



## PILOTIAMO IL CONCORDE



Queste note sono riferite al Concorde per FS2004 assemblato da Davide Scotti per TropicAir Virtual. L'aereo e il modello di volo sono quelli del progetto Mach 2 di FSFrance, mentre il pannello è stato realizzato da Claudio Messner.

**Da usare solo per la simulazione**

# PILOTIAMO IL CONCORDE

## Un po' di storia

Come avrà notato chiunque si accinga a leggere queste note, il Concorde, anche quello per FS2004, è un aereo diverso da tutti gli altri.

Nato nella mente dei progettisti agli inizi degli anni '60, e solo nel 1969 il primo prototipo si alzava in volo a Tolosa. Il Concorde, nome francese ma adottato anche in Inghilterra dando alla "e" finale il significato di "europeo" era un aereo che per sagoma, aerodinamica, propulsione e sistemi ausiliari era una generazione avanti rispetto agli aerei commerciali dell'epoca.

Innanzitutto era stato concepito per volare a velocità supersonica, oltre Mach 2, e questo aveva dettato la forma delle ali e l'impianto propulsivo e inoltre per la prima volta in un aereo commerciale si utilizzava il sistema "fly-by-wire". Il primo test di volo supersonico avvenne alla fine del 1969 e il primo volo di propaganda transatlantico avvenne nel 1971, da Tolosa a Rio de Janeiro. Com'è noto gli Stati Uniti, che avevano dovuto rinunciare al loro progetto SST (SuperSonicTransport), si opposero a lungo all'arrivo del Concorde sul suolo USA, ma nel 1974 l'Air France, per dimostrare la validità del progetto, fece un interessante esperimento. Un Concorde decollò dall'aeroporto Logan di Boston diretto a Parigi Orly (non c'era ancora il CDG) contemporaneamente al B-747 dell'Air France del volo Parigi-Boston. I due aerei si incrociarono, ad altezze molto differenti, sull'Atlantico. Il Concorde atterrò a Parigi e ripartì per Boston dopo una sosta di 48 minuti, arrivando a Boston 11 minuti prima del B-747!

I test in tutte le possibili situazioni di carico e di condizioni ambientali continuarono fino al gennaio 1976, quando sia Air France che British Airways, i soli possessori del Concorde, iniziarono i voli passeggeri, rispettivamente Parigi-Rio de Janeiro via Dakar e Londra-Bahrain.

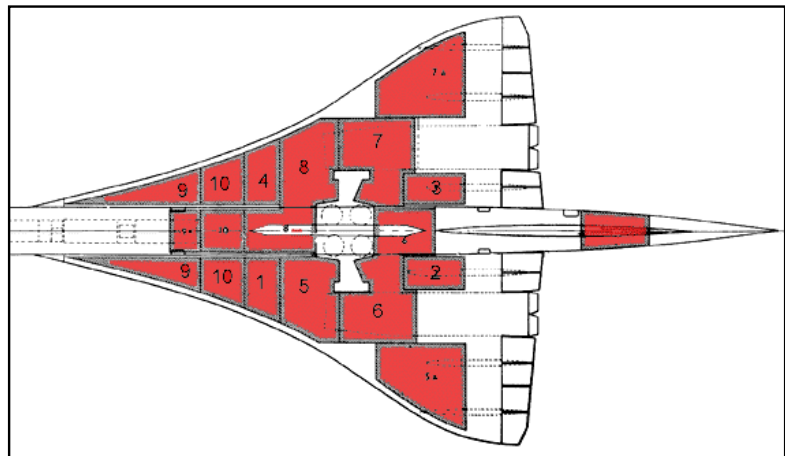
Il 25 luglio del 2000 un incidente avvenuto a Parigi mise a terra tutta la flotta dei Concorde per i controlli di sicurezza. I voli ripresero nel novembre del 2001, ma nel frattempo i notevoli costi di gestione dell'aereo e il limitato numero di passeggeri trasportati resero fortemente passivo il servizio così che tra ottobre e novembre 2003 tutti i Concorde cessarono i voli, in parte per essere donati a musei e collezioni in tutto il mondo.

## La Tecnica

Senza entrare nei dettagli che richiederebbero una trattazione a parte, segue una breve descrizione delle caratteristiche più salienti del Concorde ai fini della condotta di volo. Una tabella con le dimensioni e i pesi è allegata.

### *L'aerodinamica*

Per volare a velocità supersonica e nello stesso tempo per permettere di decollare ed atterrare a bassa velocità è stata studiata un'ala a doppio delta ogivale con una corda lunga e bassa apertura. Questa forma genera una grande portanza ad alti angoli d'attacco e bassa velocità, mentre genera bassa resistenza nel volo supersonico.



L'ala contiene anche i serbatoi del carburante la cui gestione, come vedremo in seguito, è una componente importante nella condotta del volo.

Il Concorde non ha spoilers, flaps o aerofreni, ma solo sei elevoni, combinazione di elevatori ed alettoni, sul bordo d'uscita dell'ala. Di conseguenza la riduzione di velocità e relativo aumento di portanza avviene solo tramite l'assetto di tutto l'aereo.

Per poter permettere la visuale dal cockpit in questi assetti, il lungo muso aerodinamico si può abbassare di 5° o 12°. Inoltre un visore fatto di speciali vetri termici e parzialmente oscurati si sovrappone ai finestrini del cockpit durante la fase di volo a velocità supersonica.

### *L'impianto propulsivo*

Il Concorde è dotato di quattro motori a getto (non sono turboventole) Rolls-Royce/Snecma Olympus, derivati da quelli del bombardiere Vulcan, dotati di postbruciatore, che generano una spinta unitaria di 38.000 libbre. Il postbruciatore incrementa la spinta di circa il 20% ed è usato per pochi minuti in fase di decollo, per il passaggio da Mach 1 a Mach 1.7, dopodichè non è più usato. Il controllo della potenza erogata è fatto attraverso un computer che risponde all'input delle manette.



I postbruciatori vengono inseriti manualmente con dei tasti bianchi, chiamati "il pianoforte", posti sotto le manette.

Esiste anche l'automanetta collegata all'autopilota.

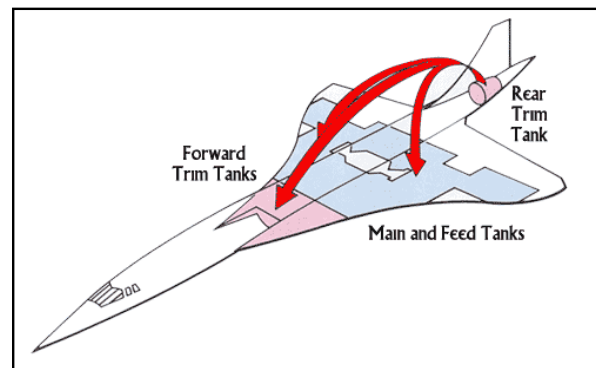
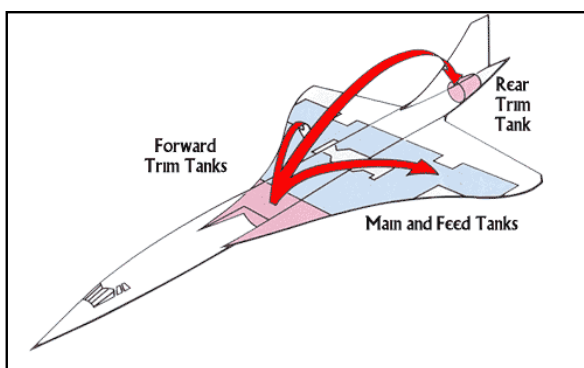
Le prese d'aria sono a geometria variabile per permettere la

corretta alimentazione ai diversi angoli d'attacco e alle diverse velocità. Inoltre particolari configurazioni servono a ridurre il rumore durante le fasi di volo a bassa quota. (eccetto per i momenti in cui sono accesi i postbruciatori al decollo). Anche l'ugello di scarico è a geometria variabile, gestito automaticamente dal computer. La serie di indicatori designati come "Area" in basso sul pannello dei motori mostrano la percentuale di apertura degli ugelli.



### *L'Impianto Carburante*

Il carburante del Concorde è contenuto in 11 serbatoi collocati parte nelle ali e parte nella fusoliera, comunque in posizione baricentrica, ad eccezione di un serbatoio collocato in coda che serve per "trimmare" l'aereo in quanto non possiede piani di coda e trim meccanici. Inoltre all'aumentare della velocità oltre Mach 1, il centro di pressione si sposta all'indietro di quasi 2 metri causando un momento picchiante, ed è quindi necessario bilanciare l'aereo spostando il carburante verso la coda. La quantità di carburante che si può spostare è quasi un terzo del peso complessivo di 95 tonnellate.



Prima del decollo e durante l'accelerazione supersonica il carburante è dunque travasato dai serbatoi anteriori nel serbatoio in coda, mentre nella successiva fase di decelerazione il carburante verrà travasato dalla coda verso i serbatoi anteriori. Il trasferimento è controllato dall'ingegnere di bordo tramite un apposito pannello del suo quadro strumenti. In basso a sinistra c'è l'indicatore della posizione del Centro di Gravità (CG) che deve sempre cadere entro i due indicatori gialli. Nella figura la posizione non è corretta, e di conseguenza lampeggerà la luce rossa in alto. Vedremo in seguito come ovviare a questo inconveniente.

### Condotta di Volo

Questa parte del tutorial non comprende quelle procedure che sono normali nella condotta di qualsiasi liner, ma solo le procedure specifiche del Concorde.

Assumiamo anche che sia chiara la disposizione del pannello per quanto riguarda gli strumenti classici di volo, di condotta dei motori e di navigazione.

Unici nel Concorde sono invece i pannelli di gestione dei serbatoi, l'indicatore dell'accelerometro e dell'angolo d'attacco, il ripetitore della posizione degli elevoni, l'indicatore della posizione del centro di gravità e i tasti già visti per la gestione dei postbruciatori.

Il **pannello di gestione dei serbatoi** si attiva con l'icona relativa. Col pieno del carburante, così distribuito nei quattro serbatoi del velivolo (in realtà sono molti di più), sono disponibili 207.676 Lbs, pari a circa 94.000 Kg.



Aerospatiale/British Aerospace Concorde

Display fuel quantity as weight

Tank	%	Pounds	Capacity
Left	100.	60293	60293
Center	100.	46895	46895
Right	100.	60293	60293
Center 2	100.	40195	40195
<b>Total fuel: 100.0 207676 207676</b>			
<b>Fuel weight Lbs/Gal: 6.7</b>			



Il pannello dell'ingegnere di bordo riporta la corrispondente configurazione, con le quantità espresse in Kg\*1000. Così il primo indicatore di livello del serbatoio di sinistra segna 27,3 (circa), corrispondenti a 27.300 Kg. e così per gli altri serbatoi. Si vede subito che col pieno di carburante, in questa implementazione del modello di volo, il CG cade al di fuori dei limiti gialli e che la spia rossa in alto lampeggia. Dato che non è possibile svuotare il serbatoio posteriore travasando il carburante in qualche altro serbatoio, se si vuole riportare il CG in posizione corretta bisogna agire sul carico (payload) e in parte svuotare il serbatoio posteriore.

Dopo alcuni tentativi quella riportata di seguito mi sembra la soluzione ottimale.

Aerospatiale/British Aerospace Concorde

Display fuel quantity as weight

Tank	%	Pounds	Capacity
Left	100.	60293	60293
Center	100.	46895	46895
Right	100.	60293	60293
Center 2	80.0	32156	40195
Total fuel:		96.1	199637
Fuel weight Lbs/Gal:		6.7	207676

Aerospatiale/British Aerospace Concorde

Station	Pounds	
Station 1	300	
Station 2	0	
Station 3	0	
Station 4	300	
Station 5	25500	
Total:		26100



Per rientrare nei parametri si è rinunciato al 3,8% del carburante, per un totale di 90.400 Kg.

Da notare in questo pannello la manopola per il travaso del combustibile verso il serbatoio anteriore (FORE) o verso quello posteriore (AFT). Vi è inoltre la posizione automatica, quella normalmente usata durante il volo.

In questa configurazione il peso complessivo dell'aereo è di circa 180.000 Kg., molto vicino al limite massimo (MTOW) di 185.000 Kg.



L'indicatore dell'accelerometro (G-meter) e dell'angolo d'attacco sono riuniti in un solo strumento a sinistra in basso nel pannello principale

La scala sinistra indica il numero di G, mentre quella a destra indica l'angolo d'attacco.

In basso a destra nel pannello principale c'è l'indicatore della posizione degli elevoni, le superfici di controllo poste sul bordo d'uscita dell'ala che fanno la funzione di timoni di profondità ed alettoni e la posizione del timone di direzione. In condizioni normali, sia nel volo livellato che in salita o discesa le sei barre gialle devono essere allineate sullo zero per offrire la minima resistenza e non sottoporre a sforzi i servomeccanismi di comando.



Dell'indicatore del CG abbiamo già parlato, così come dei comandi dei postbruciatori. (il "pianoforte"). C'è da aggiungere che quando i postbruciatori sono accesi, si accende una spia bianca negli indicatori dell'area degli ugelli di scarico



In salita a 350 kys IAS l'area di scarico è al 60%, mentre in salita con i postbruciatori accesi si accende la spia bianca in alto a sinistra e l'area di scarico aumenta al 75%.

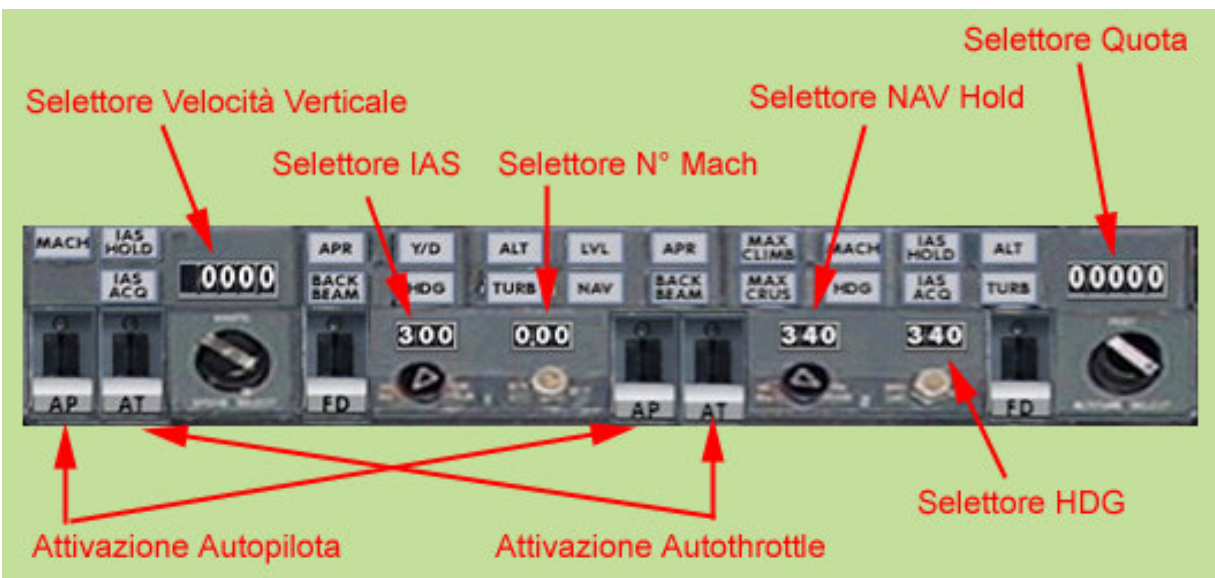


L'ultimo comando riguarda la posizione del visore e del muso. La manopola si trova a destra in alto nel pannello principale a ha 4 posizioni, corrispondenti alle posizioni del visore e del muso illustrate in figura.



Con queste informazioni e assumendo da parte dei lettori la conoscenza degli altri strumenti del pannello, si inizia la messa in moto tramite gli interruttori posti sul pannello overhead, l'impostazione dei parametri di salita nell'autopilota, il rullaggio e l'allineamento. Naturalmente i dati relativi alla navigazione sono inseriti negli strumenti e nell'INS:

Il pannello dell'autopilota, chiamato Automatic Flight Control System, provvisto con il Concorde TropicairVirtual rispecchia formalmente quello reale, ma ha una disposizione anomala dei comandi che può ingenerare confusione nell'uso dei vari comandi ed indicatori.



Per il rullaggio e il decollo il visore deve essere abbassato ed il muso nella posizione  $-5^\circ$ . Per il decollo bisogna portare il trim leggermente a salire. L'indicatore del trim si trova leggibile nel pannello del co-pilota in basso al centro.



Con i freni inseriti si portano le manette in avanti e si inseriscono i postbruciatori, a coppie simmetriche per non generare asimmetrie di spinta, si rilasciano i freni ed inizia la corsa di rullaggio.

Le velocità di riferimento variano secondo la lunghezza della pista, ma mediamente per una pista di 10.000 ft. sono:

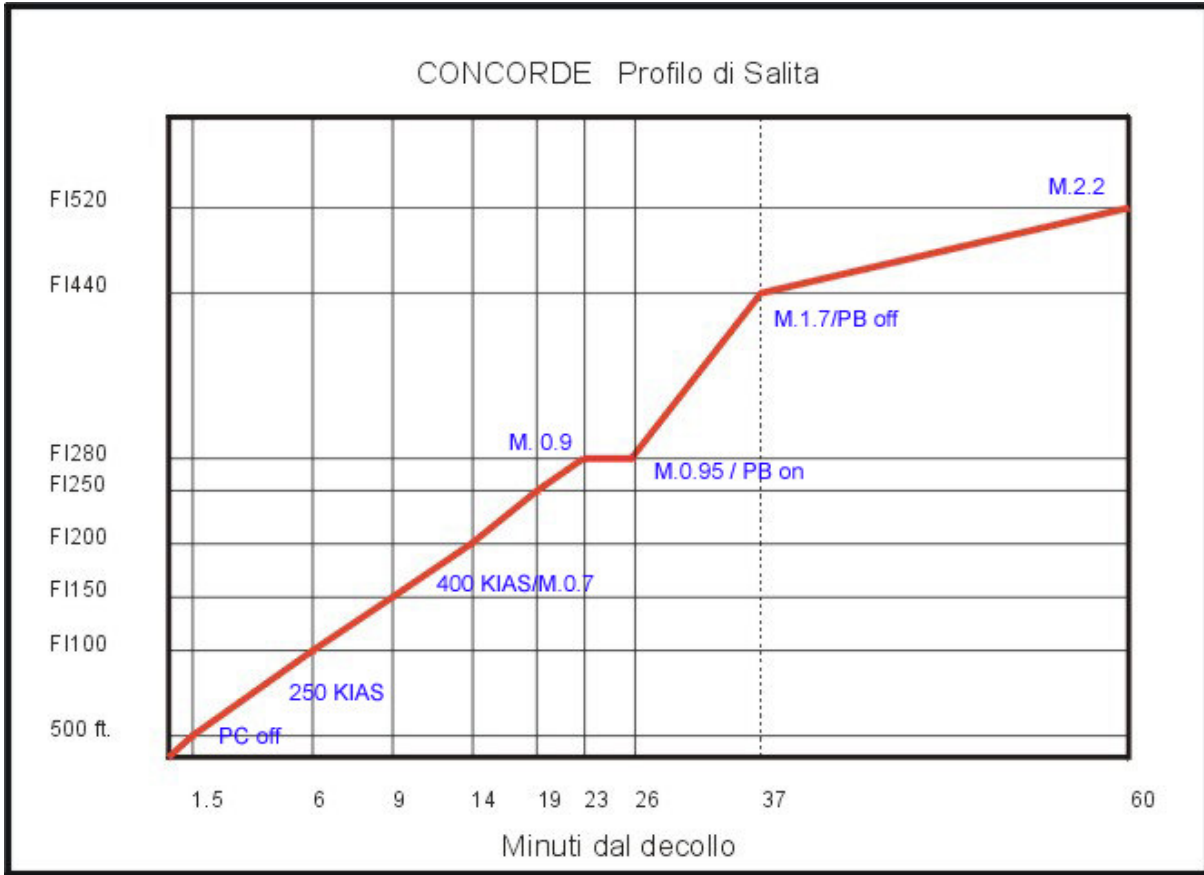
$$V1 = 165, V_r = 195, V2 = 220$$

Il rateo di salita iniziale è 2500 fpm., con un angolo di salita di  $10^\circ$  e corrispondente angolo d'attacco di  $5^\circ$ . Fino a FL100 la velocità è limitata a 250 KIAS se non diversamente autorizzato.



Il grafico seguente mostra il profilo di salita e i valori di velocità. Quando è autorizzata dalle norme antirumore, la transizione a supersonico inizia dopo circa 25 minuti dal decollo, a FL280, accendendo i postbruciatori a coppie e controllando che la velocità indicata non superi mai la  $V_{mo}$  (Maximum Operating Speed), velocità massima per quella quota come indicato dalla lancetta gialla e nera dell'anemometro.

Per semplificare, durante tutto il volo la **gestione del carburante è lasciata al sistema automatico**, Ciò non toglie che volendo si possa disinserire l'automatizzato e controllare manualmente il travaso del carburante tra i serbatoi anteriore e posteriore, mantenendo il CG all'interno dei due indicatori che si spostano automaticamente per indicare il centraggio richiesto per ogni particolare fase ed assetto del volo.



Qui di seguito varie schermate durante la salita a FL520.



In salita a FL200, velocità 350 KIAS, Mach 0.72, rateo 1500 fpm



Arrivati a FL280 si livella, si alza il visore e ci si prepara alla transizione supersonica, accendendo i postbruciatori. Nel dettaglio della figura seguente si vede come la IAS sia aumentata fino a quasi 400 Kts, limite indicato per quella quota, e si sia a Mach 0.93



Continuando la salita e l'accelerazione si entra in regime supersonico superando Mach 1.0 a FL320



Livellati a FL530, Mach 1.7, si spengono i postbruciatori. Mantenendo la velocità impostata a Mach 2.05, il Concorde continuerà ad accelerare lentamente mano a mano che si consuma il carburante. Se si desidera un livello superiore, si deve impostare un rateo di salita basso, al limite solo 100 fpm, ma la salita e l'accelerazione sarà costante, perché è a queste quote e velocità che l'aerodinamica del Concorde rende al meglio.



**TABELLA RIASSUNTIVA FASI DECOLLO e SALITA**

Pronti al Decollo	Abbassare il muso a $-5^{\circ}$ Postbruciatori accesi Massima spinta	T1
Decollo	V1(MTOW)=150 Kts Vr (MTOW)=199 Kts V2 (MTOW)=220 Kts	T1+ 1 min.
Salita	Tra 500 e 1000 ft AGL spegnere i postbruciatori Mantenere 250 KIAS sotto i 10.000 ft. Sollevare il muso Superati i 10.000 mantenere la massima velocità consentita	T1+15 min.
A FL280	Livellare Raggiungere Mach 0.95 Controllare il travaso del carburante all'indietro Alzare il visore Impostare nuovo livello di volo (FL440) Accendere i postbruciatori e mantenerli fino a Mach 1.7	T1+22 min.
Mach 1.7	Spegnere i postbruciatori Impostare livello finale FL520 o più Impostare la velocità a Mach 2.05 Continuare la salita fino alla quota di crociera	T1+37 min.

Arrivati alla quota di crociera si deve solo mantenere la velocità attorno a Mach 2.05.

Le rotte standard del Concorde attraversavano l'Atlantico, quindi la maggior parte del volo supersonico si svolgeva sul mare anche perchè le norme antirumore ed antinquinamento non permettevano al Concorde di volare a velocità supersonica su zone abitate e a quote relativamente basse. Mentre il problema non si pone per la fase iniziale del volo in quanto la salita a FL280 porta in ogni caso al di fuori delle terre abitate, sia in Europa che in America, per quanto riguarda la discesa e l'avvicinamento bisogna, prima di raggiungere la terra, abbandonare il volo supersonico e riportare il Concorde a volare come un qualunque liner.

Per questo, a circa 200 nm dalla costa (o 30 minuti prima dell'atterraggio se l'aeroporto di destinazione è sul mare e si arriva dal mare) si deve ridurre la velocità impostando una KIAS di 350 kts. cambiando da MACH a IAS HOLD, il nuovo livello da raggiungere e un rateo di discesa di 3000 fpm



Notare come a queste velocità anche scendendo il Concorde mantiene un angolo d'attacco positivo.

Una volta raggiunto FL360 il Concorde si troverà nelle condizioni di un normale jet di linea, con una velocità di circa M0.99.

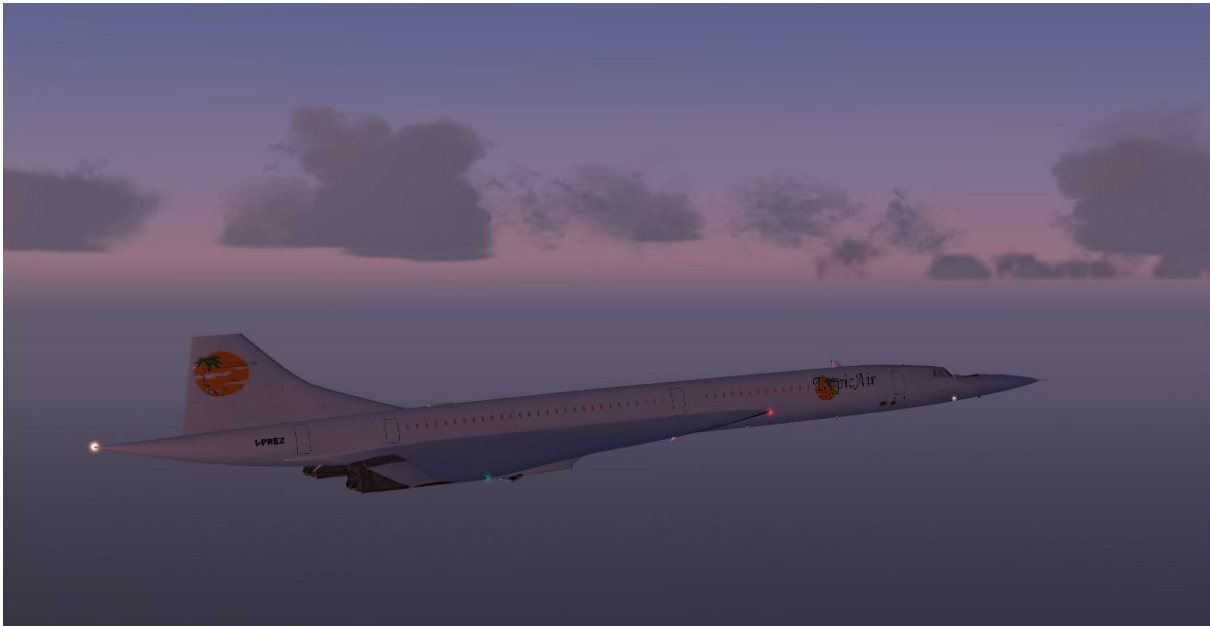


Continuare la discesa fino a FL320-330, livellare e continuare così il volo fino al momento di iniziare l'avvicinamento.



A FL320 la velocità è già subsonica a Mach 0.95. Notare la diffente posizione dell'indicatore della Vmo tra le due situazioni.





La discesa a FL120 (o quanto indicato dall'ATC) può ancora avvenire con un rateo di 3000 fpm, che dovrà essere ridotto a 1500 fpm in quanto il Concorde sembra non voler rallentare. A FL100 ridurre ulteriormente la velocità a 250 KIAS, abbassare il visore ed il muso a  $-5^\circ$  e prepararsi alla STAR.



Intercettare il localizzatore con una velocità non superiore a 210 KIAS, abbassare il muso al massimo  $-12^\circ$  e quando anche il glideslope è intercettato ridurre ulteriormente a 190 kts e seguire le indicazioni dello strumento.



Notare l'angolo d'attacco sempre positivo.

Si inizia ad intercettare il localizzatore.



Con la pista in vista abbassare il carrello, e dato che il Concorde non ha flaps, bisogna mantenere una velocità relativamente alta, attorno ai 170 kts, con un assetto cabrato a 10° per aumentare la resistenza. Ciò porta alla velocità di touch-down di 155 kts. Una volta toccato terra, inserire i reverse ed iniziare a frenare.



Qui a fianco alcune viste esterne durante l'avvicinamento e l'atterraggio.

**TABELLA RIASSUNTIVA FASI DI DISCESA, AVVICINAMENTO E ATTERRAGGIO**

Discesa	Iniziare a ridurre la velocità a 350 KIAS Rateo di discesa 5000 fpm	T2-30 min.
FL360	Velocità mach 0.99 Rateo di discesa 3000 fpm	T2-27 min.
FL200	Velocità mach 0.99 Ridurre la velocità a 270 KIAS	T2-24 min.
FL120	Rateo di discesa 1500 fpm. Ridurre la velocità a 250 KIAS Abbassare il visore e il muso a $-5^{\circ}$	T2-15 min.
Avvicinamento	Abbassare il muso a completamente a $-12^{\circ}$ Ridurre a 180 KIAS Estrarre il carrello	T2-10 min.
Atterraggio	Ridurre a 155-160 KIAS Staccare l'autopilota Rotazione e assetto a $+10^{\circ}$	T2-3 min.
	Touch down e reverse	T2