



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

**Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE**



## Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio

### Procedure di Lancio

La giornata dell'equipaggio Soyuz comincia con una attenta procedura di igiene personale per evitare di trasportare agenti patogeni sulla ISS. Come tradizione dai tempi di Yuri Gagarin, prima di lasciare la loro stanza ne autografano la porta.

Mancano 6 ore al lancio. A bordo di un autobus l'equipaggio raggiunge l'area di lancio dove indosseranno la loro tuta spaziale Sokol a 4 ore e 20 minuti prima del lancio. Prendono successivamente parte ad una formale cerimonia militare dove ricevono l'autorizzazione ufficiale per il lancio dalla commissione di volo. Questo è l'ultimo momento in cui possono salutare i familiari, i media ed i membri dell'equipaggio di riserva che si trovano alle loro spalle.



L'equipaggio della missione DELTA, con l'astronauta ESA André Kuipers, pochi istanti prima del lancio il 19 aprile 2004.  
(Sorgente: NASA)

#### Nelle 3 ore prima del lancio

A circa 3 ore dal lancio inizia la procedura di riempimento dei serbatoi con il propellente. L'equipaggio arriva alla piattaforma di lancio 20 minuti più tardi nel momento in cui sono in corso i controlli dei vari stadi del lanciatore. Prendono un ascensore per raggiungere la capsula Soyuz dove entreranno nell'Utility Module attraverso un portellone. Prendono posto nei loro sedili nel Landing Module con un po' di difficoltà a causa del ridottissimo spazio. Il comandante (Sergei Krikalev) siede al centro, l'ingegnere di volo

(Roberto Vittori) siede alla sinistra, mentre il secondo ingegnere di volo (John L. Phillips) siede alla destra.



Il lanciatore Soyuz pochi istanti prima del decollo della missione CERVANTES, il 18 ottobre 2003.

L'equipaggio, dopo essere stato sistemato all'interno della capsula, controlla i dispositivi di comunicazione prima della chiusura del portellone che avviene a circa 2 ore dal lancio. Il Command/Landing Module viene controllato e pressurizzato. A questo punto vengono eseguiti tutti i controlli sui sistemi di bordo, sulla pressione e sulla temperatura. Successivamente vengono attivati i sistemi di guida inerziale del lanciatore e i sistemi di telecomunicazione.

Ad 1 ora dal lancio le squadre dei tecnici lasciano la piattaforma di lancio. 15 Minuti più tardi viene trasmesso il programma di volo ai computer di bordo e vengono retratte le strutture di servizio intorno al lanciatore. 30 Minuti prima del lancio, viene controllato il corretto funzionamento delle tute spaziali e vengono attivati i sistemi di sicurezza.

A 15 minuti dal lancio, il sito di lancio è completamente evacuato ed il sistema di guida inerziale è sbloccato. La sequenza automatica di lancio è pronta per l'iniezione a 6 minuti da lancio, mentre 1 minuto più tardi viene attivata la telemetria di terra e di bordo.

A 2 minuti e 40 secondi dal lancio, l'avionica del terzo stadio inizia a funzionare indipendentemente e le connessioni esterne vengono rilasciate. A 29 secondi dal lancio vengono azionati i booster e lo stadio centrale.



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

**Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE**



## Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio

### Procedure di Lancio (segue)



L'equipaggio della Soyuz TMA-1 nel Command Module pochi istanti prima della chiusura del portellone. L'astronauta ESA Frank De Winne (sulla destra) ha partecipato alla missione ODISSEA (30 ottobre – 10 novembre 2002)

#### Il Decollo

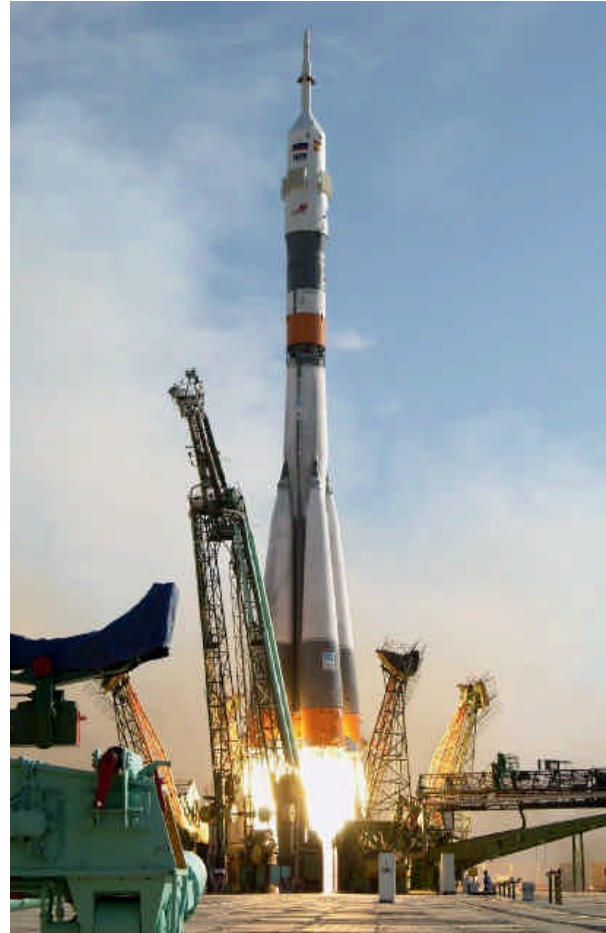
Il lanciatore e la capsula Soyuz cominciano a stabilizzarsi sulla traiettoria programmata a 20 secondi dal lancio. Nei primi minuti l'accelerazione è di 4g ed i membri dell'equipaggio vengono schiacciati contro i loro sedili.

A 2 minuti dal decollo i booster laterali finiscono la loro azione e l'accelerazione passa da 4g a 1.5g. I booster ed il sistema di emergenza vengono rilasciati. L'accelerazione comincia a crescere nuovamente non appena il motore dello stadio centrale raggiunge la massima potenza.

A 2 minuti e 30 secondi, ad 84Km di altezza, quasi al di fuori dell'atmosfera l'involucro che protegge la capsula dall'attrito con l'aria viene rilasciata e l'equipaggio può vedere per la prima volta lo spazio attraverso i finestrini.

Dopo 288 secondi dal lancio, il secondo stadio viene rilasciato. L'accelerazione sembra annullarsi fino al momento dell'accensione dei razzi del terzo stadio a 5 minuti dal lancio. Il lanciatore si trova adesso ad un'altezza di 197Km.

Successivamente, dopo appena 7 secondi, viene rilasciata anche l'interfaccia tra il secondo ed il terzo stadio. Il terzo stadio si esaurisce a 520 secondi e viene rilasciato dopo 528 secondi (8 minuti e 48 secondi) dal lancio.



Il decollo della capsula Soyuz TMA-3 e della missione Cervantes il 18 ottobre 2003 (Sorgente: NASA)

Durante le prime due orbite, gli astronauti/cosmonauti rimangono assicurati ad i loro sedili a controllare tutti i sistemi di bordo con particolare attenzione a quello di controllo della posizione della capsula. Al termine di questi controlli la capsula Soyuz è orientata in modo tale che i pannelli solari siano ben orientati verso il sole per massimizzare la produzione di energia elettrica.

Gli astronauti/cosmonauti, alla fine delle loro attività, possono lasciare i loro sedili e togliersi la tuta spaziale pressurizzata.



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

**Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE**



**Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio**

## Procedure di Aggancio

### L'Ascesa

A 9 minuti dal lancio la capsula Soyuz è in orbita. Da questo momento naviga, o per meglio dire, è in caduta libera attorno alla terra ad una velocità di 28.000 Km/h con un'altezza orbitale iniziale di 220 Km. Ci vorranno 2 giorni per raggiungere la ISS in quanto la traiettoria scelta per la Soyuz minimizza il consumo di carburante.

Gli astronauti/cosmonauti collaborano con i controllori di terra per il calcolo dei parametri della traiettoria, necessari alla Soyuz per attuare le manovre orbitali per raggiungere un'orbita più elevata. Questi parametri sono inviati alla Soyuz e successivamente verranno dati i comandi per l'accensione dei razzi in tempi ben precisi. Ogni accensione di un razzo contribuisce ad aumentare la velocità della capsula Soyuz e quindi all'innalzamento dell'orbita fino al raggiungimento della ISS che si trova a 380-400Km d'altezza.



L'astronauta ESA Roberto Vittori al suo ingresso nella ISS il 27 aprile 2002 durante la missione Marco Polo. (Sorgente: NASA)

### L'Aggancio

L'equipaggio supervisiona i sistemi per il rendezvous automatico e si prepara ad un eventuale controllo manuale delle procedure in caso di guasto.

Il controllo di missione controlla accuratamente da terra la traiettoria, ma ci sono ancora piccoli scostamenti che l'equipaggio si deve preoccupare di compensare con l'aiuto del sistema radar e con i calcoli del computer di bordo.

L'equipaggio della Soyuz, che ancora indossa la tuta spaziale Sokol, può seguire la fase di volo su un monitor nel command module. Sul monitor

viene visualizzata la ripresa della telecamera periscopica montata sul command module stesso. Durante la fase finale dell'approccio alla ISS, l'equipaggio deve controllare i dati e assicurarsi che la capsula Soyuz sia opportunamente allineata con la porta di aggancio della ISS. Questa fase è monitorata dal Controllo di Missione a Korolev, vicino Mosca.



La capsula Soyuz TMA-3 durante la fase di aggancio alla ISS il 20 ottobre 2003. (Sorgente: NASA)

Normalmente, la capsula Soyuz si aggancia al componente Pirs, ma può anche agganciarsi al componente di connessione tra Zarya e Unity, oppure alla parte posteriore di Zvezda. La capsula logistica Progress e lo ATV (Automated Transfer Vehicle) europeo si agganciano sempre alla parte posteriore di Zvezda. Il primo lancio di ATV è previsto per l'anno 2005.

Ogni capsula Soyuz rimane agganciata alla ISS per circa 6 mesi come capsula di salvataggio. Se necessario, le capsule Soyuz possono cambiare porta di aggancio per lasciare il posto ad un'altra capsula Soyuz o ad un modulo logistico Progress.

Roberto Vittori volerà con la capsula Soyuz TMA-6, rimarrà sulla ISS per 8 giorni prima di rientrare sulla terra con la capsula Soyuz TMA-5, attualmente collegata alla ISS.



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE



## Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio

### Procedure di Sgancio

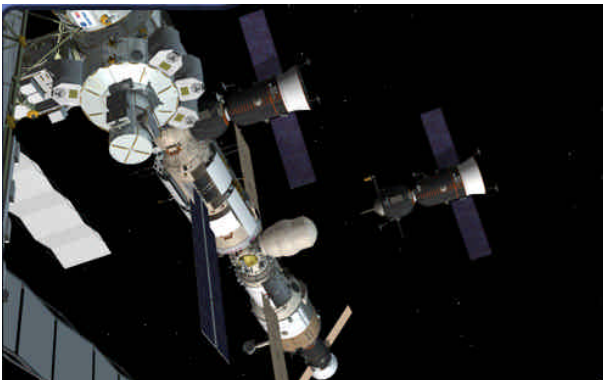
Lo sgancio della Soyuz TMA-5 dalla ISS a 400 Km di altezza, il rientro e l'atterraggio nella steppa del Kazakhstan è una procedura relativamente veloce della durata di circa 3 ore e 30 minuti.

Durante l'ultimo giorno in orbita, gli astronauti/cosmonauti indossano nuovamente la loro tuta spaziale Sokol necessaria nelle fasi di lancio, aggancio, sgancio, rientro ed atterraggio della capsula Soyuz.



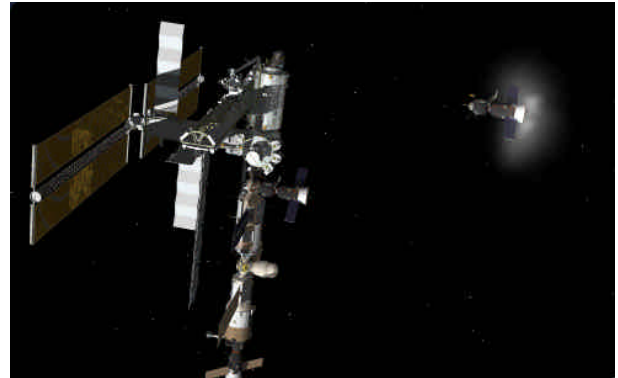
Nikolai Budarin, membro della spedizione ISS n°6, indossa la sua tuta spaziale Sokol e si prepara per lo sgancio. (May 2003) (Sorgente: NASA)

L'equipaggio chiude il portellone e controlla i sigilli. Tutti i sistemi di bordo vengono attivati e testati. Il comandante di missione è il responsabile per l'esecuzione del comando di sgancio. Questo comando attiva il sistema di rilascio del sistema che tiene ancorata la capsula Soyuz alla ISS. Il lento allontanamento iniziale della capsula è dovuto ad un sistema elastico composto da piccole molle.



Lo separazione poco dopo l'esecuzione del comando di sgancio. (Sorgente: NASA)

Durante i primi minuti, la capsula di allontana gradualmente dalla ISS.



La prima breve frenata per abbassare l'orbita della capsula Soyuz. (Sorgente: NASA)

A 20mt di distanza, a circa 6 minuti dallo sgancio, l'equipaggio aziona i piccoli razzi di frenata per 15 secondi al fine di abbassare l'orbita della capsula Soyuz.



Frenata principale per fare rientrare la capsula Soyuz nell'atmosfera terrestre. (Sorgente: NASA)



Human Spaceflight  
SPACE FOR LIFE

Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE



Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio

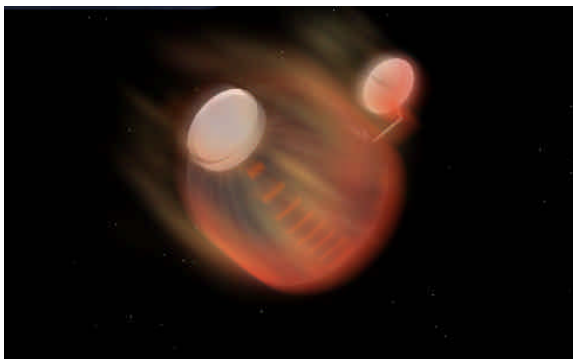
## Procedure di Rientro

A circa 2 ore e 30 minuti dallo sgancio, quando la capsula Soyuz si trova a circa 19Km dalla ISS, i razzi di frenata vengono attivati nuovamente per 4 minuti e 21 secondi. Questa fase, chiamata "deorbit burn", provoca una diminuzione dell'orbita.



La separazione dei moduli della capsula Soyuz (Sorgente: NASA)

Ad una altitudine di circa 200Km e a circa 1 ora dall'atterraggio, i 3 moduli della capsula Soyuz si separano. I moduli Utility e Instrument-Assembly si disintegreranno durante il rientro negli strati densi dell'atmosfera terrestre.



Il Landing Module si arroventa durante il rientro (Sorgente: NASA)

La stessa sorte toccherebbe anche al Landing Module che invece è protetto da uno scudo termico e si posiziona su una traiettoria con un angolo di rientro ridotto.

Dopo la separazione, al landing module viene dato il comando di ruotare. Questa manovra mette le parti schermate termicamente nella direzione di rientro in modo da assorbire il calore dovuto all'attrito aerodinamico. Il rientro avviene ad un'altezza di circa 120Km dove si trovano gli strati più alti dell'atmosfera. Siamo a circa 30 minuti dall'atterraggio e il landing module vola sopra il Sud America.

Volerà sopra l'oceano Atlantico, sopra l'Africa, sopra il medio-oriente, per poi atterrare nell'Asia centrale. I cosmonauti possono osservare un alone infuocato dai finestrini dovuto all'attrito aerodinamico che surriscalda gli scudi termici.

La velocità si riduce drasticamente e l'equipaggio viene spinto verso i propri sedili con una forza di 4-5g, ossia con una forza 4-5 volte il loro peso corporeo sulla terra.



**Human Spaceflight**  
SPACE FOR LIFE

**Missione  
Soyuz Italiana  
ENEIDE**



## Procedure di Lancio, di Volo e di Atterraggio

### Procedure di Atterraggio



Il landing module della missione Andromedé dopo la fase di rientro e prima dell'atterraggio il 31 ottobre 2001.

A 15 minuti dall'atterraggio, ad una altitudine di 12Km, viene azionato il sistema dei paracadute quando il Landing Module viaggia ad una velocità di 900Km/h. Prima vengono aperti due piccoli paracadute pilota seguiti da un paracadute di 24m<sup>2</sup>. Ciò avviene ad una altitudine di 10.5Km. Il landing module rallenta fino ad una velocità di 360Km/h.

A questo punto viene aperto un paracadute di 1000m<sup>2</sup> che rallenta il landing module fino ad una velocità di 25Km/h (7m/s). Per questioni di raffreddamento, il landing module vola con un angolo di incidenza di 30°. Il landing module comincia poi a scendere verticalmente. In caso di emergenza può essere utilizzato un paracadute di circa 500m<sup>2</sup>, che verrebbe aperto automaticamente ad un'altitudine prefissata.



L'atterraggio del Soyuz landing module della missione Andromedé.

A 4Km dal suolo lo scudo termico viene rilasciato e la velocità di discesa continua a diminuire fino ad 1 secondo dall'atterraggio. Ad 80cm dal suolo vengono azionati 6 razzi di atterraggio che riducono la velocità a 7Km/h (2m/s).

Le caspule TMA hanno due razzi che riducono la velocità e le forze di atterraggio del 15%-30%.

Una ulteriore protezione dall'impatto dell'atterraggio è fornita da un apposito rivestimento dei sedili modellati per il corpo di ogni singolo astronauta.



Una visione artistica del Soyuz landing module dopo l'atterraggio. (Sorgente: NASA)

Subito dopo l'atterraggio i paracadute vengono rilasciati per evitare disturbi dovuti al vento. Una antenna di comunicazione viene azionata per permettere alla squadra di recupero di raggiungere l'equipaggio tempestivamente.



La Soyuz TM-33 dopo l'atterraggio con l'astronauta ESA Roberto Vittori (5 maggio 2002). (Sorgente: NASA)



## Procedure Post-Atterraggio

I centri di controllo di Mosca e Baikonur seguono l'atterraggio della Soyuz. Attrezzature di recupero, elicotteri, e ospedali da campo vengono preparati per la fase di recupero. Le operazioni coinvolgono medici, psicologi, ufficiali e personale militare di istanza a Baikonour.

Dopo l'atterraggio l'equipaggio aziona un'antenna che permetterà alla squadra di recupero di localizzarli con precisione nelle vaste steppe Kazake.



La capsula Soyuz TM-33 con a bordo l'astronauta ESA Roberto Vittori. (Sorgente: NASA)

L'atterraggio avviene nel raggio di circa 30Km. Normalmente, la capsula Soyuz può atterrare in due aree nel nord del Kazakhstan: una vicina alla città di Arkalyk, l'altra vicino alla città di Dzhezkazgan. In realtà può avvenire ovunque nel mondo, compresi gli oceani, come è già accaduto in un'occasione.

Le squadre di recupero arrivano sul sito di atterraggio con gli elicotteri. Il portellone della capsula Soyuz viene aperto immediatamente e viene assemblata una piccola struttura per facilitare l'estrazione dell'equipaggio dalla capsula. Nel frattempo dei tecnici si preoccupano di bonificare l'area e di recuperare i paracadute.

Gli astronauti sono stati addestrati sulle montagne del Mar Caspio per sopravvivere nel caso di un ritardato arrivo delle squadre di soccorso.

Una volta estratti, i membri dell'equipaggio vengono adagiati su delle apposite poltroncine per permettere loro di rilassarsi e di rispondere alle prime domande delle squadre di recupero.



Il comandante della Soyuz TM-33, Yuri Gidzenko, viene adagiato su una apposita poltroncina dopo l'atterraggio (Sorgente: NASA)

Nel frattempo un piccolo ospedale da campo viene allestito per effettuare i primi controlli medici sul posto. L'equipaggio viene trasportato in elicottero ad Astana, la capitale del Kazakhstan, per una tappa intermedia. Contemporaneamente viene predisposta la rimozione della capsula Soyuz dal sito di atterraggio.



L'ospedale da campo sul sito di atterraggio. (Sorgente: NASA)

Successivamente, l'equipaggio viene trasferito in aereo a Star City, vicino a Mosca, dove vi rimarrà in quarantena per 2 settimane per ulteriori test medici; per la riabilitazione alla vita terrestre; per contribuire alle valutazioni sulla missione. Durante questo periodo anche le famiglie dei membri dell'equipaggio si trovano a Star City.