

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria aerospaziale

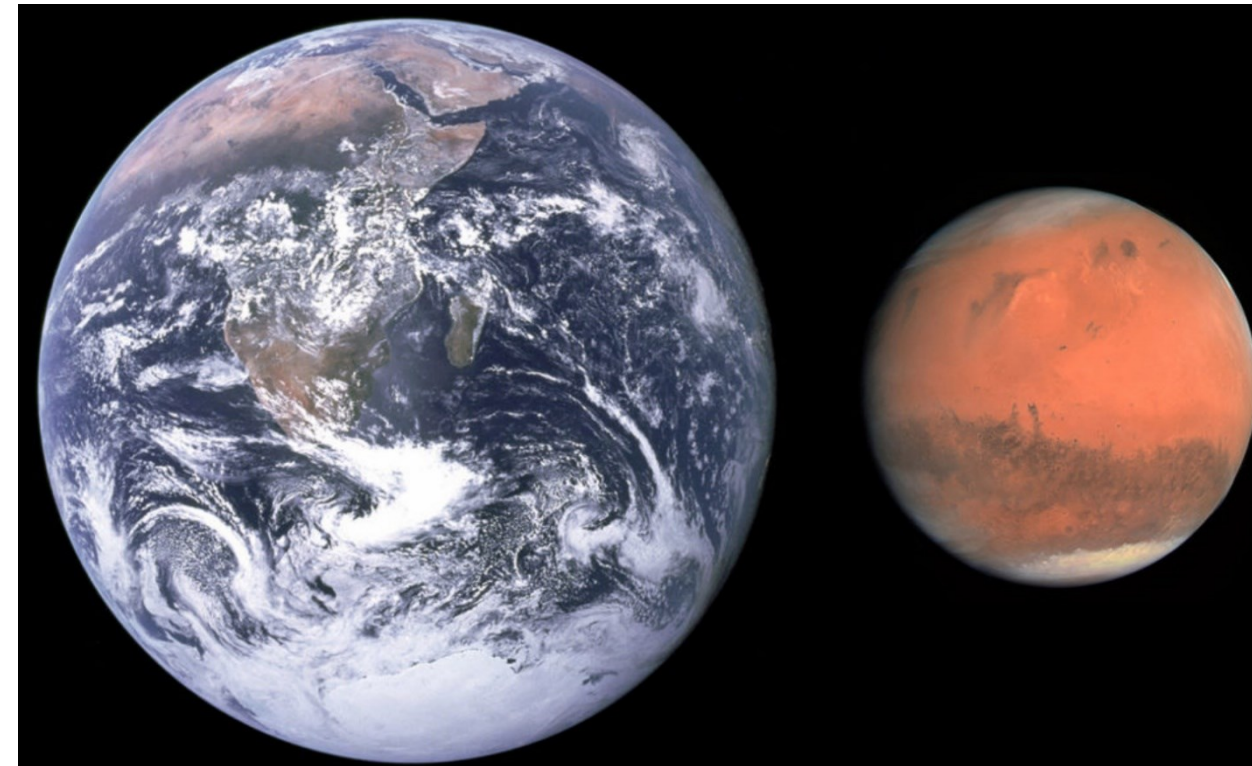
Il viaggio interplanetario dalla Terra a Marte: analisi dettagliata della missione «Mars2020»

Tutor universitario: Prof. Luca Malavolta

Laureando: *Nicolò Lazzari*

Padova, 11/07/2024

- Raggio di 3390km;
- Distanza di 228 milioni di km dal Sole (circa 1.5 AU);
- La luce impiega 13 minuti per raggiungerlo;
- L'asse di rotazione è inclinato di 25 gradi rispetto al suo piano orbitale attorno al Sole.



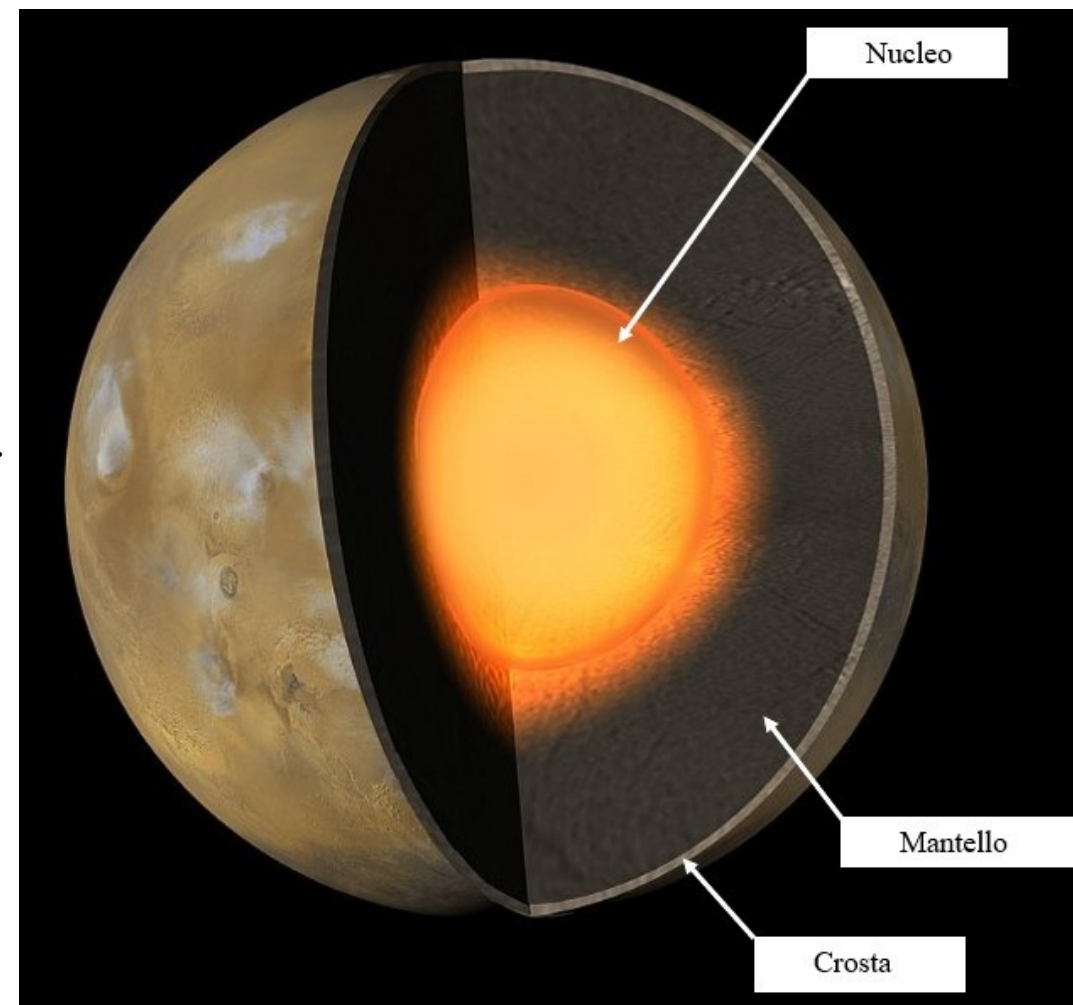
Nucleo che ha centro tra i 1500 e 2100 km del raggio, costituito da:

- Ferro;
- Nickel;
- Zolfo.

Mantello roccioso con uno spessore compreso tra i 1240 ed i 1880 km.

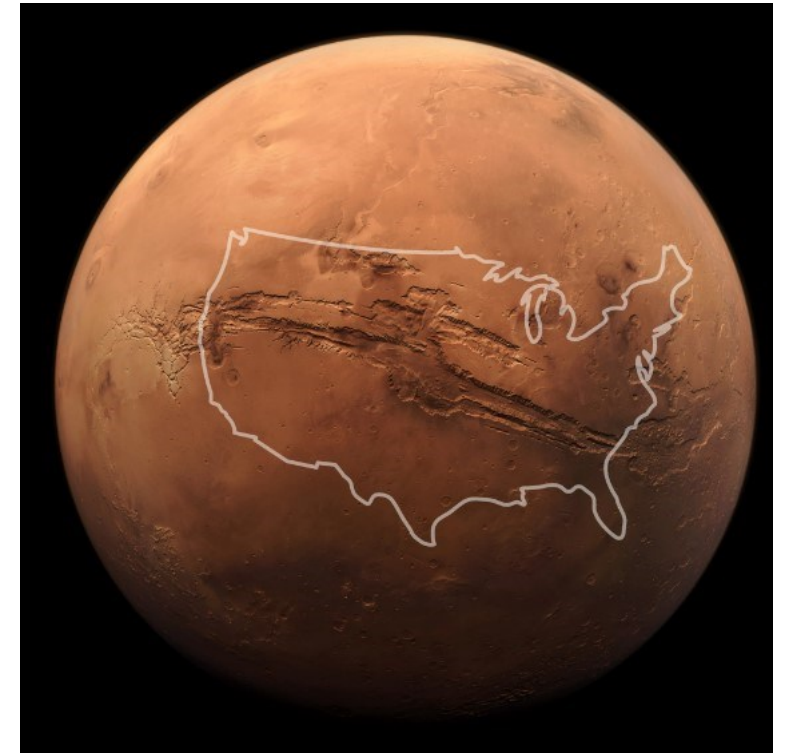
Crosta, con una profondità compresa tra i 10 ed i 50 km, composta da:

- Ferro;
- Magnesio;
- Alluminio;
- Calcio;
- Potassio.



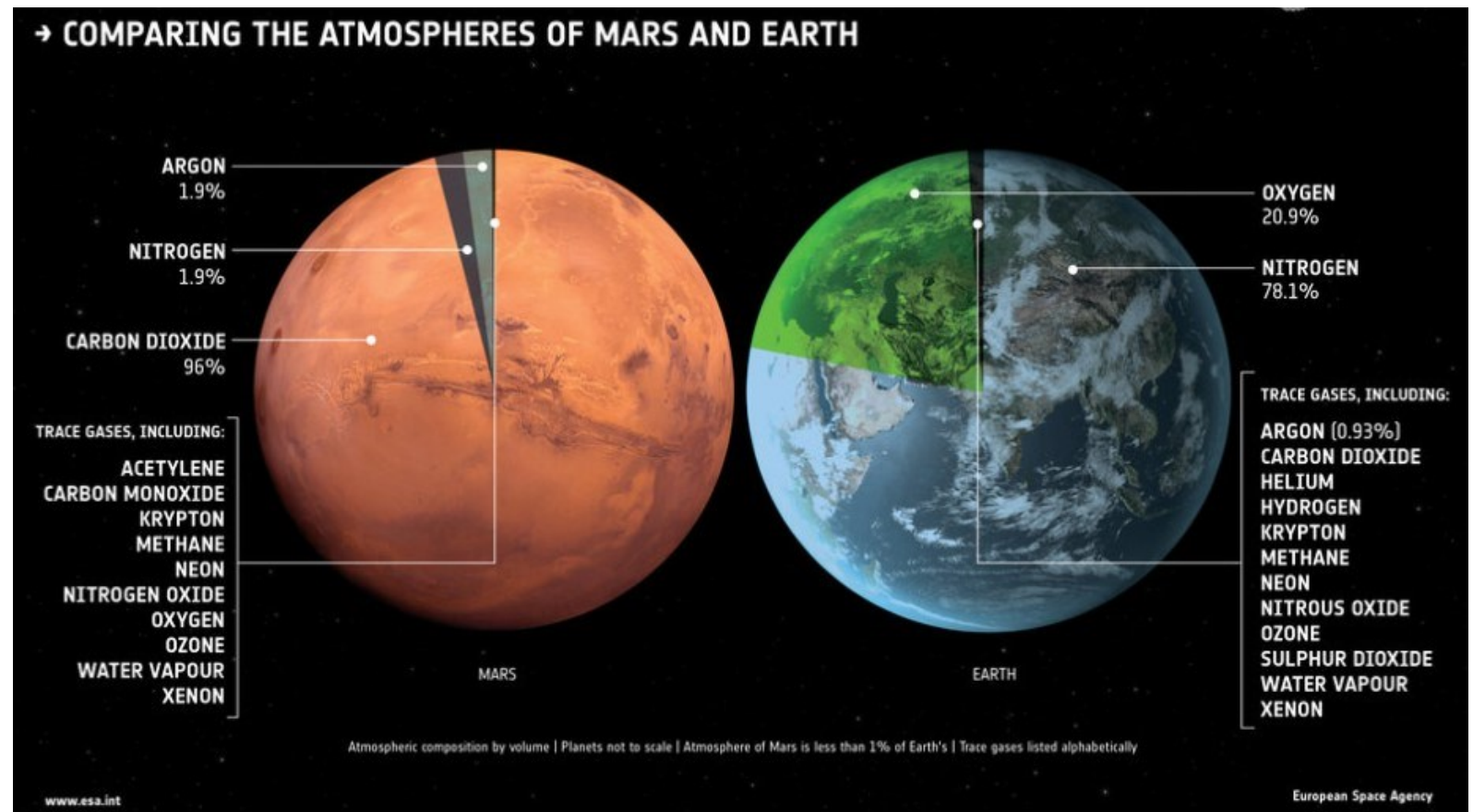
Il pianeta rosso ha un paesaggio arido composto da vulcani e crateri. Esso possiede:

- Il più grande vulcano di tutto il sistema solare “Olympus Mons”;
- Un grande sistema di canyon, il “Valles Marineris”.



L'atmosfera è composta prevalentemente da:

- Diossido di carbonio;
- Azoto;
- Gas argon.



Le prime difficoltà alle quali si sottopone la navetta sono:

1. Schivare i satelliti in orbita LEO;
2. Schivare i detriti in movimento nello spazio aperto;
3. Passare le fasce di Van Allen.

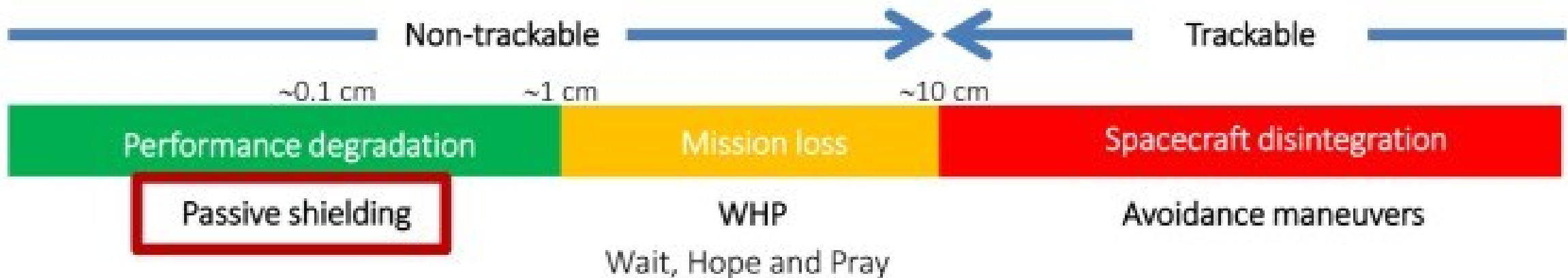


I detriti vengono catalogati in base alle loro dimensioni ed in base a queste, vengono scelte delle misure di sicurezza. I detriti non tracciabili hanno dimensioni X:

- $X < 1\text{cm}$ → Scudi;
- $X > 1\text{cm}$ → WHP;

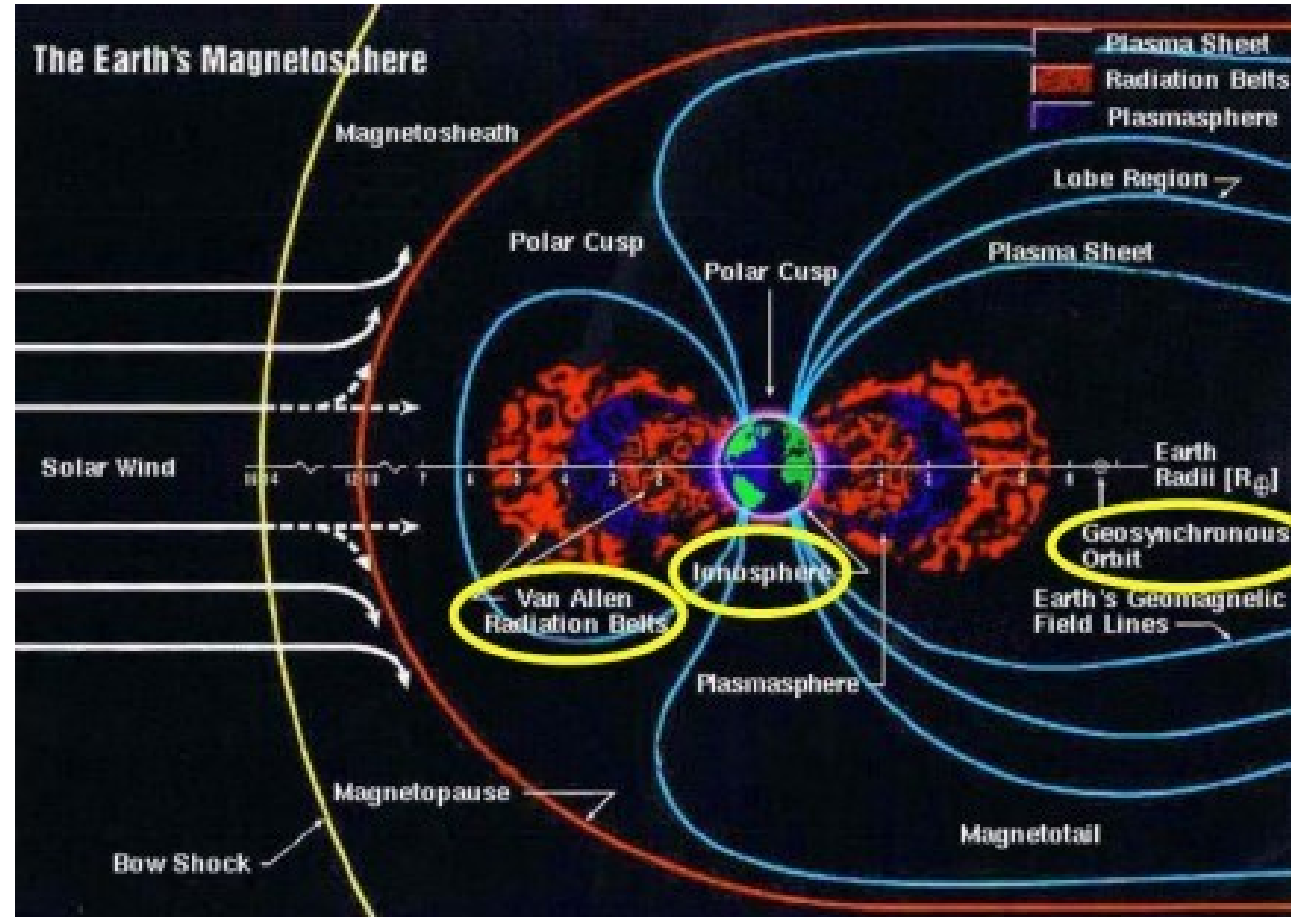
Detriti tracciabili:

- $X > 10\text{cm}$ → Manovra evasiva.



Fasce di Van Allen:

- Fascia esterna;
- Fascia interna.



L'impatto di particelle ad alta energia può causare due differenti tipi di danni:

- Danni non critici alle superfici esterne;
- Danni gravi locali.

Quando un protone o uno ione ad alta energia impattano sul materiale di un dispositivo elettrico/elettronico si innesca un fenomeno chiamato “single event effect”, le cui conseguenze sono principalmente tre, in ordine di gravità rispettivamente:

- Single event up-set (SEU);
- Single event latch-up (SELU);
- Single event burn-out (SEBO).

Tra le principali soluzioni adottate per ridurre errori di questo tipo vi sono:

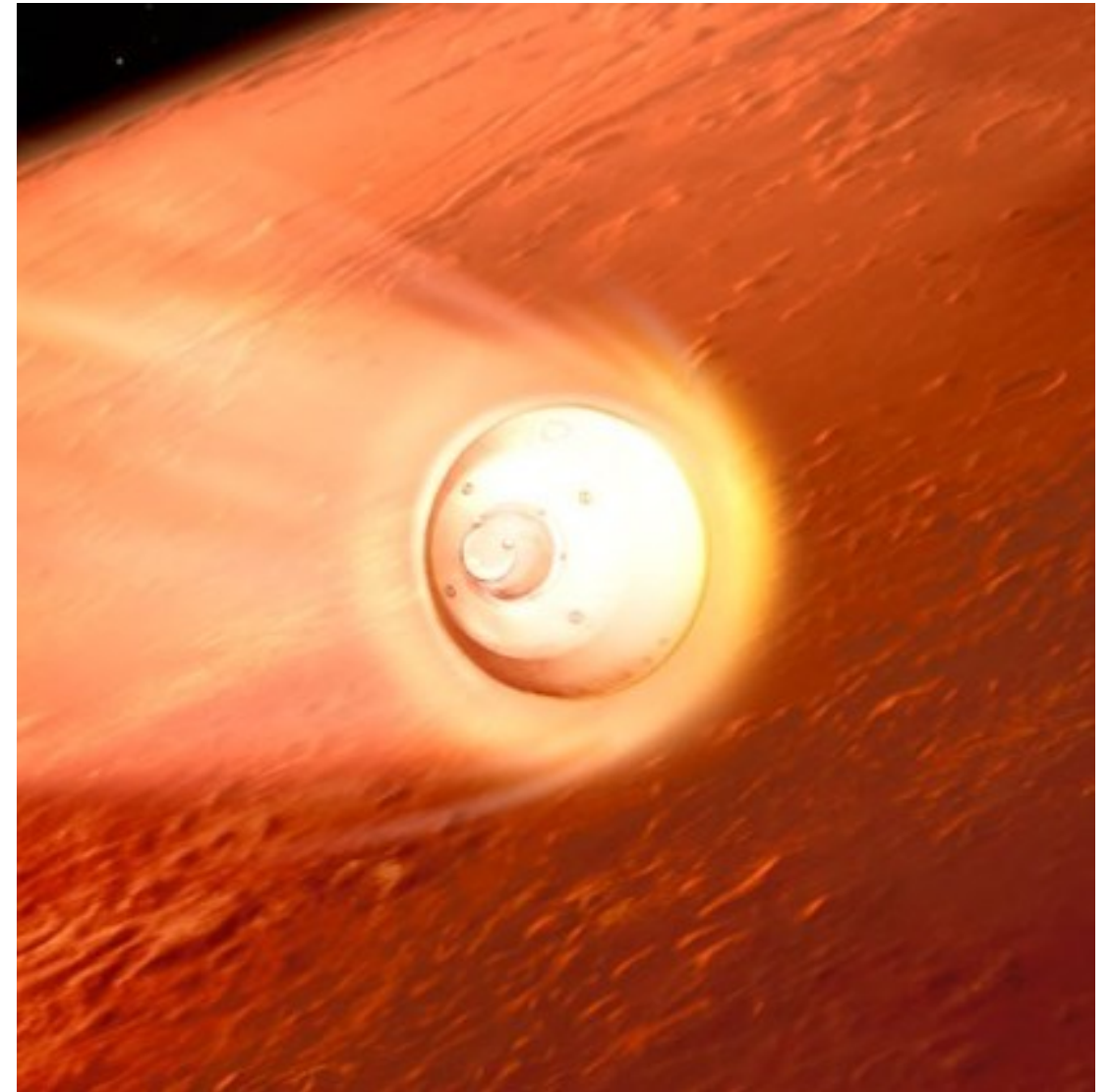
- Schermatura (o shielding);
- Controlli e correzioni software;
- Ridondanza dei componenti critici, accoppiati all’uso di dispositivi rad-hard.

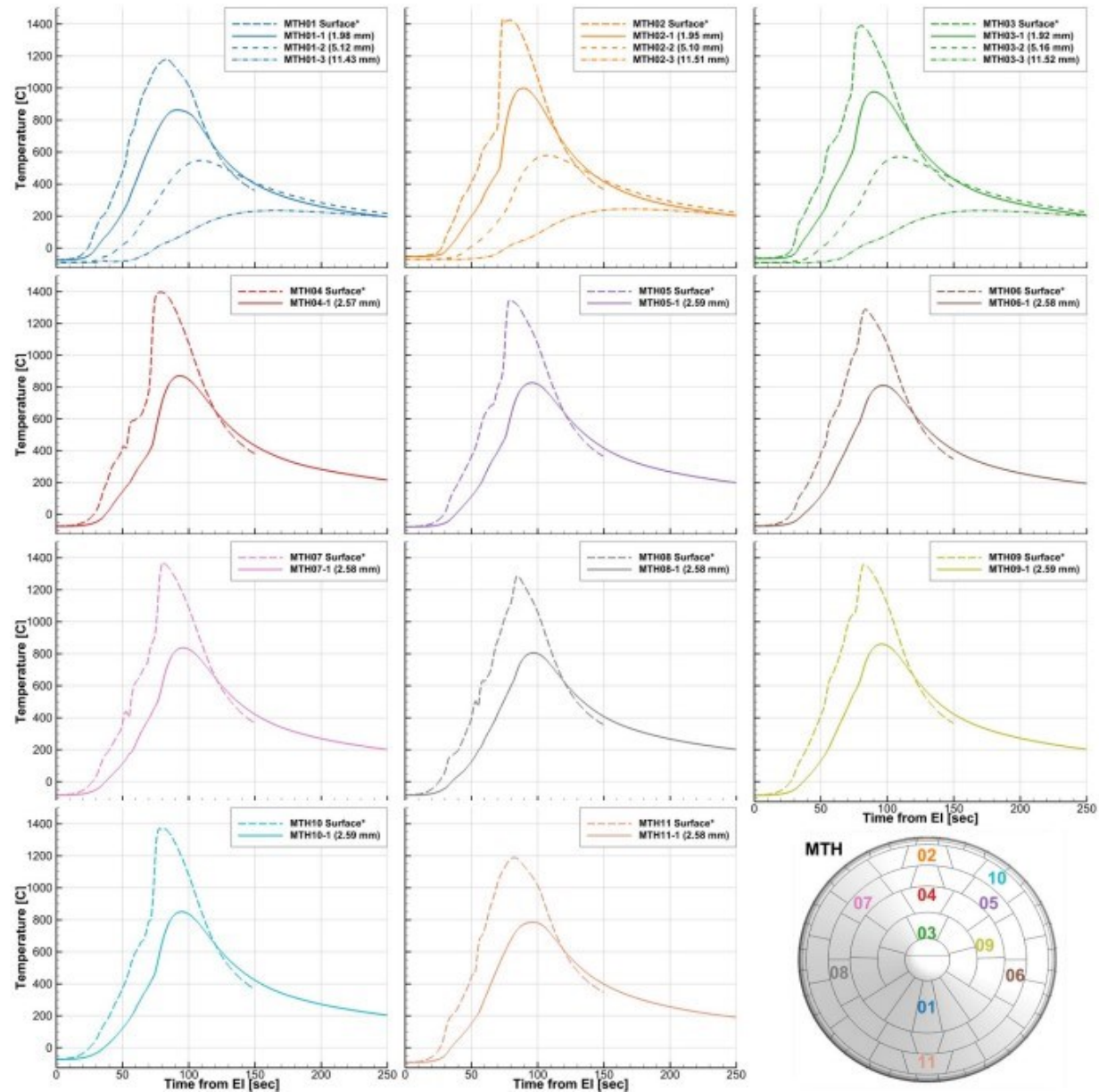
Dieci minuti prima di entrare in atmosfera, la navicella perde la fase di crociera, contenente:

- Pannelli solari;
- Radio;
- Serbatoi di carburanti.

Solo l'aeroshell protettivo, rover e stadio di discesa all'interno effettueranno la discesa verso la superficie.

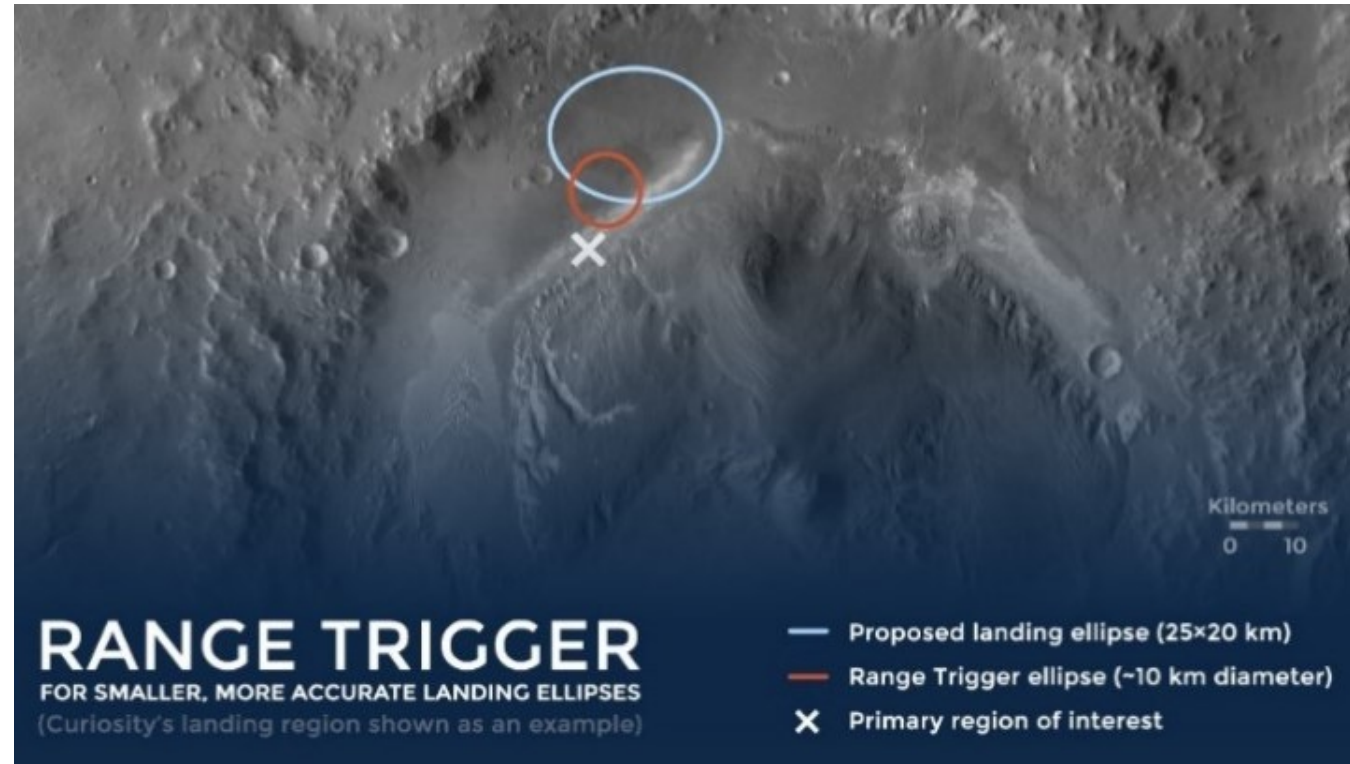
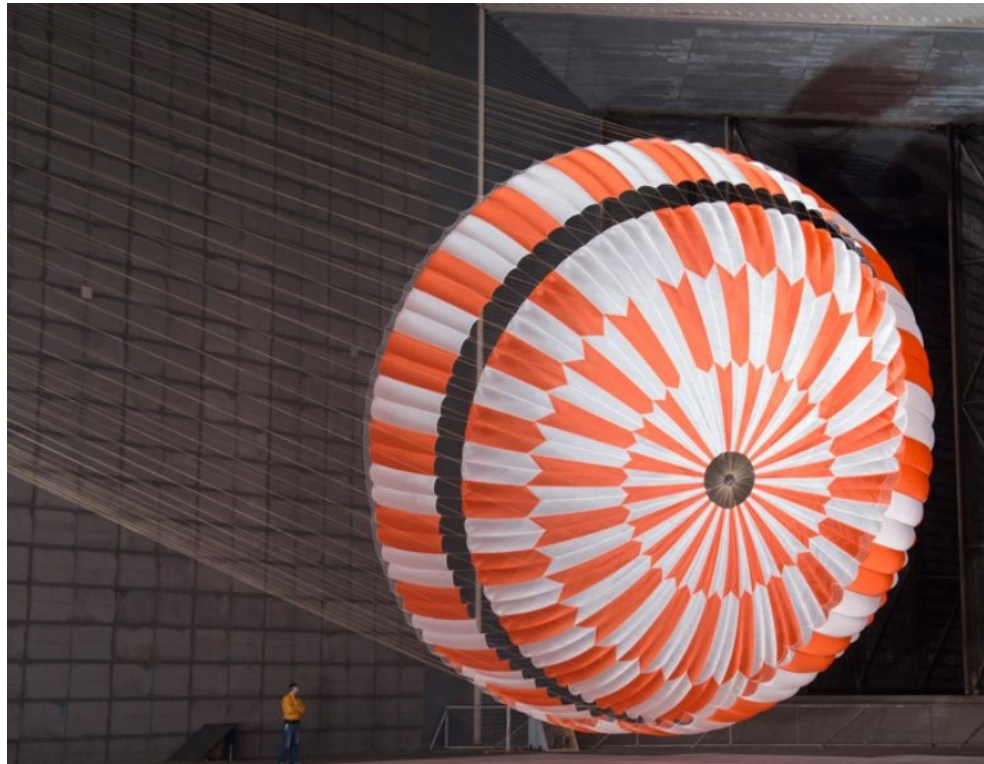
L'aeroshell, composto da scudo termico e backshell (scudo posteriore), sono stati equipaggiati del "MEDLI2".





Lo scudo termico rallenta la navicella a meno di 1600km/h, a questo punto sarà sicuro utilizzare il paracadute supersonico.

Per mezzo di una nuova tecnologia, il range trigger, adesso è possibile calcolare la distanza dal bersaglio di atterraggio e aprire il paracadute nel momento ideale per colpire il bersaglio.

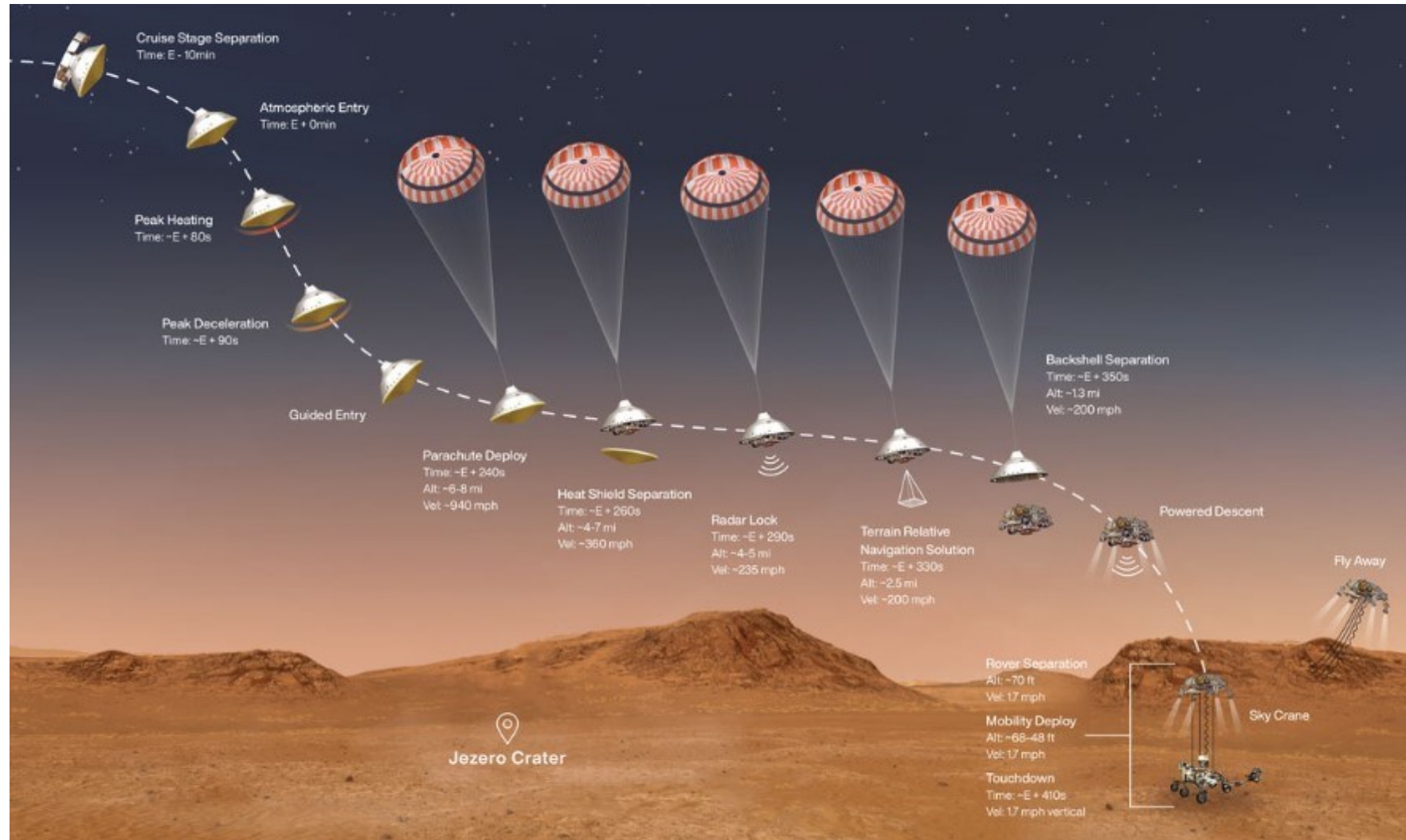


Una volta che il paracadute si è aperto, dopo circa 20 secondi si ha la separazione dello scudo termico che viene lasciato cadere.



Una volta che il rover raggiunge una quota di circa 2100m dalla superficie questo si libera anche del guscio posteriore e del paracadute.

Appena la fase di discesa si livella e rallenta fino alla velocità di discesa finale di circa 2,7km/h si avvia la manovra “skycrane”.



Tra le operazioni eseguite da Perseverance troviamo:

1. Trovare rocce che si sono formate o che sono state modificate da ambienti che avrebbero potuto sostenere la vita microbionica in passato;
2. Trovare rocce che avrebbero potuto preservare tracce chimiche di vita antica (biofirme), se fossero esistite;
3. Perforare campioni di circa 30 promettenti siti di roccia e “suolo” (regolite) stoccandoli in appositi tubi;
4. Testare la capacità di produrre ossigeno dall’atmosfera marziana.

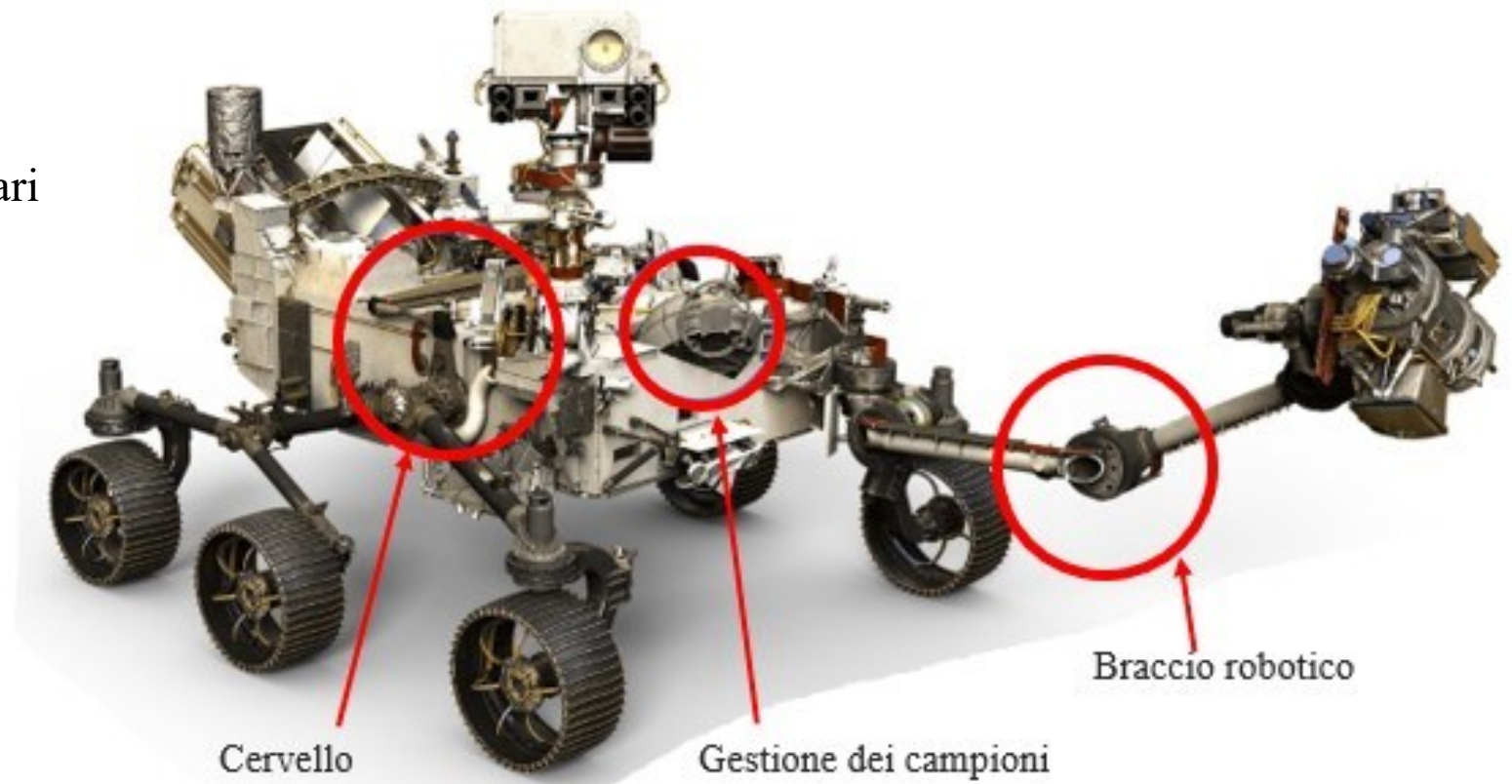
Perseverance era equipaggiato con un piccolo drone agganciato al ventre, i cui principali obiettivi erano tre:

1. Provare il volo a motore nella sottile atmosfera marziana;
2. Dimostrare la miniaturizzazione tecnologica;
3. Operare autonomamente.

Il cervello del rover o, meglio, il suo modulo, chiamato Rover Compute Element (RCE) si interfaccia con le funzioni ingegneristiche di Perseverance su due reti, progettato come i veicoli spaziali ed aerei ad alta affidabilità.

Un'altra parte fondamentale del rover è il braccio, dotato di “articolazioni” su spalla, gomito e polso per avere massima mobilità e flessibilità.

La pancia del rover, ossia la parte inferiore, ospita tutta l'attrezzatura e i materiali necessari per la raccolta dei campioni.



Sulla torretta sono infatti presenti:

- SHERLOC: studia i minerali da vicino, cercando sostanze organiche;
- WATSON: ingrandisce e registra le strutture di rocce e terreni;
- PIXL: rileva segni di vita passata;
- GDRT: rimuove polveri gassose;
- Sensore di contatto con il suolo: protegge dai danni accidentali;
- Trapano: estrae campioni dalla superficie.

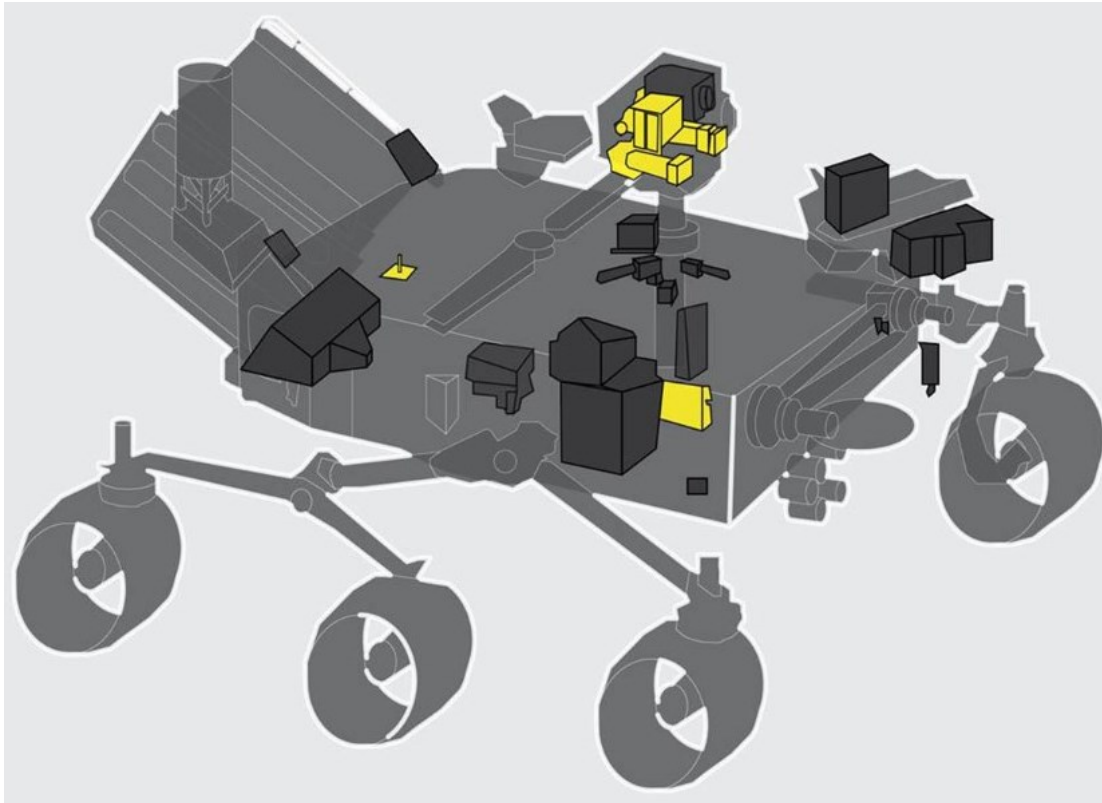


Le fasi nella gestione dei campioni sono fondamentalmente tre:

- Raccolta dei campioni;
- Sigillatura e conservazione del campione a bordo;
- Deposito dei campioni sulla superficie.

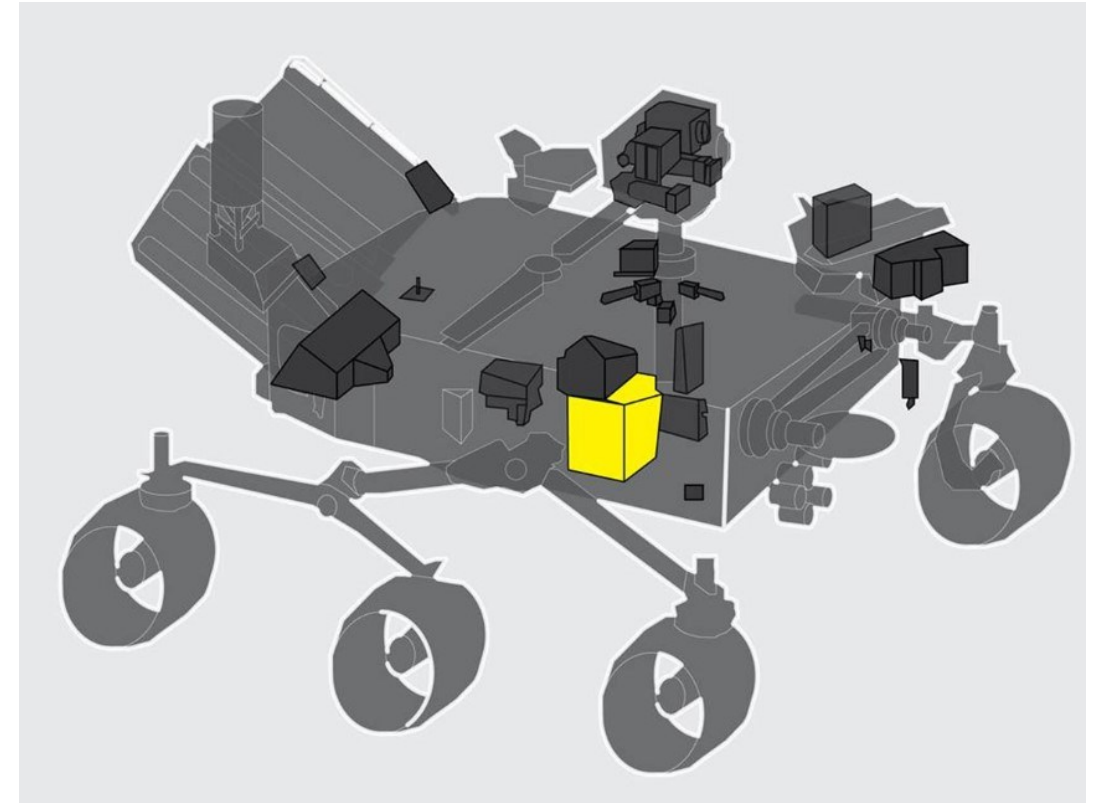
Perseverance è dotata di 43 provette campioni di cui almeno 20 devono essere riempite e di 5 provette testimone.

Mastcam-Z permette di acquisire video ad alta definizione, immagini panoramiche a colori e 3D della superficie marziana e delle caratteristiche dell'atmosfera.



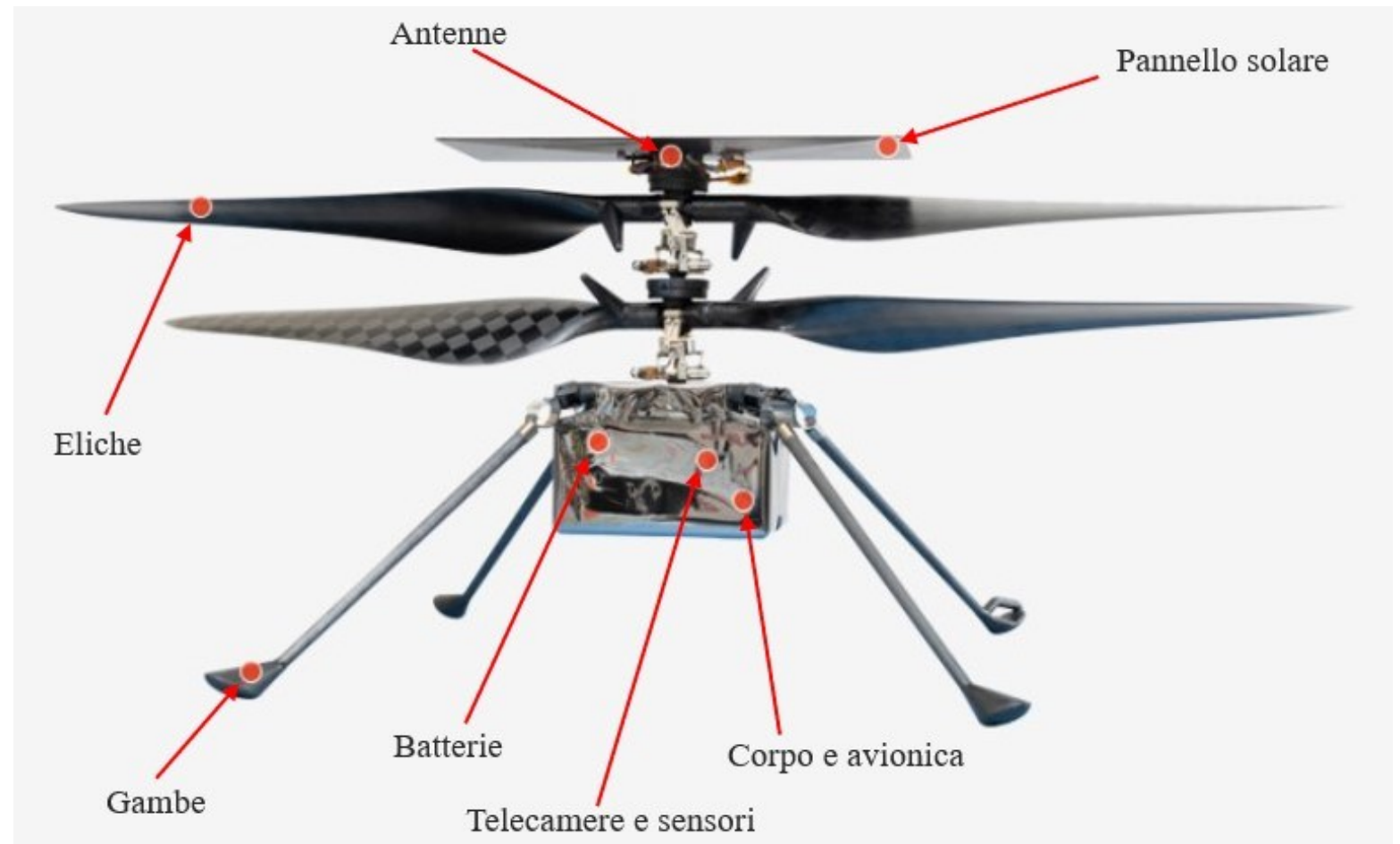
MOXIE è un esempio di cella elettrolitica a ossido solido, ossia una cella a combustibile che funziona al contrario.

Utilizza CO_2 per produrre CO e O_2 .



Tra le parti principali del drone troviamo:

- Sensori e telecamere;
- Pannello solare;
- Avionica;
- Antenne;
- Corpo;
- Gambe;
- Eliche.



Per quanto concerne il nostro scienziato spaziale, a distanza di oltre 1000 sol sul pianeta rosso tutto funziona ancora perfettamente.

- Ha percorso 25km e raccolto 23 campioni di roccia depositandone alcuni nei siti di recupero scelti, il veicolo e gli strumenti hanno superato la durata minima per la quale sono stati progettati;
- MOXIE funziona alla perfezione e per la prima volta è stato prodotto ossigeno su un altro pianeta;
- Supercam finora ha effettuato oltre 350000 scatti permettendo agli scienziati di studiare le rocce vulcaniche e dunque l'interno del pianeta.

Ingenuity, ha superato di gran lunga le aspettative, inizialmente doveva semplicemente svolgere cinque voli di prova nell'arco di 30 giorni, ad oggi invece, ne ha svolti ben 72, volando 14 volte più lontano di quanto ci si aspettasse ed ha superato le due ore di volo totale.

<https://science.nasa.gov/mars/facts/#hds-sidebar-nav-9>

https://www.esa.int/Science_Exploration/Human_and_Robotic_Exploration/Exploration/Why_go_to_Mars

https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Italy/La_storia_dell_esplorazione_di_Marte

<https://mars.nasa.gov/mars2020/timeline/landing/entry-descent-landing/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/mission/technology/#Range-Trigger>

https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20210025515/downloads/AIAA%20Scitech%202022%20MEDLI2%20Overview%20White_v8.docx.pdf

https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20220006688/downloads/Development%20and%20Sizing%20of%20the%20Mars%202020%20Thermal%20Protection%20System_AIAA%20Aviation%202022.pdf

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/brains/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/body/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/arm/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/sample-handling/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/moxie/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/timeline/surface-operations/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/body/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/>

<https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/instruments/>

<https://mars.nasa.gov/technology/helicopter/#Tech-Specs>

<https://mars.nasa.gov/technology/helicopter/#Quick-Facts>

<https://mars.nasa.gov/news/8936/nasas-ingenuity-helicopter-to-begin-new-demonstration-phase/>

<https://mars.nasa.gov/news/9540/after-three-years-on-mars-nasas-ingenuity-helicopter-mission-ends/>

https://mars.nasa.gov/files/mars2020/MarsHelicopterIngenuity_FactSheet.pdf

<https://www.nasa.gov/news-release/after-three-years-on-mars-nasas-ingenuity-helicopter-mission-ends/>

<https://www.irap.omp.eu/2024/02/perseverance-3-ans-da-ventures-martiennes/>