



L'integrazione, i test e le operazioni in orbita

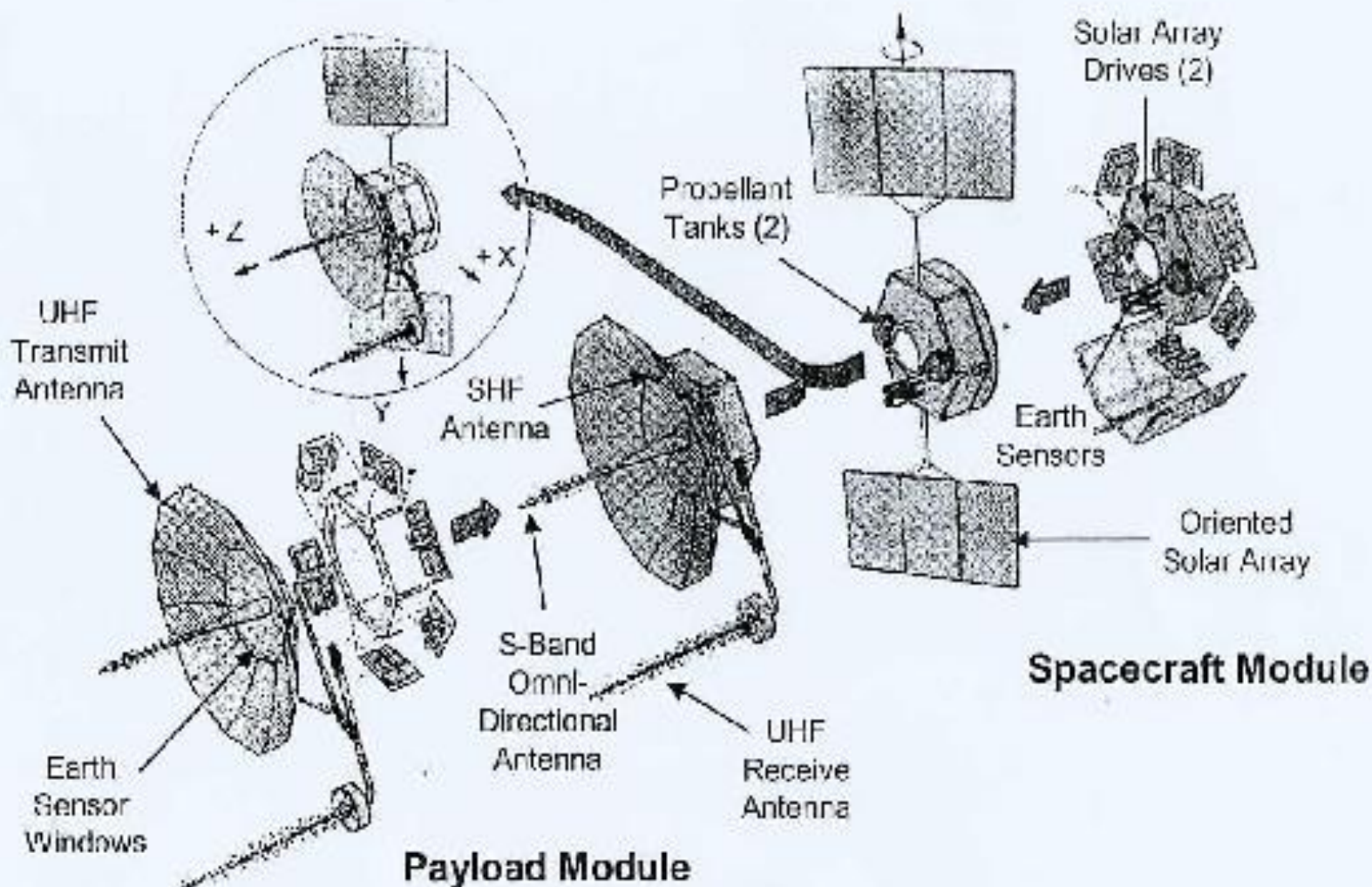
Lo sviluppo di un satellite e degli strumenti che ospita avviene attraverso il processo di Manufacturing, Assembly, Integration and Test (MAIT):

1. Dati ingegneristici>>> Disegni
Specifiche degli elementi di sottosistema
Materiali
Procedure di utilizzo
2. Realizzazione dei componenti>>> Manufacture plan
Part procurement and test
Component assembly
Component acceptance test
3. Qualifica dei componenti>>> Functional and enviromental test
4. Integrazione e test del satellite>>> Mechnanical assembly
Functional test
Enviromental test

Una volta testata ed accettata la componentistica viene integrata nei sottosistemi che a loro volta vengono integrati nel satellite nel seguente ordine:

1. Spacecraft module: struttura del modulo
harness
sottosistemi di servizio
2. Payload module: strumento
antenne
3. Pannelli solari (testati separatamente)
4. Propulsion module: struttura
tanks, lines, thrusters
5. Integrazione elettrica: installazione cavi di collegamento
unità telecomandi
unità di potenza

Spacecraft Configuration – Exploded View



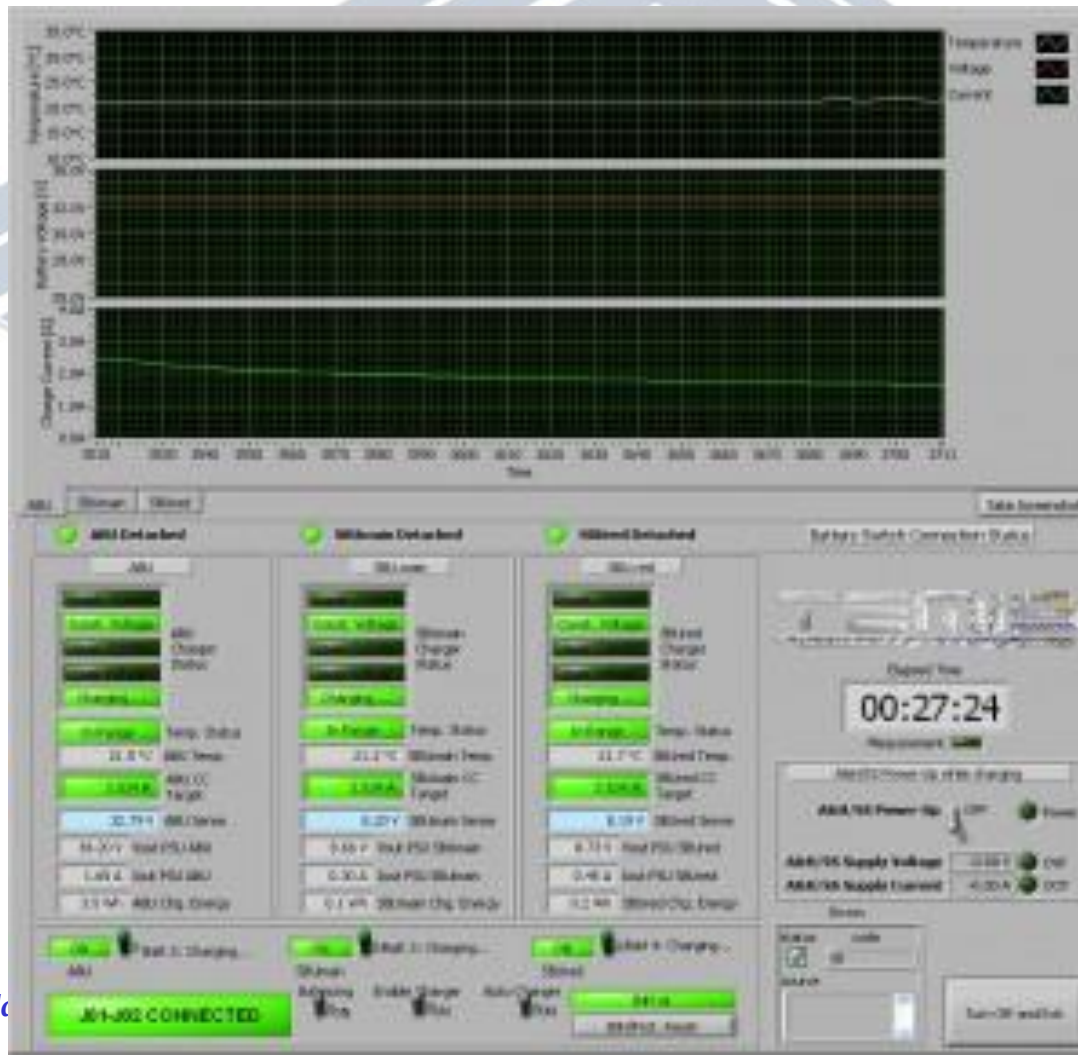
Le attività Design Integration possono essere raggruppate in:

1. Mechanical Design Integration: definizione delle i/f fisiche (posizione, montaggi, clearance), assegnazione di masse e dimensioni
2. Electrical Design Integration: power, caratteristiche del segnale, compatibilità elettromagnetiche
3. Thermal Design Integration: conduzione, fattori legati all'esposizione

Le attività di test si dividono in :

1. **Test di qualifica**- mostrano che il design è adeguato attraverso una serie di prove che stressano il sistema ai limiti delle prestazioni nominali. La qualifica può avvenire su un modello dedicato, su un prototipo e per similitudine (nel caso di h/w e/o condizioni identiche/molto simili)
2. **Test di accettazione**- mostrano che un prodotto è adeguato attraverso una serie di prove che valutano il comportamento del sistema nel range di performance previste per il suo utilizzo
3. **Test funzionali**- verificano le performance di baseline (elettriche e meccaniche) prima e dopo prove/integrazioni/trasporti

I test seguono protocolli specifici stabiliti sulla base del design e delle prestazioni del sistema.



Camere sterili

Una camera sterile è un'area in cui l'aria contiene pochissime particelle di polvere.

Visto che non c'è polvere nello spazio, è importante che non ce ne sia neanche durante le fasi di assemblaggio e collaudo.



Un granello di polvere in un interruttore o in circuito può infatti causare il guasto del veicolo spaziale come pure la polvere su specchi o obiettivi delle telecamere può diminuire le prestazioni degli strumenti: scopo delle camere sterili è minimizzare la contaminazione.

L'umidità, ovvero il contenuto d'acqua dell'aria di queste camere sterili viene mantenuta piuttosto bassa, mentre la temperatura è mantenuta a 20°C circa.

LA CLEANROOM (camera bianca)

Si tratta di una stanza ad atmosfera controllata (pressione atmosferica ed inquinamento particellare). La misura della qualità dell'aria di una camera pulita è descritta in documenti di valenza internazionale (Federal Standard 209 o ISO 14644-1):

La classificazione delle camere bianche si basa sul conteggio delle microparticelle da $0,5 \mu\text{m}$ in un volume definito di aria (per la legge americana è un piede cubo, per la UNI è un metro cubo).

La classificazione o "certificazione" viene rilasciata dal costruttore mediante misurazione con un contatore di particelle.

Meno particelle vengono conteggiate, più "pulita" è la camera bianca e minore è la classe di appartenenza.

ISO 14644-1 [[modifica](#) | [modifica wikitest](#)]

Classe	numero massimo di particelle/m ³						FED STD 209E corrispondente
	≥0.1 μm	≥0.2 μm	≥0.3 μm	≥0.5 μm	≥1 μm	≥5 μm	
ISO 1	10	2					
ISO 2	100	24	10	4			
ISO 3	1,000	237	102	35	8		Classe 1
ISO 4	10,000	2,370	1,020	352	83		Classe 10
ISO 5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	Classe 100
ISO 6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	Classe 1000
ISO 7				352,000	83,200	2,930	Classe 10,000
ISO 8				3,520,000	832,000	29,300	Classe 100,000
ISO 9				35,200,000	8,320,000	293,000	Aria nella stanza



In un ufficio normale conteremmo qualche milione di particelle da 0,5 μm, in un locale pubblico 4-5 milioni di particelle, in una acciaieria in produzione quasi 10 milioni

Il funzionamento di una camera bianca si basa in sostanza sul principio di ricircolo forzato di aria super-filtrata in una stanza sigillata. .

Nelle camere in cui è richiesta purezza dell'aria molto elevata o totale, l'accesso è consentito solo a personale adeguatamente addestrato.

Per evitare contaminazioni, chi lavora in camera pulita indossa abiti sterilizzati : camici sterili, copriscarpe, cuffie e mascherine ed è completamente coperto (bunny suites).











Enviromental Test:

- **Random vibration:** verifica la robustezza della struttura e la risposta alle sollecitazioni meccaniche attraverso una serie di vibrazioni sui tre assi fino a 2000Hz
- **Acoustic:** verifica la resistenza alla pressione acustica dell'aria sulle superfici e sulle connessioni elettriche, ha senso su strutture leggere e di grandi dimensioni
- **Pyrotechnic shock:** verifica la resistenza alle onde d'urto ad alta frequenza (fino a 10000 Hz) causate dagli esplosivi nella separazione
- **Thermal vacuum:** verifica le performance operative e i livelli di outgassing ad alte e basse temperature nel vuoto (si deve fare per tutti i componenti destinati allo spazio)
- **Thermal cycling:** verifica la resistenza ai cicli termici, gli eventuali malfunzionamenti emergono già nel corso dei primi cicli termici

La struttura aerospaziale deve dimostrare la capacità di reggere gli effettivi carichi di volo. Questa capacità viene dimostrata a seguito delle di vibrazione:

-per acquisire i parametri necessari per la verifica del progetto strutturale e per eseguire corrette previsioni delle risposte dinamiche>> **Prova modale**

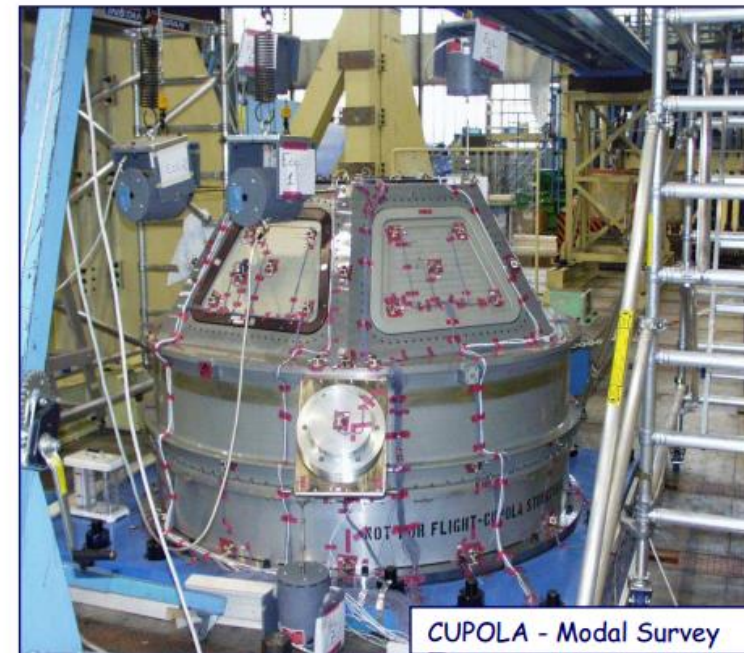
-per caratterizzare le condizioni di servizio (qualifica strutturale)>>

Prova di vibrazione sinusoidale

Prova di vibrazione random

Prova acustica

Prova di shock



Test and analysis types used for verifying mechanical loads

Load	Verification by analysis	Verification by test
Static & Quasi static	Static analysis	Static test Sine burst test Sine vibration test
Transient environment in low frequency range	Transient analysis Frequency response analysis	Sine vibration test
Quasi harmonic loads in low frequency range	Frequency response analysis Transient analysis	Sine vibration test
Broad band vibration (random & acoustic)	Random vibration analysis Vibro-acoustic analysis	Random vibration test Acoustic noise test
Shock & high frequency transient	Transient analysis Shock propagation assessment Semi-analytical approaches	Shock test
Pressure	Static analysis Thermal-functional analysis Venting analysis	Proof pressure test Thermal-functional test
Thermo-elastic	Thermo-elastic analysis	Thermo-elastic test

Il satellite integrato con il payload e' sottoposto all'ambiente di vibrazione random che e' generato dal campo acustico al decollo, dall'eccitazione aerodinamica e dalle vibrazioni meccaniche che si sviluppano all'interno del lanciatore.

L'ambiente di vibrazione random viene specificato come densita' di potenzaspettrale (PSD) nell'intervallo di frequenza 20 Hz -2000 Hz, ed e' definito mediante misurazioni effettuate all'interfaccia del lanciatore nelle prove a terra, oppure durante i voli precedenti.

La prova serve a dimostrare la capacita' della struttura e dei suoi componenti di operare nell'ambiente di vibrazione random, e consente la verifica dei livelli di vibrazione che arrivano alle interfacce dei componenti

Prova Acustica: dimostra la capacita' della struttura di resistere ai livelli di pressione acustica generati dai motori di spinta.

L'ambiente acustico risulta maggiormente critico per le appendici leggere dei satelliti (pannelli solari, antenne riflettenti).

La struttura viene posizionata nella camera acustica riverberante, capace di generare il livello di pressione acustica specificato in qualifica. **Il tempo di esposizione all'ambiente acustico e' in funzione del tempo di volo e del numero di missioni.**

Prova di shock: dimostra la capacita' della struttura di sostenere e operare quando sottoposta a livelli di shock pirotecnici previsti durante le fasi di separazione del volo

Questa prova dimostra la capacità della struttura e dei componenti di sostenere i carichi di progetto. La struttura, in genere in configurazione di lancio, viene vincolata all'eccitatore elettrodinamico mediante un opportuno adattatore di prova.

Per ognuno dei tre assi viene applicato uno specifico spettro di vibrazione sinusoidale definito dalle autorità di lancio.

Lo spettro di carico sinusoidale viene rivisto durante la prova per limitare le risposte strutturali alle risonanze, in maniera da non eccedere i carichi di progetto.

NOTCHING

I livelli e i tempi di test non sono del tutto rappresentativi di quanto avviene nella realtà:

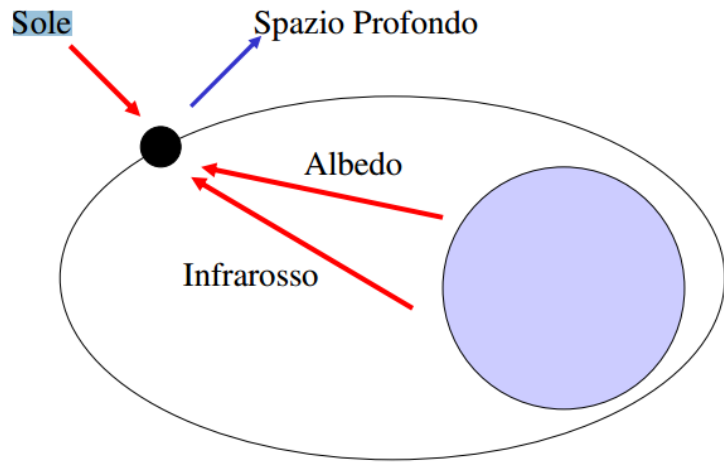
- I livelli non tengono conto delle possibili reazioni del lanciatore, generando vari gradi di overtesting
- I tempi di prova non rispettano le durate degli eventi di volo

Soluzione adottata:

riduzione dei livelli di eccitazione, quando necessario, in accordo con i risultati dell'analisi accoppiata lanciatore/satellite, basata sui corretti carichi di volo.

Questa tecnica di riduzione è comunemente chiamata notching.

PROVA DI TERMOVUOTO



TEST:

- Conduzione
- Irraggiamento
- Conduttanze di contatto
- Elettronica di bordo
- Sistema di dissipazione termica
- Simulazione orbitale

• Caso Caldo

- Radiazione Solare
- Albedo
- Infrarosso terrestre
- Massima incidenza dei raggi solari
- Elettronica accesa

• Caso Freddo

- Eclisse
- Sole con minima incidenza dei raggi solari
- Elettronica al minimo

Ricreare condizioni simili allo spazio

- Pressione: 10⁻⁶ mbar
- Temperature: -80° C / +200° C
- Gradienti termici

CICLI TERMICI

- Condizioni operative ostili:
- Range termici elevatissimi
- Condizioni di vuoto e assenza di gravità
- Problemi di corrosione e degradazione dei materiali sottoposti a radiazioni e vento solare



Da provare:

- Componenti elettronici
- Materiali:outgassing
- Caratterizzazione termica

Trasporto al sito di lancio

Il satellite viene trasportato al sito da cui verrà lanciato in un apposito container che lo protegge dall'ambiente esterno e controlla con dei sensori gli shock meccanici, l'umidità e la temperatura.







VOLGA  DNEPR

#7 8422 20 26 71

#7 8422 20 26 75

<http://www.volga-dnepr.com>



© Michele Famiglietti / AMS Collaboratori

La campagna di lancio prevede le ultime verifiche sul satellite e sugli strumenti che ospita:

- Incoming inspection per verificare che nulla sia stato danneggiato nel trasporto
- calibrazioni finali strumenti
- caricamento sistemi criogenici
- caricamento finale batterie
- caricamento del satellite sul lanciatore
- countdown e check finale dei sottosistemi

La base di lancio europea

La base di Kourou (Guyana Francese) è uno dei siti di lanciopiù moderni ed efficienti del mondo.

Negli ultimi 35 anni, sono state costruite tre rampe di lancio e molti altri edifici.

Tutti i missili Ariane europei sono stati lanciati da Kourou. Il complesso di lancio ELA-3 è stato costruito specificamente per il la nuova versione pesante dell' Ariane-5. È progettato per gestire molti lanci: fino a dieci missioni Ariane-5 all'anno.



L' Ariane 5 viene spostato all'edificio di assemblaggio finale

Ariane 5 sulla piattaforma di lancio





Operations

Le Operations sono tutte quelle attività che garantiscono il corretto e puntuale svolgimento delle fasi di pre-lancio, lancio, commissioning e validazione in orbita, vita operativa e fine vita del satellite:

Lancio - countdown

lancio

ascesa

separazione

acquisizione iniziale

controllo dell'assetto ed attivazione

passaggio alle operazioni nominali

gestione della vita operativa



Il Commissioning

Una volta immesso nell'orbita nominale il satellite viene sottoposto ad una serie di test che hanno lo scopo di verificare il suo comportamento in orbita ed i limiti reali delle prestazioni aspettate prima di cominciare la vita operativa vera e propria.

Si accendono (al lancio non c'è alimentazione interna) e si testano in sequenza:

- tutti i sottosistemi e gli strumenti a bordo
- tutti i modi operativi del satellite

La validazione in orbita

Alla fine della fase di commissioning il satellite viene riconosciuto idoneo (al 100% o in parte) e viene messo a disposizione dell'utenza scientifica per gli scopi della missione.

I tempi di commissioning e validazione in orbita dipendono dalla complessità del satellite e della missione (da 15gg a circa 2 mesi) .

La vita operativa

Le Operations si basano sul Mission Operation Plan e su una serie di documenti iterati a vari livelli che:

1. descrivono in termini operativi e di utenza gli attributi del segmento di volo (satellite) e delle stazioni di Terra
2. - evidenziano gli obiettivi della missione, i major drivers, i requisiti per ottenerli e la loro tracciabilità
3. descrivono le fasi della missione e gli scenari operativi
4. definiscono l'organizzazione, le responsabilità all'interno del team di gestione, le interfacce operative e il team training

5. indicano il flusso delle attività

6. evidenziano le aree di rischio



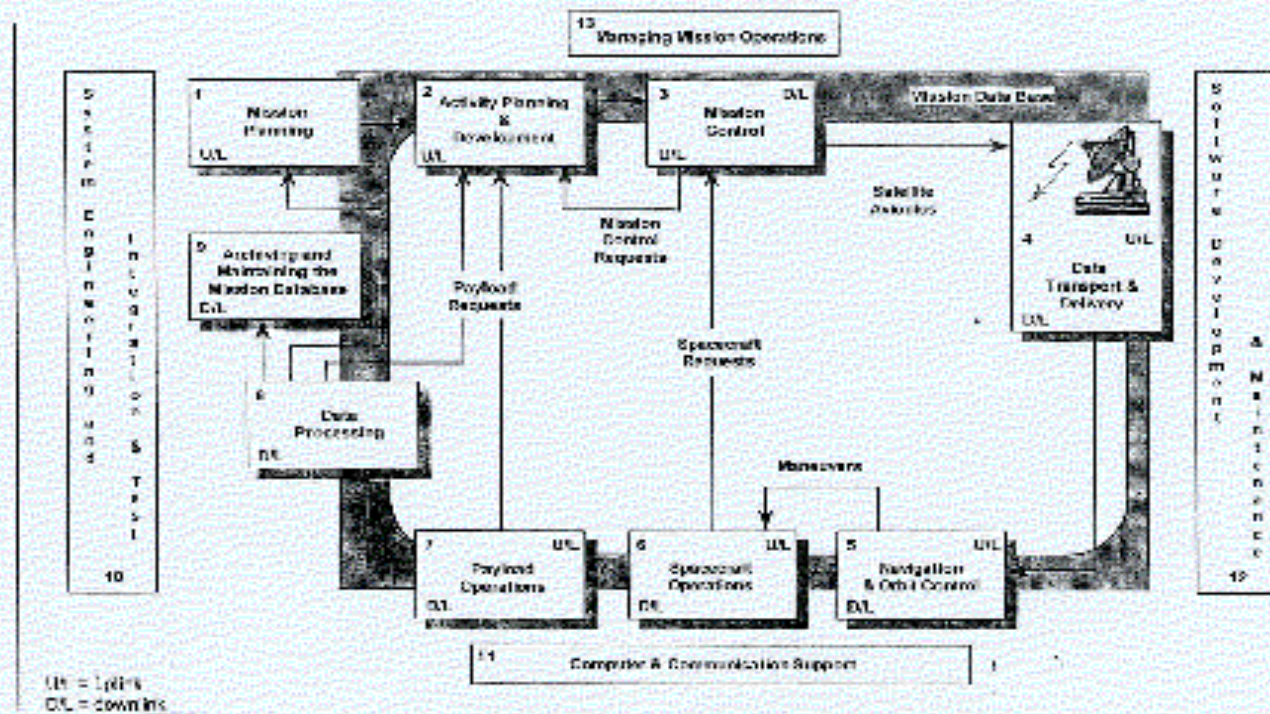
Il Centro di Controllo dell'ESA



La gestione della missione avviene attraverso 13 funzioni :

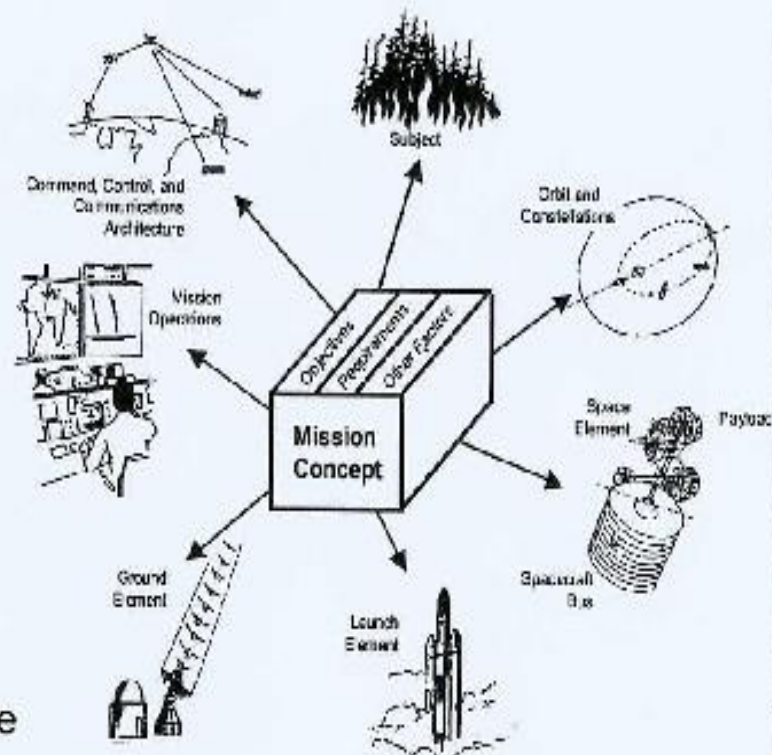
1. Mission Planning
 2. Activity Planning & Development
 3. Mission Control
 4. Data Transport & Delivery
 5. Navigation & Orbit Control
 6. Spacecraft Operations
 7. Payload Operations
 8. Data Processing
 9. Archive & Mantain Mission Database
 10. System Engineering and Integration & Test
 11. Software Development & Maintenance
 12. Computer & Communication Support
 13. Managing Mission Operations
- 

The 13 Mission Operations Functions



Elements of a Space Mission – An Operator's Perspective

- Subject
- Orbit
- Space Element
 - Payload
 - Spacecraft bus
- Launch Element
- Ground Element
- Mission Operations
- Command, Control, and Communications Architecture



Le 13 funzioni di Operations

- 1. Mission Planning** individua gli obiettivi, le fasi della missione, l'orbita, le regole di missione i criteri per la validazione e la verifica, le caratteristiche operative di satellite e payloads.
- 2. Activity Planning & Development** definisce il dettaglio e la sequenza delle attività, le controlla, le coordina e le verifica.
- 3. Mission Control** sviluppa le procedure, i piani di verifica, i pass reports, supporta l'integrazione ed i test finali del satellite, configura le stazioni di terra per l'acquisizione, invia i comandi al satellite, monitora lo svolgimento della missione.

4. Data Transport & Delivery trasmette e riceve i dati dal satellite (la telemetria e i dati di tracking), produce report di Quantità, Qualità e Continuità (QQC) sull'efficienza delle Stazioni di Terra.

5. Navigation & Orbit Control determina l'orbita e l'assetto del satellite, gestisce le traiettorie, le manovre e i puntamenti delle antenne.

6. Spacecraft Operations genera un report sullo stato dello spacecraft, sui limiti di operatività, abilita e mette in sequenza le attività a bordo, processa i dati del satellite (Housekeeping).

7. Payload Operations genera un report sullo stato dei payloads, prepara i piani di osservazione, analizza le performance, processa i dati acquisiti.

8. Data Processing produce i files di calibrazione, associa i dati dei sensori ai dati ancillari, caratterizza il data flow verso gli utenti, produce database di: livello 0 (tensioni dai sensori)

livello 1 (dati calibrati)

livello 2 (dati calibrati e combinati con i dati di navigazione)

livello 3 (parametri fisici)

livello 4 (mappe e cataloghi)

9. Archive & Maintain Mission Database produce l'archivio storico dei dati acquisiti ed aggiorna il database di missione, informa gli utenti dell'arrivo dei dati, produce i cataloghi e distribuisce i prodotti.

10. System Engineering and Integration & Test

contribuisce allo sviluppo dell'architettura, prepara i piani di test, di integrazione, di training e di security, valuta le deviazioni/degradazioni delle prestazioni

11. Software Development & Maintenance

sviluppa il s/w prima e dopo il lancio (uploads), gestisce la manutenzione e gli aggiornamenti, i test, le verifiche e gli error reports

12. Computer & Communication Support

organizza e gestisce i computer, le comunicazioni ed il voice link fra le stazioni di Terra

13. Managing Mission Operations

definisce la policy di missione, le linee guida, approva le attività e decide sulle contingency, coordina la fase di fine vita del satellite, interfaccia la comunità esterna e l'utenza scientifica



Dear BeppoSAX user,
this is the sixth BeppoSAX "e-mail news" message and covers the following topics:

1. AO2 accepted Core Program Target List
2. Status of the BeppoSAX Science Data Center

Opening of the BeppoSAX archive

AO2 accepted Core Program Target List -

The list of the accepted targets in the AO2 Core Program (priority A and B) is now available and can be accessed on-line from our WEB pages.

http://www.sdc.asi.it/ao_browser.html <http://www.sdc.asi.it/ao2.html> We

remind you that the deadline for the AO2-Guest Observer Program is January 20 1998

L'antenna ESA di Perth (Australia)

