

# Le virate e il vento

***Come il movimento di una massa d'aria interagisce con un aliante che voli al suo interno***  
***Un po' di chiarezza su inerzia e sistemi di riferimento***

*Una lunga discussione sulla Mailing List "Volo a Vela" ha scosso molte certezze ed evidenziato pesanti lacune culturali. Ci si domandava in quale modo la presenza di un vento costante possa influire sulla dinamica di una virata: come può un aeromobile impegnato in una virata di 360° all'interno di una massa d'aria in movimento, conservare la propria velocità (con enormi variazioni di velocità rispetto al terreno) senza stallare né perdere quota? Da dove prende l'energia per tali variazioni di velocità? A quale sistema di riferimento dobbiamo imputare l'inerzia dell'aliante, legata alla sua massa? È una situazione pericolosa, o si tratta di una condizione normale di volo?*

*Si esclude a priori l'effetto ovvio, ma estremamente variabile nelle condizioni, legato a raffiche improvvise, transienti, modificazioni della traiettoria o della velocità del vento.*

*La tesi, riportata in tutti i manuali di volo, è che un vento costante non porti alcun effetto sul comportamento dell'aeromobile che voli al suo interno. Una virata, per esempio, di 360° eseguita a velocità indicata costante, pur in presenza di un vento fortissimo non differisce da una stessa virata eseguita in aria calma. Sarà differente solo il tracciato del volo sul terreno, che anziché un cerchio perfetto sarà deformato, e aperto.*

*Eppure, è chiaro che nell'eventualità per esempio di un impatto contro un ostacolo fisso, nella fase contro vento l'energia dell'aliante sarà proporzionale alla velocità indicata sottratta della velocità del vento; al contrario, nella fase opposta le due velocità si sommano, con effetti ben diversi. L'aliante quindi guadagna e perde energia nelle due fasi? No. Ecco la spiegazione, in particolare grazie alle ottime spiegazioni di Alberto Sironi, volovelista laureato in fisica.*

## INERZIA E CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

Pur avendo la possibilità di supportare la mia tesi con un corretto formalismo matematico, ritengo che nel contesto in cui ci scriviamo possa essere più chiaro e meno noioso percorrere una strada priva di conti e formule. Penso di averne individuata una che può essere risolutiva in termini di convincimento anche dei più scettici.

Come analogia, prendiamo uno sciatore (sci d'acqua) trainato da un motoscafo. Lo sciatore è sostenuto dall'acqua grazie al suo movimento rispetto all'acqua stessa, così come l'aeromobile è sostenuto dall'aria in virtù della suo spostamento rispetto all'aria. Al di sotto di una determinata velocità rispetto ai rispettivi fluidi l'aereo stalla e lo sciatore affonda.

Per l'aereo volare con vento sinottico laminare e costante è come per lo sciatore essere su un fiume dove l'acqua scorre in modo costante e laminare rispetto alle rive. Per rendere più effi-

cace l'analogia, occorre immaginare che il fiume sia così largo che lo sciatore non riesca a vedere la riva. Se trascuriamo l'attrito con l'aria (che sarebbe fuorviante) e la pendenza del corso d'acqua, il motoscafo deve erogare la stessa spinta per trainare lo sciatore indipendentemente dalla direzione del suo moto e, virando da corrente contro a corrente a favore, non deve aumentare la potenza durante la virata per evitare che lo sciatore affondi. Né deve decelerare nella virata da corrente a favore a corrente contro per evitare di far andare troppo veloce lo sciatore rispetto all'acqua. Tutte queste considerazioni valgono per ogni velocità della corrente del fiume, purché costante. Se quello che ho appena scritto non fosse vero dovremmo concludere che le leggi della fisica sono diverse a seconda dello stato di moto del sistema inerziale (sistema non accelerato) nel quale operiamo (acqua del fiume). Dovremmo cioè concludere

che, attraverso opportune osservazioni effettuate all'interno di un sistema, è possibile stabilire se il sistema è in moto o meno rispetto ad un altro sistema inerziale. Se quanto ho scritto sopra non fosse vero, cadrebbe quindi una delle leggi fondamentali della natura (principio di relatività Galileiano): le leggi della fisica sono le stesse per tutti i sistemi di riferimento inerziali e, all'interno di un tale sistema non è possibile quantificare il suo stato di moto o di quiete con nessuno strumento e con nessuna osservazione interna.

Questa legge fondamentale, che io non mi sento proprio di far cadere, ci dice che lo sciatore e il pilota del motoscafo, non vedendo la riva, non hanno alcuna possibilità di capire se l'acqua nella quale si trovano stia scorrendo o meno rispetto alla riva. È per questo motivo che non possono osservare comportamenti diversi nelle due virate.

Ora possiamo tornare alle virate dell'aereo e, in considerazione di quanto detto per lo sciatore e dell'analogia sopra descritta, dobbiamo necessariamente concludere che in qualunque virata coordinata effettuata a velocità indicata costante, da qualunque direzione a qualunque altra direzione, il pilota non può osservare nessuna differenza di comportamento dell'aereo, qualunque sia il vento rispetto al terreno, purché costante nel tempo e nello spazio.

La legge fondamentale della natura sopra enunciata ci dice anche che un pilota in volo senza alcun riferimento visivo con il suolo (e senza il GPS) non può in nessun modo e con nessuno strumento stabilire se la massa d'aria nella quale vola si sta spostando o meno rispetto al terreno di moto rettilineo uniforme. Non può neanche misurare la direzione e tantomeno l'intensità dell'eventuale spostamento della massa d'aria.

Qualcuno ha scritto: "Passando dal vento di fronte a quello in coda, ... se non volete stallare occorre dare cloche in avanti. Quando dal vento in coda passate al vento di fronte, è il contrario rispetto all'aria siete più veloci e l'anemometro lo indica (anche il variometro)." Altri hanno addirittura quantificato in centinaia di metri la perdita di quota necessaria per mantenere la velocità rispetto all'aria nel corso di una virata da vento in fronte a vento in coda.

Se queste affermazioni fossero corrette avremmo trovato un nuovo strumento per la misura del vento (direzione, intensità e verso) che non necessita di riferimenti al suolo. Basterebbe compiere una spirale a velocità indicata costante: leggendo sull'altimetro la variazione di quota e segnando la prua nei momenti di massima e minima quota avremmo a disposizione il vettore vento (un normale computer potrebbe fare questi calcoli ad ogni giro). Nella realtà come sapete non esistono strumenti che misurano il vento secondo questo fantasioso principio della perdita

di quota, e non esisteranno mai, perché nel corso di ogni spirale effettuata a velocità indicata costante la quota rimane invariata indipendentemente dall'intensità e dalla direzione del moto orizzontale della massa d'aria nella quale voliamo, purché tale moto sia rettilineo e uniforme (vento costante).

Alcuni ritengono che una virata da vento in faccia a vento in coda debba essere accompagnata da una perdita di quota, in quanto all'aumento dell'energia cinetica dell'aereo rispetto al suolo deve necessariamente accompagnarsi una riduzione di pari entità dell'energia potenziale. Il ragionamento si basa sul principio di conservazione dell'energia meccanica totale: se l'energia meccanica totale del sistema aereo si deve conservare, ad un aumento dell'energia cinetica deve accompagnarsi una pari diminuzione di energia potenziale. Questo ragionamento è quindi intuitivo e apparentemente condivisibile, ma è sbagliato!

L'energia meccanica totale di un sistema si conserva infatti solo se il sistema è isolato (non soggetto a forze esterne) o se è soggetto a forze la cui risultante non compie lavoro sul sistema. In caso contrario l'energia meccanica totale del sistema non si conserva e la sua variazione è esattamente pari al lavoro che le forze esterne (conservative) compiono sul sistema.

Nel nostro caso (virata dell'aereo da vento contro a vento a favore) il sistema (aereo) non è isolato. È infatti soggetto alla forza centripeta (risultante delle forze aerodinamiche nelle ipotesi fatte) responsabile della virata dell'aereo. L'aumento dell'energia cinetica dell'aereo rispetto al suolo conseguente alla virata è esattamente uguale al lavoro compiuto sull'aereo dalla forza centripeta (ricordo che tale forza non è nel caso esaminato perpendicolare allo spostamento dell'aereo e quindi il suo lavoro non è nullo) nel corso della virata (questo è dimostrabile con pochi passaggi matematici ma ho promesso di lasciar fuori le formule). Come vedete non è necessario "pescare" dall'energia potenziale per giustificare l'aumento dell'energia cinetica. L'energia potenziale e quindi la quota dell'aereo rimangono invariate durante l'intera virata grazie al lavoro svolto sull'aereo dalla forza centripeta.

Per concludere vorrei ricordare che abbiamo sempre ipotizzato che le virate avvengano in condizioni di vento costante. Questo significa che la massa d'aria si muove proprio di moto rettilineo uniforme, in assenza di raffiche, gradienti o accelerazioni. So bene che tale condizione è ideale e che in realtà il vento è sempre variabile, specie vicino al terreno. Con queste ipotesi, le uniche accelerazioni o forze in gioco, oltre all'attrazione gravitazionale, sono quelle aerodinamiche dell'aereo che vira: queste sono identiche in presenza di vento costante o in condizioni di assenza di vento.

**Alberto Sironi**