

LE CORRENTI DINAMICHE DI PENDIO

Un po' di storia

Quello che, fino a poco tempo fa, meravigliava i profani, cioè come potesse un velivolo senza motore, staccarsi da terra e volare, oggi, che si vedono spaziare per il cielo a stormi i deltaplani, non è più un mistero per nessuno. La nostra generazione è nata quando l'aeroplano a motore era già nato ed aveva già stupito il mondo con le sue prime conquiste. Il fragore dei suoi motori aveva già cominciato a turbare l'infinito silenzio dei cieli. Così molti hanno potuto pensare che l'aeroplano fosse nato col motore, come ogni uccello nasce col cuore. E quando si sentì parlare di aeroplani che volano senza motore, molti si stupirono come di cosa nuova e quasi prodigiosa.

Era una meraviglia dovuta solo ad ignoranza storica. Oggi nessuno ignora come il volo senza motore abbia preceduto, ed anche di parecchio, il volo a motore. Studi recenti hanno dimostrato come la divina mente del grande Leonardo avesse fin dai suoi tempi, ideato una macchina volante, che per i principi su cui si fonda e per le caratteristiche tecniche che presenta, non è molto lontana da quanto ha saputo poi mandare ad effetto la tecnica aeronautica moderna (fig. 1). Ma lasciando da parte le divinizioni leonardesche, che non furono mai tradotte in realtà, sta di fatto che i primi voli compiuti dall'uomo con macchine più pesanti dell'aria furono appunto voli senza motore.

Vogliamo fare qualche nome? Ebbene basterà ricordare il tedesco Lilienthal e il canadese Chanute (figg. 2 e 3), i quali, tra il 1890 e il 1899, compirono una lunghissima serie di voli, che il primo coronò con il sacrificio della vita; e gli stessi crea-

tori dell'aeroplano a motore, i fratelli Wright, americani che, prima e dopo la loro geniale applicazione, furono cultori appassionati del volo senza motore, sul cui cammino segnarono anzi la prima tappa gloriosa con 9 minuti e 45 secondi di volo.

Da quei lontani giorni, le fortune del volo silenzioso hanno toccato mete che parevano, e a molti paiono ancora, impossibili. Ci fu, è vero, un periodo di

tempo nel quale la febbre che aveva preso tutti per il volo con motore fece quasi dimenticare il volo senza motore, a cui pareva non restasse più alcuna parola da dire: un bel ricordo storico, e nulla più. Ma dopo la prima guerra mondiale, particolari condizioni politiche interne ed internazionali favorirono, specialmente presso i popoli vinti, una appassionata ripresa di studi e di esperienze sul volo senza motore, nel quale

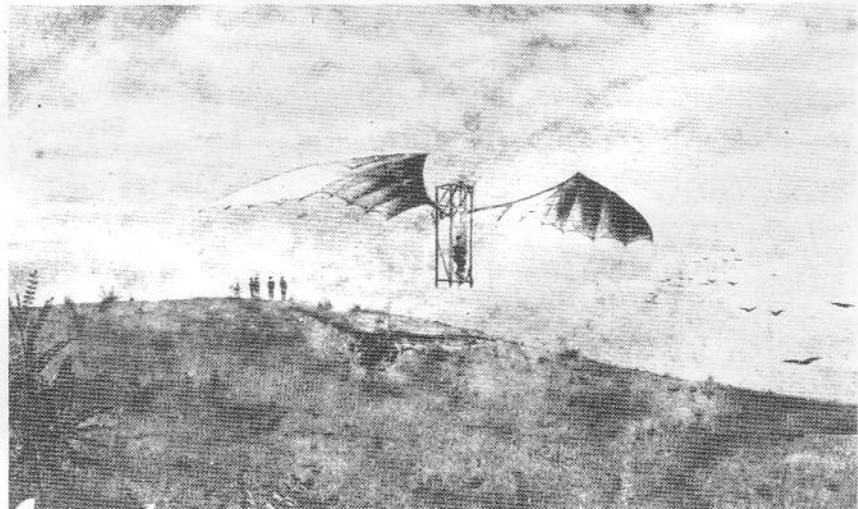


Fig. 1 - La macchina volante con la quale Leonardo pensava di veleggiare lungo i pendii montani del Monte Ceceri (Firenze 1490).

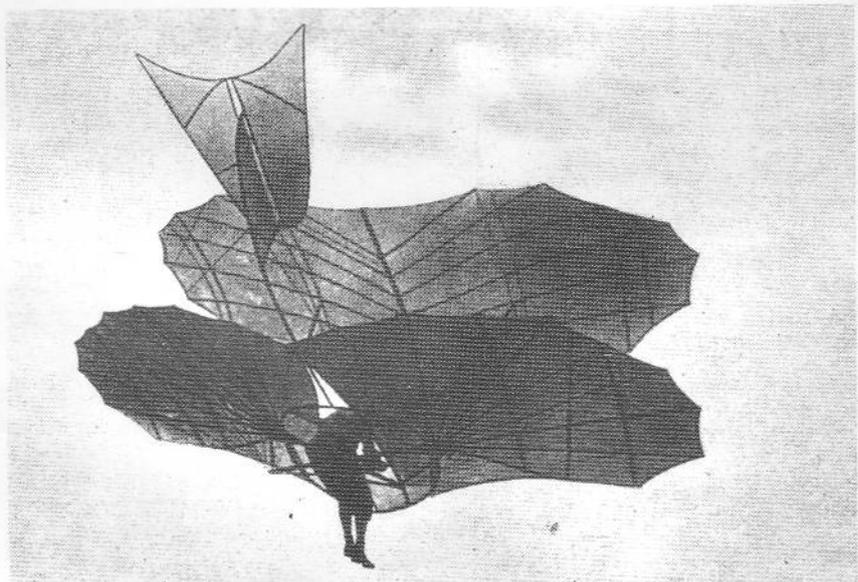


Fig. 2 - Lilienthal nel suo biplano.

non si tardò a ravvisare un efficace mezzo per mantenere vivo l'interesse per l'aviazione, una suggestiva scuola di ardimento per migliaia di gioni, uno sport capace di esaltare e di elevare lo spirito umano, soprattutto per il fatto che, per esso, tanto più lungi e tanto più si vola, quanto più ci si libera da quella materia, che appesantisce le altre pratiche sportive.

Nel 1948 un tecnico di origine italiana operante negli USA, presentò insieme alla moglie, un primo progetto di aquilone umano, conseguendo la convalida del brevetto nel 1951. Com'è noto, a questo primo esemplare, Francis Melvin Rogallo, fece seguire, nel volgere di una quindicina d'anni, altri venti brevetti consimili, dotati di una originalità di concezione tale da attirare l'attenzione di quanti lavoravano nei vari settori della progettazione aeronautica (compresa la NASA, che affidò proprio a Rogallo lo studio di un dispositivo per il rientro nell'atmosfera delle navicelle Gemini: progetto andato fallito, ma che comunque introdusse nelle ricerche aerospaziali il seme di un'idea nuova, i cui naturali sviluppi avrebbero in seguito condotto alla prodigiosa realizzazione dello Space Shuttle). Molti altri appassionati a questo tipo di ala a delta si dedicarono poi al suo perfezionamento. Come sa anche l'ultimo dei "polli", l'australiano Dave Kilbourne ideò, ad esempio, il "trapezio", che divenne per l'ala Rogallo la cloche dei nostri velivoli (anche se nel deltaplano non esiste alcun tipo di comando mobile). Ma questa affascinante attività aerosportiva esplose in pieno soltanto alla fine degli anni 60, ed oggi si contano già - sparsi in tutto il mondo - quasi 200 costruttori di deltaplani e molte decine di migliaia di piloti.

La meteorologia ed il volo libero.

Un pilota di deltaplano, che non sia provveduto di larghe ed

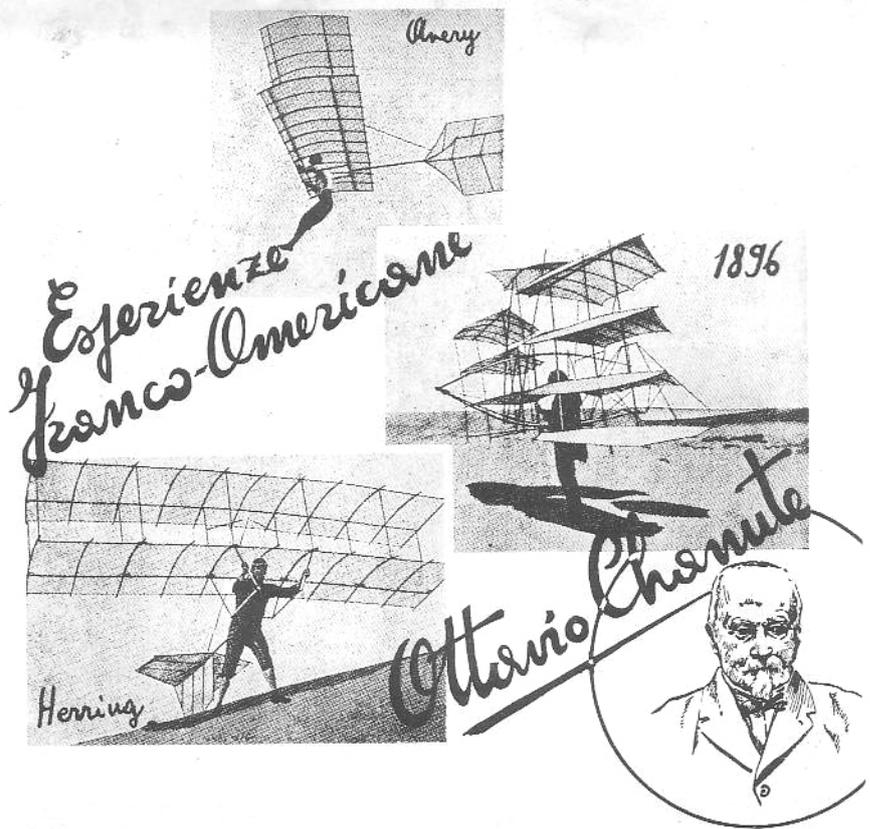


Fig. 3 - Esperienze franco-americane condotte da Avery e Herring con i libratori progettati da Chanute.

organiche conoscenze meteorologiche, non è concepibile. Crediamo al contrario, che tale pilota debba avere la massima familiarità con quei fenomeni e quelle leggi che gli rivelano quale influenza hanno il terreno, la vegetazione, l'umidità, la temperatura, la pressione e il vento nell'origine delle correnti aeree. Egli deve sapere e come lo attenderanno aree di turbolenza o zone di aria ascendente o discendente, e qualunque altro di quegli invisibili e pur importanti fenomeni, di cui palpita in ogni momento l'atmosfera e che costituiscono la sua vita profonda.

Come il pilota di volo a vela, anche quello di deltaplano è un pilota "da cattivo tempo": proprio il contrario di molti turisti aerei, che sono soltanto piloti del tempo buono, dell'aria limpida, del cielo sereno e del... vento morto.

Un pilota di deltaplano, ben addestrato al suo mestiere, deve possedere una tale conoscenza dell'atmosfera e dei suoi fenomeni, che gli consenta di muoversi nell'aria a suo bell'agio, in ogni momento, non

già abbandonato al caso, ma con la chiara visione della strada da percorrere, degli ostacoli da superare, delle risorse da sfruttare, delle mete da raggiungere. I migliori voli veleggiati, vogliamo dire quei voli che di tanto in tanto per il loro straordinario andamento suscitano la sbalordita meraviglia del pubblico profano, non sono frutto di casi fortuiti, come qualcuno può essere portato a credere, ma frutto di consumata esperienza tecnica, congiunta ad una profonda conoscenza del cielo, in virtù della quale il pilota sa scoprire ed usare a proprio vantaggio le inesauribili sorgenti di energia che l'atmosfera ha nel suo seno e che il profano neppure sospetta.

Chi, dunque, come noi, ritiene che il volo libero sia una cosa seria, seria per i fini che si propone, seria per l'addestramento fisico e spirituale che esige, deve auspicare che in tutti coloro che vi si dedicano non manchi una egualmente seria preparazione tecnica e scientifica, sì che si esca dall'empirismo dilettesco, sempre infecondo e spesso dan-

noso, e l'attività deltaplanistica esplicata con criteri e metodi razionali, raggiunga i suoi alti obiettivi.

Ora, proprio mentre si riconosce oggi da ogni parte la verità di queste considerazioni preliminari, in ogni paese civile, dove il volo sia riconosciuto come potente fattore di progresso umano e come tale sia praticato ed organizzato, si esige che accanto alla preparazione puramente tecnica del pilotaggio si aggiunga lo studio dei fenomeni atmosferici e, in particolare, di quelli che hanno col volo più stretti rapporti. Tale studio è compiuto dalla meteorologia, ossia da quella, tra le scienze fisiche naturali, che ha per oggetto l'analisi delle proprietà dell'atmosfera e l'indagine sulla natura e sulle leggi dei fenomeni che si svolgono nel suo seno. La meteorologia cominciò ad essere organizzata su basi tali da consentire osservazioni sistematiche, capaci di condurre a risultati pratici, solo nella seconda metà del secolo scorso. Oggi mettendo quotidianamente in relazione radiotelegrafica migliaia di stazioni meteorologiche disseminate per tutto il mondo (compresi i satelliti spaziali) e raccogliendone e coordinandone le osservazioni in superficie e in quota, è possibile redigere quei bollettini che contengono i presagi che, sebbene riferibili a brevi periodi, tuttavia rendono segnalati servigi alla navigazione aerea.

Vi sono due branche della meteorologia che hanno una specialissima importanza in ordine al volo a delta, e sono la microclimatologia e l'aerologia. I meteorologi generici sogliono guardare i fenomeni atmosferici sotto un punto di vista generale, quale esso si presenta a partire da una certa distanza dal suolo (suppergiù da un metro e mezzo). Così quando parlano di temperatura dell'aria intendono rappresentare lo stato termico dell'atmosfera in libera

circolazione a distanza dal suolo, non quello degli strati aerei aderenti al terreno.

I volovelisti, i paracadutisti, gli aeromodellisti ed i deltaplanisti considerano invece con il massimo interesse questi strati a contatto con il suolo, perché proprio dalle condizioni di essi traggono origine le correnti termiche che interessano il volo veleggiato. Perciò i dati della meteorologia nei problemi dell'aviazione sportiva non sono sufficienti: occorre in questi, la conoscenza delle condizioni fisiche dell'aria nei pressi del suolo, tenendo conto delle infinite forme di influenza esercitate dalla costituzione geologica dello strato superficiale, dalla forma del terreno, dalla copertura vegetale, dalla densità e dall'altezza delle piante, dall'orientamento del pendio montato rispetto ai raggi solari e così via.

Dallo studio degli strati aerei aderenti al suolo si ricavano i dati che definiscono il "microclima" di un certo luogo, e tale studio è compiuto dalla "microclimatologia", ossia da quella branca della meteorologia che ha per oggetto specifico l'ana-

lisi dell'ambiente aereo prossimo al suolo, circoscritto a zone ristrette del suolo. Tali dati vengono poi inquadrati nel vasto schema del clima atmosferico, allo scopo di precisare le relazioni esistenti tra le condizioni presso il suolo e quelle della libera atmosfera. I fenomeni che si riproducono in questa, cioè i fenomeni che avvengono negli strati d'aria che non sono a contatto col suolo, sono studiati dall'aerologia, l'altra branca della meteorologia che ha una specialissima importanza in ordine al volo libero. Nella libera atmosfera i fenomeni assumono spesso aspetti molto diversi da quelli che sogliono avere nelle regioni più basse, così che è frequente il caso di leggi che, ritenute un tempo sempre valide, debbano poi essere modificate in relazione alla distanza dalla superficie terrestre a cui i fenomeni avvengono.

In via generale, si può dire che negli strati prossimi al suolo si ha una grandissima varietà nello svolgimento dei fenomeni atmosferici, così che riesce assai arduo fissare leggi e formulare previsioni: negli strati elevati si

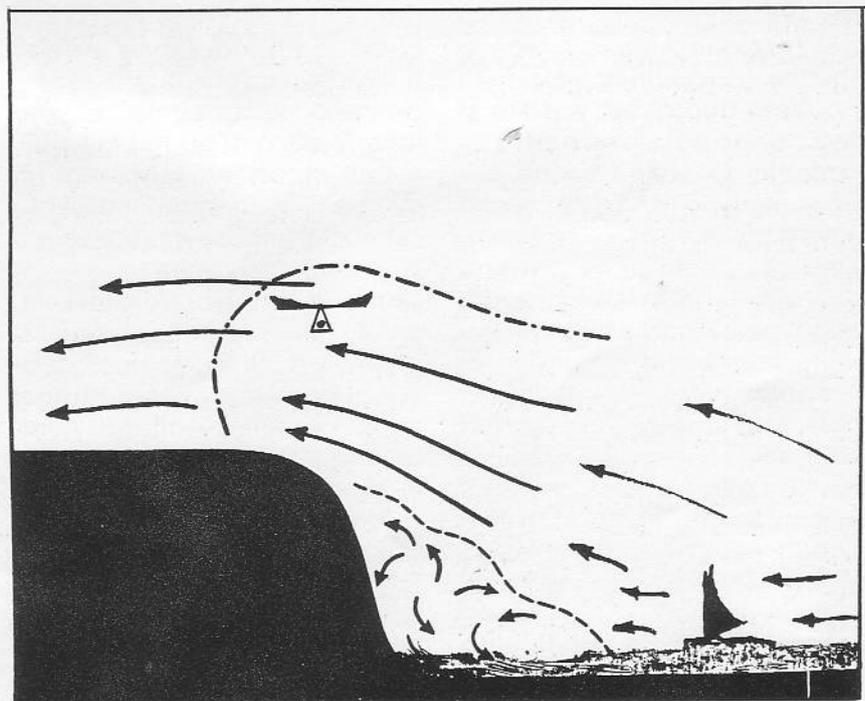


Fig. 4 - Piccoli vortici in movimento lungo il pendio di sopravvento.

ha invece una maggiore uniformità di comportamento, che permette più attendibili deduzioni e più sicuri presagi.

Nonostante i progressi innegabilmente grandi della meteorologia, della microclimatologia, e dell'aerologia, bisogna riconoscere che l'atmosfera è un regno ancora misterioso. Comunque sia, poiché i fini di questa elementare esposizione sono di carattere eminentemente pratico ed a noi interessa soprattutto la conoscenza di quella zona dell'atmosfera che costituisce l'oggetto proprio dell'aerologia, ad essa dedicheremo soprattutto la nostra attenzione.

Le correnti dinamiche di pendio

I rilievi montani costituiscono la causa principale che modifica il corso dei venti sulla superficie terrestre, determinando effetti molto importanti per il volo senza motore.

I monti rappresentano infatti per le correnti aeree un ostacolo che impedisce il loro libero fluire, non diverso da quello che, per una corrente d'acqua, possono essere le dighe di sbarramento o le pile dei ponti. Ma il modo in cui avviene il superamento dell'ostacolo è notevolmente differente nelle due ipotesi prospettate. Nel caso dell'atmosfera, esercita una notevole influenza non solo la diversità di mole e di struttura dei rilievi montani, ma anche l'influenza esercitata dalle condizioni di equilibrio termico esistenti nelle masse d'aria che le montagne costringono a salire. Questi fenomeni hanno una notevole importanza per il volo veleggiato e pertanto non sarà male che ne facciamo qui una analisi particolareggiata.

Sia prima di tutto il caso di un ostacolo frontalmente molto esteso, quale può essere, per esempio, quello costituito da una catena di monti, che immagineremo abbastanza uniforme, tale cioè da potersi paragonare ad una immensa diga che si opponga all'avanzarsi del vento.

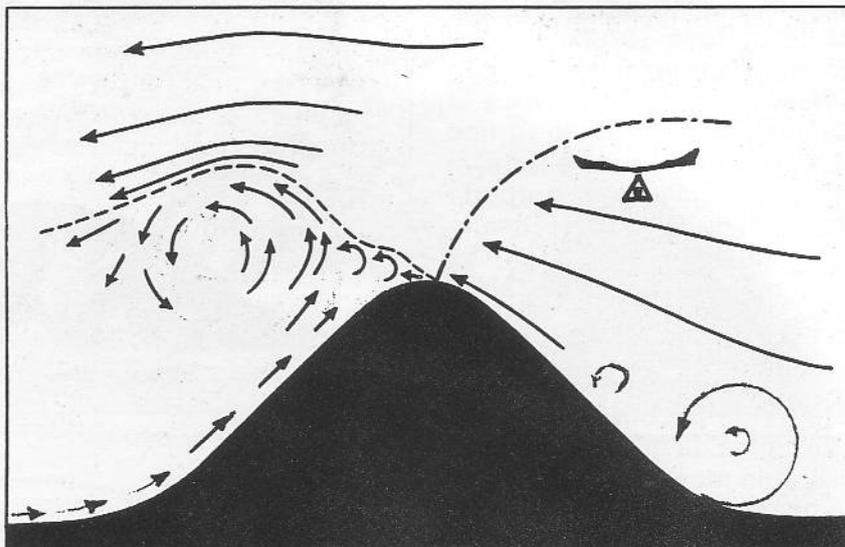


Fig. 5 - Vortice di sottovento che sta per staccarsi dal pendio montano.

Non potendo in altra maniera aggirare l'ostacolo, il vento è costretto a smontarlo cioè a subire, davanti ad esso, una deviazione verso l'alto, a cui terrà dietro, dopo di esso, una deviazione verso il basso. Tali deviazioni saranno assai forti negli strati più prossimi al rilievo, mentre andranno sempre più attenuandosi, di mano in mano che si sale, fino ad esaurirsi del tutto ad una quota che varia in rapporto all'altezza dell'ostacolo, alla velocità del vento, ed alle condizioni di equilibrio dell'atmosfera.

Ciò non è tutto: poiché, tanto sul fronte dell'ostacolo, quanto sopra e posteriormente ad esso, si determinano delle variazioni di pressione, dalle quali traggono origine dei vortici, di cui quelli frontali e dorsali, che debbono essere evitati dai delta-piani che veleggiano sfruttando appunto il vento di pendio.

È da notare, a questo proposito che, **quando il vento è forte, i vortici sono migratori e possono riscontrarsi anche a distanze notevoli sottovento all'ostacolo che li ha originati.**

Il fenomeno avviene così. La corrente orizzontale dell'aria, sopravvenendo contro il pendio montano, non può continuare la sua corsa, mantenendo la disposizione laminare e simmetrica che aveva quando trascorrevva sulla libera pianura: l'osta-

colo contro cui va ad urtare determina in essa una perturbazione, tanto più grande quanto più ripido è il pendio. Accade così che ai piedi della montagna si forma un primo vortice ad asse orizzontale, che diremo vortice frontale e che, quando il vento è debole, rimane stazionario e ruota lentamente attorno al proprio asse. Se il vento è forte, invece, si formano dei vortici minori, ruotanti però a maggior velocità ed in movimento lungo il pendio di sopravvento (fig. 4).

Al di sopra di essi la corrente prosegue il suo cammino ascendente, accelerando il suo moto. Sulla cima della montagna si registrano un notevole aumento di velocità del vento e una parallela diminuzione della pressione statica. Dietro la cima, invece, si registra un fenomeno opposto: diminuzione della velocità del vento e aumento della pressione statica. Questo contrasto di fenomeni conferma un principio sanzionato dalla esperienza, secondo il quale a masse di aria convergenti corrispondono aumento della velocità del flusso e diminuzione della pressione statica, mentre a masse di aria divergenti corrispondono diminuzione della velocità del flusso ed aumento della pressione statica.

Orbene, quella caduta di pressione che si registra sulla cresta

della montagna, genera nel versante sottovento una controcorrente che, incontrandosi con il flusso principale provoca la formazione di un primo vortice che, quando il vento è forte, si stacca dalla montagna e si porta nel "letto del vento". Né rimane solo, ché dietro a quello altri se ne formano e, l'uno dopo l'altro, si staccano dalla montagna e si dispongono dietro il primo e vanno a formare una lunga fila, che divide la zona inferiore di aria calma da quella superiore di aria in movimento (fig. 5).

I vortici multipli a carattere migratorio ed irregolare cominciano a formarsi quando il vento supera i 35 km/h.

È facile capire che i vortici dorsali e frontali possono scomparire del tutto quando l'ostacolo investito dal vento possiede una forma aerodinamica. Come norma pratica diremo quindi che il miglior pendio montano per il volo veleggiato è quello che ha il versante sopravvento con l'inclinazione di 35° ed, inoltre, che per ovviare alla formazione dei vortici migratori di sottovento è necessario che il versante montano si prolunghi a valle per una lunghezza uguale a tre volte l'altezza della montagna, in modo da conferire una naturale carenatura aerodinamica al pendio sottovento (fig. 6).

Abbiamo detto che la potenza dell'azione perturbatrice di un ostacolo sopra una corrente d'aria non dipende solamente dalla forma dell'ostacolo e dalla velocità del vento, ma anche dal **maggior o minor grado di stabilità dell'atmosfera, vale a dire del valore del gradiente termico verticale**. Infatti, mentre una massa d'aria termicamente labile o vicino all'instabilità, supera facilmente gli ostacoli orografici e perfino favorisce lo sviluppo del movimento ascendente, al contrario una atmosfera stabile tende a seguire un cammino orizzontale, poiché le molecole che la compongono tendono a conservare il loro attuale livello ed equilibrio

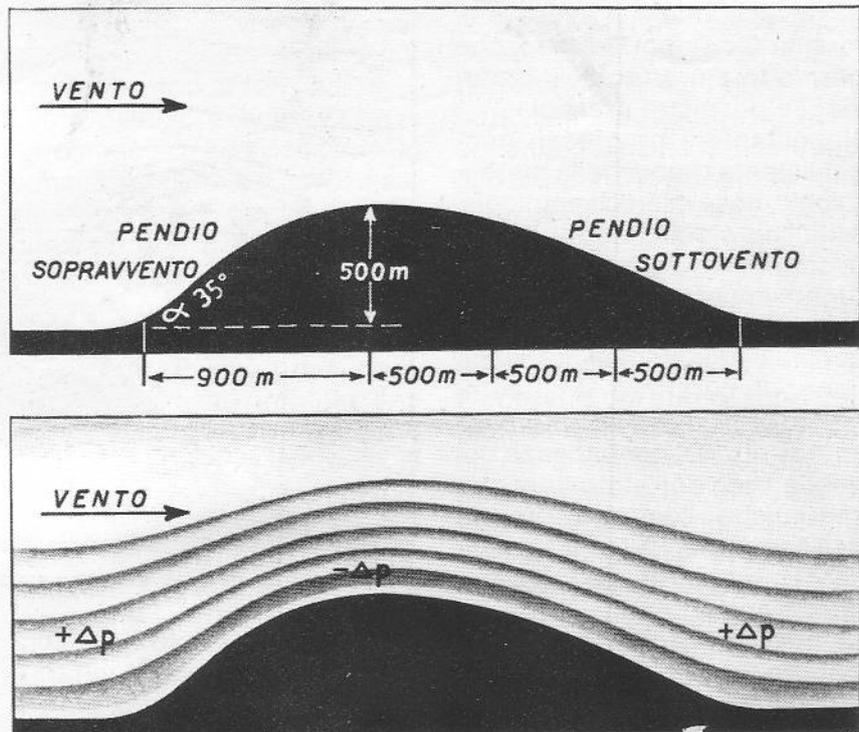


Fig. 6 - Pendio montano, perfettamente aerodinamico, privo di vortici di sopra e sottovento.

e se sono forzate a mutarlo tendono a riprenderlo. Quando pertanto la massa d'aria che investe l'ostacolo è termicamente stabile, si osserva che i filetti che la compongono tendono più ad aggirare l'ostacolo che a superarlo (fig. 7).

Come norma generale, diremo quindi che le correnti dinamiche generate dall'incontro di masse d'aria instabili con le catene montuose hanno notevole potenza e raggiungono altezze considerevoli, anche quando il vento soffia con poca intensità, come avviene in certe giornate della stagione estiva. Rileviamo, però, che in quest'ultimo caso, le ascendenze sono meno regolari e che tra l'una e l'altra esistono sempre zone di discendenza. È il caso delle correnti termodinamiche di cui parleremo nel corso di un prossimo articolo.

Per quanto riguarda le masse d'aria stabili ricordiamo che quando il vento soffia con velocità inferiore ai 15/20 km/h, la componente verticale della corrente lungo il pendio è debole e, pertanto non sempre consente il veleggiamento. Le migliori velocità di vento per

veleggiare con i deltaplani lungo i costoni montani vanno da 25 a 50 km/h. Quando però il vento è maggiore di 30 km/h è consigliabile il volo ai soli piloti molto esperti.

Esamineremo ora il caso di un picco montano solitario investito da una massa d'aria stabile. In tale ipotesi, la corrente aerea si comporterà come la corrente di un fiume, che incontra le pile di un ponte: si dividerà cioè in due correnti, che devieranno l'una a destra e l'altra sinistra del picco montano, finché, quando sia stato oltrepassato, non abbiano a ricomporsi ancora in una sola corrente, che fluirà secondo la direzione primitiva. Anche in questo caso, tanto sull'uno che sull'altro fianco dell'ostacolo isolato, si formeranno dei vortici migratori, la cui influenza è sensibile anche a notevole distanza, specialmente quando il vento supera i 35 km/h.

Nel caso che una massa d'aria in condizioni di equilibrio instabile o vicino all'instabilità, investa un picco montano solitario, non solo riesce a superarlo con facilità ma anche a favorire lo sviluppo del movimento termo-

dinamico ascendente nei filetti d'aria adiacenti.

Nella realtà gli schemi sopra esposti si verificano raramente nella loro individualità teorica, perché la natura non offre quasi mai condizioni rispondenti con assoluta esattezza a quello che la teoria presuppone per riuscire a formulare le sue leggi: più spesso i vari schemi si alternano, si sovrappongono, si confondono, originando così dei fenomeni vasti e complessi, nei quali non è sempre facile vedere quale schema abbia la prevalenza.

PLINIO ROVESTI

continua nel prossimo numero

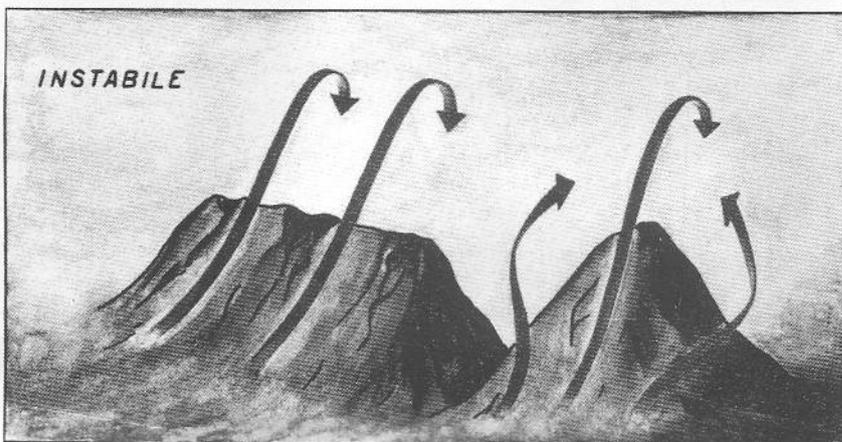
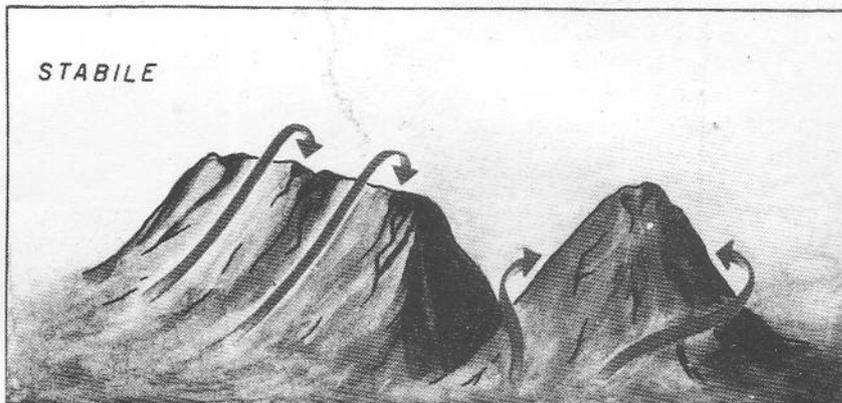


Fig. 7 - Diverso comportamento delle masse d'aria stabile e instabile sollevate dai pendii montani.