

Procedure dal Lancio all'Atterraggio

## Il conto alla rovescia incomincia: 43 ore dal lancio

A 43 ore dal lancio, il conto alla rovescia è attivato. Questo avviene quando lo Shuttle Test Director verifica che la squadra di lancio è in posizione ed è pronta a procedere. Nel corso delle 16 ore che seguono si eseguono diverse attività, comprese l'attivazione e il controllo dei sistemi di navigazione e le ispezioni preliminari del ponte di volo. A 27 ore dal lancio il conto è messo in attesa, di solito per una durata di quattro ore. Durante questo periodo il personale non essenziale è allontanato dalla base di lancio.



L'orologio del conto alla rovescia al Kennedy Space Center prima del lancio della missione STS-114—Return to Flight dello Shuttle del 26 luglio 2005. (Immagine: NASA)

Quando ricomincia il conto alla rovescia, cominciano i preparativi per caricare l'ossigeno e l'idrogeno liquidi nei serbatoi di stivaggio per le pile a combustione dell'orbiter che forniscono la corrente all'orbiter durante la missione. Una volta completata questa fase, la zona della base di lancio è riaperta. Una seconda attesa nel conto alla rovescia avviene a 19 ore dal lancio e dura circa quattro ore.

All'inizio del nuovo periodo di conto alla rovescia, i tre principali motori dell'orbiter sono preparati per fare il pieno del propellente, e il sistema di soppressione di rumori della base di lancio è riempito d'acqua e hanno luogo varie attività di chiusura. A 11 ore dal lancio inizia il più lungo periodo d'attesa, che dura circa 12-13 ore con controlli dei sistemi di navigazione, di comunicazione e di guida e con la messa in posizione di sosta del Rotating Service Structure.

L'orologio riparte a 11 ore dal lancio. Le pile a combustione dell'orbiter vengono attivate e tutto il personale non essenziale è allontanato dalla zona di lancio pericolosa. La stiva per i carichi utili e le altre cavità dell'orbiter vengono riempite di azoto gassoso, in preparazione del riempimento del serbatoio esterno con i suoi propellenti super

freddi. Inizia un'altra attesa a 6 ore al lancio, che dura circa due ore. Poi, se la squadra di lancio verifica che i criteri del lancio sono soddisfatti, la base di lancio è liberata da tutto il personale e il conto alla rovescia ricomincia.



Il Rotating Service Structure dopo il rollback in posizione di sosta prima del lancio della missione STS-97 dello Shuttle. (Immagine: NASA)

Le linee di trasferimento del propellente vengono raffreddate e si comincia a caricare il serbatoio esterno con quasi due milioni di litri di propellente (ossigeno liquido e idrogeno liquido). A questo punto il Final Inspection Team si reca alla base di lancio e fa un'analisi dettagliata del veicolo. Durante il periodo seguente di attesa, a tre ore dal lancio, le antenne di localizzazione al vicino Merritt Island Tracking Station sono allineate per il decollo.



Merritt Island Tracking Station a Kennedy Space Center in Florida. (Immagine: NASA)

Procedure dal Lancio all'Atterraggio

## Da 3 ore al lancio a T-10

Appena l'orologio segnala 3 ore dal lancio l'equipaggio parte per la base di lancio. Dopo il loro arrivo, vengono aiutati a salire nell'orbiter tramite il cosiddetto White Room alla fine del braccio di accesso dell'orbiter (orbiter access arm). Gli astronauti eseguono controlli di comunicazione vocale con il Launch and Mission Control Centres ai Kennedy e Johnson Space Centers. Il boccaporto viene chiuso e vengono eseguiti i controlli del sigillo del boccaporto e per eventuali fughe dalla cabina.



Michel Tognini, Responsabile dell'European Astronaut Centre dell'ESA a Colonia, Germania, nel White Room prima di entrare nello Shuttle per la missione STS-93 nel luglio 1999. (Immagine: NASA)

La penultima attesa nel conto alla rovescia inizia a 20 minuti dal lancio, il periodo nel quale lo Shuttle Test Director conduce i briefing finali della squadra di lancio. Quando incomincia il conto alla rovescia circa dieci minuti dopo, i computer a bordo dell'orbiter e il sistema di volo di riserva vengono configurati per il lancio. L'ultima attesa nel conto alla rovescia è a 9 minuti al lancio. Se tutti confermano la luce verde (go) si incomincia il conto alla rovescia finale.

Da 7 minuti 30 secondi fino al lancio l'Orbiter Access Arm è represso e i registratori di volo dell'orbiter vengono attivati. I freni di velocità e il timone sono controllati e manovrati fino alla loro posizione di lancio. Si controllano anche gli ugelli principali del motore.

A meno di 3 minuti al lancio il serbatoio di ossigeno liquido viene portato a pressione di volo e il cosiddetto beanie cap viene tolto, in modo da prevenire l'accumulazione di ghiaccio sui fori d'aria dell'ossigeno. A 2 minuti dal lancio gli astronauti bloccano i loro visori. Il liquido idrogeno dei serbatoi esterni è portato alla pressione di volo chiudendo il foro di evaporazione. Entro 50 secondi dal lancio l'orbiter passa dall'alimentazione con corrente da terra a quella con corrente interna.



STS-106 sulla base di lancio. Il White Room è collegato all'orbiter all'estremità dell'Orbiter Access Arm. Si vede il beanie cap dalla parte superiore dell'External Tank prima di essere rimosso. (Immagine: NASA)

Entro 31 secondi al lancio i computer a bordo dello Shuttle iniziano la loro sequenza terminale di lancio. Il sistema di soppressione di rumori è acceso e l'acqua comincia a scorrere sul ponte del Mobile Launch Platform e le zone della base per proteggere lo Shuttle da danni acustici al decollo. A T-11 secondi il sistema di autodistruzione di sicurezza e il Solid Rocket Booster vengono attivati.



Il controllo del Sound Suppression System sulla base di lancio 39° al Kennedy Space Center. (Immagine: NASA)

## Dal decollo all'orbita

L'ordine di "go for main engine start" (accensione motore principale) viene dato a T-10 secondi. Si accendono i fari sotto i motori principali per bruciare qualsiasi residuo di azoto gassoso. I computer di volo ordinano l'apertura delle valvole che permettono all'idrogeno liquido e all'ossigeno di fluire nelle turbopompe dei motori. A T-6,6 secondi i motori principali dello Space Shuttle si accendono, accelerando al 90 per cento di propulsione in 3 secondi. A questo punto l'accensione della sequenza del Solid Rocket Booster inizia e avviene il decollo.



Il lancio della missione STS-114 il 26 luglio 2005. (Immagine: NASA)

Una volta che i Solid Rocket Boosters si accendono, lo Shuttle è impegnato nel lancio. Lo Shuttle decolla dalla base e si alza sopra la torre circa 7 secondi dopo il lancio. Dopo l'allontanamento dalla torre, il controllo di missione passa al Johnson Space Center.

Un minuto dopo il lancio le pressioni dinamiche sullo Shuttle sono al massimo, ad un'altitudine di 10,2 chilometri. A questo punto i motori principali vengono decelerati al 75 per cento per mantenere le pressioni dinamiche sulla superficie veicolo entro livelli accettabili. Dopo questa fase, i motori principali sono accelerati a massima potenza.

A due minuti dal lancio il carburante dei Solid Rocket Booster è consumato e i booster vengono espulsi dall'orbiter subito dopo. Lo Shuttle è a un'altitudine di circa 48 chilometri e viaggia a una velocità di 4650 chilometri all'ora. I rivestimenti

spenti dei Solid Rocket Booster continuano a salire di altitudine fino a 75 chilometri prima di cominciare a cadere verso la Terra.

Cinque minuti dopo il lancio, quando i rivestimenti spenti sono discesi ad un'altitudine di circa 5 chilometri, inizia la sequenza del dispiegamento dei paracadute, che li rallenta prima che cadano in sicurezza nell'Oceano Atlantico. I booster vengono recuperati e riportati verso un impianto di ricostruzione.



La nave di recupero rimorchia il rivestimento del Solid Rocket Booster. (Immagine: NASA)

Sull'orbiter, a otto minuti dal lancio, viene fermato il motore principale. Lo Shuttle viaggia ora ad una velocità di quasi 27,000 chilometri all'ora. Dopo l'arresto del motore principale, si accendono brevemente i due propulsori dell'Orbital Manoeuvring System e si cambia traiettoria, e l'orbita è raggiunta a un'altitudine di 225 chilometri. Ciò avviene subito dopo l'espulsione in volo del serbatoio esterno mentre l'orbiter vola "pancia in su" in relazione alla Terra.



L'External Tank dalla missione Return to Flight STS-114 dopo l'espulsione in volo. (Immagine: NASA)

Il serbatoio esterno separato continua su una traiettoria balistica ed entra nell'atmosfera della Terra per cadere su una zona remota dell'Oceano Indiano. Nel frattempo, un'accensione addizionale dei propulsori dell'Orbiter Manoeuvring System mette l'orbiter nell'orbita pianificata.

## Uscita dall'orbita e procedure di atterraggio

Il controllo di missione dà l'ordine di accedere i motori per l'uscita dall'orbita circa un'ora prima dell'atterraggio. Prima di eseguire la combustione per l'uscita dall'orbita, l'orbiter ruota in modo che la coda sia verso la direzione di moto. I motori dell'Orbital Manoeuvring System sono accesi per 3 o 4 minuti per decelerare l'orbiter quanto basta per ridurre l'altitudine. A questo punto l'orbiter è voltato in modo da rivolgere verso la destinazione il carrello anteriore, usando propulsori di controllo prima e poi, durante la caduta libera per circa 30 minuti, usando propulsori di controllo che controllano il rollio, l'inclinazione e l'imbardata. L'orbiter entra negli strati superiori dell'atmosfera della Terra ad un'altitudine di circa 120 km e viaggia ad una velocità di 7,6 chilometri al secondo. Al rientro il plasma super-riscaldato riveste l'orbiter causando un blackout di comunicazione fino ad un'altitudine di circa 45 chilometri.



Veduta dall'aereo dello Shuttle Landing Facility al Kennedy Space Center. (Immagine: NASA)

Mentre aumenta la pressione, i propulsori di controllo anteriore vengono spenti. D'ora in poi i propulsori di controllo a poppa sono spenti mentre gli alettoni sulle ali dell'orbiter cominciano ad operare per aiutare a controllare l'orbiter in modo più simile a un velivolo. Gli ascensori delle ali dell'orbiter diventano poi operativi e si fermano i propulsori di inclinazione. Quando la velocità dell'orbiter scende al di sotto di Mach 10, un freno

di velocità sulla coda verticale si apre, a 12 minuti dall'atterraggio. A Mach 3,5, il timone è attivato e i propulsori finali di imbardata sono fermati.

Ora l'orbiter comincia le manovre che permettono di cominciare le procedure finali di atterraggio all'altitudine e alla velocità desiderate. L'orbiter fa una serie di quattro inclinazioni forti, rullando ad un lato o l'altro fino a 80 gradi per decelerare. La serie di inclinazioni dà alle tracce dell'atterraggio dello Shuttle l'aspetto di una allungata lettera S.

A 5 minuti all'atterraggio l'orbiter è ora in volo subsonico, a 14,900 metri e circa 35 km dal punto di atterraggio. Il comandante prende il controllo dell'orbiter per l'avvicinamento finale e le manovre d'atterraggio.

Ad un'altitudine di 5,000 metri l'orbiter è circa 16 km dall'atterraggio. Mentre si allinea sulla pista, l'orbiter incomincia una discesa ripida con il carrello anteriore ad un angolo fino a 19 gradi in verticale dall'orizzontale, più di sei volte più ripido del pendio di piano di un aereo di commercio normale al momento di atterrare.



STS-112 atterra il 18 ottobre 2007. (Immagine: NASA)

Durante l'approccio finale, lo shuttle cade verso la pista 20 volte più rapidamente di un aereo commerciale, mentre aumentano velocità e inclinazione. A meno di 600 metri dal suolo, il comandante alza il carrello anteriore e rallenta il livello di discesa per portare l'inclinazione a 1,5 gradi in preparazione per l'atterraggio. Il carrello si apre 15 secondi prima dell'atterraggio.

Al momento dell'atterraggio l'orbiter viaggia ad una velocità di circa 340-360 chilometri all'ora. Il paracadute di coda è aperto e l'orbiter si arresta. Una volta fermato, si iniziano le procedure relative al dopo lancio.

Procedure dal Lancio all'Atterraggio

## Attività di post-atterraggio

Una volta che l'orbiter si è fermato sulla pista, cominciano le attività post-atterraggio che interessano l'Orbiter Recovery Convoy. La responsabilità di missione passa dal Johnson Space Center al Kennedy Space Center. L'Orbiter Recovery Convoy consiste in un numero di veicoli ideati in modo particolare e una squadra di specialisti che rendono sicuro e si occupano della manutenzione dell'orbiter e aiutano l'equipaggio ad uscire. Nel convoglio ci sono 11 veicoli e unità speciali, ed anche veicoli convenzionali di comando e di urgenza. Il compito principale del convoglio di recupero è di fare la manutenzione all'orbiter, di prepararlo per essere rimorchiato, aiutare l'equipaggio a trasferirsi e finalmente rimorchiarlo ad un impianto di ispezione.

Dopo l'atterraggio, la prima posizione di sosta del convoglio è 60 metri sopravento dell'orbiter. La squadra di valutazione di sicurezza si sposta a circa 30 metri dal lato destro dell'orbiter. Un equipaggio con tute protettive si avvicina alla parte posteriore dell'orbiter per controllare pericoli di esplosione e gas tossici. Se vengono rilevati alti livelli e se le condizioni meteorologiche lo consentono, la Vapour Dispersal Unit soffia via i gas potenzialmente pericolosi usando un grande ventilatore.



L'inizio delle procedure di post-atterraggio. Il veicolo dell'equipaggio di valutazione sicurezza è a destra dell'orbiter. (Immagine: NASA)

Appena possibile sono collegate all'orbiter le linee per valutare la concentrazione d'idrogeno a bordo. Se la concentrazione è maggiore del 4 per cento, un'interruzione di corrente urgente vien ordinata. L'equipaggio di volo è evacuato immediatamente e il personale del convoglio libera la zona e aspetta la dispersione dell'idrogeno. Se il livello di idrogeno è sotto il 4 per cento, si avvia il flusso di fluido di raffreddamento e l'espulsione dell'aria tramite i tubi ombelicali. L'aria espulsa fornisce aria condizionata

fresca e umidificata alla stiva di carichi utili e ad altre cavità, in questo modo vengono tolti i gas esplosivi o tossici che possono essere rimasti.

Quando si determina che la zona intorno all'orbiter è sicura, le altre attività sicure di post-atterraggio possono iniziare. La prima priorità è di assistere l'equipaggio di volo ad uscire dall'orbiter. Il Crew Hatch Access Vehicle va al lato del boccaporto dell'orbiter e il "white room" d'accesso è reso sicuro. Il boccaporto è aperto e un medico va a bordo dell'orbiter a fare una breve visita medica all'equipaggio. Dopo, l'equipaggio lascia l'orbiter e si allontana.



Il Crew Transport Vehicle si avvicina allo Space Shuttle Discovery per scaricare l'equipaggio dopo l'atterraggio della missione STS-114 il 9 agosto 2005. (Immagine: NASA)

L'equipaggio di volo è sostituito a bordo dell'orbiter da un equipaggio di scambio che prepara le attività di rimorchio a terra, installando le protezioni e prelevando i dati dagli esperimenti a bordo, se necessario. Nel frattempo, dopo aver lasciato raffreddare le ruote, l'orbiter è preparato per essere rimorchiato. Il Tow Vehicle è posto davanti all'orbiter e si connette al gancio di traino. Finalmente, circa due ore dopo l'atterraggio, l'orbiter è rimorchiato lontano dalla pista.



Lo Space Shuttle Discovery mentre viene rimorchiato dopo l'atterraggio della missione STS-114. (Immagine: NASA)