



Politecnico
di Torino

La QUALITÀ nell'AEROSPACE

Le sfide e i risultati

4-5 MAGGIO
2023
Politecnico di Torino

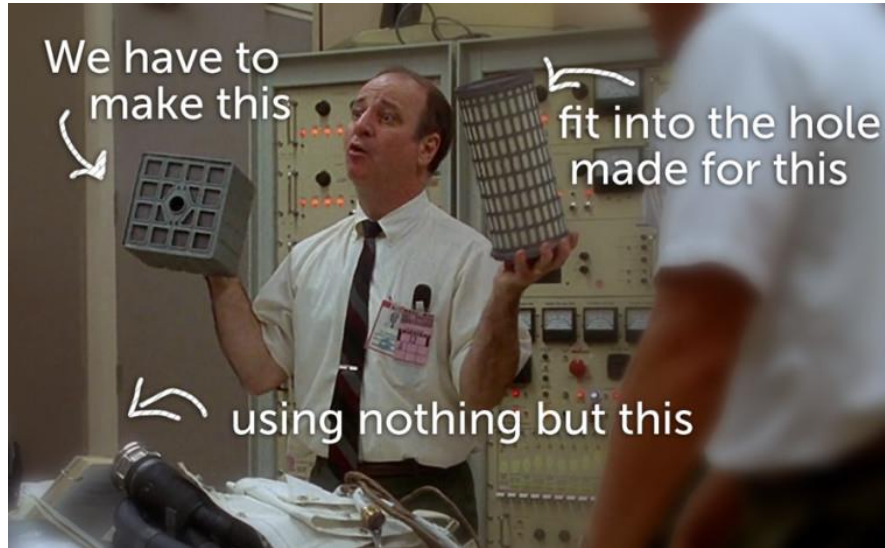
Il fattore umano nell'esplorazione robotica
spaziale: l'esperienza di ALTEC

Alessandro Crisafi

- Operazioni di Missione: l'esperienza di ALTEC
- Caratteristiche di una missione di esplorazione robotica spaziale
 - ✓ Ambiente Centro di controllo
 - ✓ Controllo da remoto
 - ✓ Peculiarità di una missione di esplorazione robotica marziana
- Come combattere e prevenire l'errore umano al Centro di Controllo
 - ✓ Durante la fase di preparazione delle operazioni
 - ✓ Durante la fase di design dei tools di Ground
 - ✓ Durante il training e la campagna di simulazioni
 - ✓ Durante la missione
- ✓ Conclusioni



- L'ambiente della sala controllo è per definizione un ambiente molto particolare, dove il fattore umano e' uno degli elementi principali per la gestione e il successo di una missione.
- Momenti di grande concitazione e stress estremo (failures, contingency, recovery procedures) possono essere seguiti da periodi più tedious, dove il semplice monitoraggio dei sottosistemi può diventare abitudinario e ripetitivo.



- Entrambe le situazioni, possono generalmente essere causa e fonte di errore umano, a meno che questo non venga debitamente combattuto e prevenuto.



- La possibilità di avere un controllo remoto (più o meno costante), nel monitoraggio di una missione di esplorazione robotica, dipende principalmente dai ritardi di comunicazione (latenze) e dal set-up del sistema di comunicazione che è stato selezionato.
- La distanza Terra-Luna offre basse latenze nelle comunicazioni, lasciando ai centri di controllo la possibilità di pilotare/monitorare in quasi ‘real time’ la piattaforma robotica (“joystick mode”)
- La distanze Terra-Marte inserisce latenze che vanno dai pochi minuti a decine di minuti, che non consentendo il contatto real time con la piattaforma robotica, quindi devono essere adottate altre soluzioni (off-line planning via data relay).
- Quando ci si sposterà verso lo spazio più profondo, il supporto dal centro di controllo sarà sempre sempre meno continuativo, e altre tecnologie andranno adottate, aumentando il livello di autonomia di bordo, tramite:
 - Navigazione autonoma (già presente nelle missioni marziane)
 - Intelligenza Artificiale / Machines Learning (già presente in NASA Mars 2020 Rover)
 - Processi di “Decision Making” autonomi (includendo anche attività scientifica)

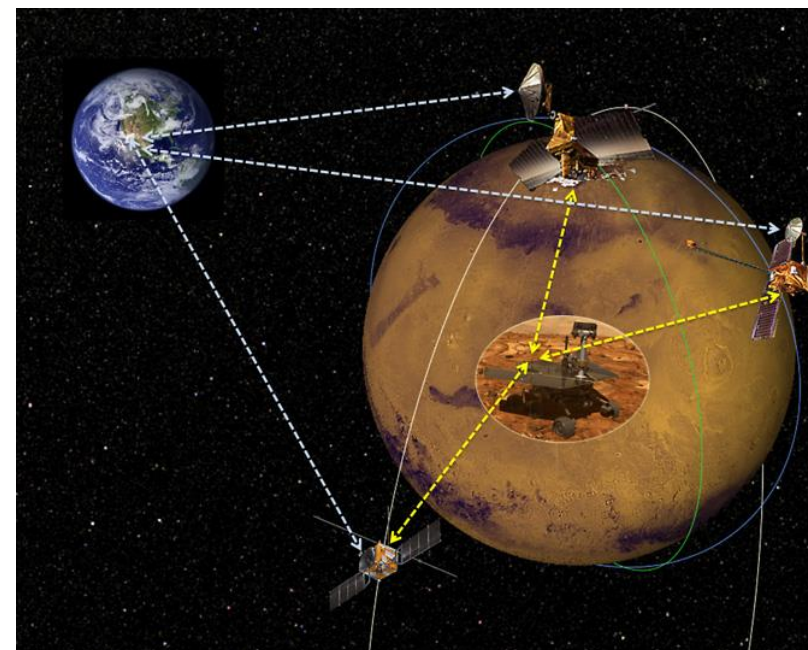


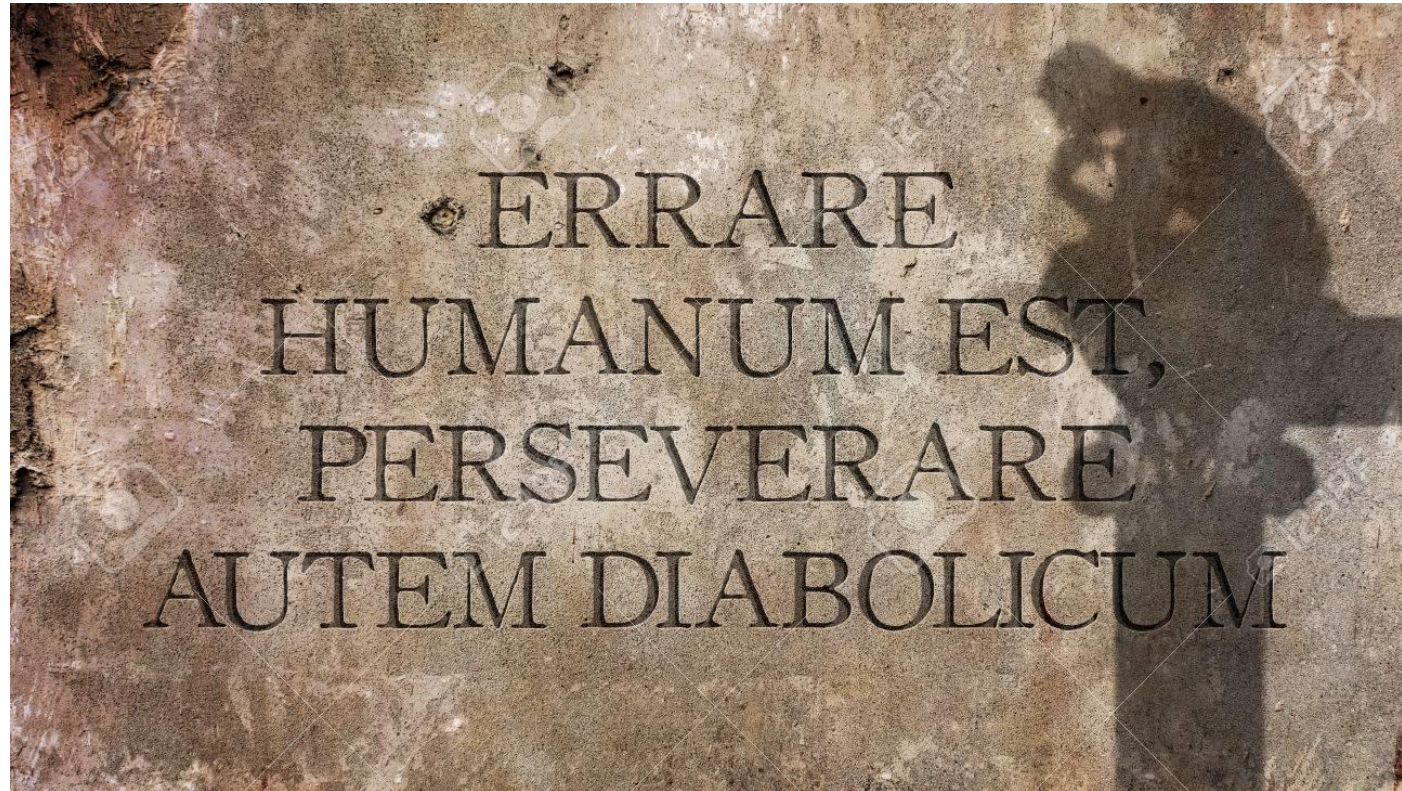


- In mancanza di un DTE (Direct To Earth) link, le comunicazioni devono essere gestite tramite data relay, ovvero satelliti che vengono utilizzati come stazioni di terra “volanti” per trasferire dati da/verso Marte.

Conseguenze:

- Il tempo disponibile al centro di controllo per pianificare le operazioni sarà limitato. Le “Relay operations” introducono latenze significative in uplink and downlink.
- L’ammontare di dati scaricabili è variabile. I tools al centro di controllo dovranno avvertire ed allertare gli operatori, salvaguardando lo scarico dei dati critici (quelli necessari per la pianificazione scientifica dei giorni successivi).
- La gestione dei team di Ground dovrà essere fatta ad hoc (shifts pattern e timelines)





attribuita a Sant'Agostino d'Ippona (IV secolo d.C.)

Durante la fase di preparazione delle Operazioni del Centro di Controllo

- Preparare un buon set di “Flight / Ground Procedures”, che possano aiutare l'operatore di Terra a:
 - ✓ monitorare l'evoluzione e i processi della missione
 - ✓ Compiere task di complessità crescente
 - ✓ Comandare la Piattaforma robotica a svolgere le attività richieste
 - ✓ Saper rispondere alla maggior parte delle failures che si possono presentare (FMECA) sulla piattaforma robotica, alleviando lo stress e la fatica dell'operatore
 - ✓ Gestire i processi di Ground

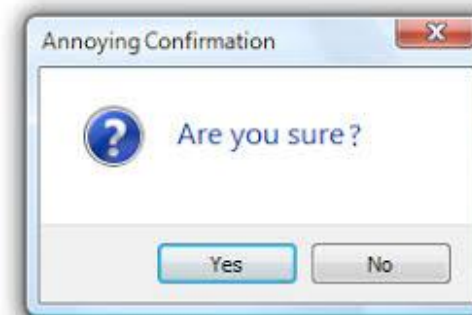
- Ottimizzare il design di ruoli, processi e timelines, in modo da:
 - ✓ Distribuire il carico lavorativo sugli operatori
 - ✓ Definire ruoli e responsabilità in modo chiaro
 - ✓ Stabilire deadlines e priorità





Durante la fase di design dei tools del Centro di Controllo

- Progettare tools/strumenti di supporto e di planning che:
 - ✓ Siano semplici da utilizzare
 - ✓ Svolgano funzioni di controllo per l'operatore
 - ✓ Sequenza di comandi corretta?
 - ✓ Parametri telecomandi nei range stabiliti?
 - ✓ Il piano è OK per le risorse da utilizzare (tempo, energia, livello di dati prodotti)?
 - ✓ Richiedano una doppia autorizzazione per iniziare attività complesse che prevedono il controllo da parte di più ruoli operativi (tecnico + Ops manager)
 - ✓ Inoltro dei telecomandi al Rover
 - ✓ Validazione del piano dei telecomandi
 - ✓ Scelte vincolanti (GO / NO-GO Criteria)
 - ✓ Traccino le operazioni dei singoli operatori nelle loro attività tramite log files.



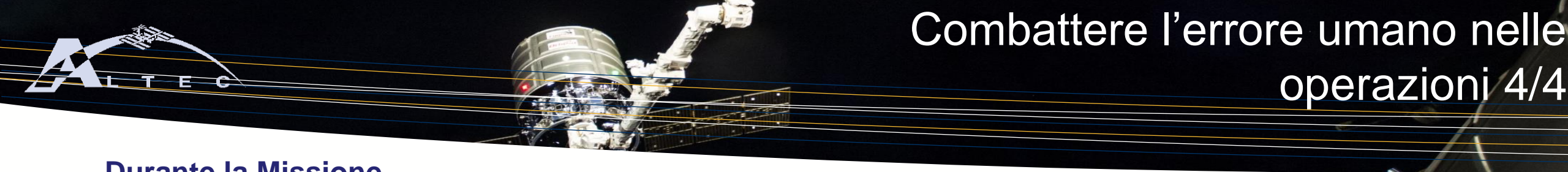


Durante la fase di Training e Simulazione

- Le sessioni di Training per una missione robotica spaziale sono essenziali per:
 - ✓ Far conoscere tools, strumenti e processi di Ground
 - ✓ Far conoscere la piattaforma robotica che si va ad operare
 - ✓ Conoscere ruoli e responsabilità
 - ✓ Conoscere il centro di Controllo e i task della missione

- La campagna di simulazioni è inoltre fondamentale per:
 - ✓ Imparare a lavorare insieme e in gruppo
 - ✓ Imparare a rispettare tempi e deadlines dei processi operativi
 - ✓ Essere consapevoli dei processi e delle procedure di missione
 - ✓ Imparare ad affrontare situazioni nominali di missione
 - ✓ Imparare ad affrontare situazioni non-nominali di missione
 - ✓ Gestire lo stress e il fattore umano durante le failures/contingency
 - ✓ Capire se gli operatori sono pronti ad affrontare la missione
 - ✓ Essere certificati per le tasks che gli operatori andranno ad eseguire





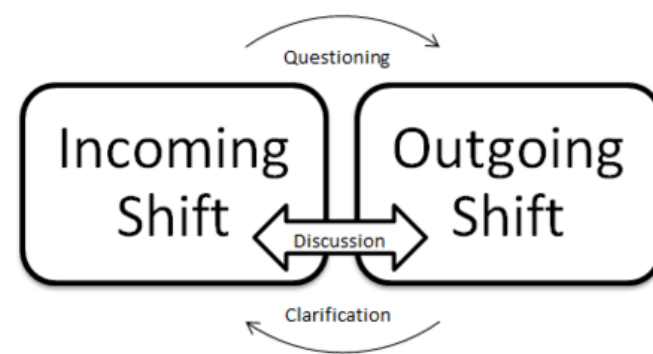
Durante la Missione

- Riportare le proprie attività sul "Mission Log":
 - ✓ Per far conoscere le proprie azioni agli altri
 - ✓ Per tracciare le proprie attività

- Fare un buon summary dello stato della missione durante la procedura di "Shift handover" (prima di abbandonare la propria console e lasciarla nelle mani di chi arriva)

- Seguire quanto più possibile procedure nominali o di contingency già validate durante le simulazioni e il training

- In caso di contingencies inaspettate:
 - ✓ Informare tempestivamente l'Operations Manager
 - ✓ Utilizzare Simulatori HW / SW per troubleshooting
 - ✓ Utilizzare Simulatori HW / SW per validare la/le recovery procedures
 - ✓ Nuova "Lesson Learnt" per il futuro

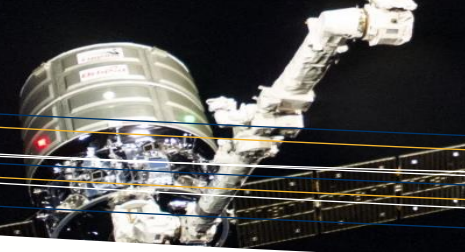
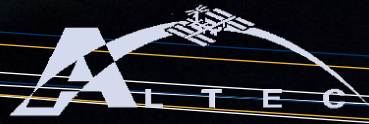


- L'ambiente della sala controllo è un ambiente molto particolare, dove il fattore umano e' uno degli elementi principali per la gestione e il successo di una missione.
- L'errore umano può essere mitigato e prevenuto in più modi durante le fasi di sviluppo del centro di controllo:
 - Durante la fase di preparazione delle operazioni
 - ✓ Preparando e validando un buon set di Flight/Ground Procedures
 - Durante la fase di design dei tools a supporto dell'operatore
 - ✓ Inserendo processi che siano Machine-assisted
 - ✓ Inserendo processi che siano Machine-validated
 - Durante il training e la campagna di simulazioni
 - ✓ Operando in uno scenario rappresentativo, in condizioni nominali e di contingency.
- L'errore umano può essere mitigato e prevenuto anche durante la missione stessa:
 - ✓ tracciando e comunicando in modo opportuno le proprie attività



A cosmic background featuring a large blue and green Earth in the bottom left, a smaller Earth (Moon) in the top center, and a bright red star in the top right. The background is filled with numerous white stars.

THANK YOU!
FOR YOUR ATTENTION



BACK-UP SLIDES

All rights reserved © 2014 - Altec



Processi Operativi: pianificare la missione robotica

Operazioni Strategiche di Lungo termine (pianificare più fasi di missione)

Pianificare le Campagne scientifiche successive

Monitorare I successi / fallimenti della missione

Svolgere "Trend Analysis" di parametri significativi



Operazioni Strategiche di corto termine (pianificare fino a 1 settimana di missione)

Colmare il gap tra operazioni strategiche e tattiche

Preparare sequenze di attività da riutilizzare nelle operazioni tattiche

Diminuire il carico di lavoro per la pianificazione tattica



Operazioni tattiche (pianificare 1-2 giorni di missione)

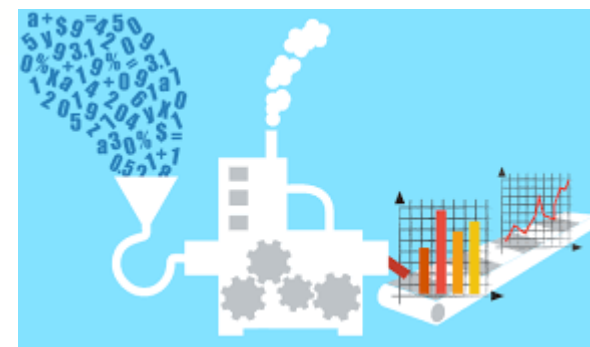
Pianificazione reattiva, basata sui data più recenti ricevuti da Marte



- Considerando lo scenario di comunicazione (offline, via Comm relay), le operazioni al centro di controllo di una missione robotica su Marte si svolgono seguendo i seguenti passi, scaturiti dall' arrivo dei dati di telemetria da Marte.

STEP 1: “Recuperare e Processare i dati”

- ✓ Gli operatori del Centro di Controllo (Ingegneri e Scienziati) dovranno recuperare e processare (possibilmente in modo automatico) tutti i dati critici che il Rover ha prodotto, in modo da avere gli input necessari per pianificare la prossima giornata.



STEP 2: “Visualizzare e Analizzare i dati”

- ✓ Gli operatori del Centro di Controllo (Ingegneri e Scienziati) dovranno analizzare i dati raccolti, identificando potenziali issues e criticità dei propri sottosistemi e strumenti. Dalle immagini e dai prodotti scientifici generati sarà possibile individuare nuovi target e nuove mete da esplorare (in superficie o nel sottosuolo).





STEP 3: Pianificare ovvero “Proporre, Integrare e Concordare”

- ✓ Sulla base dell’analisi dei dati, Ingegneri e Scienziati dovranno concordare un piano d’azione per il giorno successivo, che andrà “spedito” su Marte.



STEP 4: “Validare e Simulare il piano delle attività”

- ✓ Il piano d’azione concordato andrà simulato e validato, in modo che risulti fattibile in base alla risorse disponibili (tempo e energia).



STEP 5: “Impacchettare e Consegnare”

- ✓ Dopo la validazione, il piano integrato andrà trasformato in una sequenza di telecomandi che possa essere interpretata dalla piattaforma robotica e poi “spedito” verso Marte

