure in assoluto" (nemmeno un Boeing in un forte temporale lo è). Consentono invece di volare in un ambito preciso e definito di condizioni meteorologiche e aereologiche, che bisogna pertanto conoscere bene.

Anticipiamo subito quali condizioni **non sono compatibili** con il Volo Libero:

- @PALLINO = venti (sinottici o locali) superiori alla velocità di massima efficienza dell'ala;
- @PALLINO = forti turbolenze e disordinati moti verticali (rotori, zone di sottovento, cascate d'aria dei ghiacciai, eccetera);
- @PALLINO = pericolo di degenerazione temporalesca (cumuli ad elevato sviluppo verticale, cumulo-nembi in formazione od in vista, arrivo di perturbazioni veloci).

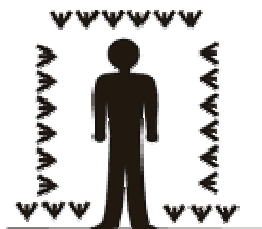
PRATICITÀ

La seconda ragione per studiare la meteorologia, invece, è connessa con **aspetti di praticità**: è un peccato preparare un bel volo e recarsi al decollo per poi accorgersi che le possibilità sono scarse o inesistenti. Si tratta dunque della **capacità di prevedere il tempo**: da questo punto di vista la meteorologia può dirci molto, ma non tutto; in particolari momenti il nostro ambiente è ancora imprevedibile, ed in larga misura impreveduto; tuttavia, armati delle poche nozioni esposte qui di seguito, leggendo spesso le cartine bariche ed osservando l'evoluzione delle giornate, chiunque può conoscere meglio le condizioni meteo della sua zona e ridurre notevolmente il numero di "errori" di

valutazione (in altre parole ci si può costruire una certa reputazione agli occhi del vicino di casa medio).

CONCETTI UTILIZZATI NEL CAPITOLO

PRESSIONE ATMOSFERICA



**760 mm/Hg, oppure
1013 mb, oppure
1014 hPa**

Figura 4-1. La pressione atmosferica esercita il suo effetto su tutte le superfici.

Come già facemmo per l'aerodinamica, anche per lo studio della meteorologia dobbiamo acquisire una serie di definizioni e di termini prima di poter entrare nel "vivo" della materia.

PRESSIONE

L'abbiamo conosciuta in aerodinamica e diremo solo che quella **atmosferica** ha un valore medio di **760 mm di Mercurio (mm/Hg)**, quando misurata sul livello del mare. Nel 1914 si introdusse il millibar (mb): i 760 mm Hg corrispondono a **1013 mb** (per passare dalla prima alla seconda misura basta applicare un fattore di 4/3). Più recentemente ha fatto la sua comparsa un'altra (e speriamo ultima) unità di misura, che ha valore internazionale: il **Pascal (Pa)**. Siccome si tratta di un'unità "piccola", viene usato l'**ectopascal (hPa)** pari a 100 Pascal. Per fortuna **1 ectopascal corrisponde ad 1 millibar**, e le conversioni sono dunque molto semplici.

Lo strumento che misura la pressione è il **barometro**, il cui funzionamento è trattato nel capitolo che parla degli strumenti di volo (l'altimetro è un barometro!).

TEMPERATURA

La temperatura esprime l'**energia cinetica** delle molecole di un corpo e si manifesta con le sensazioni di caldo e di freddo note ad ognuno di noi. Consideriamo un pezzo di ferro. Esso, contrariamente alle apparenze, è formato da numerosissimi "pezzettini" in continua agitazione. La temperatura misura proprio questa agitazione. Immaginiamo che i "pezzettini" siano assolutamente immobili: la temperatura sarà un bello **zero assoluto** (pari a circa -273 gradi centigradi); questa temperatura, per noi impossibile anche da immaginare, è molto più diffusa di quanto si pensi: negli enormi spazi interstellari fa, infatti, piuttosto freddo.

Noi terrestri, che riceviamo calore sia dal sole che dal centro della terra, siamo abituati a temperature ben superiori e preferiamo utilizzare una scala diversa da quella assoluta: la **scala Celsius**, che misura la temperatura in **gradi centigradi**.

Arbitrariamente abbiamo stabilito che, la particolare temperatura alla quale l'acqua gela vale 0 gradi centigradi (0° C), mentre quella alla quale la stessa acqua entra in ebollizione vale 100° C.

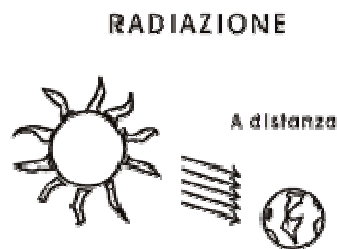
Come già visto per la pressione, anche per la temperatura si può parlare allora di valori negativi (inferiori a 0° C) o positivi (superiori a 0° C).

Anche se, dalla scoperta del fuoco, siamo diventati dei maestri nel trasferire calore (scaldare corpi freddi, raffreddare corpi caldi), non tutti sanno con precisione in quali modi differenti (ben 4) il calore può trasferirsi da una zona all'altra o da un corpo all'altro.

LE 4 MODALITÀ DI TRASMISSIONE DEL CALORE

RADIAZIONE o irraggiamento

Si tratta del trasferimento di calore per mezzo di raggi ondulatori, in particolare ricordiamo che sono i **raggi infrarossi** quelli responsabili degli effetti termici della luce solare. La terra viene riscaldata dal sole per irraggiamento.



Conduzione

È il trasferimento di calore per **contatto diretto** tra corpo caldo e corpo freddo. La carne nella padella si scalda per conduzione, ma anche l'aria che giace, immobile, su una superficie più calda (campo arato) acquista calore per conduzione.

CONDUZIONE



Convezione

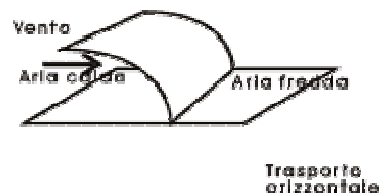
È il trasferimento di calore per mezzo di **correnti verticali**. In una pentola d'acqua gli strati bassi si scaldano per conduzione (contatto con il fondo della pentola); a questo punto iniziano a salire e scaldano, mischiandosi ad essi, gli strati alti; questa è la convezione (è evidente che il trasporto di calore per convezione può essere effettuato solo da fluidi, siano essi liquidi o gassosi, ma non da solidi).

CONVEZIONE



In una giornata con intensa attività termica, gli strati di aria al di sopra dei 20-30 metri dal suolo si scaldano per convezione.

AVVEZIONE



Avvezione

È concettualmente simile alla convezione, ma si verifica in orizzontale anziché in verticale.

Se nella convezione il trasporto del calore avviene perchè gli strati più caldi tendono a salire, l'avvezione necessita di una forza laterale che sposti le masse d'aria a diversa temperatura. Tale forza è il vento, che può quindi trasferire calore da una parte all'altra della superficie terrestre. Lo strumento che misura la temperatura è il **termometro**, che sfrutta la proprietà che le sostanze hanno di dilatarsi con il calore e di contrarsi con il freddo.

Figura 4-2. Le quattro modalità di trasmissione del calore.

"LEGAMI" TRA PRESSIONE E TEMPERATURA

Lo studio della fisica dei gas ha dimostrato che queste due grandezze sono strettamente interdipendenti: **comprimendo** un gas questo **si scalda**, mentre alleggerendo la pressione (**dilatandolo**) **si raffredda**. Pensiamo alla pompa per biciclette, nella quale avvengono successive compressioni (ad ogni pompata): l'aria si scalda e scalda la pompa (come sa chiunque abbia mai gonfiato in questo modo una gomma).

Naturalmente vale anche il contrario: **riscaldando** un gas **aumenta** la sua pressione e **raffreddandolo** questa **diminuisce**.

Questo semplice rapporto è **fondamentale** per la comprensione dei fenomeni termici, in aerologia.

UMIDITÀ (dell'aria)

L'acqua, come sappiamo, esiste in tre stati: solido (il ghiaccio), liquido (l'acqua appunto) e gassoso (il vapore acqueo). Vale forse la pena di

sottolineare che il vapore acqueo è un gas trasparente e, per tale motivo, **invisibile**; le nubi, dunque, non sono fatte di vapore acqueo: **erano** vapore acqueo, ma sono diventate acqua o ghiaccio (sottoforma di minuscole goccioline sospese) e sono quindi diventate visibili.

L'aria che ci circonda contiene sempre, sia pur in misura maggiore o minore, del vapore acqueo; infatti, se il passaggio tra acqua e ghiaccio (congelamento) avviene soltanto a temperature molto prossime allo zero, il passaggio tra acqua e vapore acqueo (evaporazione) **avviene a tutte le temperature** (i panni stesi si asciugano senza bollire!).

L'umidità dell'aria indica proprio la **quantità di acqua**, sotto forma di vapore acqueo, che è contenuta nell'aria in un dato momento.

La capacità dell'aria di "contenere" vapore acqueo non è però costante, ma **varia con la temperatura** (a dire il vero varia anche con la pressione, ma per il momento possiamo ignorare questo fatto): **l'aria calda riesce a contenere più vapore acqueo di quella fredda**. Cosa succede comunque quando l'aria, ormai troppo "piena" di vapore acqueo (si dice satura), non riesce a "contenerne" dell'altro? Succede che il vapore acqueo di troppo condensa, tornando acqua. Proprio per il fatto che l'aria è in grado di contenere quantità anche molto diverse di vapore acqueo si utilizzano due parametri (anzichè uno solo) per misurare l'umidità: si parla, infatti, di umidità assoluta e di umidità relativa.

UMIDITÀ ASSOLUTA

È semplicemente la **quantità totale di acqua** (espressa in grammi) contenuta in una unità di aria (ad es. un metrocubo); è una definizione facile da comprendere ma, purtroppo, è meno utile di quella, più complessa, che segue.

UMIDITÀ RELATIVA

$T = 20^{\circ}C$ $T = 15^{\circ}C$ $T = 8^{\circ}C$



Per noi più importante, ci dice quanta acqua è contenuta in una massa d'aria, esprimendola come **percentuale** rispetto al **massimo contenibile** da quella stessa aria alla stessa temperatura.

$T = 6^{\circ}C$ $T = 2^{\circ}C$



Figura 4-3. L'umidità relativa varia al variare della temperatura.

Come al solito serviamoci di un esempio: in una bottiglia piena di acqua per metà e chiusa con un tappo, l'acqua tende ad evaporare (cioè a trasformarsi in vapore acqueo ed a passare nell'aria sovrastante) e continua a farlo fino ad aver esaurito le capacità dell'aria di contenere ulteriore vapore acqueo. Dopo un po' di tempo, dunque, l'aria nella bottiglia diviene **satura**: la sua umidità relativa è dunque del **100%** (l'aria

contiene tutto il vapore acqueo che è in grado di contenere a quella temperatura).

Durante questo processo, tuttavia, c'è sicuramente stato un momento nel quale l'aria conteneva esattamente la **metà** del vapore acqueo in grado di saturarla. A quel punto l'umidità relativa dell'aria nella bottiglia era del **50%** (l'aria conteneva cioè la metà del vapore acqueo che poteva contenere a quella temperatura).

Bene, ora vediamo la cosa da un secondo punto di vista. Immaginiamo di avere, nella solita bottiglia, soltanto aria con umidità relativa del 50% e che la temperatura della bottiglia (e dell'aria) sia di 30 gradi. Dal momento che non c'è altra acqua disponibile l'umidità relativa non varia, a patto che non si cambi la temperatura.

Se invece abbassiamo la temperatura si abbasserà anche la capacità dell'aria di contenere vapore acqueo: il vapore acqueo già presente costituisce ora una percentuale maggiore rispetto a quella realmente contenibile; il risultato del nostro abbassamento di temperatura è un **aumento dell'umidità relativa** (Fig. 4-3).

Continuando ad abbassare la temperatura si giunge ad un punto in cui la massima quantità di vapore acqueo contenibile diventa uguale al vapore acqueo che già

c'è (e che rappresentava inizialmente soltanto il 50%). L'aria, a questo punto, è saturata, o, se preferiamo, la sua umidità relativa è giunta al 100%, senza che sia mai stato aggiunto vapore acqueo dall'esterno.

Per pura curiosità continuiamo ancora ad abbassare la temperatura: l'aria "non ce la fa più" nemmeno a contenere il vapore acqueo già presente, ed una parte di questo condensa, tornando acqua e diventando visibile (velo opaco sul vetro, goccioline).

Da quanto detto dovrebbe essere chiaro che, data una massa d'aria contenente una certa quantità di vapore acqueo, è **sempre possibile** trovare una temperatura (per quanto bassa) alla quale una parte del vapore acqueo condensa.

Tale temperatura viene detta **temperatura del punto di rugiada** (o, più semplicemente, **punto di rugiada**) ed è caratteristica di una particolare massa d'aria (di cui siano note temperatura ed umidità relativa).

CALORE LATENTE DI CONDENSAZIONE

Focalizziamo ora la nostra attenzione su due passaggi cruciali: la trasformazione dell'acqua in vapore acqueo (evaporazione) e il suo contrario, cioè la trasformazione del vapore acqueo ad acqua (condensazione).

Si tratta di passaggi che **comportano sempre scambi di calore**; più precisamente: **l'evaporazione sottrae calore all'ambiente**, mentre la **condensazione lo restituisce**. Un modo (davvero molto artigianale) per conoscere la direzione del vento si fonda proprio su questo principio: si infila un dito in bocca (per inumidirlo) e poi lo si alza sopra la testa. Il vento proviene dal lato del dito che sente più freddo. Il metodo funziona proprio perchè il lato esposto al vento subisce una evaporazione più intensa e, quindi, si raffredda di più. Fin qui tutto bene, ma dov'è finito quel calore rubato al nostro dito? Apparentemente è scomparso; esso **verrà restituito** nel preciso istante in cui (chissà quando ed in quale parte del mondo) lo stesso vapore acqueo che ora si è formato, **condenserà**. Fino a quel momento è una sorta di "cambiale di calore" che il vapore acqueo deve al mondo.

Questo "calore che non c'è" viene detto **calore latente di condensazione**, ed è proporzionale alla quantità assoluta di vapore acqueo presente nell'aria.

MISURAZIONI

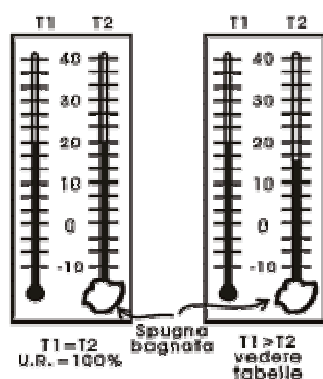


Figura 4-4. Funzionamento dello psicrometro igrometrico (la lettura dell'umidità relativa viene effettuata su apposite tabelle).

Per misurare l'umidità assoluta si fanno passare quantità note di aria in circuiti chiusi contenenti sostanze in grado di assorbire il vapore acqueo (**igrometri**). L'umidità relativa si misura invece con lo **psicrometro igrometrico**, un nome complicato per uno strumento molto semplice: si tratta di due normali termometri affiancati; uno dei due bulbi viene ricoperto con garza bagnata e l'acqua evaporerà in misura maggiore o minore a seconda della umidità relativa presente. Evaporando sottrarrà calore al bulbo e quindi ad uno dei due termometri: se i due termometri segnano identiche temperature significa che non c'è stata evaporazione e quindi l'aria circostante è già saturata (umidità relativa 100%); in caso contrario la temperatura indicata dal termometro con il bulbo bagnato sarà tanto più bassa quanto minore è l'umidità relativa presente.

LA LEGGE

La prima 'normativa' ufficiale inerente il Volo Libero è la **Circolare Ministeriale del Gennaio 1983**, che ha riconosciuto l'esistenza del **Volo da Diporto o Sportivo** (così viene chiamato ufficialmente il Volo Libero). Tale Circolare, alla quale il Ministero degli Interni ha dato parere favorevole, è stata seguita dalla **Legge n° 106 del 25 Marzo 1985**, e dal **Decreto Ministeriale del 27 Settembre 1985**. Il Regolamento di attuazione è stato approntato e reso operante dal **Decreto n° 404 del 5 Agosto 1988**. Alcune importanti (e necessarie) precisazioni sono poi state emanate con il **Decreto Ministeriale del 19 Novembre 1991 e dal DPR n° 207 del 28 Aprile 1993**. Nell'appendice sono integralmente riportate le normative fondamentali nonchè un estratto (rilevante per allievi e piloti) dei due decreti più recenti; sottolineiamo come sia importante conoscerli alla perfezione ed attenervisi scrupolosamente.

REQUISITI

Si può volare! Posto che:

- il pilota abbia conseguito un regolare brevetto, rilasciato dall'AeCI.
- il mezzo sia identificato
- il pilota abbia un casco idoneo
- i proprietari dei terreni di decollo ed atterraggio siano d'accordo
- si resti nei limiti di quota stabiliti
- si eviti di sorvolare i centri abitati
- si evitino le zone R, D e P
- si rispettino le distanze dagli spazi aerei controllati
- si effettuino soltanto il volo a vista
- si rispettino le precedenzae

Quando questi requisiti sono rispettati il diritto al volo viene difeso dai Giudici anche nei confronti di ordinanze locali (sempre che non esistano valide ragioni di ordine pubblico), come è già accaduto in passato.

IL BREVETTO

Il brevetto viene rilasciato dall'AeCI dopo apposito esame, al termine di un corso effettuato presso una scuola riconosciuta (non vengono, cioè, accettati gli autodidatti). Per accedere al corso bisogna avere più di 18 anni (più di 16 se esiste il consenso -scritto- dei genitori), possedere il nulla osta del questore e l'attestato di idoneità psicofisica ottenibile presso un centro di Medicina Sportiva. Quest'ultimo vale per 24 mesi e deve quindi essere periodicamente rinnovato.

IDENTIFICAZIONE ED ASSICURAZIONE DEL MEZZO

Sono ancora in corso (nel 1995) trattative per modificare questi requisiti: è comunque indispensabile possedere una polizza assicurativa (nominale) R.C. con massimale non inferiore ad 1 miliardo per sinistro, 1 miliardo per persona ed 1 miliardo per danni animali o cose.

LIMITI DI QUOTA

Si può volare ad una altezza massima di 150 metri nei giorni feriali e di 300 metri nei week-end e nelle feste comandate; fortunatamente il DPR 207 precisa che tali altezze debbono essere calcolate a partire dal punto più alto nel

raggio di 3 Km (es.: fino a 3 Km di distanza dal monte Cornizzolo (alt. mt 1100) è consentita una quota massima di 1250 o di 1400 mt)
Nel caso si debbano attraversare le linee ad alta tensione o cavi in genere, l'attraversamento verrà eseguito **sulla verticale dei tralicci di sostegno**, e non nel punto più basso dei cavi.

CENTRI ABITATI

È proibito il sorvolo di centri abitati, di agglomerati di case e di assembramenti di persone, nonché il lancio di oggetti o liquidi in volo.

ZONE R, D e P

Le carte aeronautiche (la cui consultazione è indispensabile prima di un volo in un posto poco conosciuto) riportano alcune zone particolari all'interno delle quali non può essere svolta alcuna attività vololibertistica:

Zona R: zona Regolamentata o Ristretta (Restricted), in genere per la presenza di traffico aereo civile

Zona P: zona Proibita (Prohibited), in genere per la presenza di aree militari

Zona D: zona Pericolosa (Dangerous), in genere utilizzata a scopi militari, sia di volo che di artiglieria

Inoltre è proibito il volo a meno di 4 chilometri dal confine nazionale.

SPAZI AEREI CONTROLLATI E NON CONTROLLATI

Benché le nostre ali nostri non siano considerate aeromobili, ma semplici "attrezzi sportivi", quando siamo in volo facciamo comunque parte del traffico aereo generale: è quindi doveroso conoscere, almeno a grandi linee, come vengono suddivisi gli spazi aerei sul territorio nazionale, sapendo quali sono quelli da evitare.

L'Ente preposto alla suddivisione degli spazi aerei è l'**OACI** (Organo di Aviazione Civile Internazionale) al quale fanno capo 102 Paesi.

Per garantire la regolarità, e quindi la sicurezza, della navigazione l'intero spazio aereo è stato diviso in due 'strati': Inferiore e Superiore.

SPAZIO AEREO INFERIORE

Lo spazio inferiore è definito **FIR** (Flight Information Region), si estende verticalmente dal suolo fino a 7.500 metri ed orizzontalmente è definito da tracciati regionali. Sul territorio italiano esistono tre FIR: FIR-Milano, FIR-Roma e FIR-Brindisi.

SPAZIO AEREO SUPERIORE

Sopra il FIR esiste l'**UIR** (Upper Information Region), e si estende verticalmente dai 7.500 mt del FIR fino a 12.000 mt; orizzontalmente copre tutto il territorio nazionale (L'Italia ha tre FIR ed un unico UIR). Questi spazi, che comprendono la totalità del cielo da terra a 12.000 metri, hanno, al loro interno, **zone controllate**, ma globalmente possono essere considerati spazi **non controllati** (e dunque accessibili); anche negli spazi non controllati, tuttavia, alcuni servizi (allarme, informazioni di volo, ecc.) sono garantiti dai **FIC** (centri di informazione di volo) nella fascia bassa, e dal **UIC** (centro superiore di informazione) al di sopra di 7500 mt.

SPAZI AEREI CONTROLLATI O CTA (Control Area)

Si tratta di particolari zone, molte delle quali a noi proibite. Consideriamo un aeroporto; evidentemente esisterà una zona dove il traffico in arrivo ed in partenza sarà abbondante e regolato dalla torre di controllo: si tratta dell'**ATZ**, un cilindro immaginario, centrato sulla struttura aeroportuale, con un diametro di 20 Km ed alto da terra fino a 700 mt. Questa zona è il 'cuore' dell'aeroporto e, nelle strutture più piccole, l'ATZ è sufficiente.

Nelle zone di alto traffico, quando sia necessario coordinare parecchi aeromobili anche su diverse aviosuperfici, esiste un secondo cilindro, più grande e più alto del precedente, ma concettualmente simile: il **CTR**. Per legge noi dobbiamo restare ad **almeno 10 Km lontano dai confini degli ATZ e, quando ci**

sono, dei CTR! Cioè sempre ad almeno 20 Km dal centro dell'aeroporto (possiamo invece avvicinarci di più, il limite è di 5 chilometri, agli aeroporti così piccoli da non avere nemmeno un ATZ).

Al di sopra dei CTR, quindi solo in corrispondenza di zone ad alto traffico, esiste un altro cilindro molto più ampio (il TMA) che parte da 700-1000 mt dal suolo e si innalza fino a 4000-6000 mt, con un diametro dell'ordine delle decine di chilometri.

Al TMA giungono, confluendovi, degli enormi corridoi ideali, larghi circa 20 Km, detti AWY (o aerovie); all'interno di queste "vie dell'aria" scorre gran parte del traffico aereo.

Per legge noi non possiamo entrare nel TMA e nelle AWY. La figura 2-1 mostra gli spazi aerei controllati che circondano un aeroporto di dimensioni medio-grandi.

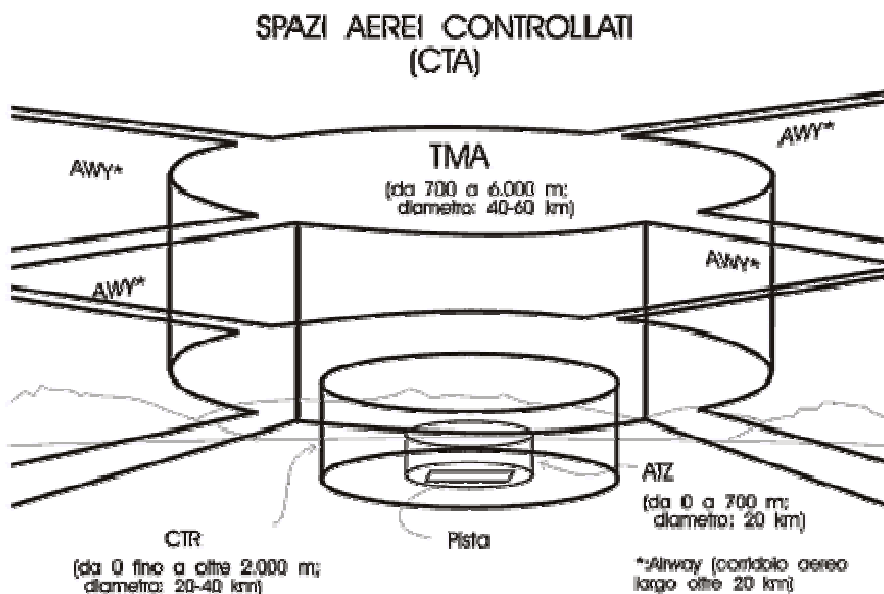


Figura 2.1. Spazi aerei controllati: le AWY confluiscono in un ampio cilindro, sollevato di 700-1000 metri rispetto al suolo, detto TMA. L'aeroporto è "circondato" da due cilindri: uno più piccolo, l'ATZ, ed uno più grande, il CTR.

VOLO A VISTA (VFR)

Il vololibertista deve **obbligatoriamente limitarsi al volo a vista** vale a dire **fuori dalle nubi ed in costante contatto visivo con il terreno o con l'acqua**. Per la stessa ragione non si può volare di notte ma solo nel periodo di tempo compreso tra 30 minuti prima del sorgere del sole e 30 minuti dopo il tramonto (gli orari esatti possono essere ricavati, giorno per giorno, dalle 'Effemeridi', un libro che riporta i movimenti di tutti i corpi celesti rilevanti e quindi anche del sole); questo periodo coincide con quello durante il quale è consentito girare in auto senza le luci accese.

Come accenneremo nella sezione di psicofisiologia il volo a vista con Deltaplano e Parapendio è reso necessario non solo dalla legge ma anche dai limiti che ci sono imposti da madre natura.

PRECEDENZE

La perfetta conoscenza delle regole di precedenza è un requisito fondamentale per la propria sicurezza e, soprattutto, per quella degli altri: diciamo soprattutto perchè pagare per un proprio errore è diverso (e forse più accettabile) che pagare per l'errore di un altro.

Esistono regole di precedenza fissate dal DPR 404 ed altre, ugualmente utili e da considerare ugualmente "obbligatorie", in uso presso tutte le zone di volo in Italia ed all'estero.

Per consentire una distinzione riporteremo quelle di legge *in corsivo*.

DECOLLO

Nei decolli da pendio ha la precedenza chi **sta più in basso** (e non può quindi vedere alle proprie spalle qualcuno in procinto di decollare). Prima di decollare ci si assicurerà comunque che la zona antistante e quella subito sopra siano liberi da piloti, anche già in volo. I decolli devono essere intervallati di almeno 60 secondi (sono dunque proibiti i decolli in coppia).

Non appena eseguito il decollo è necessario **spostarsi dalla zona antistante** per consentire agli altri piloti di decollare in sicurezza.

IN VOLO

*Gli apparecchi che procedono con opposta direzione, alla stessa quota e sul medesimo asse longitudinale, **devono effettuare una virata di scampo sulla propria destra**, a distanza tale da non creare rischi di collisione.*

Quando, come accade sovente, due apparecchi viaggiano uno verso l'altro a ridosso di un pendio o di un costone montano, quello con il pendio alla propria destra **tira dritto**, mentre l'altro **allarga** (alla sua destra) **per tutti e due**.

Sempre volando a ridosso di costoni o pendii è **proibito superare**: infatti chi vola contro costone potrà (e dovrà) girare soltanto verso valle, e se decidesse di farlo mentre noi lo stiamo sorpassando ci troveremmo entrambi in gravi difficoltà.

*Quando due apparecchi convergono approssimativamente alla stessa quota verso la medesima posizione, **l'apparecchio che ha l'altro sulla destra deve dare la precedenza**.*

In aria libera i sorpassi si faranno **a destra** (ed essendo in aria libera possiamo tenerci ad una ragguardevole distanza).

In termica è necessario che tutti i piloti **girino nello stesso senso** (in tal modo anzichè incrociarsi due volte per giro non si incroceranno mai): il primo pilota che entra in una termica determina il senso di rotazione ed ogni nuovo arrivato **deve adeguarsi**. Nel caso però il nuovo arrivato entri in termica più in basso di noi e, essendo distratto, cominci a girare nel senso opposto, saranno tutti i piloti al di sopra di lui a dover invertire il senso di rotazione (rimandando le pur giuste rivendicazioni a dopo l'atterraggio). Vale infatti il principio che gli scontri devono essere evitati in ogni caso, e che chi sta sotto non può vedere chi sta sopra.

È questa la regola della **precedenza al più basso**. Nel volo a vela invece, dove si ha buona visibilità in alto e cattiva in basso, vale il principio opposto: precedenza a chi sta sopra; se ci troviamo in volo con aliante, dunque, dovremo porre una attenzione doppia, specie se li vediamo passare più in alto di noi. Se si giunge ad una termica già occupata, a parità di altezza, **si girerà più esternamente** rispetto al pilota già presente. Se invece, entrato correttamente più in basso, un pilota sale più velocemente di noi **è obbligatorio allargare** la nostra traiettoria permettendogli di proseguire la salita.

È inoltre vietato (oltre che stupido) volare esattamente **sopra o sotto** ad un altro apparecchio.

*Gli apparecchi devono inoltre, **in ogni caso** dare la precedenza agli aeromobili, e gli apparecchi provvisti di motore debbono dare la precedenza a quelli della stessa specie che ne siano sprovvisti.*

Questo 'capolavoro' del legislatore merita un paio di chiarimenti.

Primo: oltre agli uccelli le uniche cose che volano senza esser aeromobili sono gli ULM, i deltaplani, i parapendio, i paracadute e gli aviomodelli. E' dunque chiaro che tutti questi devono, **in ogni caso**, dare la precedenza ad aerei, aliante, elicotteri, mongolfiere (aeromobili a pieno titolo)

Secondo: cosa significhi 'stessa specie' è difficile dire (se un ULM pendolare sembra appartenere alla stessa specie dei deltaplani, un tre assi a che specie appartiene? Deve dare la precedenza ad un parapendio?).

Escludendo gli aeromobili, dunque, diremo, più semplicemente, che i mezzi motorizzati danno la precedenza agli altri.

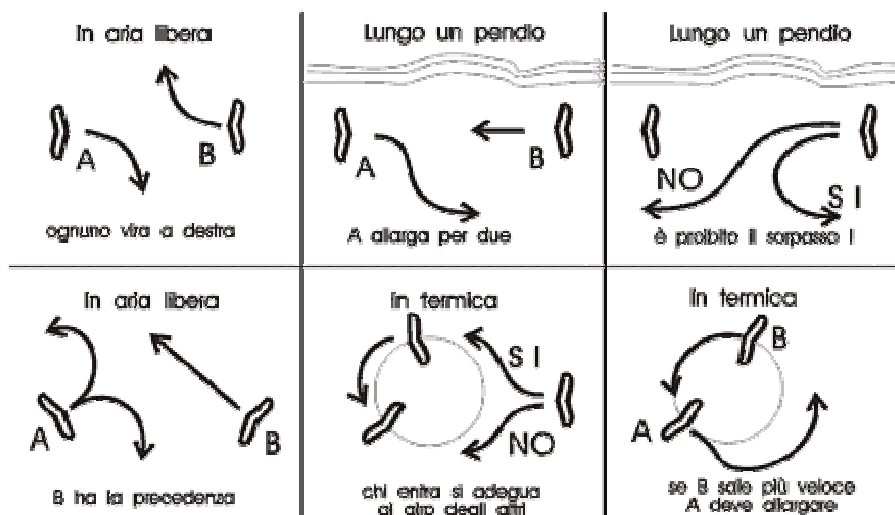


Figura 2-2. Le precedenze in volo: vale la regola generale della precedenza a destra (come in auto), con la necessaria eccezione del volo lungo un costone. In termica, inoltre, si deve girare nello stesso senso di chi già è all'interno, ed "allargare" la traiettoria se qualcuno sale più velocemente di noi.

AVVICINAMENTO ED ATTERRAGGIO

Deltaplano e parapendio hanno notevoli differenze di efficienza, e quindi di traiettoria: una regola generale vuole che la precedenza spetti al **mezzo meno efficiente** (che, a parità di quota, ha minori possibilità di manovra); quindi, in linea di massima il parapendio accelererà la sua discesa, mentre il deltaplano la rallenterà. La stessa considerazione vale anche tra deltaplani o tra parapendii con diverse prestazioni.

Esiste un'unica eccezione, rappresentata dagli **apparecchi per volo doppio** (che stiano portando effettivamente due persone): il volo in biposto è impegnativo ed il pilota ha una doppia responsabilità gli spetta quindi una particolare attenzione e la **precedenza assoluta** sempre e comunque (il pilota di biposto imposterà dunque l'atterraggio ignorandovi, sapendo che sarete voi a mutare rotta, ricordatelo!)

REQUISITI PER UNA COLLISIONE

A conclusione di questa delicata sezione ricordiamo sempre che per realizzare una collisione in volo servono **DUE** stupidi (uno stupido solo infatti non basta se non ne trova almeno un altro disposto a collaborare). Infatti, oltre a colui che non rispetta le precedenze è necessario che sia in volo qualcuno che **non si accorge che gli stanno andando addosso, a torto o a ragione**. Il momento di maggior rischio coincide con i primi voli nei quali si riesce a 'star su': l'entusiasmo e la concentrazione sono tali che si è portati ad ignorare qualsiasi altra cosa.

Quando siete in volo pensate di essere un bersaglio mobile per tutti gli altri piloti, è poco ottimistico ma giustamente prudentiale.

Dunque, dopo aver studiato a memoria le regole sopra esposte, semplicemente **evitiamo di volare troppo vicino** a chiunque e impediamo agli altri di stare troppo vicino a noi; teniamo gli occhi bene aperti ispezionando continuamente l'aria alla stessa quota, guardiamo attentamente di lato prima di impostare una virata, e controlliamo a distanza anche l'unico altro eventuale apparecchio (le due collisioni più recenti sono avvenute, nella nostra zona, con pochissimi aquiloni in volo) ignorando la falsa sensazione di sicurezza che può dare un

cielo 'libero'. Ricordiamo infine che in caso di 'incontro ravvicinato un buon urlo (a squarciagola) avviserà l'altro pilota della nostra presenza.

INDICE

BRIEFING	01 - EFFETTO COMANDI	Pagg.	1	/	12
	02 - VOLO RETTILINEO ORIZZONTALE		13	/	20
	03 - SALITA E DISCESA		21	/	26
	04 - VIRATA		27	/	34
	05 - VOLO LENTO		35	/	40
	06 - STALLO		41	/	48
	07 - CIRCUITI DI TRAFFICO		49	/	60
	08 - EMERGENZE		61	/	66
	09 - NAVIGAZIONE OSSERVATA		67	/	72
	10 - RIEPILOGO (Oss./ni e Suggerimenti)		73	/	80
	11 - PRATICA CON IL DELTAPLANO A MOTORE		81	/	106