

# STABILITÀ E MANOVRABILITÀ LONGITUDINALE DELL'AEROPLANO

Un corpo si dice in **equilibrio** quando la risultante ed il momento risultante di tutte le forze applicate staticamente sono nulli. (Staticamente, vuol dire che non ci sono variazioni di velocità)  
La posizione del corpo in equilibrio ( si dice configurazione) è definita da parametri geometrici; per esempio: distanze e/o angoli rispetto ad un sistema di riferimento.

L'equilibrio si dice **stabile** quando, modificando (si dice perturbando) uno o più parametri geometrici che definiscono la posizione di equilibrio, il corpo tende a ritornare nella suddetta posizione di equilibrio.

Se il corpo si allontana dalla configurazione di equilibrio, si dice che l'equilibrio è **instabile**.

Se il corpo si comporta in maniera neutra, cioè rimane nella posizione data senza allontanarsi né ritornare alla posizione originaria, l'equilibrio si dice **indifferente**.

Un aeroplano, non essendo appoggiato al suolo, come i mezzi terrestri, né alla superficie dell'acqua come i mezzi marini, può ruotare liberamente attorno ai suoi 3 assi: beccheggio, imbardata e rollio. Si pone pertanto il problema di capire quale forma dare all'aeroplano, come dimensionare le varie superfici aerodinamiche e come posizionare le masse in modo che l'aeroplano stesso sia sempre controllabile dal pilota e non si metta a rotolare in aria senza alcun controllo. In altre parole, Si pone pertanto il problema di capire quale forma dare all'aeroplano affinché il suo equilibrio sia stabile.

## Stabilità longitudinale

La rotazione che più delle altre deve essere tenuta sotto controllo per consentire la guidabilità e la sicurezza in volo dell'aeroplano è quella attorno all'asse diretto lungo l'apertura alare, detto **asse di beccheggio**. Il parametro geometrico che individua la configurazione di equilibrio longitudinale è l'incidenza. **L'incidenza di equilibrio** è il valore dell'incidenza al quale sono nulli la risultante ed il momento risultante di: portanza, peso, spinta, resistenza e momento aerodinamico.

**Equilibrio longitudinale stabile** di un aeroplano vuol dire che, se una causa accidentale cambia l'incidenza rispetto al suo valore di equilibrio, la distribuzione delle forze aerodinamiche sul velivolo si modifica in modo da riportare l'incidenza al valore che aveva all'equilibrio.

In un aeroplano stabile, se una causa fa aumentare l'incidenza, le forze aerodinamiche riportano l'aeroplano al valore di incidenza originale prima del suo aumento.

La stabilità è come una molla aerodinamica che fa allineare il velivolo col suo vettore velocità qualora una causa qualsiasi lo faccia discostare da esso.

Specifichiamo ora che una rotazione del profilo o di un aeroplano in modo che il muso si alzi e la coda si abbassi nel gergo aeronautico si chiama rotazione a **cabrare**. Si dice che il velivolo cabra. Per convenzione la rotazione a cabrare ha verso positivo.

Se il muso si abbassa e la coda si alza la rotazione è detta a **picchiare**, si dice che il velivolo picchia. La rotazione a picchiare è negativa per convenzione.

Dal punto di vista delle leggi della meccanica, la stabilità longitudinale degli aeroplani può essere ottenuta con il seguente principio:

- Il baricentro del velivolo deve cadere anteriormente al centro aerodinamico ed il momento aerodinamico rispetto al centro aerodinamico deve essere cabrante.

La posizione del baricentro è ottenuta posizionando opportunamente le varie masse ( motore, posto di pilotaggio, eventuale zavorra).

Per avere un momento aerodinamico cabrante, i pionieri dell'aeronautica hanno dovuto ideare delle forme, delle soluzioni costruttive particolari per i loro aeroplani.

Dal punto di vista delle soluzioni costruttive, la stabilità longitudinale degli aeroplani può essere ottenuta dotando il velivolo di un piano orizzontale, detto appunto stabilizzatore, o in coda (configurazione convenzionale cioè più comune) o sul muso (configurazione canard).

### **Stabilità longitudinale con stabilizzatore**

**Lo stabilizzatore** è una superficie orizzontale, del tutto simile ad una piccola ala. Esso può essere posizionato o in coda (configurazione convenzionale cioè più comune) o sul muso (configurazione detta canard).



In linea di principio, se un velivolo con stabilizzatore in coda ha il baricentro che cade fra il 20% ed il 30% della corda alare a partire dal bordo di entrata e la superficie dello stabilizzatore è almeno il 10% di quella dell'ala, si può essere quasi sicuri che il velivolo sarà stabile.

#### **Ragionamento**

Lo stabilizzatore è montato sulla fusoliera (si dice calettato alla fusoliera) con angolo minore di quello con cui è montata l'ala. Questa diversità degli angoli di calettamento alla fusoliera di ala e stabilizzatore fa in modo che lo stabilizzatore produca una forza aerodinamica rivolta verso il basso. Tale forza, moltiplicata per la sua distanza dal baricentro dà il momento aerodinamico cabrante necessario per ottenere la stabilità.

Se lo stabilizzatore è posizionato sul muso, il suo angolo di calettamento deve essere maggiore di quello dell'ala, la sua forza aerodinamica sarà rivolta verso l'alto, pertanto il momento aerodinamico risulterà ancora cabrante.

### Manovrabilità longitudinale

La manovrabilità longitudinale è la capacità dall'aeroplano di compiere evoluzioni nel piano verticale. Queste evoluzioni sono:

- Guadagnare o perdere quota, cioè far salire o scendere il velivolo.
- Aumentare o diminuire la velocità di volo.

Vediamo gli organi che consentono la manovrabilità longitudinale.

**La manetta** è una leva che consente di regolare la potenza fornita dal motore. Dare maggior potenza al motore di un aeroplano provoca, nei primi istanti un aumento di velocità che si trasforma, all'equilibrio, in una traiettoria inclinata verso l'alto, quindi l'aeroplano guadagna quota. Viceversa, una diminuzione di potenza determina una perdita di quota, l'aeroplano scende.

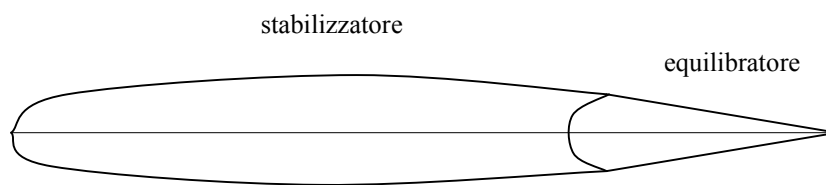
#### Ragionamento

Vediamo per quale motivo l'aeroplano guadagna o perde quota a seconda di un aumento o una diminuzione di potenza del motore:

Supponiamo che l'aeroplano stia volando in moto rettilineo orizzontale con velocità costante. Aumentando la spinta del motore, questa diventa maggiore della resistenza aerodinamica, pertanto il velivolo è sottoposto ad una accelerazione che tende a farne aumentare la velocità. Velocità maggiore, senza variare l'incidenza (che abbiamo visto dipendere dalla deflessione dell'equilibratore), vuol dire maggiore portanza. La portanza è ora maggiore del peso, pertanto l'aeroplano comincia a disporsi su una traiettoria in salita. Come tutti i veicoli in salita, una componente del peso finisce con opporsi al moto, pertanto l'aeroplano rallenta facendo in modo che la portanza diminuisca. Dopo un breve periodo di tempo il tutto si mette in equilibrio con l'aeroplano che vola a velocità costante su una traiettoria inclinata verso l'alto.

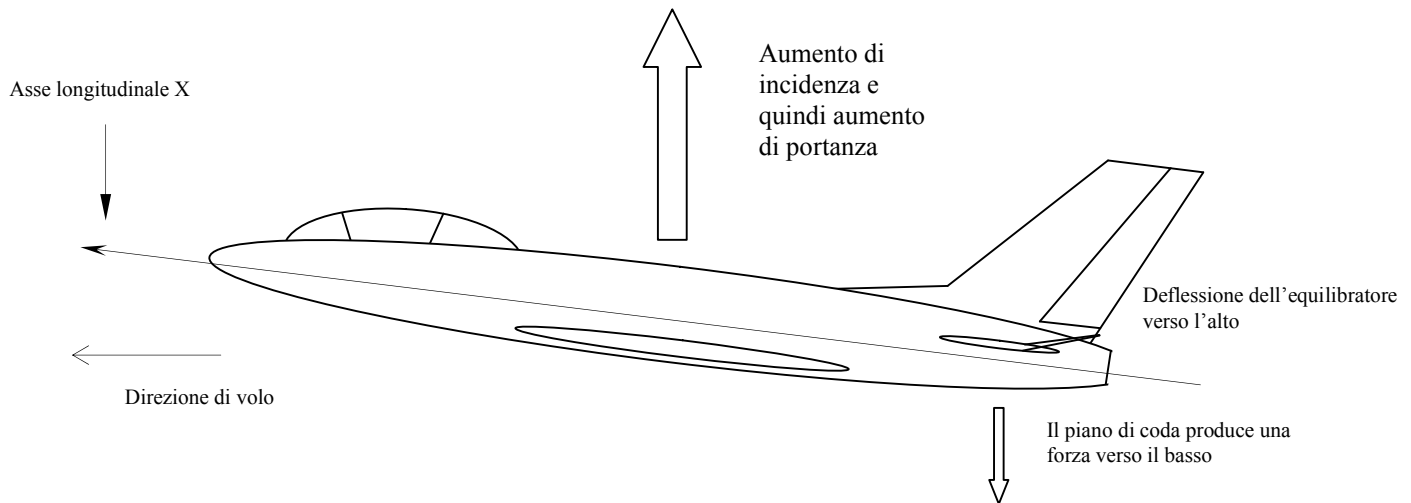
Al contrario, se si riduce la spinta dei motori, la traiettoria del velivolo sarà inclinata verso il basso.

**L'equilibratore** è una superficie mobile posta nella zona posteriore dello stabilizzatore che, a comando del pilota, può essere ruotata (si dice deflessa).



La deflessione dell'equilibratore determina la variazione del valore dell'incidenza di equilibrio dell'aeroplano.

Con una deflessione dell'equilibratore verso l'alto, l'aeroplano aumenta la sua incidenza perché il piano orizzontale di coda produce una forza verso il basso la quale genera un momento che solleva il muso dell'aeroplano.



Viceversa, una deflessione dell'equilibratore verso il basso determinerà una diminuzione di incidenza dell'aeroplano.



Come si è visto nello studio generale dei profili alari, un aumento di incidenza comporta un aumento di portanza. Il valore della portanza supera il peso dell'aeroplano che quindi salirà. Oltre alla portanza, aumenta anche la resistenza, pertanto, l'aeroplano, oltre a salire perderà anche velocità.

Con analogo ragionamento, una diminuzione di incidenza determinerà una discesa dell'aeroplano con un aumento di velocità.

C'è un limite alla deflessione dell'equilibratore oltre il quale non si ha più variazione di portanza, tale limite è  $25^{\circ}$   $30^{\circ}$  a seconda della corda e della forma profilo del piano orizzontale.

## **Parametri che influiscono sulla stabilità e manovrabilità longitudinale**

Ci si accorge di una scarsa stabilità longitudinale di un aeroplano dal fatto che, non intervenendo sui comandi, il velivolo non resta facilmente sulla traiettoria impostata. Se il velivolo è addirittura instabile, il pilota deve continuamente intervenire sui comandi per mantenerlo in traiettoria. Per aumentare il grado di stabilità si può intervenire sui seguenti parametri:

1. Si avanza il baricentro aggiungendo o spostando delle masse verso il muso, per ripristinare l'equilibrio occorrerà diminuire l'incidenza dello stabilizzatore rispetto a quella dell'ala.
2. Si aumenta la superficie dello stabilizzatore.
3. Si aumenta la distanza fra l'ala e lo stabilizzatore attraverso la ricostruzione della fusoliera.

Aumentare la stabilità, comporta una riduzione della maneggevolezza dell'aereo, questi diventerà meno agile.

### **Ragionamento**

Ciò si spiega col fatto che aumentare la stabilità significa aumentare il momento aerodinamico che riporta l'aereo all'incidenza fissata, l'incidenza viene variata deflettendo l'equilibratore e la deflessione necessaria per unità di incidenza è tanto maggiore quanto maggiore è il momento aerodinamico stabilizzante. In altre parole, a parità di variazione di incidenza e quindi a parità di capacità di variazione della traiettoria, maggiore è la stabilità maggiore dovrà essere l'escursione dei comandi. L'aereo reagisce meno velocemente ai comandi.

Aumentare la superficie e/o la distanza fra ala e stabilizzatore aumenta l'effetto di smorzamento (cioè di freno) della rotazione attorno all'asse di beccheggio. E' come agitare un ventaglio: più è grosso meno veloce risulterà lo sventolamento.

Stabilità e maneggevolezza vanno opportunamente dosate a seconda del tipo di velivolo: gli aerei da acrobazia ed i caccia militari, saranno meno stabili e più maneggevoli, al contrario gli aerei da trasporto passeggeri.