

## *DOVE NON OSANO LE AQUILE...*

*"Houston, qui Base Tranquillità. L'Aquila è atterrata."*

Queste furono le prime parole proferite da un essere umano su di un corpo celeste che non fosse la Terra, la nostra grande casa spaziale a partire dalla notte dei tempi.

Queste poche parole di Neil Armstrong, il 20 luglio 1969, indicavano l'avvenuto allunaggio del LEM dell'Apollo 11, il modulo di atterraggio lunare chiamato anche Eagle (Aquila), nel Mare della Tranquillità. Il passo da gigante era compiuto.

In queste parole è racchiuso l'enorme successo della NASA (National Aeronautics and Space Administration, l'agenzia spaziale americana), in quei tempi all'apogeo, è il caso di dirlo, della sua gloria.

Da quel momento in poi ogni singolo volo spaziale è stato considerato una semplice "routine", come se con la discesa sulla Luna l'Uomo avesse esplorato tutto l'Universo e potesse considerare lo spazio interplanetario come la sua "seconda casa".

Ma tra i voli spaziali e la "routine" di un viaggio in bicicletta intercorre la stessa distanza che separa la Luna dai margini dell'Universo (all'incirca 15 miliardi di anni luce, cioè, in chilometri, il numero 142 seguito da 21 zeri, centimetro più, centimetro meno).



**Figura 1** - Il sorgere del Sole osservato dallo spazio, dal modulo di comando dell'Apollo 11.  
Copyright © NASA

Nello spazio non ci sono stazioni di servizio dove poter comprare dei ricambi per la propria astronave e non si può nemmeno chiamare il carro attrezzi. Quegli uomini coraggiosi, gli astronauti, che con la loro grande curiosità offrono la loro stessa esistenza per esplorare l'Universo sono soli lassù, e non c'è nessun centro di controllo terrestre che possa venire in loro soccorso.

Nessun tipo di soccorso è attualmente possibile nello spazio interplanetario.

In questo articolo non ci occuperemo dei grandissimi successi della NASA (la Luna, ma anche le prime sonde a volare nello spazio interstellare e molto altro ancora)... ci occuperemo invece degli episodi più oscuri della sua lunga storia.

Di quegli episodi, per essere chiari, dove l'Aquila non è atterrata... è precipitata.

La lunga storia delle tragedie targate NASA raggiunge i giorni nostri, con il tragico "crash down" del Columbia avvenuto l'1 febbraio 2003.

Questo episodio, attualmente, è senz'altro il più famoso perché ancora oggi è alla ribalta della cronaca.

Ma non per questo bisogna dimenticarsi delle grandi tragedie ormai lontane, il segno delle quali si riflette su di ogni singola missione attuale.

Prima di parlare ampiamente della caduta del Columbia, tratteremo dei tre disastri principali del volo spaziale americano: l'Apollo 1, l'Apollo 13 e lo Challenger.

In questi tre incidenti (in realtà, nel primo e nel terzo poiché durante la missione Apollo 13, fortunatamente, non morì proprio nessuno, anche se ci andarono vicini) perirono 10 astronauti.

Prima di saltare a conclusioni affrettate sull'inefficienza della NASA e sulla pericolosità delle astronavi attuali, bisogna rendersi conto che in tutte le missioni dello Space Shuttle, l'ultima del Columbia è stata la 113sima, solo 2 sono stati gli incidenti catastrofici, circa l'1,77% del totale. E ricordiamoci anche che spedire un razzo pesante migliaia di tonnellate a centinaia di chilometri di distanza e con una velocità di diversi chilometri al secondo non è proprio una passeggiata spaziale.

E' al limite delle attuali tecnologie.

Fatte queste premesse, iniziamo il nostro viaggio nelle grandi tragedie dell'astronautica americana.

## UN "CALOROSO" INIZIO

Nel 1961 il presidente americano J.F. Kennedy fece una promessa al popolo americano che poteva sembrare alquanto anacronistica.

*"[...] Landing a man on the Moon and returning here, safe, on the Earth..."*

Promise che prima della fine degli anni Sessanta, l'America avrebbe fatto sbarcare un proprio astronauta sulla Luna e, particolare non da poco, lo avrebbe fatto ritornare, sano e salvo, sulla Terra.

Durante gli anni Sessanta il mondo si trovava nel bel mezzo della guerra fredda e le continue vittorie dei russi in campo spaziale erano qualcosa di completamente inaccettabile per il colosso Statunitense.

Basta pensare al primo satellite artificiale (lo Sputnik I), al primo cosmonauta (Juri Gagarin) e alla prima cosmonauta (Valentina Tereskova) per rendersi conto che i russi avevano decisamente il predominio mondiale nel campo aerospaziale.

E in quegli anni predominio aerospaziale voleva significare solo predominio militare: un razzo vettore poteva essere impiegato per mandare un uomo nello spazio o, indifferentemente, una testata nucleare all'altro capo del mondo

Ma gli Stati Uniti avrebbero fatto di più. Sarebbero riusciti a far abbandonare ad un rappresentante della razza umana il pozzo gravitazionale della Terra.

E, dopo aver esplorato ogni angolo del globo terrestre, l'Umanità sarebbe finalmente sbarcata su di un Nuovo Mondo.

Molti testimoni dell'epoca affermarono che lo sforzo organizzativo messo in piedi negli Stati Uniti per vincere la scommessa fu qualcosa di irripetibile nella storia dell'astronautica.

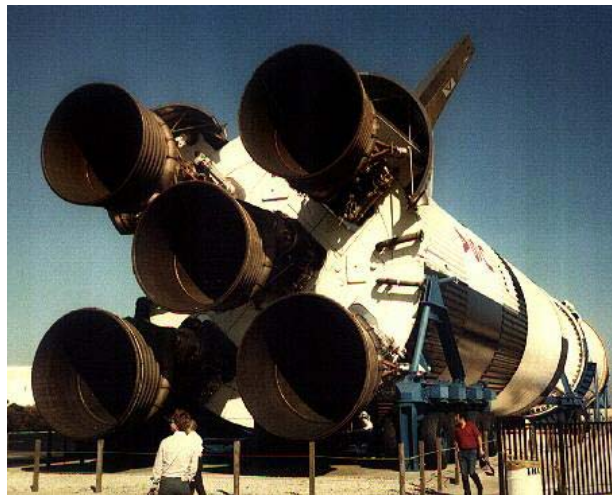
Gli uomini giusti si ritrovarono al posto giusto e al momento giusto.

Da semplici schizzi su tovaglioli nacquero potentissimi razzi, ingegneri aeronautici ampliarono i loro orizzonti fino a farli diventare... aerospaziali.

Probabilmente fu la mancanza di una tale organizzazione a non permettere ai russi di vincere la corsa alla Luna.

In questo articolo ci interessa particolarmente il gigantesco razzo che fu utilizzato durante le missioni del programma Apollo. Questo vettore era denominato Saturn V, mentre il nome al programma era assegnato dalla capsula (praticamente l'alloggio degli astronauti durante il viaggio) utilizzata. E così i programmi Apollo, Mercury, Gemini e altri, prendono il nome dai propri moduli abitativi.

Uno di questi enormi razzi è conservato in bella mostra a Cape Canaveral.



**Figura 2 – I 5 enormi motori del primo stadio del Saturn V, denominati F1.**

Copyright © Mark Wade

Il Saturn V è stato il più grande razzo mai apparso sulla faccia della Terra.

Era alto 102 metri, con un diametro di 10,1. Inoltre era suddiviso in tre stadi, secondo i più recenti studi missilistici dell'epoca (utilizzati ancora oggi) secondo i quali, un razzo suddiviso in più parti, ognuna delle quali si sgancia dal resto della struttura una

volta terminato il proprio propellente, richiede una potenza per la messa in orbita decisamente minore di altri missili monostadio.

Il Saturn V pesava più di 3000 tonnellate: basta solo pensare che il primo stadio bruciava circa 15 tonnellate di propellente al secondo, generando una spinta al decollo di 3440 tonnellate. Questo mostro poteva trasportare 47 tonnellate di "carico utile" (il cosiddetto payload cioè, in questo caso, la capsula Apollo e gli astronauti) in orbita lunare. Nonostante il suo peso, questo enorme ammasso di metallo (costituito per la maggior parte di propellente) riusciva a raggiungere l'incredibile velocità di 11,3 chilometri in un secondo (la velocità di fuga dal campo gravitazionale del nostro pianeta, detta anche seconda velocità cosmica, per la Terra), cioè, in termini "automobilistici", 40.680 Km/h. Il Saturn V sembrava stentare ad alzarsi durante ogni lancio dalla rampa numero 39 di Cape Canaveral (a quei tempi chiamato Cape Kennedy, in onore del presidente).

Esistono numerosissimi aneddoti riguardanti la costruzione di questo vettore. Uno dei più significativi racconta che il suo progettista, a causa del peso eccessivo della struttura, fu costretto a eliminare i serbatoi dei propellenti, inserendoli direttamente a contatto con la parete esterna del razzo!



**Figura 3 – Il lancio dell’Apollo 11 a bordo di un Saturn V, destinazione: Luna.**

**Copyright © NASA**

Il miracolo della creazione di questo mostro cosmico è stato compiuto da un grandissimo ingegnere tedesco chiamato Von Braun. Prima di impegnarsi nella realizzazione del Saturn V, aveva contribuito alla creazione dei temibili razzi V2, tedeschi, che terrorizzavano le città inglesi durante la Seconda Guerra Mondiale.

A dire la verità, non erano in molti a credere che questo gigante si sarebbe mai alzato dalla rampa di lancio. L'opinione pubblica era convinta che il Saturn V avrebbe fatto la stessa fine del razzo Vanguard (della Marina Statunitense) il quale, solo pochi anni prima, non era riuscito nemmeno ad alzarsi di un millimetro, prima di esplodere come

una enorme bomba. Il tutto si sarebbe concluso con un sacrificio di vite umane ed un enorme spreco di denaro pubblico (il costo di sviluppo del razzo è stato di 7 miliardi e mezzo di dollari, in valuta del 1966). Von Braun era criticato dai suoi colleghi perché aveva scelto come combustibile per il suo razzo il kerosene (peraltro utilizzato ancora oggi dagli aerei a reazione) al posto dell'idrogeno liquido, divenuto ormai uno "standard" (e utilizzato negli Shuttle).

Lui "liquidava" i suoi avversari dicendo che: "Mi piace il kerosene perché è affidabile": il Saturn V è stato uno dei pochi razzi a non essere mai esploso, su 13 lanci nemmeno uno è fallito.

Ma qualche problema ci doveva essere per forza. E la tragedia dell'Apollo 1 non avvenne durante la vertiginosa salita verso le stelle.

Avvenne sulla terra, addirittura a diversi giorni dalla data di lancio.

Era il 27 gennaio 1967, una tranquilla mattinata a Cape Canaveral.

Grissom, White e Chaffe erano i tre astronauti prescelti per dare il via al programma Apollo che avrebbe portato gli Uomini sul nostro satellite.

L'atmosfera era rilassata, mancavano alcuni giorni al lancio ed i tre astronauti si trovavano nel modulo Apollo, già montato sull'enorme Saturn V in posizione di decollo, intenti in alcuni test pre-lancio.

Tutto procedeva come da manuale fino a quando un semplicissimo contatto elettrico (all'interno di una struttura che ne conta diversi milioni...) non mise la parola fine alla missione.

Un relè era andato in corto circuito, innescando una piccola scintilla. Tutto sarebbe andato bene se l'interno del modulo Apollo non fosse stato saturo di ossigeno puro. L'ossigeno costituisce un elemento fondamentale in una combustione. Anche quando accendiamo un semplice falò, gli elementi che intervengono sono il combustibile (il legname bruciato), il comburente (l'ossigeno) e l'innescò (un qualsiasi evento che innescò la combustione, ad esempio un fiammifero). In assenza di uno qualsiasi di questi elementi la combustione non si manifesta. Al contrario, se uno di questi elementi è presente in maniera rilevante, la combustione diventa sempre più potente. L'ossigeno presente nella capsula fece scoppiare un incendio che in pochi secondi incenerì completamente il modulo. In realtà, intervenne anche un altro fattore determinante: la porta che avrebbe dovuto permettere l'evacuazione (relativamente) rapida dell'equipaggio per una assurda fatalità non si aprì. Una tremenda concatenazione di avvenimenti, insomma, causò la morte del primo, intero equipaggio spaziale americano.

Dopo questo gravissimo incidente il programma Apollo subì una battuta d'arresto che getto molte ombre sulla possibilità di battere i Russi nella corsa alla Luna.

Ma questa è un'altra storia...

## UN FALLIMENTO DI GRANDE SUCCESSO...

Facendo un "balzo da gigante" in avanti nel tempo, vediamo le varie missioni Apollo raggiungere obiettivi sempre più alti, fino a culminare con la discesa sulla Luna, dell'Apollo 11.



**Figura 4 - Il famoso "piccolo passo" di Neil Armstrong. E' il 20 luglio 1969.**

**Copyright © RAI, fotografia scattata da Luigi Pacucci.**

Il morale a quei tempi era veramente "alle stelle" e sembrava che niente avrebbe potuto ostacolare le successive missioni.

Come dicevamo all'inizio, sarebbero state una semplice "routine"...

E invece la missione l'Apollo 13, sarebbe stata successivamente definita come il "miglior fallimento" della storia dell'astronautica.

L'obiettivo della missione Apollo 13 era lo sbarco sull'Altopiano di Fra Mauro, nel Mare Nubium, sulla faccia visibile della Luna.

La partenza avvenne l'11 aprile del 1970 e l'equipaggio era composto da: James Lovell (il comandante, un veterano dello spazio), Fred Haise e John Swigert.

Il lancio avvenne senza alcun problema e i tre astronauti iniziarono la loro corsa che in circa 4 giorni li avrebbe portati a coprire i 384.000 Km che ci separano dalla Luna.

L'incidente avvenne durante una banale operazione logistica .

Il MCC (Mission Control Center, Centro di Controllo Missione) di Houston comunicò a Swigert diverse operazioni da compiere, tra le quali il fatale rimescolamento dei serbatoi di ossigeno.

La serpentina di riscaldamento nei serbatoi di ossigeno, durante il rimescolamento a freddo, aveva causato una scintilla. Come nel caso dell'Apollo 1, le fiamme divamparono a causa dell'ossigeno e avvenne una vera e propria esplosione.

Questa per fortuna non arrivò a disintegrare completamente l'astronave (era costituita da materiali estremamente resistenti, ma con uno spessore di pochi millimetri), ma danneggiò seriamente i serbatoi di ossigeno, di acqua e il sistema elettrico del modulo di comando (chiamato Odissey).

Nei pochi, concitati attimi che seguirono il comandante pronunciò la seconda frase più famosa della storia dell'astronautica (dopo quella di Armstrong): *"Houston, we have a problem here"...* *"Houston, abbiamo un problema"*.



**Figura 5** - La famosa immagine che mostra il modulo di servizio dell'Apollo 13 semi-distrutto (fianco destro) dall'esplosione. La foto è stata presa dal modulo di comando dopo il distacco.  
Copyright © NASA

In effetti, non era cosa da poco. I serbatoi di ossigeno iniziarono a perdere vistosamente il prezioso gas che manteneva in vita gli astronauti.

La produzione di energia elettrica iniziò a scarseggiare e l'acqua doveva essere razionalizzata: ogni astronauta aveva a disposizione solo un bicchiere di acqua al giorno. Inoltre il sistema di riscaldamento non poteva funzionare, quindi la temperatura interna della capsula era di poco superiore agli 0°C.

Come se non bastasse, tutta l'astronave iniziò a roteare su se stessa in maniera non controllabile.

E' evidente che l'esplosione aveva alterato seriamente l'assetto dell'astronave.

La vertiginosa rotazione non permetteva agli astronauti di capire nemmeno dove stessero andando.

Al centro di Houston iniziarono immediatamente dei febbrili test per stabilire quale fosse il modo migliore per riportare, nel più breve tempo possibile, l'astronave a terra. Furono avanzate due ipotesi: la prima consisteva nell'accendere i razzi del modulo di comando per invertire la rotta e ritornare subito sulla Terra. Venne scartata perché si temeva che il motore dell'Odissey potesse essere rimasto danneggiato dall'esplosione e, quindi, in pericolo di generare un'altra, ben più catastrofica, deflagrazione.

La seconda proposta, molto più sicura, consisteva nel cosiddetto "rientro controllato". L'Apollo 13 sarebbe entrato in orbita lunare per poi lasciarla successivamente, in direzione della Terra. Questo avrebbe permesso di invertire la rotta senza l'accensione dei motori e, in aggiunta, di guadagnare una certa velocità. E' lo stesso principio utilizzato da molte sonde interplanetarie (ad esempio dalle vetuste Voyager)

che sfruttano la forza di gravità dei pianeti per fiondarsi a velocità enormi (anche 30 Km/s, cioè oltre 100.000 Km/h) verso il loro obiettivo.

Questa manovra è detta di "gravity assist".

La prima difficoltà era superata, ma ne restavano ancora tante.

In primo luogo, bisognava risolvere il problema dell'energia elettrica a bordo. Senza energia nessuno dei sistemi fondamentali per mantenere in vita gli astronauti avrebbe funzionato. Quindi, bisognava effettuare una scelta dei sistemi di importanza vitale per il rientro, spegnendo tutti gli altri.

I computer non potevano rimanere in funzione: bisognava guidare alla cieca.

Il modulo di servizio, ormai senza energia e senza ossigeno, venne abbandonato.

Il LEM, chiamato Aquarius, fu utilizzato come una vera e propria lancia di salvataggio: il motore che avrebbe dovuto far scendere delicatamente gli astronauti sulla Luna sarebbe stato utilizzato per effettuare un rientro di emergenza sul nostro pianeta! Ma anche il LEM aveva delle risorse estremamente limitate: avrebbe potuto tenere in vita 2 persone per 52 ore.

Un altro problema vitale riguardava il rientro in atmosfera.

Nessuno poteva sapere se lo scudo termico della navetta avrebbe retto alle enormi temperature che si producono durante il rientro (sarebbe potuto succedere lo stesso incidente occorso al Columbia).

Inoltre: i paracadute che rallentavano la discesa della capsula sull'Oceano Pacifico (il tuffo in acqua è detto "splash down") si sarebbero aperti?

Il mondo intero seguiva con ansia le vicende dei tre naufraghi dello spazio e addirittura Papa Paolo VI aveva pregato per la loro sorte.

Evidentemente era stato ascoltato.

Il lavoro di migliaia di persone alla NASA era riuscito a riportare una "lavastoviglie volante" (come viene chiamato l'Apollo 13 nel celebre film omonimo) senza motori, senza elettricità, senza ossigeno, senza riscaldamento, con lo scudo termico danneggiato e, apparentemente, senza paracadute, sulla Terra e i tre coraggiosi astronauti sani e salvi a casa, dopo un viaggio sull'orlo della catastrofe durato ben 95 ore.

Il comandante dell'Apollo 13 poteva finalmente decretare il "Passo e Chiudo" ("Over and Out") che termina ogni missione.

Un miracolo, è il caso di dirlo.

## PER UN PUGNO DI DOLLARI...

Dopo la chiusura del programma Apollo, la corsa allo spazio subì una enorme battuta d'arresto. Non interessava più a nessuno andare sulla Luna, ora che i russi erano stati battuti... 17 a 0 (l'Apollo 17 è stata l'ultima missione lunare).

La possibilità di colonizzare permanentemente il nostro satellite naturale sembrava irrealizzabile con le tecniche di allora: bisognava risolvere numerosissimi problemi



tecnologici e, soprattutto, logistici. Ma, cosa ben più determinante, non si vedeva un motivo valido per espandere permanentemente la vita terrestre al di fuori del nostro pianeta di origine.

Per un'altra grande avventura spaziale si sarebbero dovuti aspettare ben 10 anni.

Ormai il bilancio della NASA era perennemente in passivo e gli ingegneri si resero conto che così non si poteva andare avanti.

Ogni missione comportava la costruzione di un enorme razzo (Saturn V o simili) e, per di più, questo era a perdere.

Vuol dire che, una volta utilizzato, veniva perso (o comunque i pezzi recuperati erano da buttare).

Il costo di un singolo lancio del vettore Saturn V ammontava (in valuta del 1967) a 431 milioni di dollari.

L'unica soluzione possibile a questo "attentato economico" consisteva nella creazione di una sorta di razzo riutilizzabile, anche molto costoso, ma che potesse essere riutilizzato un elevato numero di volte senza parti a perdere.

Ecco come è nato lo Space Shuttle, il cosiddetto "Traghetto Spaziale".

Tuttavia bisogna dire che lanciare un carico con lo Space Shuttle non si è rivelato così economico come i suoi progettisti speravano. Lanciare un chilogrammo sullo Space Shuttle costa oggi circa 30.000 dollari.

Successivamente ci soffermeremo in dettaglio sui particolari tecnici e sul lancio di uno Shuttle (anche perché i prossimi due incidenti, lo Challenger e il Columbia, riguardano proprio questo enorme razzo).

Ora, invece, parliamo del prossimo disastro: lo Challenger.

## UN "FIORE" SUI CIELI DI CAPE CANAVERAL...

Nel 1981 venne lanciato il primo Space Shuttle (il Columbia, lo stesso che ha infelicitamente chiuso la sua carriera l'1 febbraio 2003).



**Figura 6** – Il decollo del primo Space Shuttle della storia, il Columbia, nel 1981.

Copyright © NASA

I primi lanci furono da manuale, cosa che incoraggiò non poco la NASA a continuare su questa strada.

E, in effetti, gli Shuttle sono delle macchine magnifiche: riescono a portare in orbita bassa circa 28 tonnellate di carico utile (cioè satelliti, parti della Stazione Spaziale...), oltre che, ovviamente, sette astronauti.

Tutto il programma Shuttle proseguì senza problemi fino al 1986.

Fino al disastro del Columbia, la più grande catastrofe spaziale è stata quella dello Challenger.

Questo è il nome di una delle prime navette spaziali ad essere costruite, insieme al Columbia. Il nome ufficiale dello Challenger era OV-099

Era il 28 Gennaio 1986 e tutto era pronto per la partenza dello Shuttle.

Durante la notte, la temperatura a Cape Canaveral era scesa molti gradi sotto lo zero, ma questo non avrebbe, apparentemente, influito sul lancio.

L'equipaggio era composto da sette astronauti, cinque uomini e due donne. Una di queste non era una astronauta di professione e nemmeno, cosa eccezionale a quell'epoca, un militare.

Christa McAuliffe era una insegnante, selezionata fra diverse migliaia di "aspiranti astronaute".

Durante l'orbita attorno alla Terra, questa insegnante avrebbe dovuto tenere una lezione sullo spazio ai suoi alunni, attraverso una videoconferenza. Questo si può definire un "trampolino di lancio spaziale" per cercare di avvicinare il più possibile il pubblico (e quindi, indirettamente, i finanziamenti) alle missioni spaziali.

L'attesa e l'attenzione dei media per questo evento era enorme. I giornalisti si vedevano già a fare la fila per prenotare un week-end tutto compreso su Urano...

Questa missione dello Challenger (irreversibilmente l'ultima della sua carriera) era stata classificata come STS 51-L. La sigla STS (con la quale ancora oggi si classificano le missioni Shuttle) sta per Space Transportation System, cioè Sistema di Trasporto Spaziale.

Il countdown procedeva inesorabile e tutti erano ai loro posti, pronti alla partenza. I controllori di volo del MCC controllavano e ricontrollavano centinaia di volte tutti i parametri della navetta, per assicurarsi che ogni singolo bullone e ogni contatto elettrico funzionasse a dovere.

In effetti, dai controlli non risultò nessun problema. Venne comunicato "*We are ready for countdown!*" (pronti per il conto alla rovescia).

Una volta che venne pronunciato "Zero" un enorme boato ruppe il silenzio quasi religioso di Cape Canaveral: lo Shuttle stava partendo, in perfetto orario.

Come al solito partirono gli applausi e le grida di gioia che si diffusero per tutta l'isola, insieme alle violente vibrazioni causate dall'accensione dei motori.

Quando lo Shuttle parte, sembra di trovarsi nell'epicentro di un terremoto!

Era stata una partenza perfetta, tutti i cinque motori che spingono la navetta alla partenza e che generano una potenza equivalente a quella di 140 "Boeing 747" funzionarono come da manuale.

Ma dei milioni di occhi che guardavano quella montagna di acciaio e fiamme innalzarsi verso il cielo, nemmeno uno notò uno strano fumo nero da combustione uscire da una zona del booster destro (il booster è uno dei due razzi di spinta dello Shuttle, ma ne ripareremo più avanti).

Mentre il pubblico ancora applaudiva, avvenne qualcosa di tremendo.

A esattamente 73 secondi dal lancio (T+ 73s) lo Space Shuttle Challenger esplose in una enorme nuvola di fumo. In realtà, non furono in molti a comprendere immediatamente cosa fosse quell'enorme "fiore" di fumo che si stava aprendo sopra le loro teste.



**Figura 7 - L'esplosione dello Space Shuttle Challenger.**

Copyright © NASA

Il serbatoio esterno esplose immediatamente e danneggiò irreparabilmente la navetta che conteneva gli astronauti, mentre i due booster continuarono la loro folle corsa fino a quando un comando da terra li fece esplodere, per evitare che cadessero su qualche centro abitato. In pochi secondi la più complessa macchina costruita dall'uomo si era trasformata in milioni di milioni di rottami.

Analizziamo in dettaglio le cause che portarono a questo disastro.

In effetti, dal punto di vista della propulsione lo Shuttle non ebbe alcun tipo di problema. I motori funzionarono perfettamente fino alla fine.

Il problema era sito all'interno del booster destro. Una guarnizione di gomma aveva perso la sua resistenza meccanica (molto probabilmente a causa delle rigide temperature della notte, che erano scese a circa  $-7^{\circ}\text{C}$ ). Questa, quindi, non riuscì a sopportare le enormi temperature della fase di decollo e si spezzò.

Il pennacchio di fuoco incandescente che usciva dal razzo laterale funzionò da vera e propria fiamma ossidrica. In pochi secondi riuscì a rompere il montante che univa solidamente il razzo al resto della struttura (navetta + serbatoio esterno). I booster

sono progettati per volare attaccati allo Space Shuttle, quindi, in assenza di questo, perdono completamente l'assetto.

E' stato proprio questo a causare la sciagura. Il razzo vettore, libero ormai dal montante, si inclinò velocemente verso sinistra scontrandosi con il serbatoio esterno. Questo si disintegrò completamente e i due propellenti che conteneva (idrogeno ed ossigeno) si mischiarono fra di loro, creando una miscela estremamente esplosiva. Le enormi temperature che si erano venute a creare causarono immediatamente l'innescò del propellente che esplose, disintegrando lo Space Shuttle.

La Thiokol Corporation, la ditta costruttrice dei boosters, aveva consigliato ai tecnici della NASA di non effettuare il lancio, per questioni di sicurezza. Invece l'ente spaziale americano, oppresso in quegli anni da una serie improrogabile di impegni spaziali (la maggior parte dei satelliti, al contrario di oggi, venivano lanciati con lo Space Shuttle) scelse di correre questo rischio.

Alcune ricerche hanno dimostrato che molto probabilmente gli astronauti di quest'ultima missione dello Challenger sarebbero sopravvissuti all'esplosione. Questo è provato dal ritrovamento di 5 maschere di ossigeno (da usare in momenti di emergenza, come sugli aerei civili) aperte ed utilizzate. La cabina di pilotaggio è estremamente resistente e in grado, teoricamente, di reggere a delle esplosioni.

Dopo l'esplosione, la navetta avrebbe continuato a volare per inerzia seguendo un'orbita parabolica, con apogeo 20 Km, per poi tuffarsi ad una velocità spaventosa nell'oceano. Sarebbe stato l'impatto violentissimo a distruggere la navetta ed i suoi occupanti. Eppure gli astronauti non avrebbero comunque potuto salvarsi poiché non c'era modo di abbandonare l'astronave dopo l'esplosione.

A quei tempi il livello di sicurezza degli Shuttle era molto scadente e, bisogna ammetterlo, molti passi avanti sono stati fatti da allora. Tanto per citare un esempio, nel 1986 gli astronauti non indossavano le cosiddette tute LES (Launch and Entry Suit, Tuta per il lancio ed il rientro). Queste tute (simili a quelle utilizzate durante le passeggiate spaziali, ma meno complesse) sono state introdotte successivamente per salvaguardare la vita degli astronauti. Sono composte essenzialmente da un paracadute che l'equipaggio può utilizzare in casi di grave emergenza.

Il più grave incidente dell'era dello Space Shuttle si era consumato in pochissimi secondi, ma servirono ben 32 mesi prima che un'altra astronave partisse da Cape Canaveral. In tutto questo tempo le navette furono completamente revisionate e vennero introdotti numerosi accorgimenti riguardanti la sicurezza.

## COME PUO' UN "PALAZZO" VOLARE NEL CIELO?

E ora siamo arrivati ai giorni nostri. Infatti, la prossima tappa del nostro viaggio alla ricerca di disastri è proprio il Columbia, "ucciso in azione" l'1 febbraio 2003.

Però, prima di ricercare le cause di questo recente disastro è bene comprendere alla perfezione come funziona un razzo e, in particolar modo, lo Space Shuttle.

Sintetizzando al massimo, un razzo è una macchina che sfrutta la terza legge della dinamica (formulata da Newton), ovvero il principio di azione-reazione.

Questa legge universale afferma che "ad ogni azione corrisponde una reazione uguale e contraria".

In pratica, ad ogni singola forza esistente è associata una forza di intensità uguale, ma di verso opposto.

Troviamo riscontro di questa legge anche nelle nostre azioni quotidiane.

Ad esempio, proviamo a farci male, tirando un pugno verso un muro. Ammettiamo di imprimere coi nostri muscoli una forza di 10 Newton (all'incirca 1 chilogrammo peso, in termini missilistici) diretta verso un muro. Una volta colpito l'obiettivo, questo, in un certo senso, ci "restituirà" il pugno, proprio perché ad ogni azione (da noi al muro) è associata una reazione (dal muro a noi) di intensità uguale (infatti il muro "ci colpirà" con una forza di 10 N), ma di verso contrario.

Proprio questo processo avviene, in grande, su di un razzo.

Esistono diversi tipi di razzi, i più comuni ed usati sono quelli chimici, ma sono in progetto nuovi razzi sperimentali ad esempio di tipo elettrico e nucleare.

Un razzo chimico è una macchina, teoricamente molto semplice, che trasforma l'energia chimica (del propellente) in energia cinetica.

Dalla parte inferiore (chiamata ugello) vengono espulsi a velocità e temperature enormi delle grandi masse di gas. Ma poiché a questa azione (dall'alto verso il basso) corrisponde una reazione (dal basso verso l'alto), il razzo si muoverà proprio verso l'alto. Ma perché, dato che l'esplosione del propellente si propaga in tutte le direzioni nella cosiddetta camera di combustione, il missile si muoverà verso l'alto? Semplice: i gas possono "evacuare" dalla camera di combustione solo grazie all'ugello, che li indirizza esclusivamente verso il basso.

La forza con cui il razzo si alza è proporzionale al peso molecolare e alla velocità di espulsione dei gas.

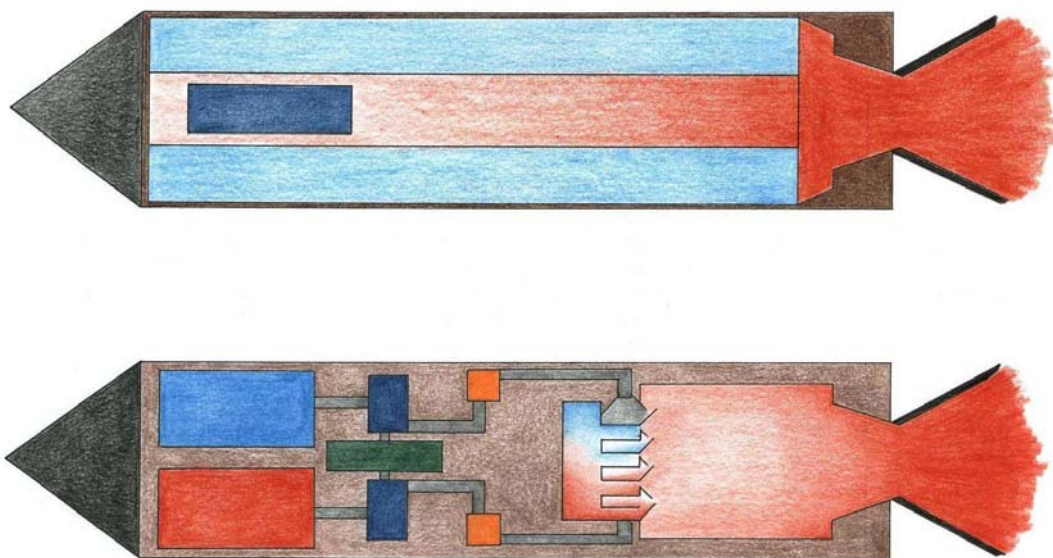
E' lo stesso principio utilizzato nei moderni aerei, solo che il motore a razzo differisce per un aspetto fondamentale: nell'ambiente in cui volerà non è presente l'ossigeno atmosferico (utilizzato dagli aerei "normali" come comburente) e, quindi, devono portarselo appresso (sottoforma di ossigeno liquido).

Dire che un razzo genera 1 tonnellata di spinta (1000 Kg peso, in termini "ortodossi") vuol dire che riuscirebbe a tenere "sospeso per aria" un oggetto pesante proprio una tonnellata. Infatti la forza di gravità (verso il basso) dell'oggetto sarebbe perfettamente bilanciata dalla spinta (verso l'alto). E' ovvio che per far sollevare un oggetto è necessaria una spinta superiore alla forza di gravità dell'oggetto. Ed è altrettanto ovvio che per spedire in orbita un razzo, è necessaria una spinta molto, ma molto maggiore del suo effettivo peso. Per farsi un'idea, il complesso dello Space Shuttle pesa all'incirca 1500 tonnellate alla partenza. I motori generano una spinta superiore alle 3000 tonnellate: più del doppio. Per questo motivo gli astronauti di oggi possono anche permettersi di portare qualche "ricordo del pianeta azzurro" sullo Shuttle. Ad esempio, il nostro astronauta Umberto Guidoni, durante la sua ultima

missione, portò sullo Space Shuttle Endeavour un CD con le musiche di Verdi e un pezzo di Parmigiano: di certo questo peso "inutile" non farà schiantare lo Shuttle... Esistono due tipi di motori a razzo (parlando sempre di endoreattori chimici): a combustibile solido e a combustibile liquido.

I razzi a combustibile solido sono di progettazione molto più semplice e consistono in un grano di propellente (all'interno di un cilindro) che viene innescato da una carica pirotecnica al momento del lancio. Il difetto principale di questo tipo di razzi consiste nel fatto che, una volta acceso, non è possibile spegnerlo prima che abbia terminato il combustibile. Sono razzi a combustibile solido i booster dello Space Shuttle.

I motori a combustibile liquido, invece, richiedono una progettazione molto più accurata e complessa. Necessitano di due serbatoi distinti per il combustibile e per il comburente (che non possono assolutamente venire in contatto, come invece è avvenuto nel caso Challenger). Inoltre, necessitano di enormi pompe che trasportino diverse tonnellate di propellente al secondo verso la camera di combustione. In questa sezione avviene l'incontro fra questi due liquidi che, innescati, esplodono, formando una enorme massa di gas che viene convogliata verso l'ugello (chiamato di De Laval, dal nome dello scienziato che ne teorizzò la forma). Inoltre, esistono dei propellenti che non necessitano di comburente per esplodere, ma hanno una resa non molto alta, come nel caso dell'idrazina, utilizzata in alcuni motori dello Shuttle.



**Figura 8 -** Ecco un semplice schema per confrontare i due tipi di endoreattori chimici. In alto un razzo a propellente solido: si vede il grano di propellente (celeste), la carica di accensione (blu), la zona di espansione dei gas combusti (sfumature di rosso) e l'ugello (nero). In basso un razzo a propellente liquido: si notano i due serbatoi separati di combustibile e comburente (rosso e celeste). I propellenti vengono convogliati in dei condotti (grigi) attraverso delle turbo pompe (in verde la turbina e in blu le pompe). L'iniettore (struttura colorata con sfumature rosso-celesti) vaporizza i due propellenti e ne permette l'unione. A questo punto la miscela esplosiva viene convogliata nella camera di combustione (sfumature rosse)... per essere sparata (finalmente) all'esterno!

I motori a combustibile liquido hanno molti aspetti positivi, primo fra tutti la possibilità di interrompere la combustione in qualsiasi momento (semplicemente bloccando l'afflusso di propellente verso la camera di combustione). Inoltre l'impulso specifico dei motori a combustibile liquido è solitamente superiore rispetto ai solidi. Ovviamente queste appena descritte sono le parti fondamentali e irrinunciabili di un razzo. In pratica, senza avere troppe pretese, si potrebbe costruire un endoreattore di questo tipo solo con una camera di combustione, un ugello e il propellente (solido o liquido che sia). Se invece abbiamo anche delle pretese di affidabilità e precisione (e i voli spaziali le richiedono entrambi ai massimi livelli), dobbiamo servirci anche di numerosissimi sottosistemi. Uno dei più importanti è quello di guida, formato essenzialmente da 4 parti: dei sensori che rilevano la posizione spaziale del missile (ad esempio giroscopi, accelerometri, ricevitori GPS), un computer di guida che analizza i dati provenienti dai sensori e, se questi si discostano da dei valori standard (cioè se il missile è fuori rotta), comanda degli attuatori (di solito idraulici o elettromeccanici) che a loro volta muovono delle superfici che servono a far cambiare rotta al razzo. Uno dei sistemi più utilizzati per muovere il razzo nello spazio (spazio inteso come tre dimensioni) consiste nel muovere in diverse direzioni gli stessi ugelli. Questo porta a muovere il missile in rollio, beccheggio e imbardata, cioè i tre angoli fondamentali con i quali si controlla il razzo. Altri sottosistemi fondamentali sono il raffreddamento, le telecomunicazioni e la generazione di energia elettrica.

Quest'ultimo sottosistema è particolarmente interessante e ci permette di comprendere il reale livello tecnologico delle astronavi antiche e moderne.

Sugli Space Shuttle l'energia elettrica è generata dalle cosiddette celle a combustibile, cioè dei macchinari che consentono di trasformare l'energia chimica di un combustibile direttamente in energia elettrica, senza ulteriori passaggi. Questo avveniva anche sulle astronavi Apollo. A bordo della Stazione Spaziale, invece, l'energia elettrica è generata da enormi pannelli solari che, nello spazio, sono molto più efficienti di quelli posti sul suolo terrestre. Invece alcune missioni interplanetarie, ad esempio la Voyager, possiedono delle vere e proprie "pile nucleari", cioè dei materiali radioattivi che generano una corrente elettrica a basso voltaggio per un lunghissimo tempo. Ma a queste sonde, dopotutto, non serve una grande mole di energia elettrica: per inviare un segnale dai confini del sistema solare la sonda Voyager utilizza la potenza di una lampadina dell'albero di Natale! La tecnologia utilizzata in campo aerospaziale sarà la nostra realtà quotidiana tra qualche anno.

## **FACCIAMO "A PEZZI" LO SPACE SHUTTLE...**

Ora iniziamo ad addentrarci nel complesso mondo tecnico che governa ogni lancio dello Space Shuttle.

Per far questo nel modo più semplice e sintetico possibile, dividiamo schematicamente la navetta spaziale in tre parti principali:

- L'orbiter
- I booster
- Il serbatoio esterno



**Figura 9** - Questa immagine mostra chiaramente tutte le parti dello Space Shuttle descritte nel testo. Al centro troviamo l'orbiter. Ai lati vediamo i due booster, mentre al centro, dietro, l'enorme serbatoio esterno, color arancione.

Copyright © NASA

### L'orbiter

L'orbiter è l'oggetto che di solito, ed erroneamente, si designa con il nome di Space Shuttle. Iniziamo col dire che, volendo essere precisi, per Space Shuttle si intende l'unione dei tre componenti elencati qui sopra. Invece l'orbiter è la navetta vera e propria, una specie di aereo abbastanza tozzo che contiene tutto il necessario per qualsiasi missione (compresi gli astronauti).

L'orbiter è lungo 37,2 m e alto 14,1 m. Ha una apertura alare di 23 m e un peso di circa 90 tonnellate (non considerando eventuali carichi aggiuntivi).

La parte posteriore è dominata dai tre motori principali. Questi nei primi due minuti dopo partenza svolgono un ruolo importantissimo, ma non fondamentale (infatti erogano circa il 30% della spinta complessiva), mentre dopo il distacco dei booster generano il 100% della forza necessaria alla messa in orbita della navetta. Bruciano circa 300.000 litri di idrogeno ed ossigeno liquidi al minuto. Tutto il propellente è contenuto all'interno del grande serbatoio esterno, color arancione. Un aspetto importante di questi tre motori è il loro assetto variabile: infatti, come spiegato nel



capitolo precedente, quando parlavamo del sistema di guida, questi propulsori possono variare la loro inclinazione di un piccolo angolo sufficiente a far virare la navetta. Inoltre, sempre durante le fasi di lancio, questi motori possono arrivare ad una spinta del 109%. Questo sembra una pura astrazione, poiché, giustamente, non è possibile spingere un motore al di sopra del proprio 100%. In realtà, questo valore sta ad indicare l'utilizzo dei cosiddetti "postbruciatori", ampiamente utilizzati nei motori a reazione dei caccia militari, per fornire una spinta ancora superiore.

La spinta aggiuntiva viene utilizzata solo in condizioni di emergenza, nel caso in cui uno o più motori non funzionino: con i postbruciatori si cerca di compensare la perdita di potenza.

I motori principali (chiamati anche SSME, cioè Space Shuttle Main Engines) vengono utilizzati molte volte.

Dopo ogni missione, vengono controllati e collaudati attentamente.

Gli SSME hanno un rendimento teorico estremamente elevato, oltre il 99,9%: incredibile se si pensa che il motore a scoppio di un'automobile media raggiunge a malapena il 25%! Inoltre, bruciando idrogeno e ossigeno, gli SSME sono attualmente i motori più "puliti" poiché il prodotto di combustione è essenzialmente vapore acqueo.

Proseguendo la descrizione della navetta, incontriamo i motori di manovra orbitale (i cosiddetti OMS, Orbital Manoeuvring System). Questo complesso sistema è composto da due motori che si vedono in rilievo ai lati dei principali. Sono inoltre presenti ben 44 razzi posizionati simmetricamente su tutta la superficie dell'orbiter (in particolare sul muso). I due motori posteriori vengono accesi durante le operazioni orbitali, in particolare durante la manovra di rientro. Invece i numerosi razzetti sparsi per tutta la navetta servono per delle variazioni di assetto. Ricordiamoci infatti che nello spazio, non essendoci aria, non c'è nulla su cui utilizzare le superfici aerodinamiche.

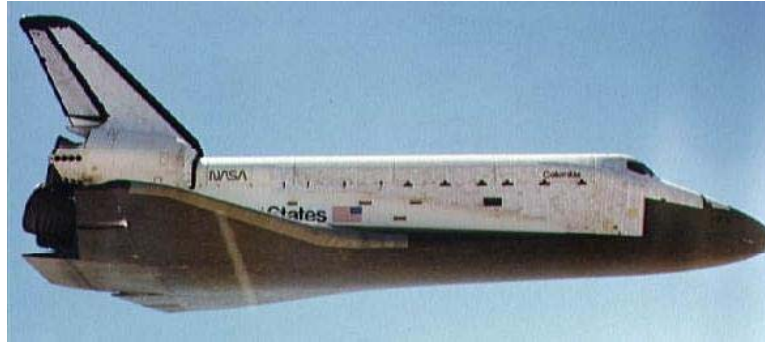
Anche per effettuare la più piccola virata c'è bisogno dell'utilizzo dei razzi.

L'OMS utilizza come propellente l'idrazina, di cui abbiamo già parlato riguardo ai combustibili che non necessitano di ossigeno per esplodere. L'idrazina produce una spinta inferiore ai normali propellenti che utilizzano l'ossigeno separatamente.

Inoltre ha un difetto fondamentale: è estremamente tossica.

In effetti quando le autorità americane invitavano a non toccare i rottami dello Space Shuttle Columbia, non dicevano delle assurdità: avevano ragione a preoccuparsi.

Proseguendo verso la parte anteriore della navetta si entra nel cosiddetto "cargo bay", la stiva. Le sue dimensioni sono 18X5 m (potrebbe contenere diversi autobus). E' in grado di trasportare in orbita bassa (detta LEO, cioè Low Earth Orbit) circa 28 tonnellate di carico utile. Uno fra i più famosi inquilini di questo vano carico è stato il Telescopio Spaziale Hubble (HST).



**Figura 10** – Ecco l'orbiter dello Space Shuttle Columbia che si prepara all'atterraggio.  
Copyright © NASA

Sempre in questa parte della navetta sono presenti i sistemi che permettono agli astronauti di effettuare le "passeggiate spaziali" (EVA, Extra Veicular Activity) e il sistema di attracco al modulo PMA2 della Stazione Spaziale (che serve, appunto, per agganciarsi).

Il cargo bay ha anche un'altra funzione determinante. Al suo interno sono presenti i radiatori della navetta, che le consentono di evacuare tutto l'enorme calore accumulato durante la fase di lancio. Per questo motivo la prima operazione da compiere in orbita è l'apertura dei due portelloni che delimitano il cargo bay.

Quindi, arriviamo alla zona della navetta destinata ad ospitare l'equipaggio. Essa è divisa in tre piani, il ponte di volo, il ponte centrale e il ponte inferiore. Nel ponte di volo è presente la cabina di pilotaggio, dove lavorano il comandante, il pilota e due specialisti di missione. Invece nel ponte centrale vi sono diverse aeree destinate alla vita a bordo della navetta. Ci sono dei laboratori, un refettorio, il bagno, le "camere da letto". Un particolare curioso: molto spesso ci si chiede come facciano a stare tutte queste cose in un aereo relativamente piccolo: lo spazio abitabile all'interno dello Space Shuttle è equivalente a quello di un grosso furgone! Per spiegare questo, bisogna ricordarsi che nello spazio i concetti "alto, basso" o "caposotto" sono assolutamente relativi. Se riuscissimo a portare la nostra camera in orbita, potremmo dormire o studiare perfettamente anche sul soffitto o magari sulle pareti.

Sullo Space Shuttle ogni centimetro quadrato di spazio (è il caso di dirlo) è utilizzato. Infine, veniamo alle note dolenti.

Tutta la parte inferiore della navetta (la cosiddetta "pancia") e parte del "muso" sono completamente ricoperte da 31.000 piastrelle, che costituiscono il cosiddetto "scudo termico". Ognuna di essa è composta da delle fibre silicee. Praticamente, è composta da "sabbia" al 99%. Ci siamo mai chiesti perché, quando andiamo al mare, mettiamo sotto la sabbia le bibite che vogliamo (e speriamo) si mantengano calde? Questo è un elemento estremamente termorefrattario, cioè non si lascia oltrepassare dal calore. Chi avrebbe mai detto che quando camminiamo sulla sabbia, in realtà, abbiamo sotto i piedi... una parte dell'orbiter? Lo scudo termico deve riuscire a proteggere le pareti interne della navetta (fatte di alluminio) dalle enormi temperature generate, per attrito con l'aria, durante le fasi di rientro in atmosfera. Le temperature sul muso e sulla parte posteriore raggiungono i 1600°C. Le piastrelle sono di due colori: i tasselli

bianchi vengono applicati in alcune parti della fusoliera dove si raggiungono dai 300 ai 600° C. Sono più "delicate". Invece le piastrelle nere, poste soprattutto sul muso e nella parte inferiore, sotto le ali, resistono alle temperature massime che vengono raggiunte. Per resistere a delle temperatura tanto estreme, queste piastrelle vengono ricoperte di ceramica e cotte in un forno ad altissima temperatura. Si ipotizza che il disastro del Columbia sia stato causato proprio dalla rottura di alcune di queste piastrelle termiche.

### I booster

Un'altra parte fondamentale dello Space Shuttle è costituita da due razzi vettori laterali, i più potenti razzi a combustibile solido che siano mai stati costruiti. I due razzi vengono chiamati tecnicamente SRB (Solid Rocket Booster), ma anche, simpaticamente, "boosters", cioè propulsori (oppure "spingitori"). Questi "mostri" sono lunghi 45 metri e mezzo, per un diametro di 4 metri. In realtà, pur sembrando meno massicci dell'orbiter, pesano molto di più, quasi come cinque navette messe assieme (570 tonnellate al decollo).



**Figura 11 -** Bellissima immagine che mostra i due booster in azione.

Copyright © NASA

I due booster forniscono circa il 70% della spinta complessiva, nei primi due minuti dopo il lancio. Infatti, forniscono una spinta immane, di circa 1500 tonnellate-peso (14.715.000 Newton) ciascuno. I booster sono di fondamentale importanza: senza di loro lo Space Shuttle non potrebbe mai alzarsi dalla rampa di lancio. Infatti, come la fisica insegna, è molto più dispendioso, in termini energetici, mettere in movimento un corpo che farlo permanere nel suo stato dinamico.

Circa 7 razzi di questo tipo potrebbero mantenere sospesa per aria la portaerei Garibaldi, l'Ammiraglia della flotta Italiana!

## Il serbatoio esterno

L'ultima parte costituente lo Space Shuttle è il grande serbatoio esterno (External Tank, ET), lungo 47 metri e con un diametro di ben 8 metri e mezzo. Al momento del decollo pesa la bellezza di 756 tonnellate e contiene 1.450.000 litri di idrogeno liquido e 541.000 litri di ossigeno liquido.

Questo enorme contenitore rifornisce durante il decollo i tre motori principali della navetta, di cui abbiamo parlato.

Per capire la tragedia del Columbia è importante sottolineare una cosa: l'idrogeno e l'ossigeno che lo Shuttle utilizza come propellenti non si trovano allo stato liquido in natura. Per di più, sarebbe molto più complesso utilizzarli allo stato gassoso. Per questo motivo i due elementi si dicono "criogenici", cioè utilizzabili come propellenti liquidi solo a temperature estremamente basse, o a pressioni enormi. Per garantire l'isolamento termico del propellente "ghiacciato" dalle temperature molto più alte dell'esterno (e in Florida fa caldo, eh!) si utilizza uno speciale rivestimento isolante color arancione.

Questo rivestimento isolante consiste in una schiuma che viene spruzzata sulle pareti di alluminio del serbatoio esterno. Le bollicine che compongono questo isolante, con l'aumentare della quota, tendono ad espandersi e, quindi, aumentano il rischio che interi strati di questo materiale si stacchino dalla parete di alluminio. E' ovvio che il pericolo è molto più alto in zone di maggiore sforzo meccanico come, ad esempio, le zone di attacco all'orbiter o ai booster laterali.

Infatti il serbatoio possiede anche una funzione portante dell'intera struttura. E' proprio a questo che sono attaccati i razzi laterali e la navetta.

Questi montanti causarono il distacco prematuro del booster destro del Challenger, il quale causò l'esplosione che ormai conoscete.

L'External Tank è l'unico pezzo non riutilizzabile dello Space Shuttle. Infatti esso rimane attaccato alla navetta per ben 9 minuti e mezzo (tutto il tempo della vertiginosa salita verso le stelle). Una volta che il serbatoio è completamente vuoto, esso si distacca dalla navetta e precipita verso Terra, disintegrandosi al contatto con l'atmosfera.

Tuttavia l'ET è praticamente un cilindro cavo, quindi non ha costi di costruzione molto elevati.

## IL "LIFTOFF!"

Abbiamo descritto tutte le caratteristiche principali della navetta spaziale statunitense. Ora diamo un'occhiata altrettanto breve a tutte le fasi di una missione Shuttle, partendo, ovviamente, dal momento più emozionante: il decollo.

Lo Space Shuttle viene assemblato nel VAB (Vehicle Assembly Building), un enorme edificio originariamente costruito per assemblare il Saturn V (ora lo Shuttle ci sta molto più comodo!). Una volta assemblate le varie parti, viene montato su una grande

piattaforma semovente, dotata di otto potentissimi cingoli che, in breve tempo, coprono la distanza che separa il VAB dalla rampa di lancio.



**Figura 12 - Ecco lo Space Shuttle che esce dal VAB sopra l'enorme cingolato.**

Copyright © NASA

I sette astronauti, dopo aver completato la difficile vestizione delle tute LES (e dopo i doverosi saluti), salgono con l'ascensore sulla rampa di lancio per entrare all'interno della navetta. Qui vengono aiutati dai tecnici ad assicurarsi ai propri sedili, mentre i controllori di volo di Cape Canaveral (che controllano le fasi del lancio) e del MCC di Houston (che controllano tutto il resto della missione), continuano a fare dei check-up di tutti i sistemi dello Shuttle.

La rampa di lancio viene abbandonata da tutti i tecnici, mentre da terra si controlla il funzionamento e l'assetto dei motori principali.

Il Countdown inizia 43 ore prima del lancio.

Il riempimento del grande serbatoio esterno richiede circa 3 ore, invece l'equipaggio entra nella navetta due ore prima del lancio.

Il grande tabellone prosegue inesorabile il suo conto alla rovescia, fino all'apertura della finestra di lancio.

Viene chiamato in questo modo il lasso di tempo previsto per la partenza della missione.

Se, per qualsiasi problema, lo Shuttle (o un qualsiasi razzo) non dovesse riuscire a partire in questo periodo di tempo, la missione va rimandata perché non sussistono più le condizioni orbitali idonee alla missione.

Al famoso "T- 15 secondi" inizia il countdown dello speaker.

A "T - 7 secondi" i tre motori principali della navetta vengono accesi e portati al 100% della spinta, poi capiremo il perché di questo anticipo.

Con i tre motori principali lo Shuttle potrebbe anche alzarsi (a stento) di qualche metro.

Tuttavia, l'astronave è saldamente bloccata alla rampa di lancio da tre, robustissimi, bulloni esplosivi.

Se nei sette secondi che seguono l'accensione dei motori principali non viene segnalato nessun problema tecnico, il countdown va avanti, fino ad arrivare al cruciale "Zero!". In questo momento i due booster vengono innescati istantaneamente da una carica pirotecnica e i tre bulloni vengono fatti esplodere. E così inizia l'avventura dello Space Shuttle.



**Figura 13** - Tre momenti del lancio di uno Space Shuttle: l'accensione dei motori principali, l'accensione dei booster ed il "liftoff"!

Copyright © NASA

La navetta parte in posizione perfettamente verticale, con una accelerazione iniziale di 3g (tre volte la gravità terrestre). Questo vuol dire che se un astronauta pesa 80 Kg, al decollo peserà la bellezza di 240 Kg (si intendono sempre Kg peso).

Dopo 7 secondi dal "liftoff", lo Shuttle inizia ad inclinarsi, mentre viene dato inizio al "programma di rullata". Infatti, bisogna comprendere che lo Space Shuttle parte in verticale (perpendicolare al terreno), mentre, una volta in orbita, sarà perfettamente parallelo al suolo. Il programma di rullata consiste, appunto, nel portare la navetta in una posizione orizzontale, dopo averla inclinata rispetto al suolo e girata di 180° sul proprio asse.

Questa manovra è di fondamentale importanza anche per la sicurezza dell'equipaggio. Se per qualsiasi emergenza l'equipaggio si dovesse lanciare col paracadute, questa posizione permette agli sfortunati astronauti di non urtare le ali dello Space Shuttle quando si lanciano nel vuoto.

Durante il programma di rullata, la potenza dei motori principali viene portata al 65% per non sovraccaricare la struttura nei punti di maggiore resistenza aerodinamica.

Infatti, se queste operazioni fossero fatte alla massima velocità, rischierebbero di spezzare in due lo Shuttle.

A questo punto (a T+2 minuti), avviene una fase molto importante e delicata del decollo: il distacco dei booster. Infatti la navetta ha acquistato già una velocità ragguardevole e, soprattutto, un'altezza elevata (circa 50 chilometri s.l.m.), quindi i razzi vettori hanno terminato il loro compito (insieme al loro propellente, ovviamente). Lo spegnimento di questi due razzi coincide perfettamente (si parla di millesimi di secondo) con il loro distacco dalla navetta (per mezzo dei soliti bulloni esplosivi). Se il distacco avvenisse con qualche secondo di ritardo, i booster sarebbero per così dire un "peso morto" per lo Shuttle, da sollevare senza ausilio.

Dopo il distacco dei booster si apre un paracadute che li riporta dolcemente a terra, pronti per essere riutilizzati.

Intanto la navetta continua la sua folle corsa, fino ad arrivare alla massima velocità, circa 28.000 Km/h: 8 chilometri al secondo, oltre Mach26 (cioè 26 volte la velocità del suono)!

Sono velocità che vanno nettamente oltre la nostra esperienza, pur essendo incredibilmente basse dal punto di vista cosmico.

A questo punto anche il serbatoio esterno ha terminato le sue scorte di combustibile e viene sganciato.

La navetta raggiunge l'apogeo della sua orbita a T+45 minuti: qui entrano in funzione i motori OMS che portano la navetta alla sua quota di crociera, 300 chilometri sopra le nostre teste

Quando lo Space Shuttle abbandona il proprio serbatoio esterno viene comunicata una sigla abbastanza famosa, un sogno per tutti gli aspiranti astronauti: viene dichiarato il "MECO" (Main Engine Cut Off, cioè Motori Principali Spenti).

Questo non solo vuol dire che i cuori dei poveri astronauti possono finalmente ritornare ai propri posti dopo la vertiginosa salita (hanno fatto un viaggio di 300 Km in soli 9 minuti e mezzo!)... ma, soprattutto, indica che ci si trova in assenza di peso o, per meglio dire, in una situazione di microgravità.

Insomma, gli astronauti possono iniziare a svolazzare per la navetta senza che la gravità li tenga per terra!

## IL RIENTRO

Questa è la fase cruciale di questo documento, poiché è proprio durante il rientro in atmosfera che è avvenuto il disastro del Columbia.

Per questo, dobbiamo approfondire un po'.

Quindi, parliamo brevemente di quello che nei libri di missilistica viene definita la "tecnica del rientro".

Iniziamo parlando dell'atmosfera terrestre.

Questo grande strato che ci divide dallo spazio interplanetario è essenzialmente diviso in tre parti (in modo puramente convenzionale): la troposfera, la stratosfera e l'esosfera, fino a circa 1200 Km di altezza.

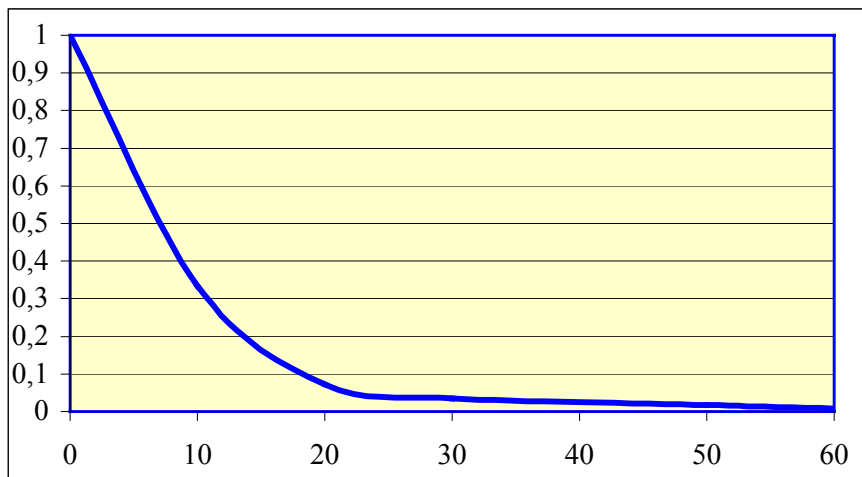
I gas che lo compongono sono principalmente due: l'azoto e l'ossigeno.

L'aspetto che ci interessa maggiormente riguarda la densità dell'aria.

E' esperienza comune il fatto che la densità dell'aria diminuisce velocemente all'aumentare dell'altitudine.

Se andiamo sull'Everest ci dobbiamo portare delle bombole d'aria, perché è un po' come se fossimo andati nello spazio... tenendo presente però che l'Everest, in confronto al freddo dello spazio, è letteralmente una sauna...

Il grafico mostra il variare della densità media dell'aria in funzione dell'altitudine.



**Figura 14 - La densità dell'aria in funzione dell'altitudine.**

Copyright © Fabio Pacucci

Sull'asse delle ascisse è riportata l'altitudine in chilometri, mentre sulle ordinate è riportata la densità dell'aria. Il valore 1 indica la densità sul livello del mare, il valore 0,2 indica 1/5 di quella densità e così via.

Si nota chiaramente che intorno ai 60 Km di altitudine la densità è praticamente nulla. Al contrario, intorno ai 50 Km l'atmosfera inizia decisamente a farsi sentire... e lo Shuttle inizia a riscaldarsi per attrito.

Vediamo cosa succede, in pratica, quando la navetta spaziale rientra nell'atmosfera.

Ogni oggetto che si muove nell'aria genera davanti a sé una zona di compressione e dietro di sé una zona di decompressione. Quando un aereo viaggia nel cielo, sposta l'aria davanti a sé (quindi la comprime). Sempre lo stesso movimento non permette all'aria di riempire la zona subito dietro la sua coda (che, quindi, è una zona di decompressione). Queste onde di compressione si propagano, in tutte le direzioni, davanti all'oggetto in movimento, alla velocità del suono. Però c'è un caso particolare: infatti, se l'oggetto in questione si muove ad una velocità superiore a quella del suono, le onde di compressione non potranno più allontanarsi dal corpo in movimento, ma si "schiacceranno" sulla sua superficie. Questo avviene quando si dice che un aereo ha sfondato il muro del suono. E questo fenomeno causa anche il cosiddetto "bang supersonico" conseguente allo sfondamento del muro. Questo involucro di onde di



compressione interessa particolarmente la tecnica di rientro delle navicelle spaziali poiché questi velivoli si muovono a velocità decisamente supersoniche. L'involuppo di onde d'urto svolge un ruolo importante poiché fornisce la maggior parte della forza frenante alla quale le astronavi sono sottoposte.

Ad esempio, nel caso delle capsule Mercury, con le quali sono stati lanciati i primi americani nello spazio, l'onda d'urto forniva il 98% della forza frenante

Nel caso dello Space Shuttle, dobbiamo considerare anche un altro parametro che interviene nel rientro, chiamato portanza. L'orbiter è in tutto e per tutto un aereo, e, in presenza di aria, si comporta come questo. La portanza, in generale, è la componente della forza aerodinamica che agisce verticalmente (verso l'alto). In pratica, è la forza, generata dalle ali, che permette ad un aereo di sostentarsi in aria. Nel caso dello Shuttle, la stessa portanza permette di ridurre la componente verticale del suo moto di rientro, allungando la traiettoria. In pratica la portanza delle ali permette allo Shuttle di non "cadere in picchiata" durante il rientro.

Giocando sulla portanza delle ali a delta dello Space Shuttle è possibile determinare la zona di atterraggio.

Fatte queste premesse fondamentali, facciamo un salto in avanti (e uno in basso, visto che ritorniamo dallo spazio!). Ammettiamo che gli astronauti abbiano compiuto il loro lavoro in orbita e che siano pronti per ritornare sulla Terra. La fase del rientro, assieme alla partenza, è la più pericolosa di tutto il viaggio (come mostra il disastro del Columbia). Una volta terminata la missione, gli astronauti si mettono in contatto con il MCC per... sapere le previsioni meteorologiche! In effetti, è indispensabile conoscere il tempo atmosferico sopra Cape Canaveral. Se piove non si atterra (o, al massimo, si atterra alla base militare di Edwards, in California). Una volta che anche questo problema è stato archiviato, la navetta viene allineata in modo tale che i motori principali si trovino nel verso dello spostamento. Nello spazio, come abbiamo già detto, per compiere qualsiasi movimento è indispensabile utilizzare i razzi. Per questo motivo, gli OMS vengono utilizzati per "frenare" l'orbiter. Lo Space Shuttle rientra in atmosfera con un angolo di  $40^\circ$  sull'orizzonte. Molto spesso ci si chiede come possa un aereo atterrare se è inclinato sull'orizzonte di  $40^\circ$  in positivo, cioè verso l'alto. E' ovvio che se lo Shuttle atterra si muoverà verso il basso: dopotutto, poiché i motori in questa fase non forniscono alcuna spinta propulsiva, l'unica forza in gioco è la gravità terrestre. La parte inclinata di  $40^\circ$  sull'orizzontale è il muso, cioè la cabina di pilotaggio. Questa posizione è la più sicura perché permette alla navetta di scendere abbastanza velocemente e, al tempo stesso, non troppo rapidamente. L'impatto della pancia della navetta contro gli strati dell'atmosfera causa un enorme aumento di calore, che viene deflesso dallo scudo termico. Le temperature sul muso e sulla coda raggiungono i  $1600^\circ\text{C}$ ... e pensare che lo scudo termico riesce a deflettere in atmosfera circa il 90% di tutto il calore!

Da questo capiamo l'importanza dell'angolo di entrata. E' tollerato un errore massimo (in positivo e in negativo) di circa  $3^\circ$ . Questo vuol dire che se l'orbiter rientra con un angolo compreso fra  $37^\circ$  e  $43^\circ$ , tutto va bene.

Ma quando non si rispettano questi parametri, iniziano i problemi seri. Se la navetta rientra con un angolo di entrata troppo elevato ( $>43^\circ$ ) semplicemente "rimbalzerà" sull'atmosfera, non riuscendo quindi ad atterrare.

Se rientra con un angolo troppo stretto ( $<37^\circ$ ) l'orbiter si comporterà come un meteorite, fondendosi letteralmente durante la discesa.

Tutta la manovra è controllata costantemente da un computer. Al minimo errore del calcolatore gli astronauti passano al comando manuale, aggiustando istantaneamente la rotta.

Lo Shuttle, dopo aver attraversato tutta l'atmosfera, si dirige rapidamente verso Cape Canaveral. Durante l'atterraggio non c'è possibilità di errore: al pilota è concesso un solo tentativo. Infatti, durante questa fase lo Shuttle è da considerarsi come un semplice aliante senza motore.



**Figura 15 - Il momento del "touchdown" di uno Space Shuttle.**

Copyright © NASA

Dopo aver aperto il carrello di atterraggio (per meglio dire, i tre carrelli di atterraggio), lo Space Shuttle atterra ad una velocità di circa 360 Km/h. Quando decelera intorno ai 250 Km/h dalla coda esce un paracadute che lo frena ulteriormente.

E' il momento del "*TouchDown!*" che termina (si spera felicemente) ogni missione.

E, alla fine, dopo aver viaggiato a decine di volte la velocità del suono, il grande mostro si ferma.

## **VIAGGIARE SICURI...**

Ora vediamo alcuni dei tantissimi sistemi di sicurezza presenti a bordo dello Shuttle (e anche sulla rampa di lancio) per garantire, nei limiti del possibile, la sicurezza di ogni missione.

Un primo sistema di sicurezza lo abbiamo già incontrato durante la fase di lancio. Abbiamo visto come i motori principali dello Space Shuttle si accendano circa 7 secondi prima dei booster. Questo anticipo permette al MCC di controllare l'effettivo

funzionamento dei motori. Nel caso si riscontrasse qualche problema, i propulsori possono semplicemente essere spenti (sono a combustibile liquido) e la missione annullata. Senza questo espediente, un qualsiasi problema ai motori principali sarebbe la causa di un disastro alla partenza. I booster non possono essere spenti e lo Shuttle, senza motori principali, non arriva in orbita.

Sulla rampa di lancio sono presenti alcuni sistemi di sicurezza che garantiscono una (relativamente) rapida evacuazione della stessa. In caso di incidenti subito prima del lancio, l'equipaggio può essere evacuato attraverso una passerella che, in 15 secondi, giunge fino all'apertura del Flight Deck (il ponte di volo).

La fase più pericolosa di ogni missione Shuttle è senza dubbio la partenza, in particolar modo durante il funzionamento dei booster. Per questo motivo sono state sviluppate ben quattro manovre di emergenza da effettuare durante i primi nove minuti della missione (il tempo della propulsione), in funzione del momento in cui avviene un incidente ai motori.

I sistemi di annullamento della missione (che comportano anche il recupero della navetta) sono: l'RTLS (ritorno al sito di lancio), il TAL (annullamento con atterraggio transoceanico), l'AOA (annullamento dopo aver compiuto un'orbita bassa attorno alla Terra), l'ATO (annullamento durante il volo orbitale).

Nel caso si riscontrassero dei problemi durante i primi quattro minuti dopo il lancio, viene effettuata una complessa manovra per spendere l'enorme energia cinetica acquistata che permette il rientro immediato della navetta al Kennedy Space Center (Cape Canaveral, per intenderci). Nel caso fossero in funzione, i booster vengono sganciati dall'orbiter e questo inverte immediatamente la rotta, per ritornare a casa. Se il guasto avviene da 4 a 6 minuti dopo il lancio, lo Shuttle possiede un'energia sufficiente per attraversare l'Oceano Atlantico e atterrare in qualche aeroporto autorizzato ad ospitare un atterraggio di emergenza, come quello di Moròn in Spagna, di Dakàr nel Senegal e di Ben Guerir in Marocco. Il tragitto compiuto dallo shuttle durante il lancio (a partire da Cape Canaveral) attraversa tutto l'Atlantico (i razzi viaggiano sempre in senso antiorario, cioè seguono la rotazione della Terra), fino a sfiorare Capo di Buona Speranza, in Sudafrica.

Questa situazione non si è mai verificata. L'unica missione dove si sono riscontrati dei problemi seri durante il lancio non è stata molto fortunata (lo Challenger).

Se il problema ai motori dovesse verificarsi dopo i sei minuti dal lancio, la navetta ha abbastanza energia da compiere addirittura una intera orbita (bassa) attorno alla Terra e atterrare alla base militare di Edwards, in California. Nell'ultimo caso, se l'avaria dovesse verificarsi dopo 6 minuti e mezzo dal lancio, lo Shuttle può utilizzare i motori "superstiti" al 109% (postbruciatori) e gli OMS per arrivare in orbita e, in caso di reale emergenza, atterrare a Cape Canaveral.

Lo sfortunato comandante di Shuttle che dovesse affrontare una situazione di pericolo durante il lancio può, semplicemente girando una manopola, ordinare al computer di effettuare una qualsiasi delle manovre sopra esposte: queste vengono effettuate completamente in automatico.

Nel caso in cui la navetta non possa essere recuperata in nessun modo (ad esempio a causa della rottura dei sistemi idraulici), si procede all'abbandono della stessa. Si immette lo Shuttle danneggiato in una traiettoria di volo planato sull'Oceano: quindi l'intero equipaggio abbandona l'astronave lanciandosi con il paracadute tramite un palo incurvato verso il basso che viene fatto fuoriuscire da un portello. Questo espediente serve a rendere vana la possibilità che un astronauta, lanciandosi dal portello, possa scontrarsi contro l'ala della navetta.

Durante i primi test di volo degli Shuttle esisteva anche la possibilità di abbandonare l'astronave per mezzo dei famosi "seggolini eiettabili", che sparano gli occupanti del Ponte di Volo fuori dalla navetta. Ora questo sistema di salvataggio è stato eliminato. Bisogna precisare, però, che ci sono dei limiti molto severi entro i quali è possibile abbandonare l'astronave, con le tecnologie attuali: gli astronauti non possono buttarsi fuori da 100 Km di altezza!