

Traduzione dell'articolo "ANGLE OF ATTACK" di Ed Kolano tratto dalla rivista Sport Aviation di novembre 2003.

Fate funzionare l'ala per le vostre necessità.

L'ANGOLO DI ATTACCO.

## SOMMARIO

Esposizione di un argomento tipicamente teorico e basilare, genesi e limite della portanza, per mostrare, attraverso esempi pratici, la sua fondamentale importanza nel volo e come possa essere utilizzato dal pilota nelle fasi di volo critiche.

Con il numero di marzo è terminata l'esposizione relativa alla calibrazione dell'anemometro del vostro velivolo. Abbiamo eseguito l'esposizione teorica, spiegato le procedure di prova e terminato con la riduzione dei dati che hanno permesso di costruire le tabelle (o i grafici) della velocità osservata (ciò che leggete sull'anemometro) rispetto alla velocità calibrata.

Non ci dev'essere alcun dubbio, la velocità è troppo importante. La FAA definisce oltre due dozzine di velocità  $V$  e i testi di aeronautica altrettante di più. Velocità di stallo, velocità di manovra, velocità di miglior discesa e così via. Sono tutti numeri facili per il pilota, ma tutti dipendono dal peso del velivolo o dalla quota di volo.

Non si potrebbe avere un solo numero per volare che vi garantisca la massima autonomia, indipendentemente dal peso del velivolo? O un solo numero può sostituire la velocità di stallo, che sia giusto, per permettervi di correggervi se siete in volo rettilineo e livellato o in una virata stretta? Questi numeri esistono e sono chiamati: angolo d'attacco.

L'angolo di attacco (AOA) è l'angolo formato dal vento e l'ala. Più precisamente è l'angolo formato dalla direzione del vento relativo con la corda dell'ala, quella linea immaginaria che congiunge il bordo d'attacco dell'ala e il bordo d'uscita, come si vede in figura 1.

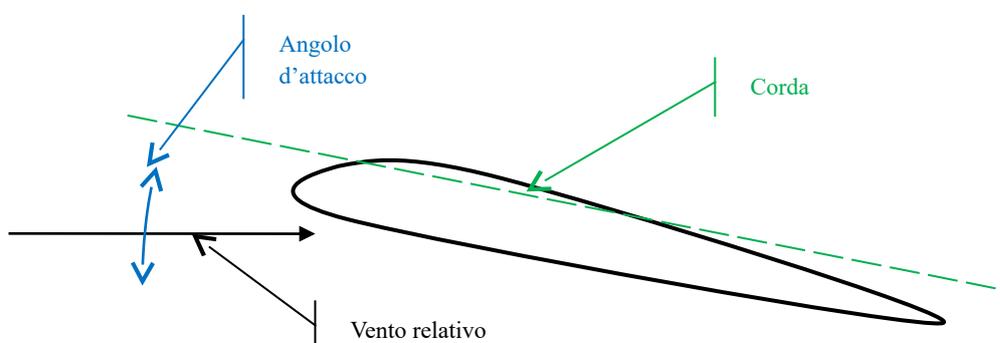


Figura 1

## AOA di stallo

Tutti i piloti sanno che un'ala stalla quando supera il proprio angolo d'attacco critico. E, come scrive lo *"Airplane Flying Handbook"* (FAA-H-8083-3), questo può avvenire ad ogni velocità, ad ogni assetto e ad ogni valore di potenza. Indipendentemente dalla condizione di volo, l'ala stalla sempre alla stessa incidenza.

Se l'ala stalla alla medesima incidenza, per quale ragione il velivolo stalla a velocità più elevata quando è più pesante che non quando è più leggero? Oppure a una velocità più elevata quando vira che non quando è in volo livellato? Il velivolo stalla a differenti velocità precisamente perché l'AOA non cambia indipendentemente dalla situazione di volo. Diamo un'occhiata all'equazione della portanza per capire il motivo.

$$L = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S * C_L$$

L è la portanza,  $\rho$  (la lettera greca ro) è la densità dell'aria, V è la velocità vera, S la superficie dell'ala,  $C_L$  il coefficiente di portanza dell'ala. Se limitiamo il nostro confronto ad una sola quota certamente non cambia nulla. Certamente non cambia la superficie alare e neppure il numero  $\frac{1}{2}$ . Ciò significa che la velocità vera e il coefficiente di portanza determinano la portanza.

Coefficiente di portanza è un termine convenzionale che utilizzano gli aerodinamici. Il valore di  $C_L$  dipende dall'angolo di attacco come mostrato nella figura 2. Si può vedere che

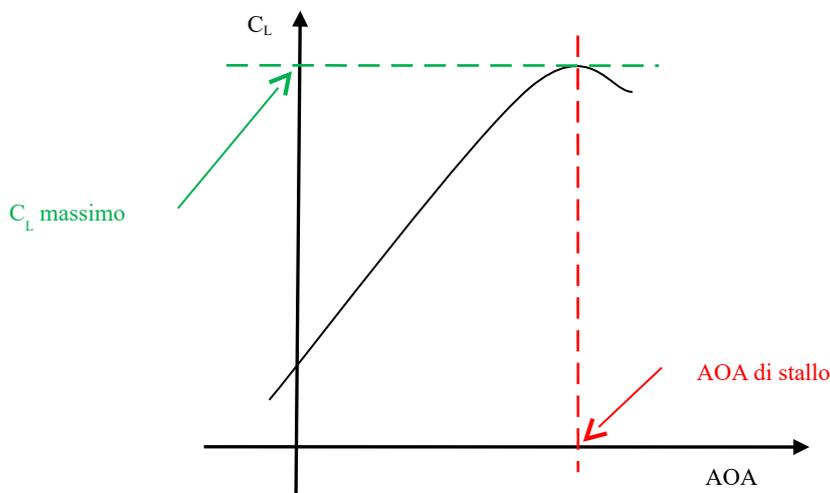


Figura 2

maggiori AOA determinano  $C_L$  più elevati, fino al punto in cui il  $C_L$  cade, a volte bruscamente, se AOA aumenta ancora un poco. Sulla curva  $C_L$  rispetto AOA, l'angolo di attacco corrispondente al valore più elevato ( $C_{LMAX}$ ) è quello di stallo o critico.

Ciò che è significativo è che questa curva è valida per ogni condizione di volo, salita, discesa, virata o volo livellato. Non importa a quale velocità stiate volando il velivolo stalla sempre allo stesso AOA. Poiché c'è un solo  $C_L$  a cui corrisponde l'AOA di stallo, il vostro velivolo stallerà sempre al medesimo  $C_L$ .

Durante il volo a 1g, la portanza eguaglia il peso. Quando volate più adagio, V (la velocità vera) si riduce, così  $C_L$  deve aumentare affinché ci sia sufficiente portanza per sostenere il peso. Lo avete fatto tutte le volte che volate piano. Per compensare la riduzione della velocità voi tirate la barra più indietro per aumentare l'AOA. Quando raggiungete il  $C_{LMAX}$ , un aumento piccolo di AOA fa ridurre il  $C_L$  e ridurre la portanza, e l'ala stalla. La velocità a cui ciò avviene è la velocità di stallo del velivolo.

### Avvicinamento finale

Proviamo a inserire qualche numero reale nell'equazione della portanza. Il nostro velivolo pesa 1000 lb. ed ha una superficie alare di 100 sq.ft. Stiamo volando nel circuito di atterraggio a 1000 ft di quota pressione, dove la densità dell'aria è di 0.023 slugs per cu. Ft. Il  $C_{LMAX}$  del nostro velivolo è 1.8. Inseriamo i numeri nell'equazione della portanza e risolviamola rispetto a V. otteniamo una velocità di stallo a 1g di 69.38 ft per s, all'incirca 41 kts. La velocità tipica di atterraggio è 1.3 la velocità di stallo, pari a 53 kts.

Se aggiungiamo un passeggero, un po' di bagaglio e il pieno di combustibile, il peso del velivolo diventa 1400 lb. A questo peso la velocità di stallo vale circa 49 kts. Se voliamo alla velocità di avvicinamento, valida per il peso inferiore, ci troveremo a solo 4 kts al di sopra della velocità di stallo. In questa situazione, una raffica di 5 kts sarebbe disastrosa.

Al peso superiore, la velocità di avvicinamento consigliata è di 64 kts ( $1.3 \cdot 49 = 64$ ). Se volassimo a questa velocità, con il velivolo al peso inferiore, assumendo che la toccata avvenga proprio alla velocità di stallo, il velivolo galleggerebbe a lungo sulla pista per smaltire i 23 kts extra ( $64 - 41 = 23$ ).

Se il nostro velivolo avesse un indicatore di AOA, potremmo aver eseguito lo stesso avvicinamento in atterraggio ad entrambi i pesi. La velocità sarebbe stata di 53 kts al peso inferiore a 63 kts al peso superiore, ma avremmo avuto la stessa garanzia rispetto allo stallo, in entrambi i casi. Piuttosto pratico, vero?

### Stallo in virata

Durante una virata, l'ala produce più portanza del peso del velivolo e l'effetto sulla velocità di stallo è identico a quello di aumentare il peso del velivolo al valore più elevato. L'effetto sull'incidenza di stallo è anch'esso identico, AOA rimane lo stesso.

I piloti sanno che una virata livellata a 60 gradi d'inclinazione, produce un fattore di carico di 2g. ciò significa che l'ala sta generando una portanza che è il doppio del peso del velivolo o due volte il valore generato durante il volo livellato. Ciò è vero per ogni manovra a 2g, sia che il velivolo si trovi in virata o rovescio alla sommità di un looping.

$$L = 2 * W = \frac{1}{2} * \rho * V^2 * S * C_L$$

Se permettiamo che il velivolo rallenti, mentre manteniamo i 2g in virata, l'ala stallerà ancora quando il suo AOA supera il valore critico. Poiché il  $C_{LMAX}$  non cambia, l'unica variabile che può cambiare è la velocità a cui si raggiunge il  $C_{LMAX}$ , cioè la velocità di stallo. La velocità di stallo

è superiore di quella durante il volo a 1g. Nel nostro caso, la velocità è 1.4 volte maggiore di quella a 1g.

Non importa quale sia il peso del velivolo, quale sia la velocità di stallo a 1g o a quale quota si trovi il velivolo (la quota determina la densità  $\rho$ ) per sapere come la manovra del velivolo influenzi la velocità di stallo. Dato che l'AOA di stallo rimane sempre uguale, la sola grandezza che influenza la velocità di stallo, nel nostro esempio, è quanta portanza la nostra ala produce o, in altro modo, quanto intensamente state manovrando.

Nella virata stretta, noi aumentiamo la portanza di un fattore 2, il che significa che il quadrato della velocità ( $V^2$ ) aumenta del doppio e la radice quadrata di 2 vale circa 1.4. In una manovra a 3g, la velocità di stallo vale la radice quadrata di 3 (circa 1.7) la velocità di stallo a 1g, e così via.

Questa relazione è vera per ogni velivolo, a ogni peso, a ogni quota. Ci siamo serviti di una virata corretta per il nostro esempio, ma l'argomento è valido per ogni manovra a 2g. L'ala non misura l'angolo rispetto al suolo. La velocità di stallo è la medesima per una richiamata a 2g, per una virata a 2g, o picchiata durante il volo rovescio in cima al loop. La figura 3 mostra la relazione tra la velocità di stallo e il fattore di carico g.

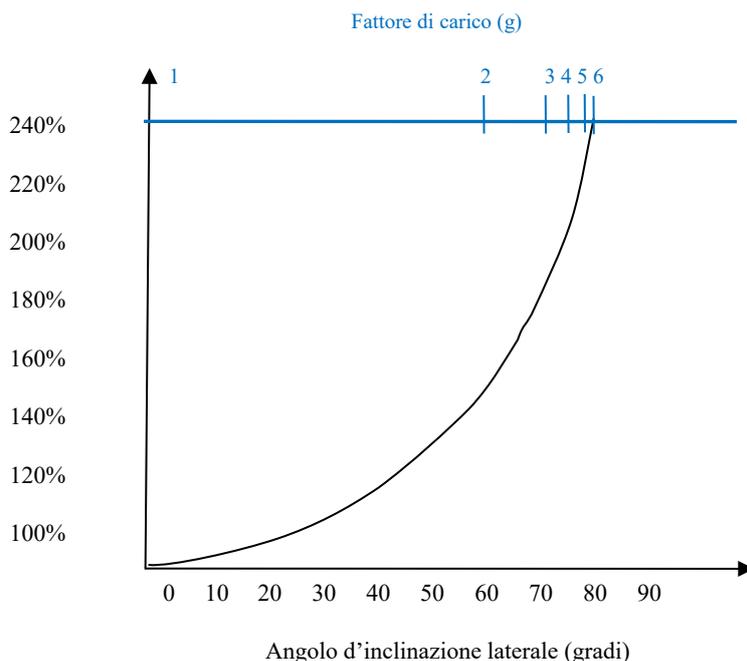
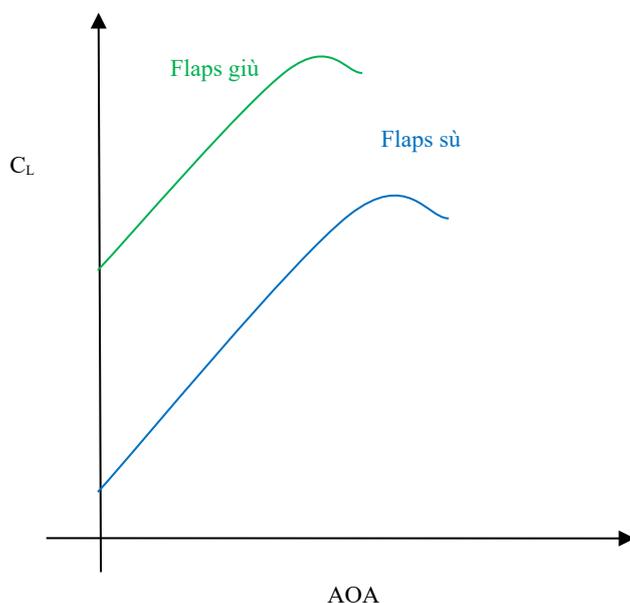


Figura 3

La figura 3, inoltre, mostra la relazione tra la velocità di stallo e l'angolo di inclinazione laterale (bank) nella virata corretta. Possiamo includere l'angolo di bank perché il fattore della portanza (o numero di g), richiesto per rimanere nel piano durante la virata, dipende solo dall'angolo di inclinazione. Per esempio, una virata corretta a 60 gradi richiede 2g per tutti gli aeroplani ad ogni quota, ad ogni peso, a ogni velocità, in ogni configurazione.

Variando la configurazione del velivolo può cambiare il suo AOA di stallo e i flap ne sono l'esempio perfetto. Sapete che abbassando i flaps potete volare più piano. In realtà, i flaps

permettono all'ala di generare un  $C_L$  più elevato, di solito ad un AOA più piccolo (figura 4). Con la capacità di un  $C_L$  più elevato, l'ala può volare più piano e produrre la necessaria portanza.



Con il cambio della configurazione, cambiano l'AOA di stallo e il  $C_{LMAX}$  rispetto alla precedente configurazione, ma l'AOA e il  $C_{LMAX}$  per la nuova configurazione non cambiano. In altre parole, uno stallo a 2g con i flaps giù avviene sempre a 1,4 volte quello a 1g con i flap giù. Questi stalli avvengono allo stesso AOA, ma questo AOA sarà differente da quello con i flaps su. Il limite è chiaro, per ogni configurazione c'è un solo AOA di stallo.

Se il vostro velivolo ha un indicatore di AOA, potrete conoscere quanto siete vicini alla velocità di stallo in tutte le condizioni di volo. Una tacca rossa sullo strumento per l'AOA in configurazione di crociera e una differente per la configurazione di atterraggio vi daranno migliori informazioni che mantenere la stessa velocità per tutti i pesi del velivolo e le sue configurazioni. Un'altra tacca sull'indicatore per l'avvicinamento finale potrebbe consentirvi un controllo incrociato in finale, che potrebbe salvare la vita.

Ci potrebbe stare un'altra tacca sul vostro indicatore di AOA. E' quello della massima autonomia sia in crociera che di discesa con motore spento. Ora ne abbiamo un numero sufficiente e lo spiegheremo il prossimo mese.

Ringrazio Terry O'Neill per il suggerimento di inserire l'argomento "angolo di attacco" in "Test pilot".....(omissis).....