



GRUPPO AEROMODELLISTICO FALCHI BERGAMO

Associazione Sportiva Dilettantistica

Via F.lli Calvi, n.3 – 24050 Zanica (BG) - C.F. 95181910167
e-mail: info@gruppofalchi.com web: www.gruppofalchi.com



Pillole di VVC

Riflessioni sul Progetto di un Aeromodello in Volo Vincolato.



Queste note si propongono di discutere alcune abitudini, a volte poco comprese, nella costruzione di un Aeromodello per il Volo Vincolato, in particolare di un Acrobatico, il più delicato per le qualità di volo.

Vedremo:

- Ali asimmetriche
- Funzione della Deriva
- Peso all'estremità
- Posizione della Squadretta
- Posizione di uscita dei Cavi
- Calcolo della posizione Verticale dei Cavi
- Trazione sui Cavi

R.Viti

Il Centro di spinta laterale

Solitamente si parla di “Centro di Spinta Laterale” in un Aereo o Aeromodello, per indicare il centro Geometrico della vista laterale, punto in cui si applica la forza, dovuta alla pressione dell’aria, quando il modello, o l’aereo, cambia direzione con un’imbardata.

Questo punto va posto sempre **dietro** il centro di gravità, in modo che il modello o aereo, sia auto-stabile, cioè che questa forza tenda a rimetterlo in rotta, premendo sul lato esposto al vento e raddrizzandolo.

Questo si ottiene con una opportuna sagoma della fusoliera e, soprattutto, con un direzionale adeguato, sia come superficie che come braccio di leva.

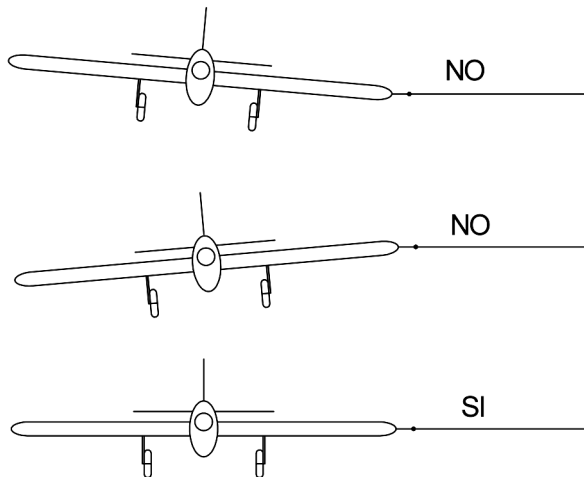
Ma vediamo cosa succede ad un modello che vola in **volo vincolato**, non in uno spazio libero dove può dirigersi a dritta e a manca.

Certo vale la regola appena vista della spinta laterale, applicata nel centro di spinta, che tende a far volare dritto il modello, ma essendo questo “costretto” a virare a sinistra, la spinta laterale lo spinge verso il centro del cerchio, cosa che non è opportuna. Questa tendenza si corregge con l’opportuna inclinazione della Deriva, quel tanto che serve per mandare il modello Dritto.

Nel volo Vincolato, assume notevole importanza il posizionamento dei cavi per la “postura” del modello in volo e conseguente assetto durante le manovre.

Infatti, per avere il modello che mantiene una costante trazione sui cavi ed essere controllabile, deve avere l’ala allineata con i cavi, visto orizzontalmente, e sempre in linea durante le manovre.

In caso contrario, ad esempio ala esterna bassa, si avrà un effetto di eccessiva trazione in cabrata, e un effetto a rientrare in picchiata (con conseguenze spiacevoli ...).



Se l'ala esterna è alta, gli effetti si invertono, ma non il risultato spiacevole.

Come mai il modello non vola con le ali allineate ai cavi?



Il Volo circolare del modello implica alcune difficoltà di cui occorre tener conto.

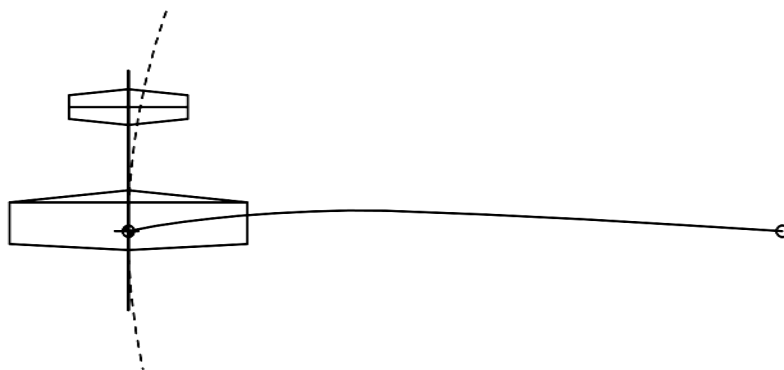
L'ala esterna (destra) viaggia ad una velocità diversa (superiore) rispetto all'ala interna. Questo provoca una diversa **Portanza** tra le due ali. Se non interveniamo, l'ala esterna tenderà ad alzarsi ed a far rientrare il modello.

Per questo si costruisce l'ala interna più **lunga** di quella esterna. La maggior superficie compensa la diversa velocità. Questa soluzione bilancia le due contrastanti forze anche a diverse velocità di volo, infatti ambedue le grandezze sono parte della formula della portanza: $P = C_p * S * \frac{1}{2} \rho * V^2$. Quindi, aumentando la superficie, si compensa la diversa velocità.

Altra difficoltà: all'ala sinistra sono appesi due cavi, normalmente in acciaio, il cui peso sbilancia il modello verso sinistra. Per ovviare a ciò, si mette un contrappeso all'estremità dell'ala destra, pari alla **metà** del peso dei cavi (linea) più metà del peso dei cavi nell'ala sinistra. Metà, perché l'altra metà è sostenuta da un lato, dal braccio del pilota, dall'altro, dal centro del modello, punto di equilibrio.

Nel volo circolare, il modello tende i cavi per diversi motivi:

- Per inerzia cerca di andare dritto, ma i cavi lo costringono a girare. (forza centrifuga)
- Il motore viene disassato a destra verso l'esterno del cerchio.
- La deriva è piegata per girare a destra
- L'uscita dei cavi nell'ala sinistra è arretrata rispetto al Baricentro, in modo da contrastare l'effetto della curvatura dei cavi dovuta all'attrito con l'aria. I cavi infatti si curvano secondo una "catenaria" influenzata dal diametro del filo e dalla velocità.



Tutti questi accorgimenti costruttivi tendono a farlo girare verso l'esterno del cerchio, proprio per tenere in tensione i cavi e poterlo comandare, pur mantenendo un assetto "tangente" al cerchio o, meglio dire, alla Semisfera.

Tutte le Forze che agiscono sul modello che gira in un cerchio, si possono considerare applicate al **Baricentro** del modello stesso, proprio come il peso che agisce verso il basso, ma in questo caso sono dirette orizzontalmente.

Qualcuno potrebbe pensare che la posizione della squadretta (a cui sono agganciati i cavi) nel modello possa influenzare l'allineamento ai cavi. Errato!

Propongo questo semplice esperimento:

Ritagliamo una sagoma di modello in un cartoncino o altro materiale.

Fissiamo un occhiello ad una semiala, dove idealmente faremo uscire i cavi del modello.

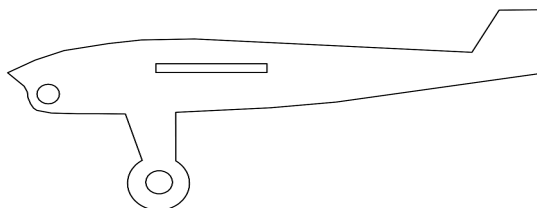
Ora attacchiamo un filo in un punto qualsiasi del modello, davanti, dietro, in centro, ecc. e teniamolo così appeso.

Il modello si allineerà sempre con il filo ed il proprio baricentro. Quindi la posizione di fissaggio dei cavi (squadretta) non incide, conta solo la posizione di **uscita** dei cavi dall'ala.

Questo ci dice anche un'altra cosa importante:

Se i cavi si allineano con l'uscita dall'ala e il Baricentro, questo deve valere anche per la Forza orizzontale che trascina il modello verso l'esterno del cerchio.

Rifacciamo l'esperimento con una sagoma della vista laterale del Modello, (un po' esagerata per enfatizzare il risultato) mettendo magari due pesetti per simulare il motore e le ruote. Inseriamo anche una piccola ala, in modo da verificare l'allineamento con il cavo, che andremo a fissare all'estremità dell'ala, simulando l'uscita dei cavi.



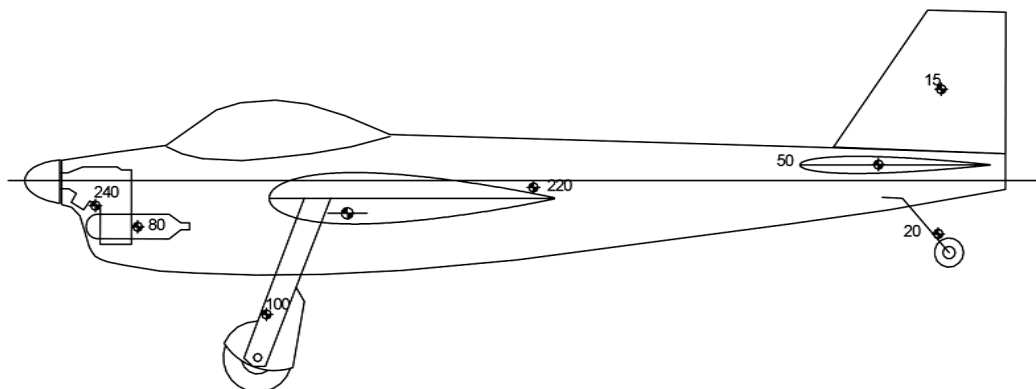
Se appendiamo per l'ala questa sagoma e la traggiamo di fronte, vedremo che l'ala **NON** risulta allineata al filo, bensì inclinata e non di poco.

Questo avviene perché, nel posizionare l'ala rispetto alla vista laterale del modello, non la si è messa sul Baricentro verticale, ma spostata in alto (rispetto alla vista laterale della fusoliera).

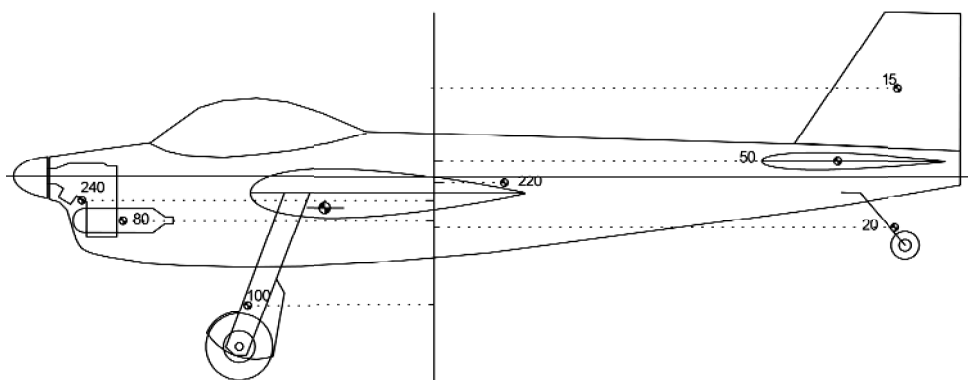
Vediamo ora come si calcola (a progetto) il **Baricentro Verticale**, in modo da stabilire dove va posizionata l'ala.

Prendiamo il progetto del modello (vista laterale della fusoliera) e cominciamo a determinare con una buona approssimazione i pesi dei vari componenti.

Nello schema che segue, molto semplice ed anche brutto, possiamo individuare le principali parti e indicarne il peso.



Con il programma di disegno CAD è anche facile individuare il baricentro di ciascuna parte evidenziata, considerata piatta ed uniforme per questo scopo. Non è proprio vero, ma la differenza è trascurabile.



Si noterà che l'ala **non** viene considerata in quanto verrà posizionata per ultima sul punto di baricentro e quindi influente sul calcolo. Nel disegno è indicata soltanto per completezza e in una posizione a caso, poi da cambiare in base ai risultati. Anche il Baricentro complessivo è indicato in questa vista, ma è il **Risultato** del calcolo che andremo a fare.

Ora risolviamo graficamente il posizionamento dei Vettori.

Tracciamo una linea verticale a caso, solo come punto di appoggio.

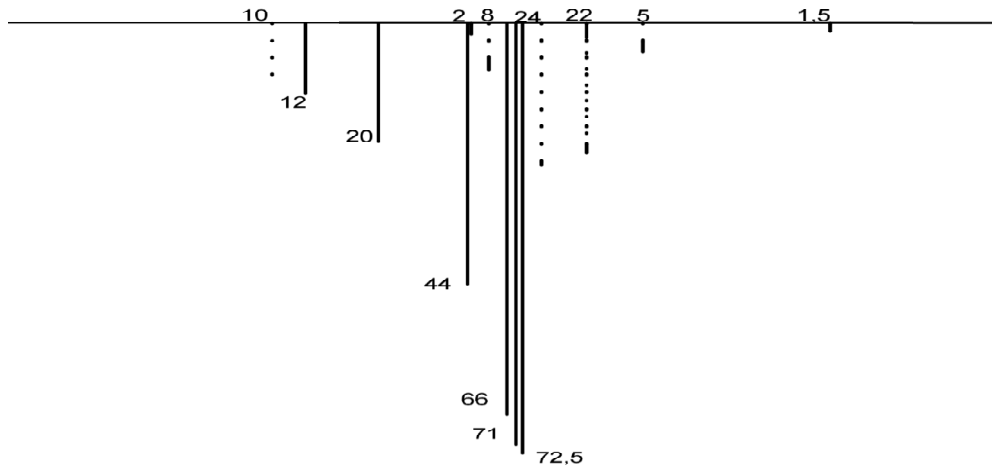
Tracciamo le orizzontali che individuano i vari baricentri delle masse individuate fino ad incrociare la linea verticale.

Ogni punto di intersezione è il punto di applicazione del relativo Vettore, con lunghezza pari al valore del peso.

Per comodità, ribaltiamo di 90° la linea verticale per averla in orizzontale e lavorare con più comodità, mantenendo i punti di applicazione dei vettori, ciascuno col proprio peso.

Sempre per comodità, riduciamo tutti i valori dei pesi dividendoli per 10, in modo da ottenere vettori “maneggevoli”. Infatti il valore in sé non conta, vale solo la proporzione tra di loro.

Peso totale (Senza l'ala) = 725 g.

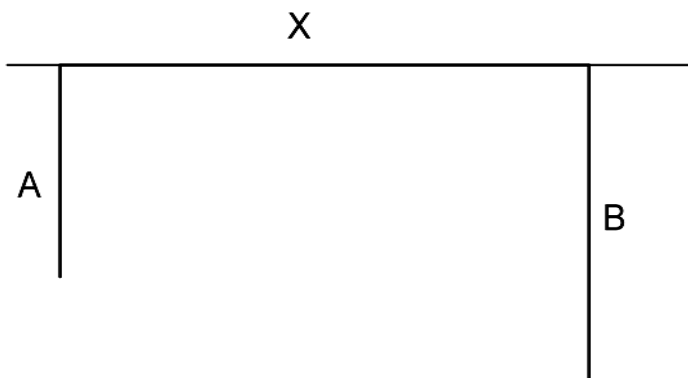


Con la semplice regola della proporzione, sommiamo tutti i vettori a due a due ed otteniamo infine la somma (725 gr.) e la **Posizione** del vettore risultante, rispetto, ad esempio, al vettore del motore.

Riportando questo scostamento sul disegno della vista laterale, si ha la posizione del Baricentro verticale e quindi, di conseguenza, dove posizionare l'ala per avere l'uscita dei cavi corretta.

Per chi non ricordasse la regola grafica della somma di vettori, si procede in questo modo:

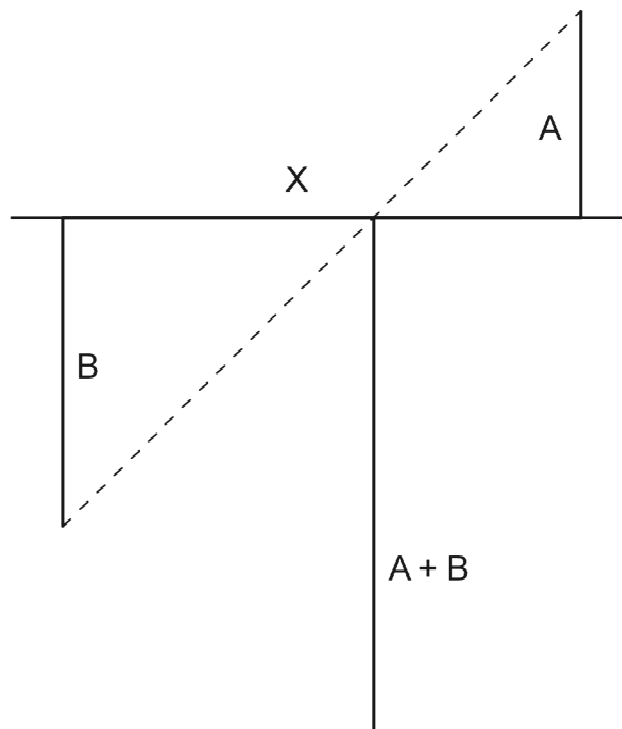
Si hanno due vettori, A e B, posti ad una distanza X tra loro.



Per sommare i due Vettori, si Invertono di posizione ed uno dei due si inverte anche di direzione.

Poi si traccia una retta che congiunge i vettori; dove questa interseca la linea di applicazione, va posto il vettore risultante, naturalmente con la misura pari alla somma dei due.

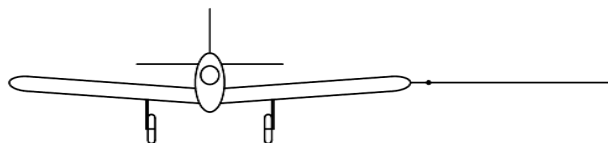
Per sommare più di due vettori, si procede semplicemente a due a due.



In alcuni modelli, in particolare nelle riproduzioni, al Modellista viene il mal di pancia dover posizionare l'ala lontana da dov'è nell'aereo originale.

In passato, molti progetti avevano cavi esterni all'ala ed occhielli sul terminale per ovviare al problema, con effetti estetici discutibili.

Per un aereo ad ala alta, non c'è altra soluzione, ma per un ala bassa, si può semplicemente costruire l'ala con un **diedro** (come l'aereo vero), con l'accortezza di aumentare, o diminuire, l'angolo di diedro in modo da portare il terminale dell'ala nella posizione voluta. In questo caso, il peso dell'ala va considerato nel calcolo del Baricentro ed il modello volerà diritto.



Calcolo della trazione sui Cavi

La trazione sui cavi è data dalla forza centrifuga che si genera per il volo in cerchio. Tralasciando altri effetti del tutto secondari, come la resistenza dell'aria sui cavi, minor resistenza dell'ala esterna più corta, l'effetto Deriva a destra, ecc. calcoliamo la forza Centrifuga, supponendo di mettere il motore **dritto**.

Il nostro motore, con una certa elica, sviluppa una trazione di 1,600 Kg.
 Con questa trazione, il nostro modello viaggia, in volo livellato, a circa 72 Km/h.
 (20 mt/sec)
 I cavi, dalla manopola al centro del modello, sono di 18 mt. (raggio del cerchio)
 Il modello pesa 1,500 Kg.

La forza centrifuga generata dal volo in cerchio è:

$$F_c = M * V^2 / R \quad \text{dove} \quad \begin{array}{l} M = \text{peso in Kg} \\ V = \text{Velocità in m/sec} \\ R = \text{raggio del cerchio} \end{array}$$

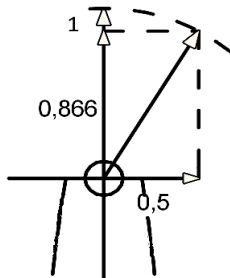
$$F_c = \frac{1,5 * 20 \text{ mt/sec} * 20 \text{ mt/sec}}{18 \text{ mt}}$$

$$1,5 * 400 / 18 \quad (\text{Kg} * \text{mt}^2 / \text{sec}^2) / \text{mt} = 33,33333 \quad \text{Kg} * \text{mt} / \text{sec}^2$$

Dalle unità di misura, risulta evidente che il dato ottenuto è espresso in Newton.
 Pertanto, se vogliamo un dato espresso in Kg., dobbiamo dividere per 9,8 mt/sec²
 La forza Centrifuga sarà quindi di

3,40 Kg.

A questo punto, proviamo a disassare il motore, per avere maggior trazione sui cavi.
 Per enfatizzare il risultato, esageriamo, inclinando il motore a destra di 30°.



Posto che la trazione del motore sia 1,
 Il vettore che la rappresenta, girato a destra
 di 30 gradi si può scomporre in due vettori
 uno in trazione e uno verso l'esterno del cerchio
 I valori sono rispettivamente il Coseno ed il Seno
 dell'angolo di inclinazione del motore.

Con la stessa trazione del motore usata prima, calcoliamo la nuova forza centrifuga,
 cui andrà poi sommata la trazione verso l'esterno dovuta al motore.

La nuova trazione verso l'avanti sarà: $1,6 \text{ Kg} * 0,866 = 1,3856 \text{ Kg}$.

Parimenti la velocità del modello sarà : $72 \text{ Km/h} * 0,866 = 62,352 \text{ Km/h}$
 $17,32 \text{ mt/sec}$

Fermi gli altri parametri, si avrà

$$F_c = \frac{1,5 \text{ Kg} * 17,32 * 17,32 \text{ mt}^2 / \text{sec}^2}{18 \text{ mt}}$$

$$F_c = 24,99853 \quad \text{Newton} = \mathbf{2,55 \text{ Kg}}$$

Se alla pura forza centrifuga sommiamo la forza che punta direttamente all'esterno, dovuta al disassamento del motore (cioè $1,6 \text{ Kg} * 0,5 = 0,800 \text{ Kg}$, otteniamo

$$2,55 \text{ Kg} + 0,8 \text{ Kg} = \mathbf{3,35 \text{ Kg}}$$

Come si vede, al contrario di quanto ci si aspettava, la trazione sui cavi **diminuisce**, anche se di poco, e cala sempre più all'aumentare dell'angolo di disassamento.

Allora, perché si fa?

Perché questa piccola parte della trazione non è influenzata dalla velocità.

Quindi nelle figure acrobatiche con bruschi cambiamenti di direzione, dove il modello rallenta, (eccome !), fa la sua parte ed impedisce ai cavi di allentarsi.

Poi in partenza, quando il modello non ha velocità e potrebbe allentare i cavi proprio in una manovra così delicata.

In molti casi, il disassamento è usato per rallentare il modello senza diminuire la potenza del Motore, che rimane così alle migliori prestazioni.

Quindi si ha meno velocità ma la stessa (quasi) trazione sui cavi.

R. Viti