

## CARRELLO DI DECOLLO ED ATTERRAGGIO

Il decollo di un aeroplano è quella fase che consiste in una accelerazione del velivolo ancora a contatto col suolo, fino a che la sua velocità non diventi sufficiente a far in modo che la portanza equilibri il peso.

L'atterraggio di un aeroplano è quella fase che consiste in una decelerazione al suolo del velivolo dal valore di velocità necessario a tenerlo in volo fino a fermarsi.

Per gli aeroplani destinati decollare ed atterrare dal suolo, (non dall'acqua ne dalla neve) l'organo che gli consente ciò è la ruota. Si chiama carrello di decollo ed atterraggio, in breve carrello, l'insieme di ruote, gambe, ammortizzatori e quant'altro permettano all'aeroplano di muoversi al suolo.

I carrelli possono essere divisi in due grandi categorie

- **Fissi**, quelli che non vengono retratti all'interno dell'aeroplano quando questo è in volo.
- **Retrattili**, quelli che vengono retratti all'interno dell'aeroplano quando questo è in volo.

Il carrello retrattile è stato concepito per ridurre la resistenza aerodinamica complessiva dell'aeroplano, d'altra parte, ha lo svantaggio di essere più pesante e meccanicamente più complesso del carrello retrattile. Il vantaggio aerodinamico prevale, pertanto il carrello fisso è impiegato solo su aeroplani da turismo di piccole dimensioni, come nella foto sottostante.



Dal punto di vista dell'architettura, esiste una grande varietà per numero di gambe, loro disposizione e numero di ruote, vedi foto sottostanti:



Le gambe dei carrelli sono universalmente dotate di un sistema elastico ed un sistema smorzante (molla ammortizzatore) Il sistema elastico consente la deformazione della gamba quando il velivolo impatta il suolo al momento dell'atterraggio, in modo da ridurre gli sforzi sulla struttura e sugli occupanti umani dell'aeroplano. Il sistema smorzante impedisce che il sistema elastico si metta ad oscillare. In sostanza, senza il sistema smorzante, il sistema elastico, del carrello (così come le sospensioni dell'automobile, farebbero rimbalzare l'aeroplano con gravi conseguenze per il suo controllo e sicurezza dell'atterraggio.

Le ruote sono dotate di un sistema frenante ad attrito (pinza pattini di attrito e disco) necessario per limitare la corsa di atterraggio e per manovrare a terra come un automobile.

Nono stante la varietà delle architetture, quelle più comuni nella storia dell'aviazione sono due:

- Carrello biciclo
- Carrello triciclo

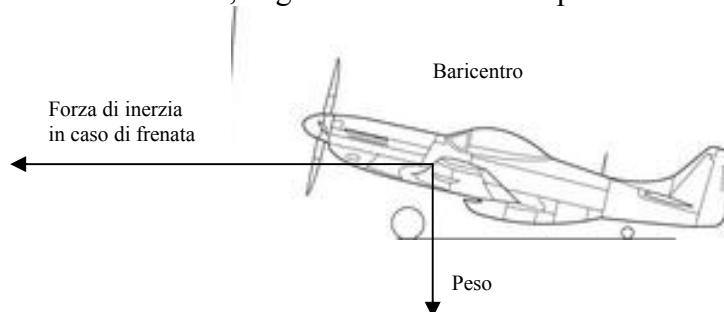
**Il carrello biciclo** è costituito da due gambe principali, sulle quali viene caricato la maggior parte del peso dell'aeroplano, ed un cosiddetto ruotino di coda. Come nella foto in basso.



Questo tipo di carrello è quello storicamente concepito per primo poiché gli aeroplani dell'epoca, in genere avevano il motore nella parte anteriore della fusoliera e quindi vi era poco spazio per una terza gamba anteriore sotto il muso.

Altro vantaggio del carrello biciclo, rispetto ed altri tipi di carrello è la **maggior semplicità meccanica ed il minor peso**.

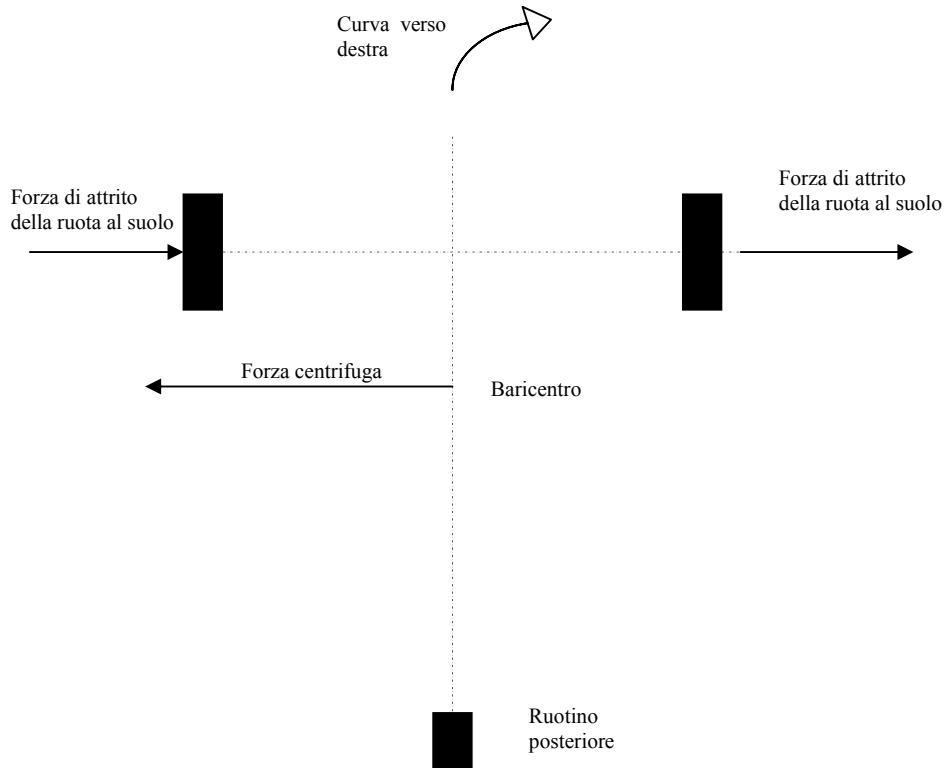
Per la stabilità del velivolo al suolo, le gambe devono essere posizionate davanti al baricentro.



Il momento rispetto al punto di contatto al suolo delle ruote anteriori del baricentro, va ad equilibrare il momento della forza di inerzia che nasce in seguito ad una frenata o all'impatto delle ruote con un ostacolo (ad esempio un sasso) Più le gambe anteriori sono avanzate, più l'aeroplano è

stabile al suolo. D'altra parte, avanzando troppo le gambe anteriori, si produce un altro fenomeno dannoso, l'instabilità direzionale al suolo, spieghiamo di cosa si tratta:

Guardiamo la disposizione delle ruote dell'aeroplano dall'alto:



Supponiamo che, volutamente o accidentalmente, si inneschi una curva verso destra, si avrà una forza centrifuga applicata nel baricentro e diretta verso sinistra. La forza centrifuga sarà equilibrata dalle forze di attrito prodotte dalle ruote anteriori al suolo, in questo ragionamento trascuriamo la forza di attrito prodotta dal ruotino posteriore perché è piccola considerando che su essa grava una piccola parte del peso. Osservando la figura in alto, si capisce che la coppia fra forza centrifuga e forze di attrito ha un verso che favorisce la curva a destra, quindi, in manovre particolari, l'aeroplano tende ad eseguire un testacoda.

In conclusione, vista la posizione che devono avere le gambe principali rispetto al baricentro, questo tipo di carrello soffre di due inconvenienti abbastanza significativi:

- **L'instabilità direzionale al suolo**
- **La scarsa efficacia della frenata**, se si frena troppo energicamente, o le ruote anteriori urtano un ostacolo modesto sulla pista, l'aeroplano tende ad inclinarsi in avanti facendo battere l'elica e/o il muso contro il suolo.

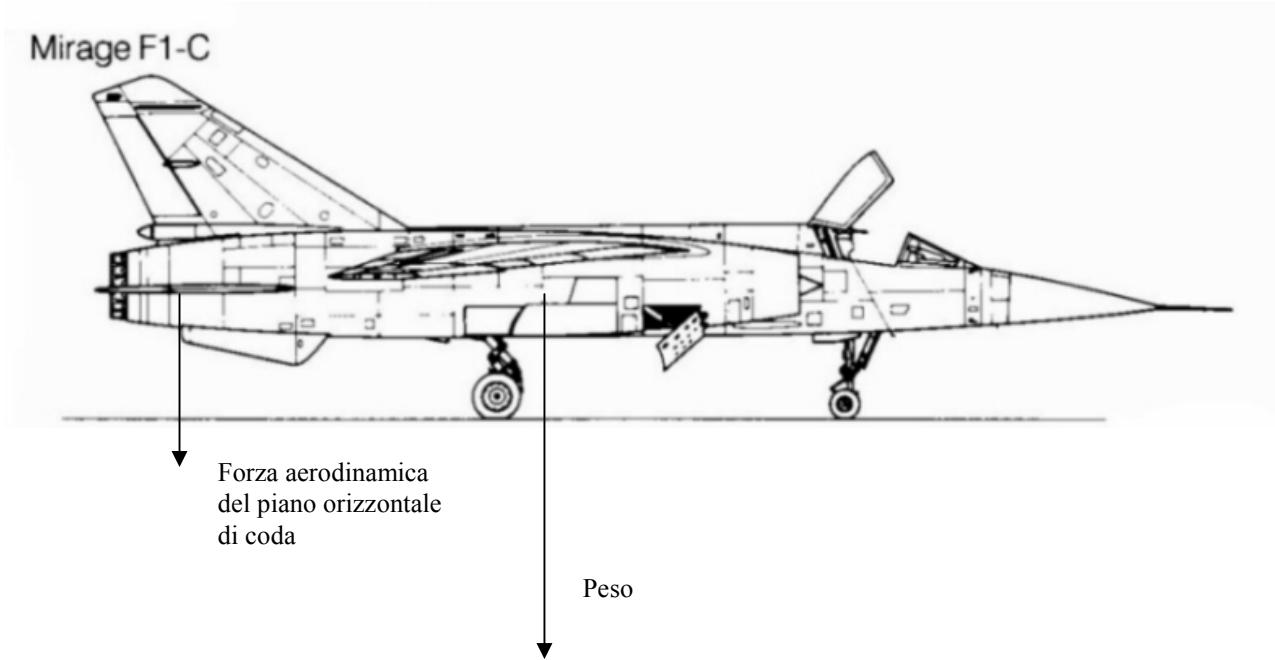
Ulteriore inconveniente è la **scarsa visibilità** che ha il pilota quando l'aeroplano manovra al suolo. Infatti, per mantenere l'elica sufficientemente lontano dal suolo, l'aeroplano ha il muso molto più sollevato rispetto alla coda, quindi lo sguardo del pilota è indirizzato verso l'alto anziché verso la pista.

Gli inconvenienti del carrello biciclo e l'impiego di motori a getto disposti nella parte posteriore dell'aeroplano hanno indotto i progettisti a concepire il carrello triciclo.

**Il carrello triciclo** è costituito da tre gambe che hanno quasi la stessa dimensione, due poste poco dietro il baricentro, l'altra posta sotto il muso.

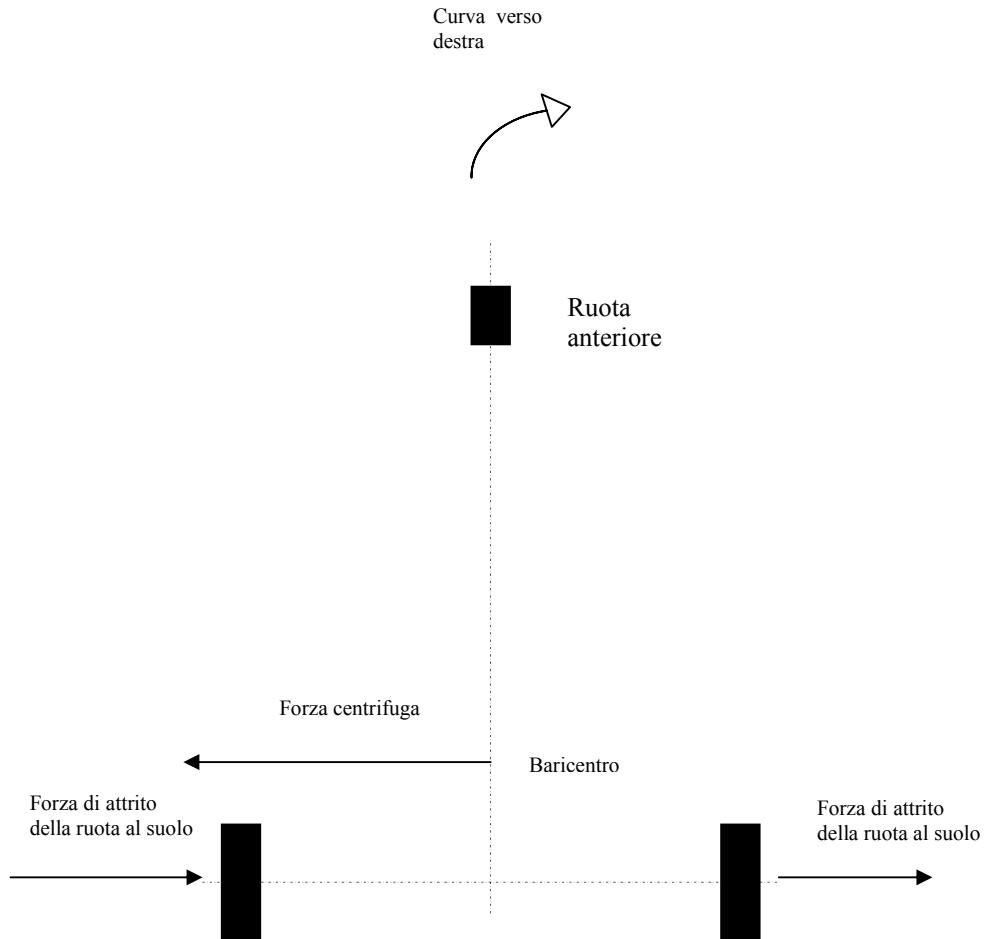


Le gambe posteriori sono disposte poco dietro il baricentro. Più sono arretrate, più l'aeroplano è stabile, ma non possono essere troppo arretrate per il motivo che ora spieghiamo.



Nella fase di decollo, il velivolo acquista velocità con l'ala quasi parallela al suolo, la sua incidenza non è sufficiente a produrre la portanza necessaria per sollevare il velivolo dal suolo. Quando la velocità è sufficiente, bisogna aumentare l'incidenza facendo ruotare il velivolo in modo che, sollevi la ruota anteriore pur mantenendo a contatto col suolo quelle posteriori. Questa rotazione è data dal momento prodotto sul piano orizzontale di coda dalla deflessione dell'equilibratore. A questo momento, si oppone il momento del peso per la distanza dal punto di contatto col suolo delle ruote posteriori. Se le gambe posteriori sono troppo distanti dal baricentro, il momento che deve produrre il piano di coda deve essere molto elevato, ciò si può ottenere con una grande deflessione dell'equilibratore che comporta un aumento della resistenza aerodinamica in una fase delicata del pilotaggio dell'aeroplano.

Poiché le gambe posteriori sono molto vicine al baricentro, trascurando la forza di attrito della ruota anteriore, lo schema di equilibrio direzionale al suolo è il seguente:



Si vede che la coppia fra la forza centrifuga e le forze di attrito delle ruote si oppone alla curva, quindi il moto è direzionalmente stabile e non esiste pericolo di testacoda.

Per il resto, i pregi di questo carrello sono opposti agli svantaggi del carrello biciclo:

- **Stabilità direzionale al suolo.**
- **Massima stabilità in frenata.**
- **Buona visibilità della pista e zona antistante l'aeroplano.**

D'altra parte

- Maggior peso
- Maggior complessità meccanica.

Il confronto fra vantaggi e svantaggi, ha portato alla scomparsa del carrello biciclo dalla totalità degli aeroplani di interesse commerciale e militare, resta ad esempio sugli aeroplani ad elica destinati alle competizioni acrobatiche e su qualche aereo da turismo.

E' da osservare come il confronto fra vantaggi e svantaggi influenzino le scelte tecniche dei progettisti, questo è uno degli aspetti fondamentali della progettazione.