

Corso sulla  
**STORIA DELL'AVIAZIONE**  
*Il sogno di Icaro: una storia mai finita*

Appunti dalle lezioni del docente  
**Dott. Ing. Franco Casella**



Dispensa n°: 8

**Il volo, un'opportunità per tutti – 1980-2000**

## Indice:

Il volo, un'opportunità per tutti	pag. 3
Compositi	pag. 3
Convertiplani	pag. 5
Aeroplani VTOL	pag. 6
Hovercraft	pag. 7
Il motore a turbina sugli elicotteri – turboalberi o turboshaft	pag. 9
Maturità dell'elicottero e suoi sviluppi negli anni di fine secolo	pag. 14
Il trasporto aereo dal 1970 – il supersonico civile	pag. 21
– Long bodies	pag. 27
– Wide bodies – Boeing 747	pag. 29
– Wide bodies – Mc Donnell Douglas DC-10	pag. 34
– Wide bodies – Lockheed L-1011	pag. 35
Aviazione civile a corto-medio raggio	pag. 37
Aerei passeggeri di fine millennio – Airbus A-300	pag. 43
Turboventola o turbofan	pag. 48
La guerra del Kippur	pag. 50
L'aeroplano militare degli anni ottanta	pag. 53
Aeroplani da bombardamento	pag. 54
Caccia intercettori e cacciabombardieri	pag. 56
Aeroplani da caccia per supremazia aerea	pag. 60
Aeroplani da caccia leggeri	pag. 64
Caccia leggeri - addestratori	pag. 68

## IL VOLO, UN'OPPORTUNITA' PER TUTTI

### Compositi, convertiplani, aerei VTOL e hovercraft

Con gli anni sessanta del 'novecento, l'elicottero era diventato una macchina per volare matura ed efficiente: poteva salire e scendere in verticale, poteva stazionare a punto fisso, poteva compiere azioni impossibili per un aeroplano; tuttavia, l'elicottero era lento ... all'epoca volava a meno di 200 km/ora e non poteva migliorare molto questa prestazione a causa di problematiche di tipo aerodinamico sul rotore, che era pur sempre azionato da un motore alternativo.

Per questo, nel mondo c'era chi si poneva l'obiettivo di fondere le caratteristiche di velocità dell'aeroplano con la flessibilità di movimento dell'elicottero; insomma, c'era chi cercava di creare degli aeromobili che fossero nello stesso tempo sia elicotteri, sia aeroplani, cioè dei *compositi* o addirittura che fossero capaci di trasformarsi da elicottero in aeroplano e viceversa, cioè dei *convertiplani*.

### Compositi

In ogni caso, per la costruzione di un composito efficiente, i problemi da risolvere non erano pochi, a cominciare dalla presenza del rotore, che disturbava inevitabilmente l'aerodinamica dell'aeromobile nel momento in cui voleva volare velocemente, cioè in configurazione aeroplano.

Poi, era notevole la complessità di una macchina che fosse aeroplano ed elicottero assieme e rimaneva anche il problema della difficile controllabilità dell'aeromobile, nel momento del passaggio dall'una all'altra delle sue configurazioni.



*composito inglese Fairey Rotodyne - 1957*

Il più noto di questi velivoli fu un composito prodotto in Inghilterra dalla Fairey, che si chiamava Gyrodyne; il prototipo volò già nel 1947, ma per diversi anni subì continue migliorie e perfezionamenti, fino a configurarsi, dieci anni più tardi, come il Fairey Rotodyne, dotato di un ampio rotore quadripala di 27 metri.

Le pale erano cave e mosse da del gas in pressione che usciva dalle estremità delle stesse; il moto era prodotto da due motori a turboelica da 3.000 CV ciascuno, installati in due grandi gondole alari piazzate in fondo a due corte semiali che collaboravano al sostentamento dell'aeromobile durante il volo traslatorio.

Il Rotodyne presentava anche una vistosa deriva ed un esuberante impennaggio orizzontale necessario per il proprio assetto in volo orizzontale quando si muoveva in modalità aeroplano o, meglio, in modalità *autogiro*, data la presenza del rotore che, in quel caso, ruotava *folle*; infatti, nel volo come aeroplano, tutta la potenza dei motori era destinata alle eliche trattive ed il rotore aveva esattamente la stessa funzione di un'ala rotante libera, come se si trattasse di un vero e proprio autogiro, come quelli di La Cierva.



composito inglese Fairey Rotodyne, dotato di ampio rotore e di due motori con elica per il volo orizzontale – 1957

Più veloce di un elicottero, il Rotodyne volava comunque più lento di un aeroplano; ciò nonostante, nel 1959 questo composito conseguì il primato di velocità per aeromobili ad ala rotante, con 307 km/ora.

L'inconsueta macchina parve suscitare un notevole interesse da parte delle autorità militari e delle



composito russo Kamov Ka-22 – anni 50

compagnie aeree, ma, all'atto pratico, si rivelò un oggetto inutile: troppo pesante e troppo complesso! Nel 1962, lo sviluppo del Rotodyne fu sospeso.

Stessa sorte toccò al contemporaneo composito sovietico Kamov Ka-22, di cui non si sentì più parlare negli anni successivi.

In definitiva, l'esperienza del velivolo

composito ebbe vita breve; era troppo costoso per il servizio che avrebbe potuto fornire.

## Convertiplani

Per raggiungere l'obiettivo di avere un aeromobile capace di salire verticalmente come un elicottero e di volare velocemente come un aeroplano, assieme ai compositi, si costruiscono anche i *convertiplani*, cioè delle macchine capaci di cambiare la propria configurazione da aeroplani ad elicotteri e viceversa.

I velivoli sperimentali creati fra gli anni sessanta ed il decennio successivo con questa finalità furono numerosissimi, specialmente negli Stati Uniti.

Per sostenersi sospesi a punto fisso, alcuni di essi utilizzavano delle eliche intubate, con ventole di diametro considerevole (3 metri e più); per la traslazione, avevano altre eliche dedicate a questo scopo, oppure utilizzavano ancora le stesse, ma riorientandole con l'asse in orizzontale anziché in verticale; ne è un esempio il Bell X-22A del 1966, con 4 turbine da 1.200 CV ciascuna ed altrettante eliche intubate, su assi orientabili.



*convertiplano americano Bell X-22A, dotato di quattro grandi eliche intubate orientabili - 1966*

L'X-22A raggiunse la ragguardevole velocità di 500 km/ora, ma dopo un incidente occorso durante un test, il Bell non ebbe un successivo sviluppo.

Invece, più fortuna ebbero i convertiplani ad ala basculante, in cui era tutta l'ala dell'aeromobile a ruotare di 90°; dalla configurazione aeroplano, con velatura e propulsori disposti in orizzontale, l'ala e i motori con le loro eliche, venivano ruotati in verticale; queste, col disco descritto dalle pale in posizione orizzontale, potevano fornire la forza necessaria per sollevare verticalmente l'apparecchio e mantenerlo sospeso a punto fisso.

Il miglior esempio di architettura convertiplana ad ala basculante si dimostrò l'americano Hiller-Ryan XC-142A, con 4 grandi turboeliche General Electric da 3.100 CV ciascuna; sull'aereo, era presente anche un

piccolo rotore di coda, per neutralizzare l'immane effetto della controrotazione, al momento della salita in modalità elicottero.

Il prototipo volò nel 1964 come aeroplano e l'anno successivo lo fece come elicottero, riconvertendosi in volo e raggiungendo la rispettabile velocità di oltre 700 km/ora in volo orizzontale, alla quota di 6.000 metri.



*convertiplano americano quadriturboelica ad ala basculante Hiller-Ryan XC-142A – 1964*

Il quadriturboelica Hiller-Ryan si dimostrò una macchina sana ed indovinata; compì con successo i suoi voli di prova, fornendo davvero le prestazioni attese.

Tuttavia, l'insieme fu giudicato costruttivamente molto complesso e troppo costoso da mantenere; oltretutto, era risultata piuttosto critica la fase del passaggio dall'una all'altra delle due configurazioni, cioè nel momento in cui il convertiplano non era *né carne né pesce*, cioè l'aeromobile non si comportava più come un elicottero e non era ancora un aeroplano e viceversa.

Questa fase transitoria fu ritenuta addirittura rischiosa per la stabilità stessa della macchina e anche sull'XC-142A la sperimentazione fu interrotta.

### **Aeroplani VTOL (Vertical Take Off and Landing)**

Questa appena descritta è la storia sfortunata dei compositi e dei convertiplani; invece, più fortuna ebbero gli aeroplani a reazione con capacità VTOL, cioè in grado di decollare ed atterrare in verticale; essi utilizzavano la deviazione del getto dei loro turbomotori per spingersi verticalmente verso l'alto e sostenersi nell'aria.

Alcuni turbogetti con caratteristiche VTOL, furono realmente prodotti in serie per impieghi militari; i più noti furono i caccia inglesi Hawker Siddeley Harrier del 1961, dotati di un reattore con scarichi del motore a reazione orientabili verso il basso di 90°.



*caccia inglese VTOL Hawker Siddeley Harrier – 1961*

L'Harrier fu impiegato con grande successo sulle navi portaerei e portaelicotteri delle marine di diverse nazioni; la sua possibilità di discendere e decollare verticalmente, involandosi in orizzontale quando si trovava solo a qualche metro d'altezza, si rivelò una qualità davvero impagabile.

Prova ne è che l'inglese Hawker Harrier fu adottato anche dal corpo dei Marines americani e dalla U.S. Navy.

Analogo e sostanzialmente simile come soluzione tecnica, fu il caccia a reazione sovietico Yak-36 *Freehand* di Alexander

Yakovlev, di qualche anno più giovane e del quale, come al solito, non si seppe molto in Occidente.



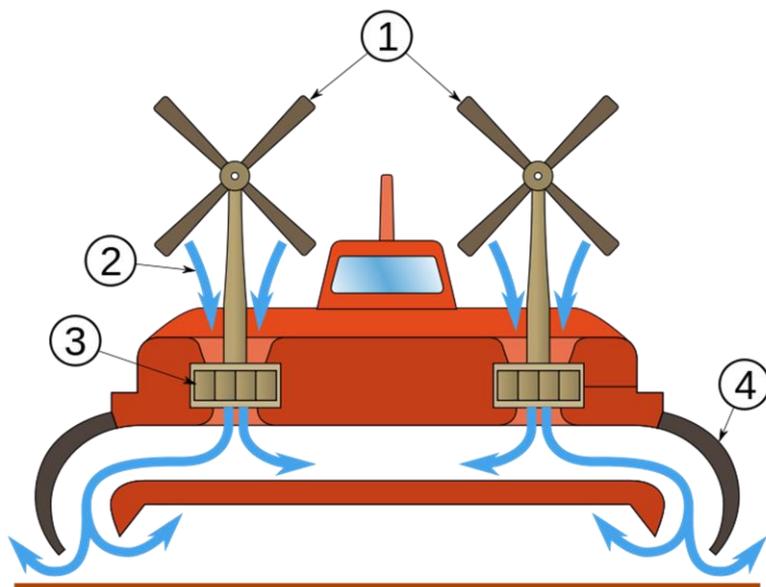
*caccia sovietico a decollo verticale (VTOL) Yakovlev Yak-36 Freehand – 1963*

## **Hovercraft**

Un discorso a parte meritano gli *hovercraft* o *aeroscafi*, che sono veicoli capaci di spostarsi sostenuti su di un *cuscin*o d'aria e sono mossi generalmente da una o più eliche.

In realtà, più che di aeromobili, si tratta di veicoli fra il marino ed il terrestre, in quanto non si sollevano dal terreno se non quanto è loro sufficiente per spostarsi galleggiando sull'aria; tuttavia, la loro tecnologia di sostentamento è stata mutuata grandemente da quella degli aeromobili a decollo verticale, come i

convertiplani o come certi VTOL, che utilizzano grandi eliche intubate per sollevarsi.



Schema funzionale di un hovercraft: 1. eliche  
2. aria aspirata  
3. ventole delle turbine  
4. minigonne flessibili

I primi hovercraft apparvero in Inghilterra alla fine degli anni cinquanta, principalmente per merito dell'inventore Christopher Cockerell, sostenuto dall'industria aeronautica Saunders Roe (Saro), produttrice di ottimi idrovolanti per la marina di Sua Maestà, durante la Seconda Guerra Mondiale.

Il grande vantaggio dell'hovercraft è di potersi spostare indifferentemente su qualsiasi superficie priva di asperità, come sabbia, acqua, terreni fangosi, paludi e, in genere, tutte le superfici uniformi e compatte.

Sfruttando queste sue notevoli caratteristiche, nel luglio 1959 l'hovercraft SR-N1 della Saunders Roe compì la prima traversata della Manica, in poco più di due ore.

Altri innumerevoli veicoli sostenuti su cuscini d'aria seguirono negli anni successivi, ma i costi di gestione rimasero proibitivi, a cominciare dal consumo di carburante necessario per i loro motori, che erano, inevitabilmente, dalla potenza molto elevata; questi fatti preclusero all'hovercraft il mercato civile e quello del trasporto passeggeri, ma la macchina ebbe più fortuna in applicazioni militari.

Oggi, questi veicoli più marini che aeronautici sono impiegati principalmente da alcune forze armate come mezzi da sbarco per le proprie truppe d'assalto, grazie alla capacità straordinaria dell'hovercraft di passare direttamente dalla superficie del mare a quella sabbiosa o sassosa di una spiaggia.



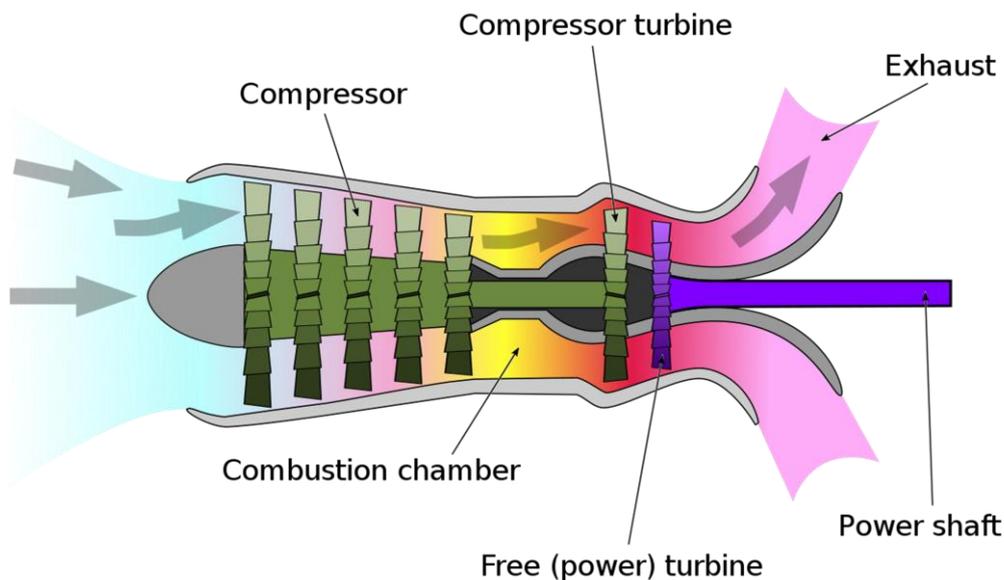
hovercraft fra la superficie del mare e quella della spiaggia

## Il motore a turbina sugli elicotteri – Turboalberi o Turboshaft

Sempre alla ricerca di una maggiore velocità per l'elicottero, a fine anni sessanta, si andò ad installare il motore a turbina anche su questa tipologia di aeromobili.

Quando si pensò di montare dei reattori sull'elicottero al posto dei normali motori alternativi a pistoni, l'idea era semplicemente quella di utilizzare dei propulsori di tipo diverso, dei motori a turbina, questa volta, la cui potenza veniva impiegata direttamente per azionare un albero, quello a cui era collegato il rotore dell'elicottero.

Insomma, la turbina a gas è pur sempre un motore e, come tutti i motori del mondo, serve a far girare un albero; nel caso dell'elicottero, quest'albero è quello del rotore e tale tipologia di propulsori venne definita: *turboalbero* o *turboshaft*.



*schema funzionale del motore a reazione Turboalbero o Turboshaft, montato sugli elicotteri*

Come per i turboelica, anche nel caso del turboshaft montato sugli elicotteri, la parte più critica dell'insieme è rappresentata dagli ingranaggi del sistema di riduzione del numero dei giri; questo organo meccanico deve portare la rotazione dai circa 3.000 giri/minuto di una turbina ai meno di 300 di un rotore.



*elicottero Westland Whirlwind, dotato di propulsori turboshaft – 1957*

I primi a sperimentare questi nuovi propulsori sull'elicottero furono gli inglesi della Westland; già nel 1957, su un Sikorsky S.58 da loro fabbricato, i tecnici britannici rimpiazzarono l'originale motore stellare con una turbina Napier Gazelle, dalla potenza confrontabile: circa 1.100 CV.

Da subito, il turbomotore si rivelò adatto all'elicottero; era leggero e potente e non decadeva in prestazioni con l'aumentare della quota di volo.

I primi velivoli ad ala rotante a beneficiare di questi nuovi propulsori a turboalbero furono gli Whirlwind, sempre della Westland, che migliorarono di molto le loro prestazioni sia in velocità, sia in termini di quota a cui potevano operare.

Addirittura, su questo elicottero britannico, in realtà un Sikorsky S.55 americano prodotto su licenza, fu installata una coppia di turbine più piccole della Pratt & Whitney: due PT6T, che resero ancora più affidabile quella macchina, tanto è vero che continuò ad essere prodotta in grande quantità fino al 1968.



Anche gli americani decisero di installare i nuovi propulsori a turbina sui loro elicotteri; per primi lo fecero i tecnici della Bell, montando delle piccole turbine Lycoming da 700 CV sui loro intramontabili 204 e 205, proprio quelli che abbiamo visto mille volte nei filmati della guerra del Vietnam.

Di identici propulsori furono dotati anche i successivi Bell 212 ed

*elicottero americano Bell 205, dotato di propulsore a turboshaft – 1958*  
ancora i più minuti 206 Jetranger, diffusissimi anche in Europa.

E sempre in quegli anni, fu installato un piccolo turboshaft anche sull'elicottero costruito nel maggior numero di esemplari in assoluto negli Stati Uniti; si tratta dello Hughes 369 OH-6 *Cayuse*, un quadripala veloce ed agilissimo, vincitore del concorso per elicottero leggero *tuttofare* indetto dall'esercito americano.

Nemmeno i francesi trascurarono le possibilità offerte dalla turbina installata sull'elicottero; anzi, proprio loro avevano in casa uno dei principali produttori di questo tipo di motore, nella sua forma più compatta ed efficiente: la Turboméca; anche la tedesca Messerschmitt-Bölkow-Blohm adottò la turbina per il suo efficientissimo MBB Bo 105.



*Hughes 369 OH-6 Cayuse, dotato di turboshaft – 1959*

Dal mondo dell'ala rotante con turboshaft, non rimasero esclusi nemmeno i russi; dopo i primi elicotteri sovietici, sostanzialmente delle brutte copie dei Sikorsky americani, già il Mil Mi-2, del 1963, montava due turbine da 600 CV ciascuna; fu un elicottero dalla lunga e serena vita operativa, costruito anche in Polonia a beneficio di tutte le aviazioni degli altri paesi del blocco orientale.



*elicottero sovietico Mi-8, dotato di propulsori turboshaft – 1961*

Sempre dallo studio di progettazione di Michail Mil, seguì il modello più grande Mi-8, capace di trasportare 25 passeggeri.

Ma, per molti anni l'elicottero più grande in assoluto, col suo enorme rotore pentapala di 35 metri di diametro, fu il Mil Mi-6 *Hook*; questo gigantesco elicottero, volò già nel 1957, azionato da dei propulsori a pistoni; successivamente, però, anche lui fu motorizzato con due potenti turboalberi da 5.500 CV ciascuno.



*elicottero sovietico Mil Mi-6, per anni il più grande del mondo, dotato anche di propulsori turboshaft – 1957*

Da questo elicottero, dalla proverbiale longevità, fu derivata una versione specifica per il sollevamento di carichi pesanti, che condivideva propulsori, rotori e numerose parti strutturali con il Mi-6; Mi-10 si

chiamava questa gru volante *made in Russia* ed era capace di sollevare ben 20 tonnellate di materiali.



*gru volante sovietica Mil Mi-10, – 1963*

*Ma un ricordo personale mi è rimasto di questa coppia di elicotteri sovietici; una mattina di metà anni settanta, in Agusta si diffuse la notizia che era arrivato a Cascina Costa un gigantesco master, il blocco in acciaio lavorato a macchina a cui sono collegate le pale del rotore di un elicottero; avrebbe dovuto essere revisionato in azienda, ma per tutti noi quel manufatto era un oggetto totalmente sconosciuto.*

*Infatti, era stato spedito per errore dall'Egitto,*

*assieme ad altri elementi di elicotteri Bell che erano invece di competenza Agusta; aperta la cassa e verificato il contenuto, si notificò subito agli egiziani l'errata spedizione, confermando loro che il giorno successivo, l'enorme master, probabilmente appartenente ad un Mi-6 o di un Mi-10, sarebbe ripartito per il Cairo.*

*Però c'era un'intera giornata per visionare quel grosso manufatto della concorrenza sovietica e ci fu una vera e propria processione da parte dei giovani ingegneri dell'Agusta per esaminarlo per bene; io ero con loro e ricordo i commenti dei colleghi in quella circostanza; sentivo molti che criticavano quell'enorme componente, lo denigravano perché sembrava un prodotto un po' grezzo, quasi approssimativo in confronto ai master di casa nostra, così ben rifiniti e magari perfino eleganti.*

*Però, personalmente, non mi sentii di criticarlo più di tanto quel master della Mil ... sì, non era certo un manufatto ricercato, ma mi sembrava che fosse comunque un prodotto onesto, progettato per svolgere semplicemente il proprio dovere e nulla più ... non aveva un fronzolo aggiunto, non una lucidatura inutile.*

*Non dobbiamo stupirci: negli anni settanta, l'Europa d'oltre cortina era proprio un altro mondo rispetto all'Occidente; quando la visitai nel 1977, mi accorsi che il cioccolato era piuttosto raro ed era avvolto in pacchetti di uno squallido color marroncino, le sigarette te le vendevano sciolte o dentro scatoline flosce di un tristissimo azzurro pallido con scritte in blu opaco; inevitabilmente, anche gli elicotteri non lasciavano nulla, ma proprio nulla al superfluo, figuriamoci all'eleganza.*

Ma, da qualche decennio ormai, il più grande di tutti gli elicotteri al mondo era il Mil Mi-12, dalla configurazione alquanto inusuale ... si potrebbe definire un *elicottero alato*, in quanto presentava due corte semiali controventate, che portavano ciascuna all'estremità una coppia di turboshaft Soloviev dalla notevole potenza: 4.800 CV ogni singola turbina.



*elicottero sovietico Mil Mi-12, attualmente il più grande del mondo, dotato di due rotori, propulsi con 4 turboshaft – 1968*

Il corpo del Mi-12 era una vera e propria fusoliera, come quella di un aeroplano, capace di contenere più di 50 persone, completa di impennaggio verticale ed orizzontale.

Ma l'aspetto più sorprendente di questo gigantesco elicottero era rappresentato dai rotori pentapala di 35 metri di diametro, che erano gli stessi del Mi-6, ma in coppia e collocati lateralmente, alle estremità delle due semiali, in una configurazione inusuale negli anni sessanta, ma non del tutto nuova.



*elicottero tedesco Focke-Achgelis Fa 61 - 1937*

Ma sì! Col Mi-12 si ebbe l'impressione di un imprevisto ed imprevedibile ritorno al passato ... in fin dei conti, quella del Mi-12 non era l'architettura adottata dal Prof. Heinrich Focke per il suo F.61, nel 1937?

Dopo trent'anni, il ritornare a quella stessa configurazione per un elicottero dalle grandi, grandissime dimensioni, sembrava una conferma della bontà dell'intuizione di Focke, che forse era davvero un genio, non diversamente da Igor Sikorsky.

## Maturità dell'elicottero e suoi sviluppi negli anni di fine secolo

Con gli anni ottanta del secolo scorso, l'elicottero compiva i suoi primi trent'anni di vita dal momento in cui era uscito dalla fase sperimentale ed era diventato una macchina destinata ad una larga diffusione.

Ad osservarlo anche nelle sue forme generali, l'elicottero di quegli anni non era, poi, così diverso dal primo VS-300 di Sikorsky; non era stata la stessa cosa per l'aeroplano: tra un Fokker ed un Avro degli anni dieci del 'novecento ed un MiG od un Sabre a reazione di trent'anni dopo c'era proprio un abisso!

Ancora una volta, questo conferma che, mentre l'aeroplano era stato ideato e realizzato da appassionati sperimentatori, quasi dei dilettanti, l'elicottero era figlio di talentuosi tecnici aeronautici, geniali finché si vuole, ma già dotati di una preziosa esperienza nel campo del volo; Heinrich Focke, Igor Sikorsky ed anche Juan De La Cierva erano uomini così ed erano stati supportati, oltretutto, da industrie consolidate, come la Focke-Wulf, La Vought, l'Avro Aeronautics.



master di un rotore articolato bipala – Bell 205

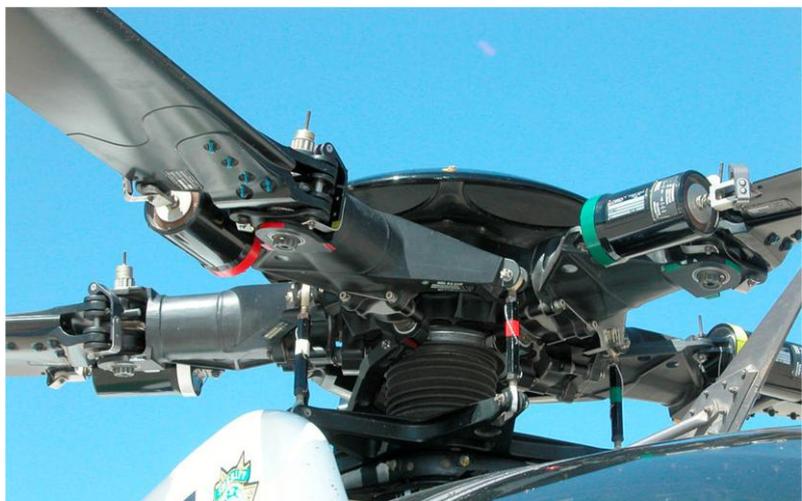
Trattandosi di una macchina così complessa, non poteva essere diversamente e meno male che fu davvero così, perché, col tempo, uno dopo l'altro, emersero i problemi veri dell'elicottero, quelli che non avrebbero potuto manifestarsi prima di averlo costruito e fatto volare veramente.

I limiti autentici, quelli che si presentarono proprio in quegli anni, furono i problemi legati alle vibrazioni ed alla fatica dei materiali e soltanto industrie *strutturate* avrebbero avuto la possibilità di studiarli, di analizzarli e di

risolverli.

Ricordiamoci che l'elicottero è una macchina in cui una parte consistente è composta da ingranaggi, alberi di trasmissione, pale, oggetti che ruotano a centinaia di giri/minuto, ... il rotore, in genere, si muove intorno ai 300; ovviamente, la componentistica di un elicottero è fortemente sollecitata da cicli continui e ripetuti milioni di volte, nella sua vita operativa.

Quanta sperimentazione, quanta pazienza e quanta fatica! Eppure, sugli elicotteri di oggi, si è arrivati ad avere alcuni componenti meccanici che possiedono una *vita a fatica infinita*, ma non tutti, purtroppo; alcuni elementi devono essere sostituiti secondo tempistiche rigorose, ma si tratta pur sempre di cicli di vita ben definiti, affidabili e



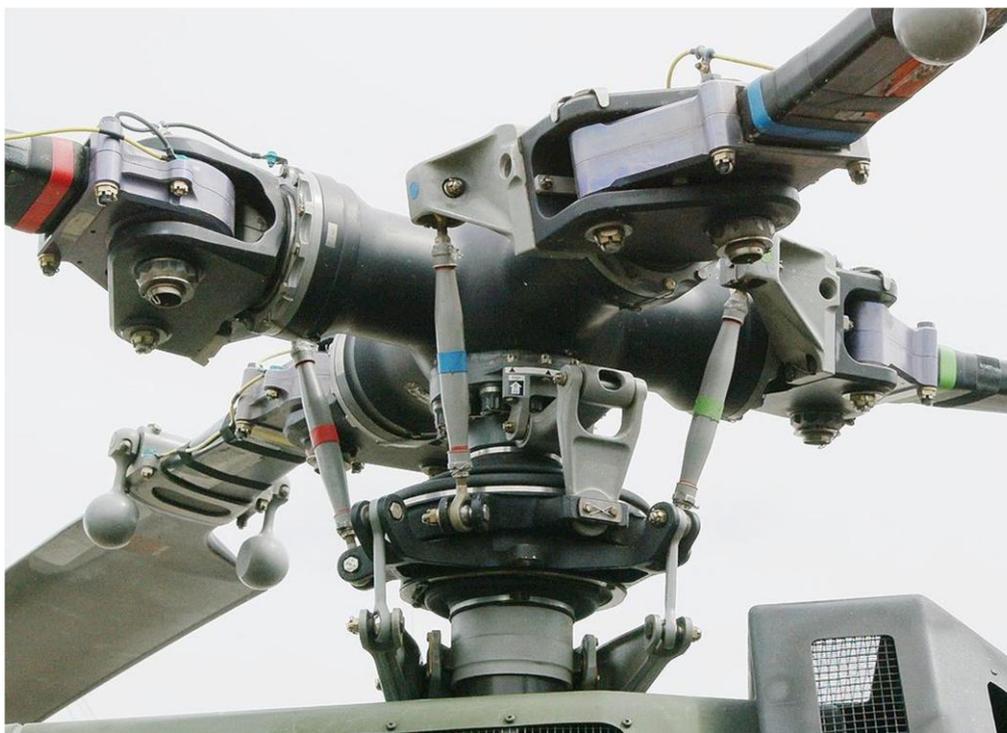
master di un rotore articolato quadripala – Hughes OH-6 Cayuse

codificati; ad esempio, il famoso *master*, che regge le pale, ha una vita operativa di alcune centinaia di ore solamente; poi deve essere buttato via ... e piange il cuore a farlo, perché costa decine di migliaia di Euro e, a guardarlo, sembra nuovo!

Ma, proprio negli anni della sua maturità, c'erano ancora prestazioni che si volevano migliorare sull'elicottero, a cominciare dalla sua non eccezionale velocità; però, bisognava tener conto che era pur sempre necessario tenersi lontani dalla velocità del suono, con i suoi effetti disastrosi, ... ma dove? All'estremità delle pale, naturalmente!

Perché proprio all'estremità delle pale? Perché quella è la parte dell'elicottero che si muove più velocemente nell'aria; infatti, è proprio sulla punta estrema della pala avanzante che si assommano la velocità massima dovuta alla rotazione del rotore con quella di traslazione dell'aeromobile.

Per migliorare le prestazioni dell'elicottero, a inizio anni ottanta, negli Stati Uniti si iniziarono a sperimentare i cosiddetti *rotori rigidi*, in contrapposizione a quelli *articolati*, universalmente utilizzati fino a quel momento sui velivoli ad ala rotante; gli articolati erano i rotori introdotti, da subito o quasi, sugli autogiri più evoluti, estesi poi agli elicotteri con risultati eccellenti, a cominciare dal capostipite VS-300 di Igor Sikorsky.



*rotore rigido - MBB Bo 105 notare l'incastro fra mozzo del master e radice delle pale*

Nel caso del rotore rigido, il collegamento fra il mozzo del rotore e la radice delle pale avveniva ad incastro, in modo rigido appunto, mentre alla pala, incernierata a valle dell'incastro, era lasciata la sola possibilità di variare la sua inclinazione rispetto al proprio asse.

A fronte di sollecitazioni meccaniche ben più gravose sui componenti del master dell'elicottero col rotore rigido, si aveva un'immediata risposta della macchina ai comandi del pilota; già sui primi modelli sperimentali di elicotteri con rotore rigido, potevano essere eseguite addirittura delle evoluzioni acrobatiche.

La stessa cosa non sarebbe stata possibile per un elicottero col tradizionale rotore articolato ... troppo progressiva la risposta dell'elicottero ai movimenti delle cloche.



elicottero sperimentale a rotore rigido Lockheed XH-51A - 1963

Fu l'azienda americana Lockheed a sperimentare per prima questa tecnologia costruttiva sul suo incredibile XH-51A, unico elicottero, all'epoca, capace di compiere il *loop* acrobatico, cioè il *giro della morte* nell'aria, oltre che a volare alla bella velocità di 400 km/ora, come un aereo da caccia degli anni trenta.

La novità non lasciò disinteressati i comandi delle Forze Armate a stelle e strisce; i generali americani avevano sempre inteso l'elicottero come uno strumento di supporto alle forze

combattenti, ma ora un elicottero con caratteristiche del genere avrebbe potuto diventare esso stesso un'arma, uno strumento diretto d'attacco, ruolo lasciato da sempre agli aeromobili ad ala fissa.

Infatti, con i motori a turbina, con il rotore rigido, con un eventuale turbogetto aggiuntivo per dare un po' di *spinta* in più e con una piccola velatura per aumentare la portanza in volo orizzontale, era arrivato davvero il momento di pensare ad un elicottero da attacco.

Le Forze Armate degli U.S.A. emisero un bando in tal senso, ma, inizialmente, le case elicotteristiche tradizionali non risposero; invece, si fece avanti la Lockheed, la quale da tempo sperimentava il suo XH-51A e, da esso, aveva derivato un elicottero da combattimento; quella macchina rivoluzionaria si chiamava AH-56 *Cheyenne*.



elicottero da combattimento americano a rotore rigido Lockheed AH-56 Cheyenne - 1977

L'elicottero della Lockheed volò per la prima volta a fine anni settanta ed aveva un motore a turbina da ben 3.500 CV di potenza, che azionava un rotore rigido quadripala con un piccolo rotore anticoppia in coda.

Per minimizzare la resistenza aerodinamica, la cabina dello Cheyenne era biposto, ma in tandem (cioè con un aviatore seduto dietro l'altro) e l'elicottero volava all'incirca a 400 km/ora; di fianco alla fusoliera comparivano due piccole semiali lunghe 4 metri ciascuna; oltre che a collaborare alla portanza dell'elicottero, esse servivano per agganciare il carico offensivo, composto da bombe e razzi.

Infine, l'AH-56 si posava su di un carrello biciclo completo di ruotino di coda e tutto l'assieme era completamente retrattile.

Nonostante le premesse esaltanti, lo Cheyenne si dimostrò deludente ... troppi problemi tecnici legati ai suoi componenti di tipo elicotteristico, a dimostrazione che gli oltre trent'anni di esperienza sulle trasmissioni e sulle pale di Sikorsky e Bell, non erano proprio acqua fresca, con buona pace dei pur valentissimi progettisti della Lockheed.



*elicottero da combattimento americano a rotore rigido Bell AH-1 Heycobra - 1977*

Così, all'AH-56 Cheyenne L'U.S. Army preferì il suo concorrente AH-1, con cui, nel frattempo, la Bell aveva



*elicottero MBB Bo 105 sulla coperta di una portaerei U.S.A. - 2002*

partecipato al bando; Heycobra si chiamava l'elicottero d'attacco proposto dall'azienda di Fort Worth e riprendeva abbastanza da vicino le linee generali dell'elicottero Lockheed, con tanto di rotore rigido.

Ma questo della Bell era pur sempre un bipala come da tradizione dell'industria texana e sfruttava la componentistica e le trasmissioni dell'affidabilissimo Bell 204.

Tuttavia, anche in Europa ci fu chi

pensava al rotore rigido; fra i primi a realizzarlo furono quelli della Messerschmitt-Bölkow-Blohm sul loro Bo 105; i tedeschi non possedevano più un'industria aeronautica d'avanguardia, ma non avevano perso l'abitudine di lavorare bene e con intelligenza, su tutte le macchine che fabbricavano.

Risultò talmente efficiente e ben fatto il rotore rigido della Bölkow, che il Bo 105 fu un grosso successo commerciale per la Germania, specialmente nella versione eliambulanza; ma anche in applicazioni militari il Bo 105 fu un clamoroso successo, al punto che venne scelto come elicottero imbarcato sulle proprie navi addirittura dalla marina degli Stati Uniti, nonostante la U.S. Navy avesse a disposizione l'offerta più vasta possibile da parte dell'industria elicotteristica numero uno al mondo, quella di casa.

Anche gli inglesi si interessarono al rotore rigido, con il loro biturbina militare Westland Lynx, impiegato anch'esso largamente sulle navi, ma quelle di Sua Maestà Britannica, questa volta.



*elicottero inglese Westland Lynx a punto fisso sopra una portaerei britannica – anni 70*

Ma ancora di più! In quegli anni ottanta, nacquero i rotori semirigidi, in cui, tra mozzo e radici delle pale vennero frapposte delle cerniere elastiche di flappeggio, solitamente realizzate in materiale elastomerico; e poi, sempre in quegli anni, cominciarono ad apparire componenti del rotore e delle pale fabbricati in titanio.

La creazione dell'elicottero da attacco, inizialmente da parte dell'industria americana, a cui seguirono



*A 109 – particolare dell'estremità della pala smussata a 45°*

quella sovietica e quella europea, in pratica, aveva conseguito il limite di velocità massima raggiungibile da un elicottero.

Andare oltre diventava impossibile; come già anticipato, il problema era rappresentato dal pericolo di avvicinarsi troppo alla velocità del suono all'estremità della pala avanzante del rotore.

Sappiamo che effetto fa muoversi alla velocità del suono e questo non cambia se la si raggiunge su di un aeroplano o in cima alla pala di un elicottero; anche qui gli effetti

possono diventare distruttivi.

Per allontanare l'effetto della velocità del suono, si prese l'abitudine di smussare i terminali delle pale, con lo stesso spirito e con lo stesso scopo con cui si adottarono le prime ali a freccia negli anni quaranta; ne è un esempio il nostro Agusta A 109, da quasi 300 km/ora, che presenta le sue quattro pale smussate a 45° all'estremità, oltre che evidenziate con un bel giallo brillante per renderle più visibili a chi si trova a terra accanto all'elicottero.



*elicottero Agusta A 109 – notare i terminali delle pale smussati a 45° e verniciati di giallo*

Per concludere l'argomento dedicato agli aeromobili ad ala rotante è simpatico sottolineare che, quando gli aspetti tecnici fondamentali di un prodotto industriale sono stati affrontati e le problematiche essenziali sono state risolte, un buon progettista si pone come obiettivo quello di migliorare le sue creature anche nelle caratteristiche, *apparentemente*, meno importanti.

Sono solo *apparentemente* meno importanti, perché coinvolgono sempre aspetti di ergonomia generale che hanno ripercussioni dirette sui viaggiatori trasportati, ma non solo su di loro; non si deve pensare solo alla

sicurezza delle persone che sono in volo, ma anche alle altre che gravitano attorno ad un elicottero o ad un aeroplano, nel momento in cui esso è a terra, fermo o magari in movimento.



*Fenestron sull'elicottero Gazelle - 1968*

Ma i francesi fecero ancora di più ed ebbero un'idea geniale! Inventarono il *fenestron*, presente sui loro elicotteri Gazelle ed altri; il rotore controcoppia

In proposito, un esempio significativo ce lo offrono i francesi della Sud-Ouest Aviation, intervenendo su di un oggetto che in passato fu spesso causa di inconvenienti alle persone che si muovono attorno ad un elicottero in moto, ma ancora a terra; si tratta del rotore di coda, che è praticamente invisibile quando è in rapida rotazione e per questo motivo, quasi sempre le estremità delle sue pale sono verniciate di giallo per disegnare nell'aria un cerchio ben riconoscibile per chi si avvicina a quella piccola, pericolosa ventola.



*Fenestron sull' Eurocopter, derivato dal tedesco Bo 105 - 1995*

di coda prese la forma di ventola multipala, venne incassato all'interno della deriva dell'elicottero e più difficilmente poteva trascinare dentro il suo disco oggetti svolazzanti come carte, fazzoletti, strofinacci, cravatte e, purtroppo, mani di manutentori disattenti.

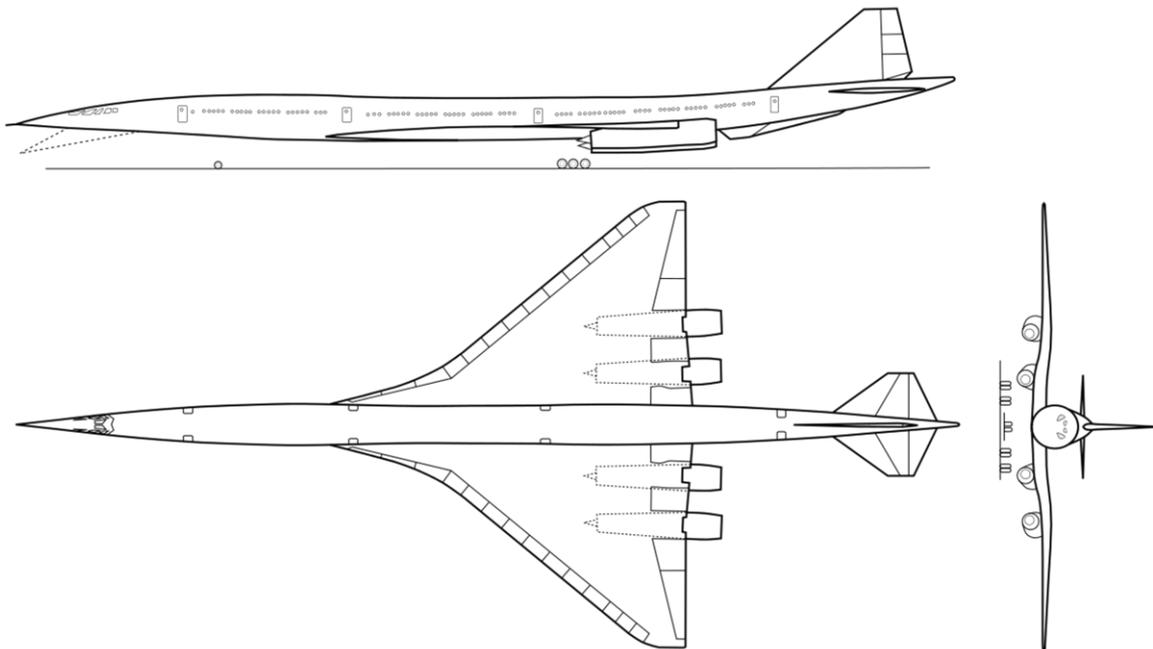
## Il trasporto aereo dal 1970

### *Il supersonico civile*

Nel corso degli anni sessanta, gli esperti di aviazione civile, negli U.S.A., in Inghilterra, in Francia e nell'Unione Sovietica erano tutti convinti che il futuro degli aerei passeggeri sarebbe stato *supersonico*!

Per primo, un faraonico programma fu varato negli Stati Uniti; il progetto fu denominato SST, cioè Super Sonic Transport e vi parteciparono tutte le più importanti società di costruzioni aeronautiche nord-americane.

La Lockheed e la Boeing presentarono i loro progetti per un aereo passeggeri da 3.000 km/ora di velocità; il progetto vincente risultò il Boeing 2707, ma i costi di produzione e quelli previsti di manutenzione si paventarono così elevati che, nel 1971, il Senato degli Stati Uniti votò contro il finanziamento di un airliner bi-trisonico dalla dubbia futura utilità.



*schizzo a tre viste del Boeing 2707, aereo da trasporto passeggeri vincitore del concorso S.S.T. - U.S.A. 1961*

Invece, nel 1961 furono i francesi a presentare un progetto concreto per un aereo passeggeri supersonico, allorquando fecero conoscere al mondo il loro *Super-Caravelle*, che già allora anticipava linee avveniristiche, con l'ala a delta molto pronunciata e la fusoliera affilatissima.

In quegli stessi anni, la Dassault aveva già accumulato esperienza di volo supersonico, dal momento che produceva due gioielli bisonici come il caccia Mirage III ed il bombardiere nucleare Mirage IV, entrambi con velatura a delta.

Ma anche i britannici conoscevano bene quelle tematiche e da poco era nata la B.A.C., cioè la British Aircraft Corporation, che riuniva in un'unica entità le numerose industrie inglesi dell'aeroplano, aziende storiche, che vantavano le più preziose esperienze nel campo aeronautico.

Il momento era quello giusto per dare inizio al progetto dell'aereo passeggeri supersonico britannico e, con questo intento, nel 1960 gli inglesi produssero l'FD-2, o Fairey Delta 2, un aereo laboratorio, prototipo del loro futuro aereo civile supersonico; oltre all'ormai consolidata ala a delta, ideale per il volo stabile a Mach 2, questa macchina inglobava un'altra particolarità interessante: la prua appuntita, abbassabile a comando, per migliorare la visibilità dei piloti in fase di decollo e d'atterraggio.



*aereo inglese FD-2, laboratorio per lo studio dell'airliner supersonico britannico - 1960*

E, come sempre, gli inglesi seppero organizzarsi bene, creando il comitato nazionale STAC, cioè Supersonic Transport Advisory Committee, per lo sviluppo del loro aereo passeggeri da Mach 2 e più.

Quelli dello STAC prestarono particolare attenzione anche agli aspetti correlati a questo nuovo modo di volare, anzi, di far volare i loro passeggeri nel mondo supersonico e, precisamente, studiarono le infrastrutture aeroportuali adeguate a gestire un airliner bisonico; approfondirono gli argomenti legati all'inquinamento, al rumore, con particolare riferimento agli effetti del boato e dell'onda d'urto prodotta nel passaggio dal volo subsonico a quello supersonico e viceversa.

Sulla base delle indicazioni del comitato STAC, nacque l'aeroplano sperimentale HP-115, o Handley Page 115, allo scopo di provare in volo le nuove soluzioni architettoniche da impiantare sul futuro bisonico passeggeri inglese.

Queste nuove soluzioni tecniche non erano affatto banali; in particolare, si volevano individuare i profili alari della velatura ogivale a delta, che fossero i più adatti anche alle basse velocità, dal momento che i britannici, come anche i francesi per il loro Super-Caravelle, avevano deciso di non ricorrere ad un'ala a geometria variabile.

Quando, nel 1962, il prototipo dell'HP-115 fu ultimato, ci si accorse che le sue caratteristiche, ma anche la sua forma esteriore, erano molto simili a quelle del Super-Caravelle, l'airliner supersonico che i francesi avevano sviluppato, nel frattempo.



*aereo sperimentale inglese HP-115 - 1962*

Oltretutto, dagli uni e dagli altri era stata condivisa anche la soluzione della propulsione con soli quattro turboreattori, giudicata la più adatta ad affrontare il *bang* sonico.

Di fronte alla volontà comune di

proseguire con un progetto che si stava rivelando ogni giorno più costoso ed impegnativo, francesi ed inglesi decisero di mettere assieme le loro risorse ed esperienze e, nel giugno del 1962, dettero vita al programma comune per lo sviluppo del loro aereo passeggeri supersonico; gli dettero il nome benaugurante di *Concorde*, con la *e* finale, alla francese, cosa che gli inglesi accettarono non senza qualche malumore.

Ma i britannici furono molto lieti che i propulsori scelti per il Concorde fossero i loro Rolls Royce Olympus da 17.000 kg/spinta con il postbruciatore attivato.

Francesi ed inglesi lavoravano assiduamente fianco a fianco, mentre gli altri europei e gli americani li stavano a guardare, chi con ammirazione ... gli europei, chi con preoccupazione ... gli americani; in particolare era l'industria aeronautica statunitense ad essere agitata.

Il progetto SST del trasporto passeggeri supersonico *a stelle e strisce* era ancora attivo negli anni sessanta, ma stentava ad avanzare, mentre gli industriali temevano per i loro ordinativi di quadrigetti subsonici, se il Concorde si fosse dimostrato un successo concreto.

Anche le compagnie americane erano in apprensione; temevano che il Concorde potesse riproporre la crisi di dieci anni prima, quando i loro ottimi quadrimotori a pistoni diventarono obsoleti da un giorno con l'altro, all'apparire del Boeing 707 e del Douglas DC-8; le grandi compagnie aeree sapevano che avrebbero dovuto affrontare nuovamente dei problemi non da poco, se il Concorde avesse messo in discussione i quadrigetti subsonici.

E fu in questa atmosfera che, nel 1965, arrivò la notizia più inaspettata: da tempo, l'Unione Sovietica stava lavorando al suo quadrigetto passeggeri da Mach 2 e proprio in quel momento lo presentò al mondo! Si chiamava Tupolev Tu-144.

Qualche anno prima, era stato l'anziano Andreij Tupolev e la sua squadra di progettisti ad essere incaricati dello sviluppo del supersonico per l'Aeroflot e per le altre compagnie aeree del mondo est-europeo.



*aereo da trasporto passeggeri bisonico russo Tupolev Tu-144 - 1965*

Come i progettisti anglo-francesi, anche Tupolev optò per 4 potenti reattori, optò anche per una prua abbassabile e per un'ala a delta, con una freccia ancora più pronunciata di quella del Concorde; ma, in ogni

caso, nelle linee generali ed anche nella forma esteriore, Tu-144 e Concorde si assomigliavano davvero tanto.

L'aereo di Tupolev era un po' più grande e portava 121 passeggeri; inoltre, il programma sovietico era in leggero anticipo su quello anglo-francese ed il Tu-144 volò il 31 dicembre 1968, giusto giusto per rimanere nell'anno, come da programma; quindi, il Tupolev fu il primo aeroplano da trasporto passeggeri supersonico a volare, in assoluto.

Pochi mesi dopo, nel giugno del '69, a 11.000 metri di quota, il Tu-144 superò la velocità del suono e l'anno successivo raggiunse Mach 2, cioè il doppio di quel fatidico 1.237 Km/ora e volò stabilmente in quella condizione.

Nel frattempo, però, gli anglo-francesi del consorzio Concorde seguivano con attenzione gli eventi in Unione Sovietica ed erano anche un po' preoccupati; non lo erano per timore della concorrenza russa, ma erano preoccupati perché vedevano i costi del loro airliner bisonico lievitare paurosamente e, ciò che è ancora peggio, le compagnie aeree, Air France e British Airways comprese, non si fidavano ancora a passare ordini ed opzioni.

Ci si lamentava della scarsa autonomia del Concorde e a questa critica i progettisti rimediarono ingrandendo i serbatoi del carburante, ma riducendo nel contempo il numero dei passeggeri trasportabili, mentre paesi come la Svezia e la Svizzera vietarono il sorvolo del loro territorio da parte di airliner supersonici, adducendo presunti pericoli, rumori ed inquinamenti ... insomma, per il Concorde, si era fatta un'atmosfera non proprio simpatica.

Ma, a sorpresa, arrivò lo sblocco! La gigantesca Pan American espresse le prime opzioni per il supersonico franco-inglese, seguita poi da altre compagnie, per un totale di ben 74 prenotazioni; meno male, dato che i costi erano arrivati a quasi 20 milioni di sterline per ogni singolo apparecchio.



*aereo da trasporto passeggeri bisonico franco-inglese Concorde, con i colori dell'Air France - 1970*

Ma gli avvenimenti incalzavano: nel marzo del 1969, il Concorde 001, il prototipo francese, fece il suo primo volo a Tolosa; nell'aprile, a Filton, lo seguì il prototipo britannico 002 e poi, per un paio d'anni, modelli di pre-serie volarono ripetutamente, superarono con successo la barriera del suono, trasportarono anche

eminenti personalità politiche parigine in giro per il mondo; più che reali voli di test, quelle esibizioni erano propagandistiche promozioni della *grandeur* francese.

Questi fatti dimostravano la volontà assoluta dei nostri vicini d'oltralpe di proseguire il loro programma a qualunque costo, mentre il governo laburista di sua Maestà britannica non nascondeva le proprie perplessità e si domandava se fosse opportuno insistere su di un progetto che diventava ogni giorno più costoso; a confermare i più scettici nelle loro convinzioni, proprio in quei mesi si diffuse la notizia dell'abbandono dell'analogo programma americano SST, giusto per problemi di costi.

Intanto però, nel giugno del '71 a Le Bourgét, dove si teneva il Salone dell'Aeronautica più importante al mondo, si trovarono uno accanto all'altro e all'altro ancora i due Concorde inglese e francese ed il Tupolev russo.

Da vicino, il supersonico sovietico si presentava ancora un po' grezzo, quasi abbozzato, specialmente nella strumentazione di bordo, come se la sua messa a punto fosse stata un po' affrettata; non volò a Parigi in quel 1971, ma il Tu-144 l'avrebbe fatto due anni dopo, sempre a Le Bourgét ... e fu la tragedia!



*un Concorde britannico, durante un volo di test che ne evidenzia le linee pulitissime - 1971*

Però, c'era stato il 1972 fra i due saloni parigini e l'anno era cominciato bene per il Concorde, con due opzioni del tutto inattese, da parte del governo della Cina Popolare; fu un fatto politicamente importante ed un duro colpo per i sovietici che, verosimilmente a causa della rottura *ideologica* fra Mosca e Pechino, vedevano allontanarsi il mercato più promettente al mondo per i loro aeroplani, quello cinese, col suo miliardo e più di potenziali utenti.

Ma, se era cominciato bene, quell'anno 1972 si chiuse proprio male per il consorzio franco-inglese: in ottobre, Pan American e TWA ritirarono tutte le loro opzioni sul Concorde! Che cosa era accaduto? Il fatto

spiacevole si era verificato su pressione di un'opinione pubblica nord-americana abilmente pilotata dai media e dagli industriali d'oltreoceano; era una manovra volta a contrastare l'ingresso in U.S.A. degli aerei passeggeri supersonici ... specialmente se non erano statunitensi.

Nell'anno successivo, come Pan American e TWA, le altre compagnie di navigazione aerea rinunciarono all'airliner supersonico; solo Air France e British Airways rimasero in attesa di ricevere i loro Concorde: una ventina in tutto.

Alla fine, ciliegina sul gelato, nel settembre 1973, arrivò la crisi petrolifera a far schizzare verso l'alto i prezzi dei carburanti e a creare nella gente comune una coscienza ecologica, esperienza nuova, sconosciuta alla massa, in particolare agli europei, che erano tutti tesi alla conquista della loro prima automobile ed al conseguimento di un po' di benessere.

Ed invece, con le macchine di serie, il Concorde si stava dimostrando cresciuto e maturato anche sotto l'aspetto del rumore e dell'inquinamento.



*Concorde britannico durante un atterraggio – anni 80 notare il muso abbassato per migliorare la visibilità dei piloti*

A provarlo sta il fatto che, mentre il Concorde effettuava voli regolari in Alaska, in Asia ed in Sud-America, il Climatic Impact Assessment Program, vale a dire l'ente statunitense di sorveglianza sull'inquinamento



*Tu-144, il giorno precedente all'incidente di Le Bourgé, – maggio 1973 notare i due baffetti anteriori che rendono l'aereo tipo Canard*

dell'aria, lo assolse pienamente di fronte alle accuse di essere un inquinatore, e questo già nel corso di quella campagna diffamatoria che gli avevano intentato contro le industrie statunitensi dell'aeroplano.

Probabilmente, i costruttori americani, proprio loro producevano aeroplani più inquinanti e più rumorosi dell'elegantissimo bisonico anglo-francese, ma ciò dimostra una volta di più quale incredibile forza pervasiva e manipolatrice abbia il Quarto Potere, quello della stampa e

dell'informazione!

E si arrivò così ai fatti drammatici del 3 giugno 1973, a Parigi, anzi nuovamente a Le Bourgét, al salone internazionale dell'Aeronautica; volarono subito i due Concorde e poi fu la volta del Tupolev Tu-144.

La gente rimase col fiato sospeso ad assistere ad evoluzioni quasi acrobatiche, manovre certamente azzardate per un grosso aereo da trasporto passeggeri; nel corso di una richiamata mozzafiato, probabilmente la struttura del Tu-144 non resse ed il Tupolev esplose in volo!

Però l'equipaggio e persero la vita anche alcuni abitanti di un villaggio vicino, le cui case furono investite da frammenti dell'aereo disintegrato.

Ma, nonostante quella tragedia, L'U.R.S.S. non si arrese; fece progredire il suo supersonico passeggeri e lo ripresentò, questa volta con successo, a Le Bourgét nel 1975; il Tu-144 diventò un aereo dell'Aeroflot come tutti gli altri e la compagnia di linea sovietica ne allineava una trentina in quel periodo.

Negli anni successivi, anche i venti Concorde fecero onestamente il loro lavoro e, salvo un incidente all'aeroporto di Parigi, non fecero più notizia sui giornali, cosa sempre molto auspicabile quando si parla di aeroplani.



*fotogrammi dell'incidente occorso ad un Concorde dell'Air France, all'aeroporto di Parigi – maggio 2000*

Questa è la storia del trasporto passeggeri supersonico; per ora sembra una storia finita, ma avrà un'evoluzione ed un nuovo futuro, prima o poi? Chi lo può sapere?

### ***Long-bodies***

Ma negli anni settanta, non c'erano solo aerei civili che volevano volare più velocemente per far arrivare prima a destinazione i propri passeggeri; ce n'erano anche altri che, ad una tranquilla velocità subsonica, volevano trasportare più persone, magari usando la stessa quantità di carburante e ridurre, così, il prezzo del biglietto aereo.

Erano quelli gli anni magici in cui si sviluppava moltissimo il turismo e, per le lunghe e medie distanze, l'aeroplano cominciava a diventare un mezzo di trasporto alternativo al treno per molta gente; la riduzione delle tariffe rappresentò davvero la molla decisiva per rendere popolare il viaggio aereo fra persone che non si muovevano solo per affari o per lavoro.

La crescente richiesta di voli metteva le compagnie di navigazione aerea davanti al dilemma: più aeroplani o più passeggeri su ogni aeroplano? Naturalmente, la risposta che le società si diedero fu: tutte e due le opportunità!

Per la seconda, i costruttori di aerei civili optarono inizialmente per la soluzione tecnicamente più semplice: allungare la cabina passeggeri dei loro aerei di linea per contenere più viaggiatori, dando così vita ai cosiddetti: *long-bodies*, cioè aerei a corpo lungo o a cabina lunga.

Boeing e Lockheed si erano già preparate a quest'eventualità; quando avevano progettato i loro 707 e DC-8, avevano previsto fusolieri modulari, facilmente estendibili in lunghezza.

La prima ad allungare la fusoliera dei propri airliner fu la Douglas; inserì due nuove sezioni di 6 metri prima e di 5 metri dopo l'incrocio ala-fusoliera del DC-8, fino a poter ospitare 250 passeggeri sulle rotte interne statunitensi.



*cabina passeggeri di classe turistica del Douglas DC-8, oltre la porta è la cabina di prima classe – anni 70*

Per i voli intercontinentali, oltre all'allungamento della cabina, il nuovo *fusoliera lunga* della Douglas subì anche l'aumento dell'apertura alare, con l'aggiunta di serbatoi nella parte più interna delle semiali ed un conseguente incremento dell'autonomia.



*Douglas DC-9 di Alitalia, dalla fusoliera allungata per le tratte ad elevata densità di passeggeri – anni 80*

Complessivamente, il Douglas DC-8 fu un grosso successo commerciale; in tutte le versioni, ne furono allestiti oltre 500, fino al 1972; ancora più eclatante fu il successo del suo diretto concorrente, il Boeing 707; anch'esso subì analoghi allungamenti ed estensioni alari e ne furono costruiti oltre 900 esemplari, fino al 1975.

## **Wide-bodies - Boeing 747**

Ma ancora più risolutiva e premonitrice di un grande futuro dell'aviazione civile, si dimostrò l'altra soluzione volta ad aumentare il numero dei posti disponibili all'interno di uno stesso aeroplano: la possibilità di rendere più larghe le fusoliere degli aeroplani passeggeri.

Per la verità, il capostipite di questa genia di aeroplani per trasporto civile, che definiamo oggi *wide-body* o a cabina larga, fu un aeroplano da trasporto militare, costruito in risposta ad una specifica U.S.A. per la produzione di un enorme aereo cargo per le forze armate degli Stati Uniti.

Al bando per un aeroplano capace di trasportare carri armati ed armamenti pesanti, risposero: Douglas, Boeing e Lockheed e le case motoristiche Pratt & Whitney e General Electric.

Si confermò vincitore il progetto della Lockheed, che aveva maturato già esperienza sui grandi aerei da trasporto militare con i C-130 Hercules, equipaggiato con 4 motori a turboelica e con i più recenti C-141 Starlifter, che montavano 4 motori a reazione.

Però, per il mastodontico C-5A Galaxy, come si sarebbe chiamato il nuovo gigantesco cargo, la Lockheed preferì un tipo diverso ancora di motore a reazione: il *turboventola* o turbofan e vi installò sopra 4 grandi unità della General Electric, da circa 20.000 kg/spinta in quota, ciascuno.



*uno dei primo Boeing 747 consegnati alla compagnia aerea Pan Am - 1972*

Fu un duro colpo per i competitori che avevano perduto la commessa, ma la Boeing trovò il modo di non sciupare gli investimenti profusi e le esperienze acquisite; progettò un nuovo quadrireattore per trasporto passeggeri con quella stessa fusoliera che avrebbe dovuto contenere carri armati, jeep e razzi.

A questo nuovo airliner la Boeing diede il nome di 747, sperando di rinnovare il successo del 707 e del 727, il suo trireattore che, nel frattempo, era arrivato sulle piste aeroportuali dell'America e dell'Europa.



*chiocciola che porta al bar al piano superiore*

Ed anche per il 747, la Boeing preferì la soluzione motoristica turbofan, rivolgendosi alla Pratt & Whitney, che, nel 1968, stava ultimando lo sviluppo di un nuovo propulsore di questo tipo e di grande potenza: il JT9D.

E già nel '66 il mastodonte civile della Boeing era pronto; si trattava di un aereo ad ala bassa, con velatura a freccia e cabina passeggeri su un solo ponte, ma con un'area sopraelevata, completa di bar raggiungibile dai passeggeri grazie ad una scala a chiocciola; 14 toilette erano a disposizione degli oltre trecento viaggiatori.

Il carrello era triciclo anteriore, su ben 16 ruote principali e due accoppiate alla gamba anteriore.

Alla sua apparizione, il nuovo Boeing era l'aereo di linea più grande del mondo; era lungo 70 metri, contro i 46 del precedente quadrigetto 707 e di esso riprendeva le forme generali, salvo la sezione della fusoliera decisamente più ampia; il 747 aveva un'apertura alare di circa 60 metri e ne misurava 19 in altezza, come un palazzo di 4 piani.

Date le sue dimensioni, il nuovo gigantesco Boeing venne subito soprannominato *Jumbo Jet*, nonostante le recriminazioni della Disney, che aveva coperto da brevetto il nome del simpatico elefantino superorecchiuto.

Ma, a dispetto di Topolino e compagni, tutto il mondo continuò a chiamare Jumbo il Boeing 747; e a ragione lo fece, dato che pesava 320 tonnellate e trasportava più di 350 persone, con solamente pochi assistenti di cabina, non più di tutti gli altri aerei di linea quadrigetto del tempo.

Praticamente, il Boeing 747 fu il primo airliner wide-body a solcare i cieli; altri lo seguirono: il Mc Donnell Douglas DC-10, il Lockheed L-1011, L'Airbus A-300 ed altri ancora e, fra di essi, un semiconosciuto gigante sovietico, l'Ilyushin Il-86 di qualche anno più giovane.



*quadrigetto da trasporto passeggeri wide-body sovietico Ilyushin Il-86 della Aeroflot – anni 70*

Con finalità diverse, il Boeing 747 si mise in concorrenza con il quasi contemporaneo Concorde; ma, alla fine, per la gente comune che cominciava in quegli anni a salire sull'aeroplano, fu proprio il tradizionale e subsonico Boeing ad avere più successo rispetto al sofisticatissimo bisonico anglo-francese.

Il 747 era preferito dalle compagnie aeree perché era più redditizio e sicuro; era preferito dalla maggior parte dei viaggiatori perché il biglietto aereo per volarci sopra costava meno.

Forse, ci indovinarono davvero gli americani quando, nel 1971, decisero di abbandonare il programma SST del loro airliner da 3.000 km/ora; certamente, ci indovinarono in termini di *R.O.A.*, Return on Assett, come dicono loro, o Ritorno sui Cespiti, come diciamo noi e si sa che gli statunitensi fanno sempre molta attenzione alla redditività.

Ma vediamo un po' più da vicino l'evoluzione del progetto Boeing: nel 1968, il prototipo del 747 uscì dalla fabbrica di Seattle e cominciarono a piovere le prime opzioni da parte delle immancabili TWA e Pan American, seguite da altre compagnie aeree fra le più importanti.

Il primo volo fu nel febbraio 1969 e già l'anno successivo, il 747 compì la sua prima trasvolata atlantica di linea, fra New York e Londra, con la livrea bianca e azzurra della Pan Am.

Mentre le società di navigazione aerea statunitensi già utilizzavano lo wide-body di Seattle, arrivarono gli ordini delle compagnie europee; la prima fu la Lufthansa, seguita dalla nostra Alitalia, ma furono i giapponesi della JAL, cioè della Japan Air Lines, i più importanti utilizzatori non americani del 747.



*uno dei turbofan Pratt & Whitney installati su un Boeing 747*

A questo punto, però, cominciarono i primi guai per i nuovi giganti della Boeing: si verificarono surriscaldamenti dei motori, incendi in volo provocati da perdite d'olio, rotture a fatica di componenti del turboventola JT9D e questi inconvenienti provocarono ritardi, cancellazioni di voli e rientri affrettati in aeroporto per motivi tecnici.

Tutto questo fece perdere fiducia agli utenti sul nuovo Jumbo e la situazione culminò

nel 1974, quando un Boeing 747 della Lufthansa si schiantò a Nairobi; è accertato che la causa della tragedia e degli altri frequenti inconvenienti, fosse da ricercare nel suo impianto propulsivo.

Non c'era da stupirsi! Negli ultimi decenni, per quanto laboriosa fosse la progettazione e la sperimentazione dei nuovi aeroplani, si era riscontrato che ancora più lunga era la gestazione dei moderni motori a reazione, compresa la paziente ed interminabile fase della messa a punto.

Sicuramente, la cellula del Boeing 747 era già idonea a fare il suo dovere, ma l'ottimizzazione del funzionamento del Pratt & Whitney JT9D non era ancora stata del tutto ultimata; insomma, il turbofan non era ancora pronto nel momento in cui gli si chiese di accompagnare dei passeggeri a spasso per il cielo.

Di qui la serie di inconvenienti; tuttavia, con il 1975, anche i problemi dei propulsori del 747 furono risolti ed il wide-body quadriturboventola di casa Boeing riconquistò lentamente il favore dei suoi utenti.

Anzi, seguirono altre versioni: il 747 per il trasporto merci ed uno strano 747 promiscuo: merci e passeggeri, voluto e utilizzato dalla Lufthansa; aveva un'enorme portellone anteriore nel muso della fusoliera, per fare spazio al passaggio di carichi ingombranti.



*un Boeing 747 in versione cargo, con il suo portellone a prua per il carico di merci ingombranti - anni 80*

Interessante anche una versione speciale del Boeing 747 fatta apposta per la Japan Air Lines, nel 1974; i nipponici la utilizzavano per le rotte a breve raggio, ma ad altissima densità, cosa molto frequente e comune fra le isole del loro arcipelago.



*uno dei Boeing 747 della JAL (Japan Air Lines) ad altissima densità di passeggeri - 1974*

In questa versione, si potevano sacrificare i serbatoi per far posto (ben inteso come sostituzione in peso) ad ulteriori posti a sedere, che raggiunsero nientemeno che la cifra di 498 unità! certo, i passeggeri

viaggiavano stipati come sardine ... ma tanto i giapponesi sono sempre così piccoli e magri ... e poi erano già abituati a stare pigiati in quel modo sulla metropolitana.

L'ultima versione speciale del Jumbo Jet fu l'aereo cisterna usato dalle forze aeree U.S.A. per i rifornimenti in volo.

Questa del 747 è la storia del primo wide-body dell'aria, che fece sognare milioni di passeggeri ed aspiranti tali; non è ancora finita la vicenda di questo aeroplano che è ormai sul viale del tramonto e prossimo alla sostituzione presso le compagnie che lo hanno utilizzato per anni e anni.



*Un Boeing 747 in versione aerocisterna – anni 90*

Il Boeing 747 sarà sostituito con nuovi 767 o 787 o con altri aerei ancora, ma non si sa se questi saranno quadri-, tri- o bi-turbofan; quello che è certo, però, è che saranno sicuramente ancora degli airliner con cabina di tipo wide-body.



*biturbofan americano Boeing 787 Dreamliner in sperimentazione – anni 90*

### **Wide-bodies - Mc Donnell Douglas DC-10**

Ma anche la Douglas ebbe modo di utilizzare intelligentemente le esperienze acquisite partecipando al programma del supertrasporto militare e lo fece in risposta ad una richiesta della American Airlines per un aereo da trasporto civile per i voli interni negli Stati Uniti; la configurazione wide-body si dimostrava ideale su tratte dalla densità di passeggeri sempre più crescente.

A differenza della Boeing, inizialmente la Douglas si orientò su una configurazione biturbofan, più gradita alla compagnia aerea, che considerava troppo complessi i quadrireattori.

Ma, alla fine si mediò, puntando su una soluzione trireattore, che era già stata utilizzata dalla Boeing per il suo 727 e, precedentemente ancora dal britannico Hawker Siddeley Trident, un vero e proprio apripista per questa nuova ed insolita architettura.



*trireattori per trasporto civile: l'americano Boeing 727 ed il britannico Hawker Siddeley Trident– anni 80*

Effettivamente, il triturbofan si dimostrò un buon compromesso, perché era più sicuro del biturboventola in caso di *pianata motore* ed era più economico come costi d'esercizio e come manutenzione, rispetto al quadriturbofan; soprattutto, la soluzione adottata sul DC-10 lasciava l'ala aerodinamicamente più pulita e poneva meno limiti nell'installazione degli ipersostentatori alari, così importanti sugli aerei passeggeri, se si vogliono utilizzare le piste d'atterraggio *normali*, quelle che si trovano nella maggior parte degli aeroporti europei e nord-americani.



*triturbofan americano Mc Donnell Douglas DC-10 – anni 70*

Il velivolo che ne derivò in casa Douglas fu il DC-10, il primo wide-body trimotore; per la Douglas, ormai diventata Mc Donnell Douglas, esso rappresentò un grande successo commerciale, specialmente per le rotte sulle medie distanze, senza togliere al DC-10 la possibilità di dimostrarsi una macchina adatta anche per le tratte intercontinentali.



*cabina passeggeri di un triturbofan wide-body DC-10 – anni 80*

Dopo i primi voli nel 1969, il triturbofan Douglas iniziò ad essere prodotto in serie e, nel 1970, compì i suoi primi voli di linea, sulla tratta: Los Angeles-Chicago.

Dal punto di vista architettonico, il DC-10 portava due dei suoi turbopropellori su piloni di nuovo disegno e ben distanziati dall'ala e la terza turboventola era annessa alla radice dell'impennaggio verticale.

Il nuovo trimotore a reazione Douglas DC-10 era bello grosso: pesava 173 tonnellate e poteva trasportare fino a 300 passeggeri.

### **Wide-bodies - Lockheed L-1011**

Mentre il 747 ed il DC-10 solcavano i cieli con i loro passeggeri a bordo, il concorrente L-1011 non aveva ancora effettuato il suo primo volo; in quel periodo, la casa californiana Lockheed era distratta, impegnata com'era a costruire il Galaxy, vincitore del contratto con le forze armate degli Stati Uniti.

Successivamente però, anche il triturbopropellente wide-body della Lockheed entrò in servizio non solo con le grandi compagnie americane, ma anche presso le emergenti società di navigazione aerea arabe ed africane; si trattava spesso di nuove compagnie, alcune molto promettenti, che, proprio negli anni ottanta, cominciarono ad affacciarsi sul mondo del trasporto aereo passeggeri.



*triturbopropellente americano wide-body per trasporto passeggeri Lockheed L-1011– 1972*

Come il DC-10, anche l'L-1011 era molto adatto alle tratte continentali, cioè quelle intermedie fra il medio raggio e le intercontinentali e transoceaniche; fu proprio su queste rotte che l'airliner di tipo triturbofan si dimostrò di gran lunga il più efficiente e, forse, fu giusto l'elegante L-1011 l'aeroplano che indicò quella nuova frontiera commerciale, tutta da scoprire e da vivificare, per lo sviluppo futuro dei collegamenti aerei mondiali e nel *terzo mondo*, in particolare.

## Aviazione civile a corto-medio raggio

Ma a partire dal 1970, l'ambiente in cui le compagnie aeree registrarono il più massiccio incremento di utenti non fu affatto quello delle grandi rotte transoceaniche, ma quello delle tratte più brevi e a corto-medio raggio, in cui, al viaggio d'affari si aggiunse un intenso traffico turistico.

Ad esempio, per andare a trovare la zia di Roma, oggi a casa mia è normale usare l'aeroplano, ma ai tempi di mio padre c'era solo il treno per questo tipo di trasferimenti o c'era l'automobile per chi era abituato a stare ore ed ore in una scatola di metallo sparata in autostrada.

Conseguentemente, per gli aeroplani progettati per voli di qualche centinaio o di un migliaio di chilometri al massimo, la capienza dovette aumentare considerevolmente; dai 30 posti di un DC-3 degli anni cinquanta, si passò ai 50 di un Viscount degli anni settanta e ai 250 e più di un Airbus 300 degli anni novanta.

Non dimentichiamoci che, dopo l'epopea degli indistruttibili DC-3 Dakota, le compagnie aeree ed i viaggiatori, anche per voli brevi, richiedevano cabine pressurizzate per volare al di sopra delle nubi e con qualunque condizione meteorologica; nel frattempo, si mettevano a punto soluzioni aerodinamiche più funzionali per decollare ed atterrare su piste relativamente corte.

Sugli aerei trionfava il carrello tricycle anteriore, che rendeva l'aeroplano più governabile negli spostamenti a terra e lo lasciava in orizzontale sulla pista, anziché *seduto* all'indietro in una posizione così fastidiosa per il passaggio coi tacchi a spillo ... per tanti, troppi anni era stato così; ormai, la gente non accettava più queste limitazioni.

Fu americano il primo aereo passeggeri per medio raggio con quelle caratteristiche tecniche che stavano diventando ormai irrinunciabili: cabina pressurizzata e carrello tricycle; si chiamava Convair *Liner* quell'aeroplano, ma montava ancora due tradizionali motori a pistoni, per quanto molto potenti.



*bimotore a pistoni per corto-medio raggio Convair Liner con il suo carrello tricycle anteriore– 1950*

Dopo l'apparizione sulle tratte aeree europee degli aerei a turboelica prima e dei bireattori in coda poi (Caravelle e Douglas DC-9), anche gli inglesi dettero fiducia all'architettura con due turboreattori piazzati alla fine della fusoliera e presentarono un aereo civile con questa configurazione, il BAC 1-11, con il caratteristico impennaggio a T.



*bireattore per corto-medio raggio B.A.C. 1-11, con impennaggio a T- 1967*

E furono proprio i britannici ad avere il merito di aver introdotto sul mercato il primo trireattore dell'aviazione civile: l'Hawker Siddeley Trident, di qualche anno antecedente il ben più noto Douglas DC-10.



*aereo inglese da trasporto passeggeri trireattore Hawker Siddeley Trident – 1964*



*bireattore olandese per corto-medio raggio Fokker F-28 Fellowship – 1968*

Poi, gli olandesi ritentarono di ripetere il successo dell'F.27, con il nuovo bireattore Fokker F.28 Fellowship, robustissimo anche lui, ed in parte vi riuscirono.

Alla fine, su questa strada dei trigetto in coda, si mossero anche gli americani; il loro primo airliner con questa configurazione fu il Boeing 727, altro aeroplano di grande diffusione.



*aereo da trasporto passeggeri trireattore Boeing 727 della compagnia di bandiera Alitalia – fine anni 60*

Nella progettazione di aerei civili per le linee a medio raggio, gli statunitensi si preoccuparono di prevedere macchine modulari, quanto meno sulla lunghezza della fusoliera; i corpi cilindrici del bireattore DC-9 e del trireattore 727 potevano essere estesi con l'inserimento di ulteriori sezioni di fusoliera; i posti a sedere passavano dai 90 ai 130 sul DC-9 e dai 130 ai 180 sul più corposo Boeing 727.

Certo che anche per i voli a breve e medio raggio, la soluzione definitiva fu quella delle fusoliere wide-body e dell'utilizzo di turbofan di grande potenza.

Fra gli anni settanta e gli ottanta l'apripista di questa nuova configurazione degli aviogetti civili a breve-medio raggio fu il francese Dassault Mercure, che, per la verità, non riscosse un successo strepitoso; più fortunato fu il Boeing 737, biturbofan con dei motori di nuova generazione, molto potenti e piazzati sotto l'ala, ma alla giusta distanza, giusta per non infastidire aerodinamicamente la velatura.



*aereo francese da trasporto passeggeri bireattore Dassault Mercure – anni 70*

Il 737 fu un aeroplano dalla vita operativa davvero lunghissima; è ancora oggi in linea presso numerose compagnie ed è il preferito delle *low-cost*, per le sue proverbiali caratteristiche di affidabilità ed economia d'esercizio; di quest'aeroplano di tipo wide-body furono costruiti oltre 1.000 esemplari fino al 1990, un numero da record!



*biturbofan civile per corto-medio raggio Boeing 737, dalla fusoliera tipicamente wide-body – 1968*

Nello stesso periodo apparvero altri airliner di successo anche nei paesi dell'Est Europa; era sempre quella dell'anziano Andreij Tupolev la squadra incaricata della progettazione degli aerei passeggeri e Tupolev regalò al mondo la serie dei suoi *Tu*: il Tu-104, il Tu-124, il Tu-134 ed infine, il triturbobentola Tu-154, oltre al già descritto supersonico Tu-144.



*triturbofan civile sovietico per rotte a corto-medio raggio Tupolev Tu-154 – 1967*

Ma di più! Negli anni settanta, dallo studio di Alexandr Yakovlev, apparve, invece, un più minuto trireattore con i tre propulsori piazzati in coda; si chiamava Yak-40 questo piccolo aereo civile per voli regionali, regionali per l'Unione Sovietica, s'intende.



*bimotore sovietico per rotte e a breve-medio raggio Ilyushin Il-14 – anni 60*

Sia negli aeroporti cittadini, sia presso le aviosuperfici sperdute nelle steppe, gli Yak-40 erano chiamati a sostituire i vetusti Lisunov Li-2 (Douglas DC-3, prodotto su licenza in Unione Sovietica) ed i più recenti Ilyushin Il-14, bimotori a pistoni; si trattava di un aeroplano interessante, che impressionò il

mondo dell'aviazione generale del tempo.

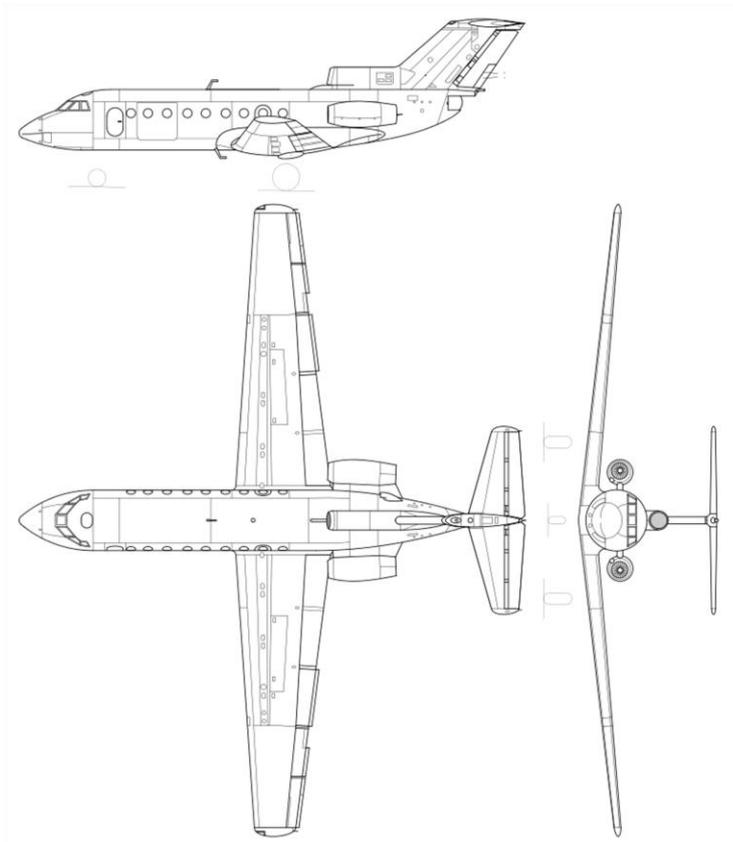
Una caratteristica dello Yak-40 era l'ala dritta, che testimoniava la vocazione a svolgere il suo servizio a velocità decisamente subsoniche; soprattutto però, era sorprendente la posizione della sua velatura così decisamente arretrata rispetto alla fusoliera.



*aereo per rotte regionali sovietiche Yakovlev Yak-40 - notare l'ala dritta e l'incrocio molto arretrato con la fusoliera – 1968*

Senza baffi o alette anteriori, quella fusoliera sembrava conferire allo Yak-40 una configurazione un po' *canard*, cosa che era molto utile in atterraggio e faceva di lui un aereo con caratteristiche quasi STOL, capace di operare anche da aeroporti secondari, non proprio attrezzatissimi.

La cosa veniva confermata dalla scala d'accesso all'aeromobile, che era integrata all'interno del portellone dell'aereo; perciò, con lo Yak-40 si poteva salire e scendere anche se non c'era a disposizione una scaletta aeroportuale pronta ad aspettare i passeggeri ... una bella comodità, specialmente per le signore, che potevano utilizzare il piccolo trireattore russo anche per voli da e verso aviosuperfici non proprio cittadine!



*presentazione a tre viste dell'aeroplano sovietico Yak-40*

Fu davvero un buon muletto quello Yak-40, anche se non ebbe il successo commerciale che avrebbe meritato; in Italia, ad esempio, fu utilizzato da alcune compagnie minori, come l'Aertirrena di Firenze e l'Alinord.

Tuttavia, in certa misura, il piccolo trigetto di Yakovlev fu un anticipatore di nuove tendenze architettoniche aeronautiche, che si sarebbero poi imposte sugli aeroplani passeggeri per brevi distanze o di livello regionale e che sono arrivate fino ai giorni nostri.

## Aerei passeggeri di fine millennio - Airbus A-300

Tuttavia, col passare degli anni, continuava a diffondersi l'uso dell'aeroplano civile, fino ad arrivare ad essere un mezzo di trasporto a livello popolare; non si poteva incrementare più di tanto il numero degli aeromobili, peggio l'intasamento delle piste aeroportuali.

Quindi, anche per i voli a breve-medio raggio si ricorse ad aerei di alta capacità, più alta ancora di quella degli wide-body del decennio precedente, una sorta di *super wide-body*.

Dopo la presentazione del Lockheed L-1011 Tristar, che voleva soddisfare questa esigenza già negli anni settanta del 'novecento, arrivò l'Airbus A300 che a questa richiesta rispondeva in pieno.

L'Airbus fu frutto di un consorzio internazionale fra industrie aeronautiche francesi, tedesche, inglesi, olandesi e spagnole, che si spartirono progettazione e costruzione dei diversi componenti del velivolo, come stava accadendo contemporaneamente con il bireattore militare M.R.C.A. Panavia.



*biturbofan civile anglo-franco-tedesco Airbus A300 – 1974*

Più per motivi di opportunità politica che altro, l'Italia si chiamò fuori dal progetto Airbus e fece male, perché l'A-300 era una macchina di prim'ordine, capace di volare stabilmente a velocità vicine ai 1.000 km/ora, trasportando quasi 300 passeggeri, come indica il suo nome.

Molto affidabili erano e sono ancora i suoi propulsori: due potenti General Electric, capaci di circa 10.000 kg/spinta, che fecero dell'Airbus il primo aereo civile wide-body, nato per le tratte continentali, ad essere dotato di due soli turbofan.

Ma, al di là di come progrediva il programma per l'airliner franco-anglo-tedesco, quello che era ancora più sorprendente era ciò che stava accadendo nel mondo del motore aeronautico in quegli stessi anni ottanta; è vero che le potenze disponibili erano cresciute notevolmente, ma questo aveva anche comportato un allungarsi a dismisura dei tempi di progettazione e messa a punto dei motori a reazione e dei turbofan.

Una situazione ideale per stimolare la collaborazione anche fra le aziende motoristiche, altrimenti concorrenti, ed invogliarle a mettere assieme le proprie esperienze e sfruttare le sinergie per produrre motori *comuni*, con costi di progettazione e sperimentazione più sostenibili.

La conseguenza più diretta di questo nuovo indirizzo dell'industria del propulsore aeronautico fu la progressiva diminuzione del numero dei modelli di motori presenti sul mercato; ad esempio, ai tempi dell'Airbus, erano praticamente solo due i turbofan adatti all'impiego civile: il Pratt & Whitney JT10D ed il General Electric CFM56, che venivano installati sia sulle ultime versioni del 747 e del DC-10, sia sull'A-300 B.



*turbofan General Electric CFM56 – notare le ventole dei primi stadi del compressore che spingono parte dell'aria captata all'esterno della camera di combustione – anni 80*



*assemblaggio della fusoliera di un Boeing 787 in uno stabilimento Alenia – anni 90*

Oramai, era stata imboccata irreversibilmente la strada delle collaborazioni internazionali anche per i propulsori, oltre che per gli aeroplani.

E' certo che con l'avvicinarsi del nuovo millennio, si dimostrò sempre più intelligente la strategia dei consorzi per la progettazione di aeroplani per trasporto passeggeri, anche per i più tranquilli e assolutamente subsonici aeroplani per l'aviazione generale.

Ai recenti progetti 767 e 787 patrocinati dalla Boeing, parteciparono diverse case nord-americane ed altre europee, fra cui la nostra Alenia, che si occupò della produzione delle gigantesche fusoliere del 787, nel nuovo stabilimento di Grottaglie.

*Ho un ricordo personale a questo riguardo e si tratta di una visita che feci in quello stabilimento da poco inaugurato, nei primi anni 2000; nel girovagare in officina, mi aspettavo di vedere tante scalette e tante piattaforme blu, popolate da uomini in tuta, intenti a saldare, a chiodare, a rivettare e a lavorare su una fusoliera verniciata di verde, come ricordavo bene nel reparto produzione dell'Agusta, trent'anni prima.*

*E invece no! Niente di tutto questo! Il capannone sembrava vuoto, apparentemente vuoto, ma non era così; soltanto si vedevano delle lucine sul pavimento; rappresentavano le tracce per gli spostamenti in automatico di enormi piattaforme su cui erano montate parti delle fusoliere del Boeing 787, che venivano fabbricate proprio lì, nel cuore più assolato della Puglia.*

*Era incredibile: tutto si muoveva da sé ed i corpi cilindrici delle sezioni di fusoliera, piazzate sui loro carrelli di trasporto, si presentavano autonomamente davanti alle macchine operatrici; lì venivano fresati, scavati, macchinati e lavorati in regime della più completa Factory Automation!*

*Poi, sempre seguendo le loro lucine, i carrelli portavano le fusoliere da un'altra parte del capannone, dove subivano un'ulteriore lavorazione, senza che nessuno intervenisse nella sequenza automatica delle operazioni.*

*Come mi sentii superato ed obsoleto quel giorno! In trent'anni era cambiato tutto, non solo sugli aeromobili e questo lo sapevo, ma anche sul modo di fabbricarli!*

Come la Boeing con i suoi modelli più recenti, anche le altre principali case costruttrici di aeroplani passeggeri rinnovarono le loro produzioni negli ultimi decenni del secolo; lo fece anche la Mc Donnell Douglas con il nuovo triturbofan MD-11, nato per sostituire il DC-10 e rinverdirne il successo.

L'MD-11 era ideale per le brevi-medie tratte ed era capace di trasportare 270 persone; fu uno dei primi airliner a dotarsi stabilmente delle *winglet*, cioè di quelle alette che vediamo in fondo alle semiali degli aerei passeggeri di oggi.



*triturbofan civile Mc Donnell Douglas MD-11, con le particolari winglet alle estremità alari – 1991*

In conclusione, ripensando ai fatti che caratterizzarono l'evoluzione dell'aviazione civile nella seconda metà del secolo, è chiaro che, fra il 1950 ed il 1990, il progresso tecnologico fu davvero travolgente nel mondo dell'aeroplano e non solo dell'aeroplano.

In vent'anni o poco più, si passò attraverso il declino del motore alternativo e all'affermarsi definitivo del motore a reazione; ci fu pure chi pensò di installare il motore a reazione anche su mezzi diversi dagli oggetti fatti per volare; la Rover in Inghilterra e la nostra Fiat lo vollero sperimentare sugli autoveicoli ... chi si ricorda ancora della Fiat a turbina del 1954?



Il coupè Fiat a turbina ed il suo propulsore con compressore centrifugo installato sotto il cofano della vettura - 1954

Però, rimanendo più sul concreto, diventò *normale* per il comune viaggiatore il volare a quote stratosferiche o poco meno e si pensò anche al volo supersonico per gli airliner.

Tuttavia, con gli anni ottanta, tutto questo progresso subì un inevitabile rallentamento, in realtà un rallentamento solo apparente; ci fu e c'è tuttora, una continua evoluzione, anche se meno appariscente; negli anni a ridosso della fine di secolo, le tecnologie già sperimentate si consolidarono e si affinarono.

E questo lo si riconosce anche nell'aspetto esteriore dell'aeroplano; ma è davvero incredibile ciò che in quegli anni accadde *sotto la pelle* dell'aeroplano, invisibile ai più, ma assolutamente prodigioso: strumentazioni sempre più sofisticate, sistemi gestiti da computer, ecc ...

Solo un esempio di una realtà apparentemente stabilizzata, ma sempre evolutiva, questa volta ben visibile nella forma stessa dell'aeroplano; l'esempio è stato scelto proprio perché è l'innovazione aerodinamica più riconoscibile, apparsa sugli airliner in quest'ultimo scorcio del secolo ventesimo: gli *winglet*, o *alette d'estremità*, introdotte inizialmente sul già citato MD-11 della Mc Donnell Douglas.



l'aereo executive Learjet, dotato di vistose winglet alle estremità delle semiali- anni 90

Si tratta di quelle alette triangolari, alle volte quasi verticali, che sembrano baffi posti alla punta estrema delle semiali dei nostri aerei di linea; si chiamano winglet, appunto, ed hanno lo scopo di limitare gli effetti negativi di quella che in aerodinamica si definisce: *resistenza indotta* o *resistenza di margine*.



Particolare della winglet del Boeing 747 - anni 90

E' una forza più fastidiosa che gravosa; produce dei vortici all'estremità superiore della punta dell'ala, proprio là dove la semiala termina e il passaggio dall'aria libera allo spessore solido dell'estremità alare, costituisce per l'aria stessa una specie di gradino.

La resistenza di margine è un fenomeno conosciuto da sempre, ma, tutto sommato, poco importante; ebbene, per risparmiare cherosene, negli ultimi decenni, qualche *aerodinamista* volenteroso ha trovato il tempo e la giustificazione di preoccuparsi di prevenire e ridurre (eliminare non si può) la resistenza di margine sugli aeroplani.

Era ora! Ma questo ci testimonia che l'aereo è ormai un mezzo di trasporto maturo e sicuro, come e più di un'automobile! Eh sì! Sono finiti davvero i tempi in cui la gente guardava a bocca aperta volare un aeroplano e si domandava con apprensione: "ma come fa a stare su?!"

## Turboventola o Turbofan

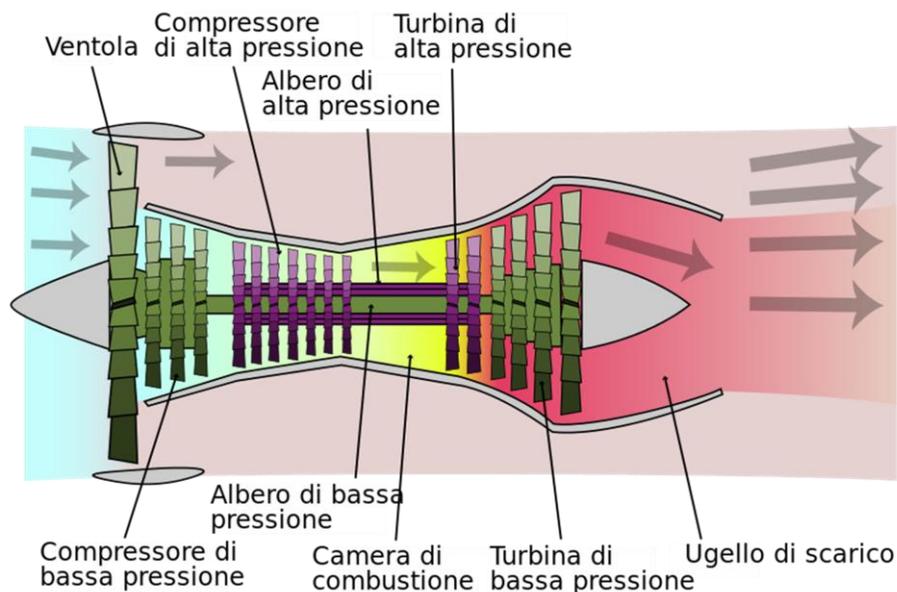
Turbogetti e turboelica sugli aeroplani, semplici turboalberi sugli elicotteri ed ora anche turboventole o turbofan ... ma quanti sono i tipi di motore a reazione? Senza contare gli statoreattori ed i motori a razzo?

Al momento sono solo questi; ed i turbofan sono già stati menzionati più volte a proposito del C-5A Galaxy, dal Boeing 747, del DC-10 e di molti altri aeroplani; finalmente, è arrivato il momento di chiarire un po' più esattamente che cosa sia una turboventola o turboreattore a doppio flusso o anche *turbofan*, per dirlo all'inglese.

Anche questi propulsori appartengono alla grande famiglia dei motori a reazione, con tanto di presa dinamica dell'aria, di compressore, di camera di combustione, di turbina, di ugello di scarico e di sistema Brayton come ciclo termodinamico.

Rispetto al classico reattore, la differenza sta nel fatto che nel turbofan il primo o i primi stadi del compressore convogliano all'interno della camera di combustione solo una parte dell'aria trattata; la restante porzione viene semplicemente soffiata all'indietro, senza entrare nel motore ma lambendolo all'esterno.

In realtà, l'aria scorre dentro ad un cilindro sagomato che avvolge il turboreattore, almeno per una certa parte.



schema funzionale di un motore turboventola o turbofan

Anche sugli aeroplani militari, le turboventole stanno prendendo il posto dei classici turboreattori; però, si tratta generalmente di turbofan *a bassa diluizione*, in cui solo una parte modesta dell'aria trattata dalla ventola è sospinta esternamente al motore a reazione.

Al contrario, negli aerei civili, si installano turbofan *ad alta diluizione*, in cui è tanta l'aria soffiata esternamente al turbogetto, anche dieci volte di più di quella sospinta nel reattore vero e proprio; osservando con attenzione gli aeroplani passeggeri di oggi, i turbofan ad alta diluizione si riconoscono

facilmente, perché si presentano come una coppia di cilindri coassiali ed infilati, almeno per una certa porzione, uno dentro nell'altro, senza contare che quello più esterno è sempre ben panciuto.

I motori turbofan ad alta diluizione offrono una spinta comunque elevata con consumi ragionevoli di combustibile; per questo motivo sono i preferiti sugli aeroplani destinati al mercato civile, dove non sono richieste velocità supersoniche ed accelerazioni da capogiro.

E poi, le turboventole ad alta diluizione emettono meno sostanze inquinanti e sono piuttosto silenziose, cose gradite ai viaggiatori ed al personale di tutte le aerostazioni del mondo.



*aereo executive dotato di due reattori turbofan – notare i motori dall'aspetto simile ad una coppia di cilindri coassiali e parzialmente sovrapposti l'uno all'altro*

## La Guerra del Kippur

Nel 1973, il mondo si trovò di fronte ad una ulteriore crisi energetica e ad una nuova guerra fra arabi ed israeliani, per la precisione la quarta dalla fondazione dello stato d'Israele.



*aeroplano da attacco al suolo Douglas A-4 Skyhawk israeliano - 1973*

Il conflitto durò un paio di settimane nel mese di ottobre e fu combattuto proprio mentre gli ebrei celebravano la Festa del Kippur (Espiazione) e per il mondo arabo era tempo di Ramadan.

Questo periodo particolare non impedì che una coalizione di quasi tutti i paesi arabi, capitanati da Egitto e Siria, desse inizio ad un'invasione del territorio del Sinai e delle colline del Golan.

I primi scontri furono a vantaggio delle forze alleate arabe e la sorpresa degli ebrei fu tale da costringere alle dimissioni la presidentessa Golda Meir e diversi ministri del suo governo.

Anche nei cieli, dove numericamente le forze in campo erano a vantaggio della coalizione araba in un rapporto di circa 2/1, gli israeliani subirono gravi perdite, specialmente fra gli aerei da attacco al suolo e controcarro Skyhawk, abbattuti dalla sempre micidiale artiglieria contraerea e dai missili egiziani, di fabbricazione sovietica.

Ma la guerra del Kippur sarà ricordata soprattutto per un altro aspetto: fu il primo conflitto in cui i sistemi d'arma offensivi più efficaci e più micidiali, non si dimostrarono gli aeroplani, come era stato per cinquant'anni ormai, bensì i



*un MiG-17, qui con insegne polacche, ed un Super Mystère israeliano - 1973*

missili ed i razzi, cioè armi volanti anch'esse, ma non pilotate da un essere umano presente a bordo.

Ciò non toglie che continuarono a verificarsi scontri aerei fra caccia supersonici, a cominciare dai Sukhoi Su-7 e MiG -17 da una parte e Mirage e Super Mystère dall'altra; poi, come già in Vietnam e con alterni successi, si ripeterono i duelli fra i due cavalli di razza del tempo: i Mc Donnell Douglas F4 Phantom di Israele ed i MiG-21 di Egitto, Siria ed Iraq.



*un MiG-21, qui con insegne indiane ed Mc Donnell Douglas F4 Phantom americano - 1973*

Ma la guerra del Kippur vide molto attivi anche i grandi aeroplani da trasporto delle due superpotenze, impegnate a sostenere l'una o l'altra delle due fazioni in guerra, anche se questo traffico durò solo un paio di settimane.



*aereo da trasporto americano quadriturbofan Lockheed C-5A - 1973*

Dalle loro numerose basi NATO, disseminate attorno al Mediterraneo, i Lockheed C-5A americani, non fecero mancare ad Israele sistemi missilistici sofisticatissimi, mentre i sovietici organizzarono dei veri e propri ponti aerei per rifornire di armamenti e strumentazione le nazioni arabe in conflitto.

Partendo dai paesi dell'Europa sud-orientale, principalmente da Bulgaria e Romania, i giganteschi quadriturboelica Antonov An-12 ed An-22 fecero la spola con le principali città del mondo arabo: Damasco, Bagdad, Il Cairo.



*aereo da trasporto sovietico quadriturboelica Antonov An-22, qui con insegne russe – anni 90*

Poi, sul campo, la situazione militare si stabilizzò e, per fortuna, intervenne L'ONU, con a capo i supercolossi U.S.A. ed U.R.S.S, a convincere i contendenti a posare le armi.

Così, il 25 ottobre 1973, la guerra del Kippur si concluse con un nulla di fatto, ma c'è chi sostiene che in quei giorni il mondo si fosse trovato davvero vicino alla Terza Guerra Mondiale, come non era mai accaduto dal secondo dopoguerra in avanti.

## L'aeroplano militare degli anni ottanta

Alla fine della Seconda Guerra Mondiale, gli Stati Uniti d'America erano l'unica potenza militare dotata dell'arma atomica e i suoi esamotori B-36 avevano la possibilità di colpire, con armi nucleari, qualunque località del mondo, partendo dalle numerose basi in paesi amici o alleati.

Ma il 3 settembre 1949 si verificò un fatto inatteso: una nube radioattiva fu identificata in movimento da Est verso il Nord Europa; Scozia e Scandinavia ne furono interessate ... era la prova tangibile che l'Unione Sovietica aveva costruito un'arma nucleare e l'aveva sperimentata in una località dell'Asia Centrale.

Fu una doccia fredda per gli occidentali; una seconda doccia fredda fu, di lì a poco, l'esistenza dei caccia a reazione sovietici e, in particolare, dei temibilissimi MiG-15 comparsi giusto allora nei cieli della Corea; i paesi comunisti disponevano di aeroplani da caccia capaci di giocarsela alla pari, se non meglio, con i contemporanei aerei statunitensi e, certamente, sarebbero stati capaci di contrastare con successo i superbombardieri nord-americani.

Questo perduto monopolio atomico occidentale, associato alla svanita certezza di poterlo esercitare senza riserve in qualunque angolo del globo, aveva convinto decisamente i paesi atlantici della necessità di ammodernare le loro flotte di aeroplani militari e di farlo in fretta.

Nel frattempo, sia i russi, sia gli americani avevano dato ampio sviluppo ai missili balistici, intesi come surrogati senza pilota degli aeroplani da bombardamento; di contro, sia gli uni, sia gli altri pensavano di predisporre le misure idonee a contrastare l'eventuale penetrazione di missili dell'altro schieramento nel proprio territorio.



francobollo emesso a ricordo del lancio dello Sputnik 1 - 1957

E gli americani fecero bene, dal momento che li aspettava una nuova terza sorpresa: il 4 ottobre 1957, i sovietici lanciarono e misero in orbita terrestre il primo satellite artificiale (privo di equipaggio) della storia, lo Sputnik 1, a dimostrazione dell'invidiabile *know how* sia aeronautico, sia missilistico che i russi possedevano davvero, avanzatissimo, più avanzato ancora di quello americano.

Oltretutto, dal 1951 gli statunitensi e dal 1953 i sovietici disponevano della bomba H, la bomba all'idrogeno, a fusione nucleare, più potente ancora di quella atomica lanciata su Hiroshima, come se la bomba a fissione nucleare non fosse sufficiente ...

I conti si fanno presto: bombe all'idrogeno, missili capaci di portare ordigni di quel tipo a 10.000 km di distanza, ad una velocità di 25.000 km/ora, e quindi inintercettabili ... per il mondo la prospettiva non era delle più rassicuranti.

Di fronte ad una situazione di questo tipo, non era più sufficiente abbattere la maggior parte degli oggetti volanti altrui diretti sul proprio territorio e sulle proprie città, com'era stato, al limite, durante la Seconda Guerra Mondiale; questa volta bisognava abatterli proprio tutti, nessuno escluso, quei maledetti missili!

Per sentire nelle ossa la tensione di quei momenti, basta ripensare alle atmosfere inquietanti, così pervasive nel capolavoro di Stanley Kubrick: Il Dottor Stranamore, del 1964!

Data l'impossibilità di usare armi nucleari senza subire ritorsioni, i *grandi* si accordarono e siglarono nel 1972 lo Strategic Armament Limitation Treaty, o S.A.L.T. e, successivamente il S.A.L.T. 2, nel 1975; sono accordi che ancora reggono, per fortuna di tutti noi.

### ***Aeroplani da bombardamento***

Ciò non tolse che all'Ovest come all'Est, tutti pensassero ad una nuova generazione di bombardieri, in numero minore rispetto al passato, ma più rispondenti alle nuove modalità d'attacco proprie degli anni a venire, quelli dell'ultimo decennio del 'novecento.

Gli americani avevano avuto in linea gli esareattori B-47 ed avevano ancora i B-52 Stratofortress, con i loro 8 motori a reazione e ad essi avevano affiancato più recentemente i nuovi B-58 Hustler; erano questi i primi bombardieri supersonici del mondo con ala a delta e armati con i missili aria-terra.

Ora gli statunitensi pensavano ad un nuovo bombardiere, davvero *nuovo* questa volta; anche la sigla che gli assegnarono voleva rompere con il passato e dare l'impressione che si volesse ripartire da capo; B-1, come *bomber one* fu il nome del nuovo progetto, affidato alle industrie Rockwell dello Stato dell'Wisconsin.

Le caratteristiche tecniche e le prestazioni richieste al nuovo aereo da bombardamento strategico americano erano d'altissimo livello: velivolo a grande raggio, propulso da 4 potenti turbofan in grado di farlo volare ad oltre Mach 2, a quota elevatissima ed ancora a velocità supersonica in volo radente.



*bombardiere americano quadriturbofan Rockwell B-1 a terra – fine anni 70*

Quando il B-1 *Lancer* si presentò sulla pista per i primi voli, aveva un'ala a geometria variabile e portava un carico offensivo superiore a quello dei B-52 del Vietnam con, in aggiunta, dei missili aria-terra.

Inevitabilmente, la progettazione e la messa a punto del B-1 furono laboriose e durarono una decina d'anni; il nuovo bombardiere compì il primo volo nel 1974 ed i suoi missili avevano testate nucleari.

Ad esaminarlo con cura, si poteva pensare al nuovo Rockwell B-1 più come ad una centrale mobile per il lancio di missili, e mobile a velocità più che bisonica, piuttosto che come un aeroplano veloce, capace di lanciare razzi balistici.

Non molto diversa fu la conformazione del contemporaneo bombardiere strategico dei sovietici, che doveva fronteggiare una situazione politico militare analoga, ma vissuta dall'altra parte.

Mentre mantenevano in linea i giganteschi quadriturboelica Tu-20 Bear, dalla velocità vicina a quella del suono, in segreto, i russi realizzarono il Tu-22M *Backfire*, chiamato anche Tu-26 o Tu-30, un bombardiere strategico della stessa classe e con le stesse finalità del B-1 statunitense.



*bombardiere americano quadriturbofan Rockwell B-1 in volo supersonico, ma a semiali aperte – fine anni 70*

Furono i sovietici a precorrere il progetto americano, anziché a seguirlo; infatti, pur essendo caratterizzato anch'esso dalla velatura a geometria variabile, il Tupolev Tu-22M Backfire volò qualche anno prima del B-1 statunitense.



*bombardiere sovietico bireattore Tupolev Tu-22M Backfire, in fase di decollo – anni 70*

Il nuovo bombardiere russo era propulso da due potenti turboreattori, da 20.000 kg/spinta e più, dello stesso tipo di quelli montati sugli aerei civili Tu-144 bisonici, i concorrenti del noto Concorde.

Dimensionalmente, il Tu-22M era un poco più compatto del pari-ruolo americano; il Backfire era lungo 45 metri, con un'apertura alare di 43 e portava due ordigni nucleari in stiva, più missili aria-terra esterni; anche

il Tupolev era veloce: Mach 2,2 a 12.000 metri di quota e Mach 1,2 in volo radente a meno di 1.000 metri d'altezza!

Sia per il B-1 statunitense, sia per il Tu-22M sovietico, questa prestazione d'alta velocità a bassa quota era estremamente importante, perché, se è vero che i nuovi bombardieri strategici erano pensati per volare il più velocemente possibile a quote superiori ai 10.000 metri, essi dovevano rimanere comunque supersonici a quote al di sotto dei 500 e c'era un motivo preciso per questo.



*bombardiere sovietico bireattore Tupolev Tu-22M Backfire con semiali dispiegate - anni 70*

Era essenziale che Lancer e Backfire volassero sopra Mach 1 a volo radente, perché era in quelle condizioni che avrebbero dovuto sorvolare il territorio dell'eventuale controparte, per eludere i sistemi di scoperta radar, lasciando così inattiva la difesa missilistica avversaria.

Per fortuna, quella catastrofica eventualità, non diversa dal finale del film Il Dottor Stranamore, non si verificò mai, almeno per ora.



*caccia intercettore Lockheed F-104 – anni 60*

### ***Caccia intercettori e cacciabombardieri***

Con l'inizio degli anni settanta, il Lockheed F-104, nelle sue varie versioni, era ancora presente nelle forze aeree di alcuni importanti paesi europei, come la Germania Federale, L'Italia, l'Olanda, mentre la Gran Bretagna utilizzava gli English Electric Lightning di produzione nazionale ed i Mc Donnell Douglas F4 Phantom II americani.

Il Lockheed F-104 era ancora un ottimo intercettore, veloce in volo e rapido in arrampicata; però, denunciava tutti i limiti dovuti all'età del progetto e non aveva la possibilità di svolgere al meglio nessun altro ruolo.

Da parte di alcune nazioni europee era sentita la necessità di un nuovo aeroplano, un aeroplano che fosse più flessibile nel suo impiego di quanto non potesse essere l'F-104; insomma, si cercava un aereo da caccia in grado di svolgere altrettanto bene il compito di intercettare gli eventuali velivoli avversari, come avrebbe fatto il suo predecessore, ma che sapesse anche diventare un assaltatore o un bombardiere, contro obiettivi terrestri.

Come era successo in ambito civile, certi paesi europei decisero di dar vita ad un consorzio internazionale, incaricato di progettare e produrre un nuovo aeroplano militare, flessibile e polivalente, fatto su misura per le forze aeree europee e destinato ad operare sul nostro continente.

Si voleva un *Multi Role Combat Aircraft*, o *M.R.C.A.*, come venne definito il consorzio stesso che si prese carico di progettare il nuovo caccia europeo; vi parteciparono il Regno Unito, la Germania Federale e l'Italia.

Fu anche fondata una società multinazionale incaricata di produrre l'M.R.C.A. *Tornado*; questa realtà industriale si chiamò Panavia e comprendeva aziende inglesi, tedesche ed italiane; anche per la costruzione dei motori dell'M.R.C.A. fu costituita un'azienda multinazionale con questo scopo, la *Turbounion*, che esprime già nel nome la volontà di più nazioni, un tempo nemiche, di lavorare assieme su di un nuovo turboreattore comune.

Da subito il progetto M.R.C.A. Tornado si dimostrò molto interessante ed innovativo; per conferire al cacciabombardiere europeo la flessibilità richiesta, fu adottata l'ala a geometria variabile, che era tenuta aderente alla fusoliera per le velocità più che bisoniche di un efficace intercettore e veniva dispiegata per effettuare attacchi a volo radente a velocità prossime a quella del suono.

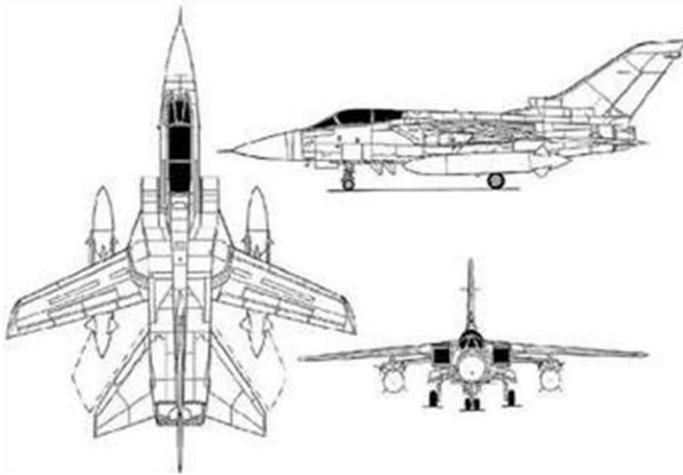


*un caccia M.R.C.A. Panavia Tornado, dell'Aeronautica Militare in azione in Afghanistan - 2008*

Nel nostro continente, era la prima esperienza di un velivolo con velatura a geometria variabile, se si eccettua il caso dell'aereo sperimentale Su-17 dei sovietici, che fanno pure parte, territorialmente, dell'Europa.

Conformandosi agli indirizzi operativi del tempo, il nuovo cacciabombardiere europeo era biposto in tandem ed il secondo membro dell'equipaggio aveva il suo daffare a gestire l'elettronica di cui il Tornado

era letteralmente imbottito; gli apparati di bordo erano già sofisticatissimi, ma non erano ancora gestiti completamente o quasi da parte di un sistema automatico.



*tre viste del Tornado con ala a geometria variabile - 1974*

Però, l'M.R.C.A. copriva bene tutti i suoi ruoli ed era davvero polivalente: con razzi e missili, attaccava rasoterra ad alta velocità subsonica e poi scappava via, verso l'alto, a velocità supersonica molto elevata, con freccia alare chiusa.

Inoltre, il Tornado era davvero stabile ed anche pesantemente armato; e poi, cosa che non guasta, era un buon incassatore grazie al doppio motore a reazione che gli garantiva di far ritorno a casa di sicuro, dopo la missione; lo dimostrò nel 1991, durante la Guerra del Golfo, in cui si misurò, senza sfigurare, con i Mig-21 di

Saddam Hussein.

Nelle fila della Luftwaffe, dell'Aeronautica Militare e della Royal Air Force, il Panavia Tornado fu un aeroplano di successo, come prestazioni e come capacità operative, confrontabile con i contemporanei pari ruolo F-14 statunitensi e MiG-23 sovietici, anch'essi caratterizzati dalla ormai affermata velatura a geometria variabile.

Come sappiamo, i progettisti russi si dedicarono con attenzione a questa nuova architettura alare e lo fecero con metodo e con sperimentazioni accurate, come era da sempre nelle loro abitudini.

Fu L'ing. Pavel Sukhoi ad essere incaricato dallo ZAGI di approfondire l'argomento; fu così che, nel 1971, volò il già citato Su-7, o meglio la sua versione ad ala a geometria variabile: Su-17; più che un aeroplano militare, quello fu un vero e proprio aviogetto laboratorio, creato apposta per sperimentare gli effetti della velatura variabile in volo.

Come già accennato, anche Sukhoi impattò nell'inconveniente della notevole escursione del baricentro del velivolo, al variare della freccia alare; per contenere il problema, il progettista russo si accontentò di un'ala a geometria variabile un po' limitata, tutto sommato; sul suo Su-17, era unicamente la porzione esterna delle due semiali a ruotare, mentre la parte prossima alla fusoliera era fissa e contraddistinta da una freccia di media angolatura.



*aereo sperimentale Su-7, nella versione ad ala a geometria variabile Su-17 - 1971*

Fu così che il primo caccia con ala a geometria variabile, a diventare davvero operativo nell'armata aerea sovietica, fu il MiG-23 *Flogger*, derivato dalle esperienze sull'Su-17; anzi, più che di un aereo da caccia, il MiG-23 fu un cacciabombardiere, equivalente al nostro Tornado, come finalità, ruoli e prestazioni.



*cacciabombardiere sovietico MiG-23 Flogger – anni 70*

Il MiG-23 si configurava anch'esso come un velivolo adatto ad operare nello scacchiere politico-militare dell'Europa ed aveva, rispetto all'M.R.C.A. Tornado, un'autonomia confrontabile.



*tre viste del MiG-23 Flogger, in cui si evidenzia l'escursione dell'ala a geometria variabile – anni 70*

Tuttavia, i sovietici avevano un altro ruolo importante da giocare e, questa volta, un ruolo a livello intercontinentale, un ruolo da superpotenza che li contrapponeva direttamente agli Stati Uniti d'America.

Eh, sì! ... per essere protagonisti della politica mondiale non era sufficiente avere in linea aggiornati ed agguerriti cacciabombardieri ... ci volevano aeroplani da *supremazia aerea*, come era certamente

l'americano YF-12 della Lockheed, versione armata di quello straordinario SR-71, ideato dalla mente geniale di Kelly Johnson.

### ***Aeroplani da caccia per supremazia aerea***

Nel mondo degli aeroplani da caccia, gli anni ottanta del 'novecento registrarono un mutamento deciso d'indirizzo, addirittura una piccola rivoluzione.

Negli Stati Uniti, andava in pensione il North American F-100, l'ultimo caccia *puro*, l'aeroplano capace di essere più veloce degli altri, veloce al punto di inseguire, raggiungere ed abbattere qualunque aeroplano avversario.

Ma, a sorpresa, l'F-100 non venne sostituito da un nuovo aeroplano con le stesse finalità e caratteristiche;



*caccia da supremazia aerea americano YF-12 - 1965*

in quel momento, l'aviazione da caccia della superpotenza a stelle e strisce richiedeva due tipi diversi di aeroplani da difesa: il caccia leggero ed il caccia da *supremazia aerea*.

In questa seconda specialità, le forze aeree statunitensi avevano già in linea il Lockheed YF-12, che sapeva davvero essere il più veloce di tutti; raggiungeva i 3.400 km/ora di velocità, era capace di volare più in alto di tutti, a quasi 26.000 metri e poteva prendere quota molto rapidamente, allo scopo di affrontare il prima possibile l'eventuale minaccia aerea avversaria.

Certo, non chiedete all'YF-12 di tenere dietro, nelle sue manovre, ad un aeroplano agile e reattivo ai comandi ... gli sarebbe sfuggito sicuramente come un'anguilla.

I generali statunitensi si resero conto che occorreva un aeroplano da caccia nuovo, un aeroplano più maneggevole, pur con le stesse prestazioni di velocità e salita dell'YF-12 e, soprattutto, con la stessa notevole autonomia; non dimentichiamo che i cieli dell'America, inclusi i suoi oceani ad Est ed ad Ovest, sono ben più vasti di quelli della piccola Europa e, poi, il prestigio dello Zio Sam andava dimostrato ed esercitato in ogni singolo angolo della terra!

E un aeroplano siffatto arrivò, nel 1972; si chiamò Mc Donnell Douglas F-15 *Eagle*, cioè Aquila, titolo che voleva evocare il suo ruolo di maestoso ed indomito rapace dei cieli del mondo.

Ed un'aquila sembrava davvero l'F-15: aveva un'ala fissa a delta, dal momento che non c'era fra i suoi compiti quello di portare attacchi a bassa quota, o di operare da una nave portaerei; però, questo nuovo caccia da supremazia aerea aveva una velatura abbondantemente dimensionata ed una doppia deriva che gli conferivano una notevole maneggevolezza, anche oltre i 2.000 km/ora di velocità.

Stranamente per un aeroplano militare, i motori dell'F-15 erano due turboventole Pratt & Whitney F-100, con un rapporto di diluizione piuttosto elevato e questo, in realtà, era il segreto della sua autonomia fuori

dal comune; i suoi due turbofan consumavano poco, nonostante fossero molto potenti: 12.000 Kg/spinta ciascuno, il che significava per l'Eagle una salita estremamente rapida.



*caccia americano per supremazia aerea Mc Donnell Douglas F-15 Eagle - 1978*

Ma il Mc Donnell Douglas F-15 era un aereo innovativo non solo in termini di prestazioni; disponeva di alcune dotazioni che lo facevano diventare un aeroplano di una nuova generazione; l'Eagle aveva l'I.F.F., *Interrogation Friend Foe*, un sistema elettronico capace di riconoscere gli altri aeroplani in volo nei paraggi, come aerei amici (*friend*) o avversari (*foe*).



*Fast Packs, visibili come rigonfiamenti della fusoliera lateralmente alla presa d'aria dinamica del turbofan dell'F-15 Eagle - 1974*

Poi, l'F-15 utilizzava i *Fast Packs*; in sostanza, si trattava di contenitori aderenti alla fusoliera, capaci di contenere ulteriore carburante o altri carichi ... non più serbatoi ausiliari o altri oggetti, che non fossero armamenti, appesi alle semiali!

E come armamento, appunto, l'F-15 montava un cannone a canne rotanti da 20 mm. di diametro ed una diversificata tipologia di missili aria-aria ed anche aria-terra, per svolgere pure un compito, per lui assolutamente

secondario, di attacco al suolo.

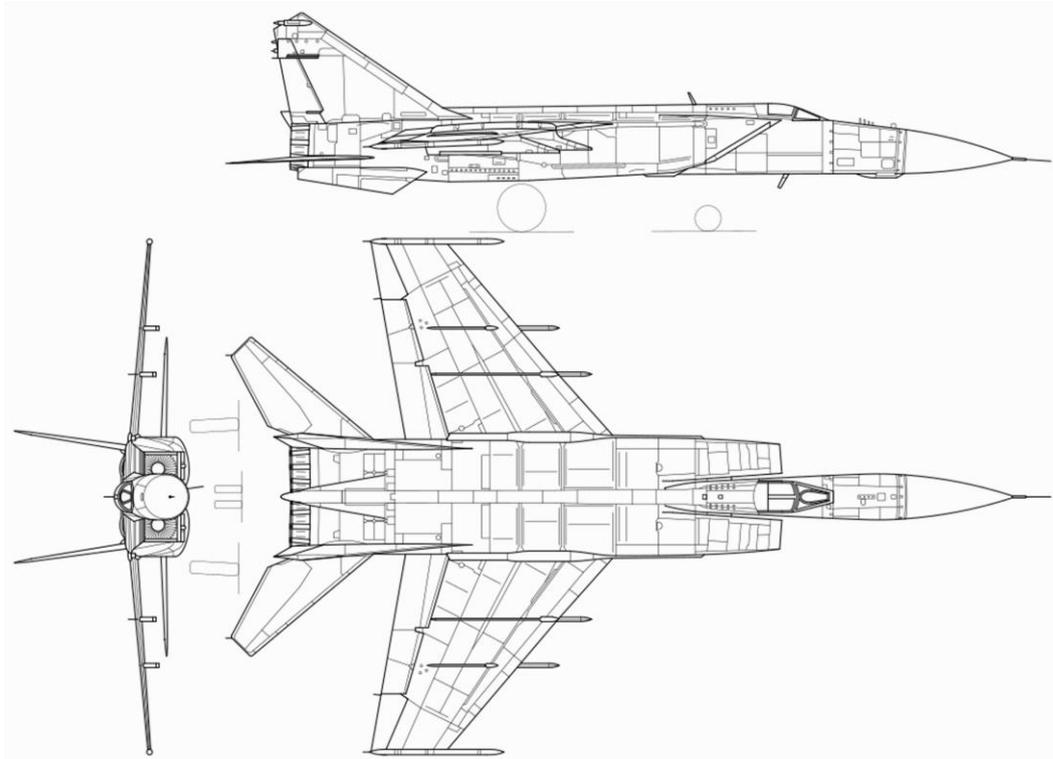
Questo era davvero il caccia da supremazia aerea e, a fine anni settanta, l'aviazione nord-americana stava sostituendo l'anticonvenzionale YF-12 con una macchina dalle prestazioni di velocità e tangenza confrontabili, ma con in più, la possibilità di essere un vero e proprio aeroplano da combattimento aereo.

E la sua controparte sovietica? Esisteva da qualche anno l'apparecchio equivalente con la stella rossa e non era meno agguerrito dell'Eagle; si chiamava: MiG-25 *Foxbat* ed era stato progettato anch'esso dalla squadra di progettisti guidata dagli anziani Artëm Mikojan e Michail Gurevich, i padri del MiG-15.



*caccia sovietico per supremazia aerea MiG-25 Foxbat - 1971*

Rispetto al contemporaneo F-15 o antecedente YF-12 americani, il MiG-25 era più compatto e più maneggevole; anch'esso era costruito per buona parte in titanio, ma la sua configurazione con ala a delta e doppia deriva gli consentiva una manovrabilità invidiabile anche alle quote elevate ed alle altissime velocità.



*tre viste del caccia sovietico per supremazia aerea MiG-25 Foxbat - 1971*

A voler ben guardare, anche nell'aspetto esteriore, il MiG-25 era molto simile all'F-15 americano; ne ricalcava, o meglio, ne anticipava le prestazioni e le caratteristiche principali, essendo stato progettato due anni prima.

Più che mai, negli anni ottanta, lo sviluppo degli aeroplani da caccia nelle due nazioni più potenti del mondo seguì strade parallele ed indipendenti, arrivando alla fine a realizzare macchine sostanzialmente confrontabili: l'Eagle americano ed il Foxbat sovietico, così come l'F-14 Tomcat della marina statunitense ed il MiG-23 Flogger russo.

In definitiva, il Lockheed YF-12 e poi il Mc Donnell Douglas F-15, di parte statunitense ed il MiG-25 di parte sovietica furono indiscutibilmente gli unici caccia da supremazia aerea di quegli anni; ormai, i principali comprimari delle due grandi nazioni non erano più in grado di produrre qualche cosa di competitivo per contendere ad U.S.A. ed U.R.S.S. la supremazia nei cieli del mondo.

Ciò non toglie che gli altri importanti paesi produttori di aeroplani continuassero a progettare e a produrre, puntando magari su modelli d'aereo dalle prestazioni non così estreme; certe nazioni furono attive direttamente, come la Francia con i suoi Mirage III e IV, altre ancora lo furono attraverso consorzi internazionali, come quello per l'M.R.C.A. Tornado.



*cacciabombardiere francese Dassault Mirage IV dell'Armée de l'Air – anni 70*

Però, c'è da notare che l'impegno di queste nazioni rimase principalmente confinato al settore degli aerei da combattimento e da attacco al suolo, lasciando le due uniche superpotenze mondiali a contendersi il primato della supremazia assoluta nei cieli.

Certo, questi velivoli europei non avevano l'autonomia straordinaria dei MiG-25 e degli F-15, ma, per operare nei più limitati spazi aerei di casa, un'autonomia non eccezionale andava più che bene per i nostri aeroplani.

E come i modelli precedenti creati per contendersi la *supremazia dell'aria*, i Mirage della Dassault non ebbero mai velatura mobile, ma continuarono ad avere un'ala a delta pura, eventualmente con alette o baffetti anteriori, per ottenere velocità minime più ridotte da poter essere sfruttate al momento dell'atterraggio e dell'attacco al suolo.

Ma i francesi ritornarono di nuovo all'ala a freccia, con tanto di impennaggio, sul successivo Mirage F1, che già si poteva classificare in una categoria ancora diversa di aeroplani da caccia, quella dei cosiddetti: *caccia leggeri*.

## ***Aeroplani da caccia leggeri***

Sostanzialmente, il caccia *leggero* fu una reinvenzione tutta americana e va inteso come un aeroplano dalle finalità esclusivamente difensive; al caccia leggero fu attribuito il compito di intercettare gli aeroplani avversari ed abbatterli con il proprio armamento missilistico, nel momento in cui essi si fossero avventurati negli spazi aerei degli States.

Di conseguenza, il caccia leggero doveva essere in grado di sfuggire all'attacco dei razzi della controparte, grazie ad un'eccellente agilità; questa doveva diventare *manovrabilità*, nel caso di eventuali scontri diretti con aeroplani da caccia attaccanti, in quello che, oggi, è chiamato *dog fight*, ovvero il combattimento fra cani.

E' evidente che, inteso in questi termini, il nuovo intercettore leggero non aveva bisogno di un'autonomia notevole come era richiesto ai fighter per supremazia aerea; al contrario, un buon caccia leggero, anche a pieno carico, doveva pesare il meno possibile per avere l'agilità desiderata.

Poi, doveva anche costare poco, data l'idea dei generali americani di disseminarlo in quantità considerevoli, ai confini degli Stati Uniti; questa impostazione riecheggia un po' la strategia sovietica di qualche decennio prima, quando i russi pensavano di distribuire il MiG-15 in infinite basi ai bordi dell'U.R.S.S.; ma, in fondo, che cos'erano mai il MiG-15 ed i Fiat G.91 se non dei caccia leggeri degli anni cinquanta e sessanta?



*aerei da caccia leggeri degli anni 50: il sovietico MiG-15 ed il Fiat G. 91 dei paesi della NATO*

Per contenere il peso della macchina in sé e la quantità del cherosene imbarcato, la scelta più logica fu quella di dotare il caccia leggero di un solo propulsore, il che calmierava non poco anche il costo di ogni singolo esemplare dell'aeroplano.

Di fronte ad una specifica emessa dalle autorità delle Forze Armate U.S.A., risposero due dei colossi nord-americani dell'industria dell'aeroplano: la Northrop, con il progetto YF-17 e la General Dynamics, che presentò il suo YF-16, dove, in entrambe le sigle, quella "Y" stava ad indicare un prototipo ancora sperimentale.

YF-16 e YF-17 volarono entrambi nel 1974, ma, mentre il prototipo della Northrop montava una coppia di turboreattori, l'YF-16 era propulso da un solo motore, anche se di grande potenza; si trattava di quello stesso turbofan ad alta diluizione della Pratt & Whitney, installato in doppia unità sul più corposo e pesante F-15 Eagle e che stava già fornendo ottima prova di sé.



*i prototipi di caccia leggeri americani General Dynamics YF-16 e Northrop YF-17 - 1974*

Sostanzialmente, fu a causa della configurazione bireattore dell'YF-17, che proprio l'YF-16 della General Dynamics venne selezionato per la produzione di serie; inoltre, l'YF-16 costava meno a fabbricarlo e consumava meno cherosene.

Le caratteristiche dell'F-16 *Fighting Falcon*, la versione che seguì il prototipo, erano interessanti: un monoplano monoturboventola, dalla velocità massima di circa Mach 2; il nuovo caccia leggero della General Dynamics era realizzato in alluminio, con alcune parti soltanto, quelle più sollecitate termicamente, fabbricate nel più pesante e costoso titanio.



*coppia di caccia leggeri americani General Dynamics F-16 Fighting Falcon di produzione - anni 80*

La velatura era fissa, a delta e l'impennaggio verticale era monoderiva; come per l'Eagle, anche la superficie alare dell'F-16 era abbondante e, come tale, assicurava al caccia leggero statunitense una invidiabile manovrabilità, come era giusto che fosse, dato che fra i suoi compiti c'era proprio il dog fight.

In più, sotto le due semiali, si potevano agganciare missili di vario tipo, che permettevano al Fighting Falcon di eseguire anche attacchi al suolo, quasi fosse un cacciabombardiere; ed anche per il dog fighting più accanito, l'armamento dell'F-16 si dimostrava adeguato, includendo un cannoncino da 20 mm. a 6 canne rotanti, capace di sparare oltre 2.000 colpi al minuto, che vuol dire più di 30 ogni secondo!

Ma, a pensarci bene, questo nuovo caccia americano della General Dynamics, così come è stato descritto, si dimostrava adatto più che mai anche ad operare nello scacchiere geopolitico europeo, in cui i territori delle varie nazioni non erano estesissimi ed i cieli di casa trasvolabili da parte a parte in poche ore, se non in alcuni minuti, come quelli del Belgio e dei Paesi Bassi.



caccia leggero svedese SAAB Viggen - 1972

Fu offerto a quei paesi: Olanda, Belgio, Danimarca, Norvegia che facevano parte dell'Alleanza Atlantica, ma non avevano aderito al consorzio M.R.C.A.; oltretutto, negli anni ottanta, per sostituire i loro F-104, quelle nazioni erano alla ricerca di qualche cosa di analogo al Tornado Panavia e, magari, meno costoso.

In fondo, per le aeronautiche militari della vecchia Europa, l'F-16 non si presentava, poi, molto diverso dal già presente e

sofisticato M.R.C.A., dall'ala a geometria variabile; più cacciabombardiere il bireattore anglo-italo-tedesco, più caccia intercettore e *bombardiere all'occasione* il Fighting Falcon americano.

Ciò non toglie che l'F-16 non avesse i suoi concorrenti europei ed erano il Viggen della svedese SAAB ed il Mirage F1 della Dassault; specialmente i francesi si dettero da fare moltissimo per aggiudicarsi il *contratto del secolo*, come venne definita nell'ambiente aeronautico, la competizione per sostituire gli ormai obsoleti F-104 ancora operativi in Europa.



caccia leggero francese Dassault F1E dell'aeronautica spagnola - 2002

Si disse che quelli della Dassault avessero aggiunto una E alla sigla del loro Mirage F1, definendolo *Mirage F1E*, giusto per farlo apparire come una versione studiata appositamente per l'Europa.

Ma tornando all'F-16, il caccia leggero americano fu un aereo sano e robusto, come, d'altra parte, lo fu il nostro M.R.C.A. Tornado.

In conclusione, nei due decenni successivi al 1970, il mondo dell'aeroplano da caccia ci fece assistere a non pochi mutamenti di indirizzo e si andarono differenziando diverse tipologie di macchine che sembravano richiamare concetti e ricalcare impostazioni dei tempi della Seconda Guerra Mondiale.

In sostanza, si definirono allora e continuano ad esistere oggi:

- *caccia intercettori per supremazia aerea*, cui appartenevano quasi esclusivamente l'F-15 americano ed il MiG-25 sovietico; come finalità operative, questi aeroplani non erano molto dissimili dal P-51 Mustang degli anni quaranta; quello voleva essere, e lo era davvero, capace di raggiungere ed abbattere qualsiasi aeroplano giapponese o italiano o tedesco, prima dell'arrivo del Messerschmitt 262 a reazione, quel fatidico 19 marzo 1945.



*caccia intercettori per supremazia aerea: Mc Donnell Douglas F-15 (1978) e North American P-51 Mustang (1941)*

- *caccia intercettori per combattimento manovrato*, come l'F-16 Fighting Falcon, il Viggen svedese, il Mirage F1 francese, i cui corrispondenti del tempo di guerra furono i Messerschmitt Bf 109 e gli Spitfire inglesi, che di duelli aerei ne fecero a migliaia nei cieli dell'Europa.



*caccia intercettori per combattimento manovrato: General Dynamics F-16 (1974) e Supermarine Spitfire (1939)*

- *cacciabombardieri*, come il nostro M.R.C.A. Tornado, come l'F-14 Tomcat della marina americana e come il MiG-23 Flogger sovietico, che facevano pensare ai Typhoon britannici ed ai temibili P-47 Thunderbolt americani; oltre a battersi con successo nei cieli dell'Europa, questi cacciabombardieri alleati non davano tregua alle truppe nemiche grazie alle loro mitragliatrici ed ai loro razzi.



*cacciabombardieri: M.R.C.A. Tornado (1978) e Hawker Typhoon (1942)*

### **Caccia leggeri / addestratori**

Ma proprio in quell'ultimo ventennio del secolo scorso spuntò ancora una volta una nuova idea di aeroplano da caccia, ancora più leggero del caccia leggero; lo idearono e lo vollero nello stesso momento francesi ed inglesi e si riunirono nuovamente in consorzio, dopo l'esperienza del Concorde, per produrre ancora un aeroplano comune, un aereo militare molto piccolo, questa volta.

Il consorzio anglo-francese prese il nome di SEPECAT ed il velivolo che avrebbe prodotto si chiamò: *Jaguar*, con la stessa grafia nelle due lingue, anche se viene pronunciato in modo diverso in inglese ed in francese; voleva essere sia un caccia intercettore supersonico, sia un addestratore avanzato per piloti da caccia ed infine, anche un assaltatore subsonico, operativo a bassa quota per attacchi al suolo ed appoggio alle forze combattenti a terra.

Negli anni ottanta, i costi di produzione e di gestione degli aeroplani da caccia erano diventati molto gravosi per diverse nazioni ed era sentita la necessità di far volare per allenamento i propri piloti su aeroplani più semplici e più economici, oltre che più convenienti come gestione; in pratica, si trattava di far mantenere in



*caccia leggero ed addestratore avanzato SEPECAT Jaguar - 1974*

addestramento continuo ed adeguato, ma su macchine meno dispendiose, quegli aviatori che avrebbero dovuto affrontare eventuali combattimenti aerei reali, ai comandi di aeroplani dalle prestazioni decisamente più elevate, ma economicamente molto impegnativi.

A pensarci bene, le caratteristiche del Jaguar ed i suoi impieghi operativi gli facevano ripetere, dopo trent'anni, il ruolo del nostro Fiat G.91 nella sua versione T; forse fu proprio per svolgere al meglio quel compito

che la versione biposto da addestramento avanzato costituì la versione di maggior successo commerciale di quel meraviglioso aviogetto.



*caccia ed addestratore avanzato Fiat G.91T – anni 60*

Sarà stato un caso o avrà avuto davvero l'occhio lungo l'ingegner Giuseppe Gabrielli, quel siciliano sbarcato a Torino da piccolo, quando concepì il suo capolavoro, quel Fiat G.91 che diventò il caccia leggero Standard NATO negli anni sessanta del secolo scorso?