EXOPA

Esperimenti di Laboratorio & Tecnologie per la strumentazione spaziale

SPECULA PANORMITANA MDCCXC

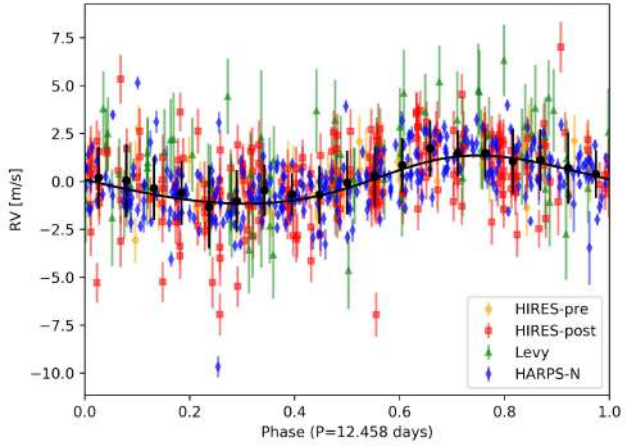
INAF
ISTITUTO NAZIONALE DI ASTROFISICA
OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI PALERMO

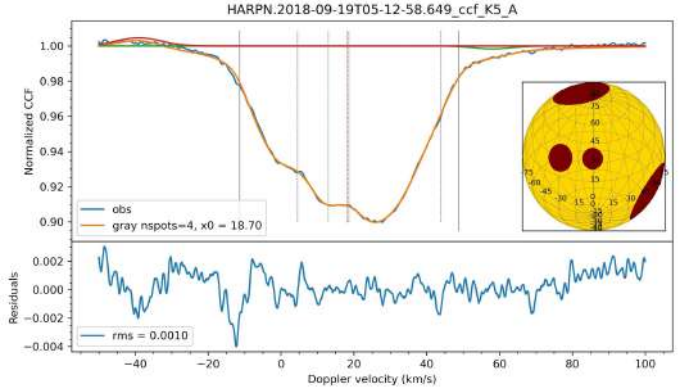
DIFC

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

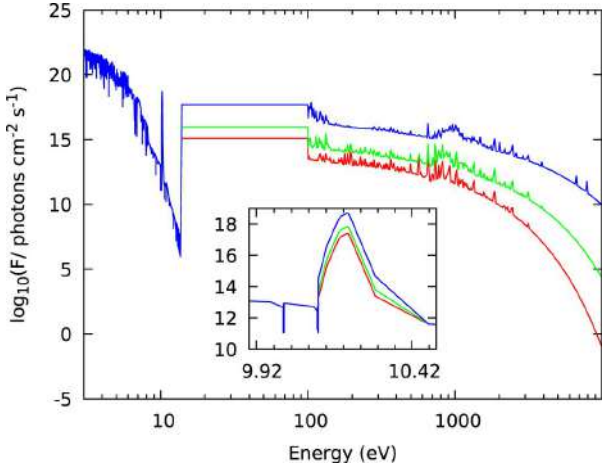
Di quali aspetti ci occupiamo

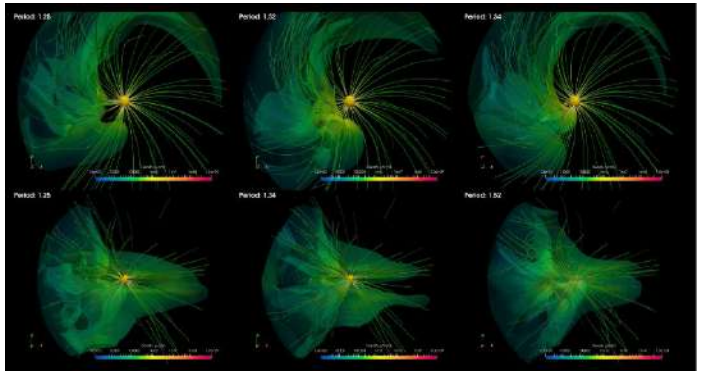
Scoperta e parametri fisici dei sistemi esoplanetari



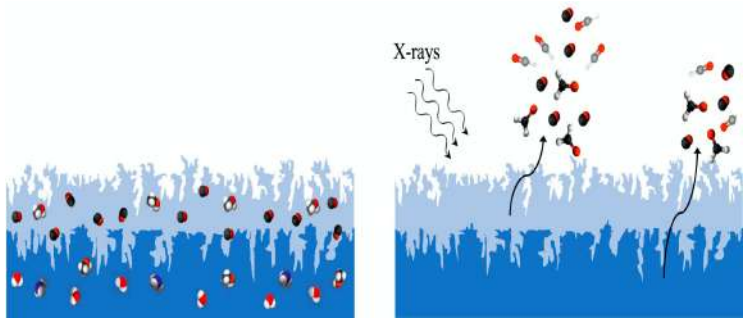


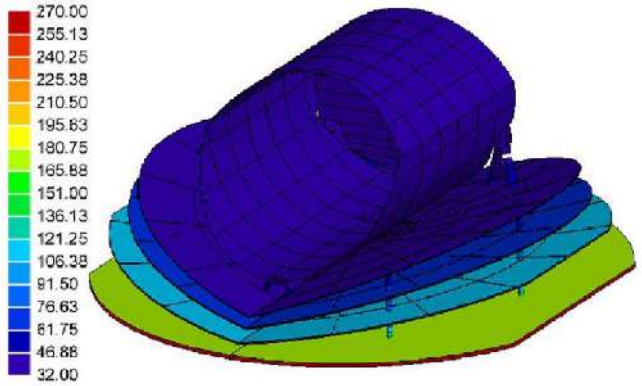
Atmosfere esoplanetarie e interazione stella-pianeta





Esperimenti di laboratorio e Tecnologie per strumentazione spaziale





Il Gruppo ExoPa

Laura Affer

Serena Benatti

Alfredo Biagini

Davide Cardinale

Cesare Cecchi Pestellini

Angela Ciaravella

Salvatore Colombo

Fabio D'Anca

Mattia D'Arpa

Claudia Di Maio

Elisa Guerriero

Antonio Jiménez-Escobar

Daniele Locci

Antonio Maggio

Jesus Maldonado

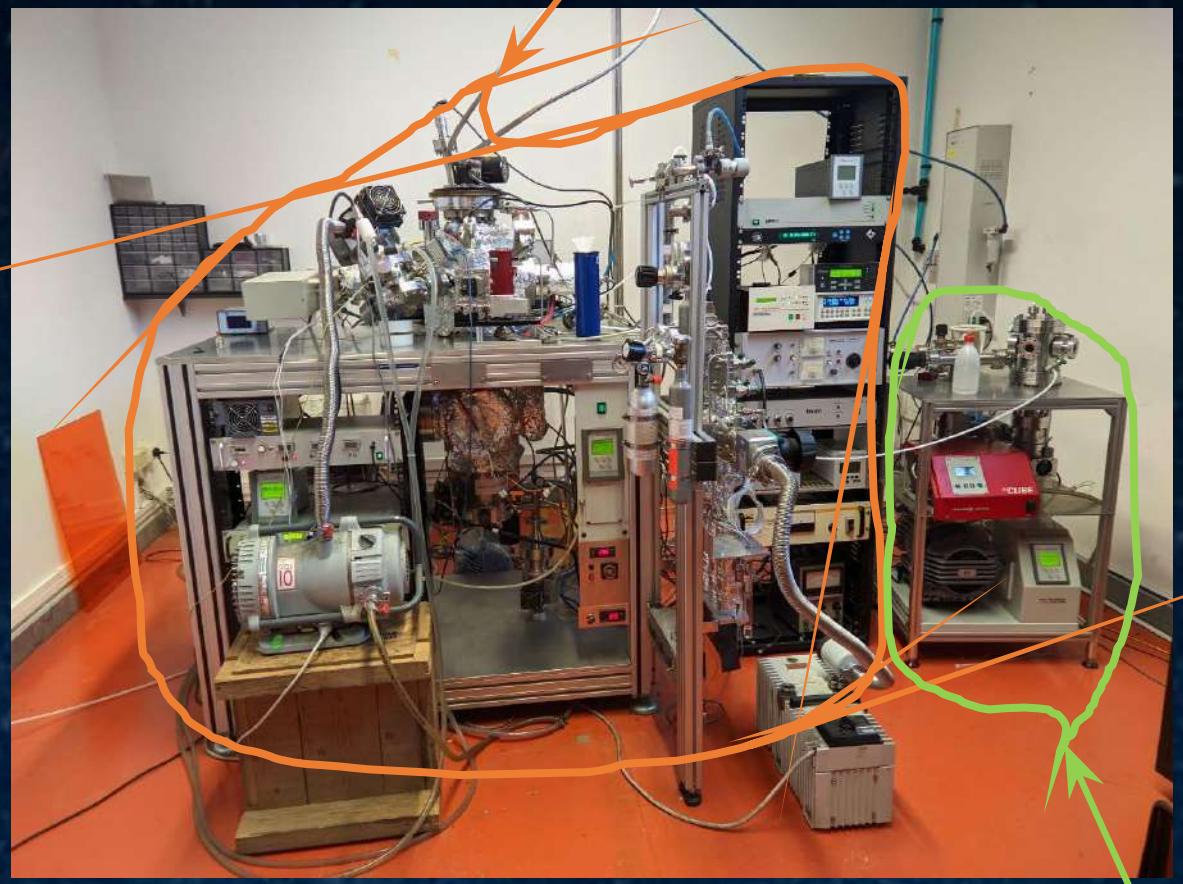
Giusi Micela

Antonino Petralia

Ignazio Pillitteri

Valerio Fardella

Light Irradiation Facility for Exochemistry (LIFE)



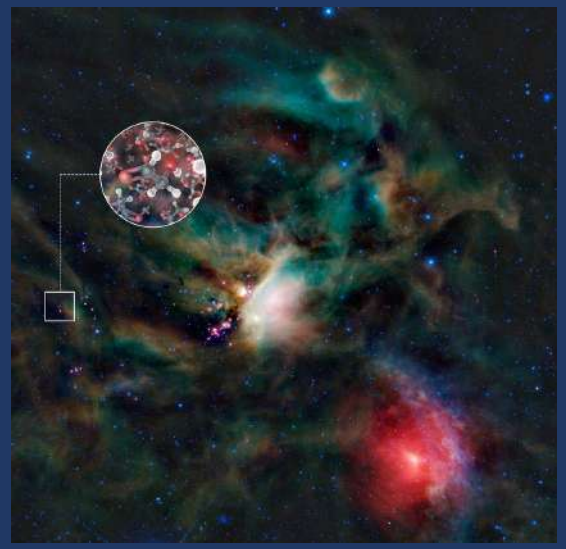
Chemistry in exoplanetary atmospheres

Esiste un prototipo di una camera per la simulazione delle atmosfere planetarie.
È in contruzione il nuovo labortaorio.

Ciaravella, A. Jiménez-Escobar, C. Cecchi-Pestellini

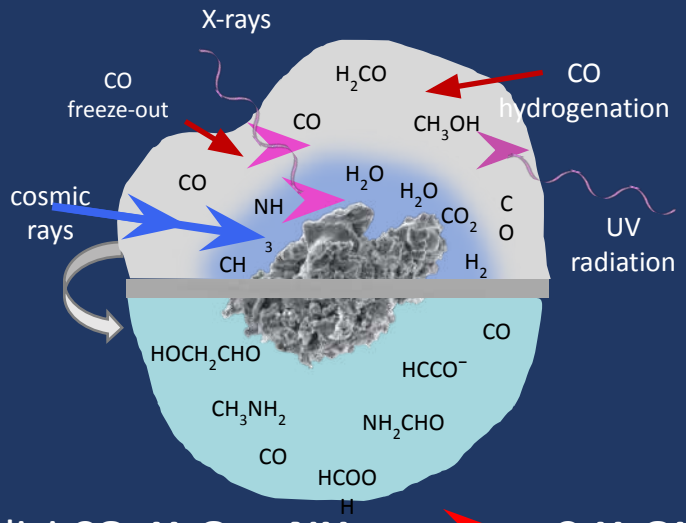
Light Irradiation Facility for Exochemistry (**LIFE**)

Sono state osservate più di 200 molecole di cui il 75% contiene C (organiche)



Le nubi molecolari sono gli ambienti più ricchi di molecole e le regioni in cui si formano le stelle con I loro sistemi planetari

Le molecole più complesse non si possono formare in fase gas
I mantelli di ghiaccio attorno ai grani di polvere sono
gli ambienti per la sintensi di molecole organiche complesse

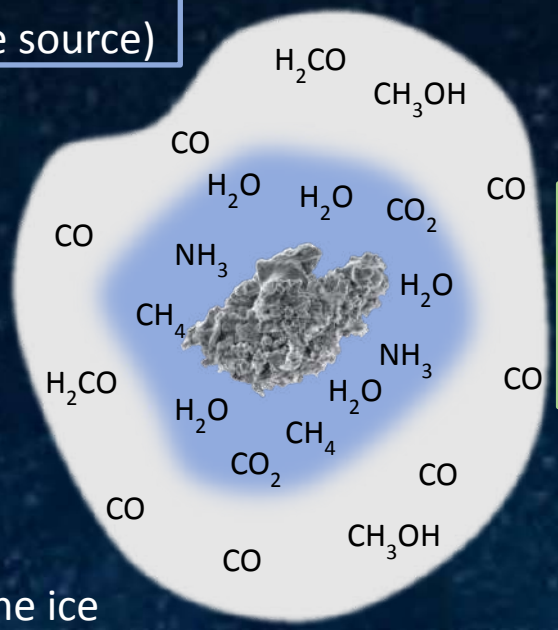


Molecole semplici **CO**, **H_2O**, e **NH_3** → **C_2H_5OH**, **CH_2CHCN**, **$HCOOCH_3$**

Ice Analogues Research Topics

ICE
Chemical composition
Crystalline o amorphous structure
Temperature (distance from the source)

Role of Dust
Ice chemistry, Ice …..



Adsorption on dust

Reaction path in the ice

Diffusion through the ice

Ice Processing
Radiative & high energy particles:
UV, EUV, X-ray, Particles, Cosmic Rays
Pressure processing

Survival of organics in space
Shielding effects

Desorption from the ice
Thermal and photo-des

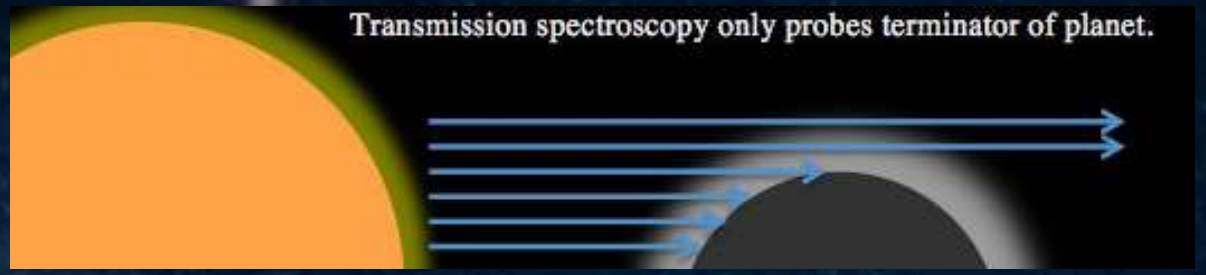
Feeding the ISM

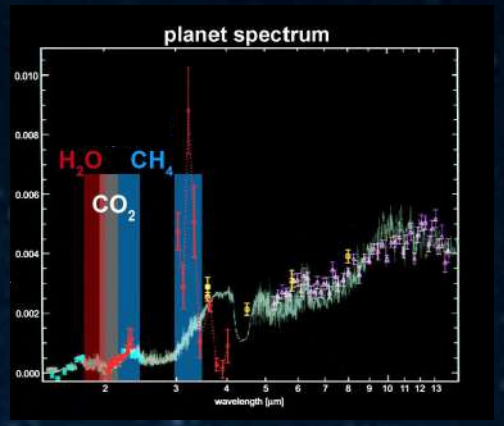
Organics refractory material
seeds for comets & meteorites..

Comparison with Observations

Chemistry in exoplanetary atmospheres

Un laboratorio per lo studio di atmosfere esoplanetazie per l'interpretazione delle osservazioni





- Simulazioni della componente più esterna, più trasparente, dell'atmosfera di un pianeta

- Miscele di gas rappresentanti atmosphere eso-planetarie in un ampio range di condizioni fisiche (densità, temperature, pressione) e condizioni chimiche sottoposte a
  - ✔ radiazione UV, EUV
  - ✔ raggi X soffici
  - ✔ scariche elettriche (fulmini)
  - ✔ combinazioni delle precedenti

- L'evoluzione chimica di tale miscele è seguita tramite spettroscopia infrarossa e di massa per identificare la distruzione/fomazione di nuovi composti.

- Gli spettri IR delle miscele identificano la composzione chimica delle atmosphere.

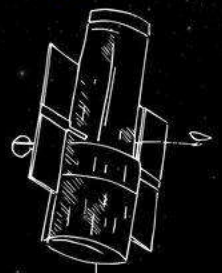
Per info: angela.ciaravella@inaf.it

Ground-based observatories

First discoveries of exoplanets in the 1990s opened up the field of exoplanet research. New innovations and discoveries continue to this day

Launch

1990 — **Hubble** (NASA, esa)



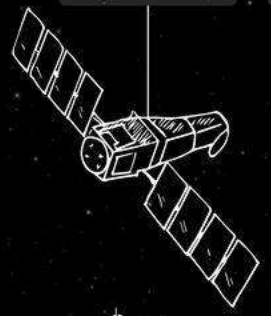
Probing the composition of exoplanet atmospheres

2003 — **Spitzer** (NASA)

Studying exoplanet signatures in infrared light

2006 — **Corot** (cnes, esa)

Pioneering stellar seismology and exoplanet hunting mission



2009 — **Kepler/K2** (NASA)

A targeted search for terrestrial and larger planets in or near the habitable zone of a wide variety of stars

2013 — **Gaia** (esa)

Revealing exoplanets through its all-sky survey of the position, brightness and motion of over one billion stars

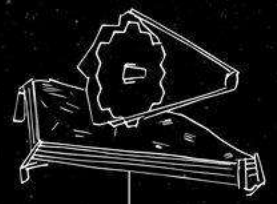
2018 — **Tess** (NASA)

First all-sky transit survey satellite

2019 — **Cheops** (esa)

First step characterisation of known Earth-to-Neptune size exoplanets

2021 — **Webb** (NASA, esa, CSA)



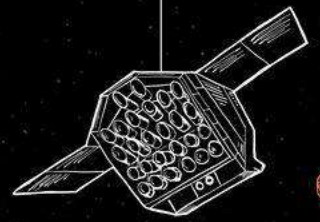
Detailed characterisation of exoplanet atmospheres through transit studies and direct imaging

Dedicated exoplanet missions

Exoplanet-sensitive missions

Plato (esa)

Studying terrestrial planets in orbits up to the habitable zone of Sun-like stars, and characterising these stars



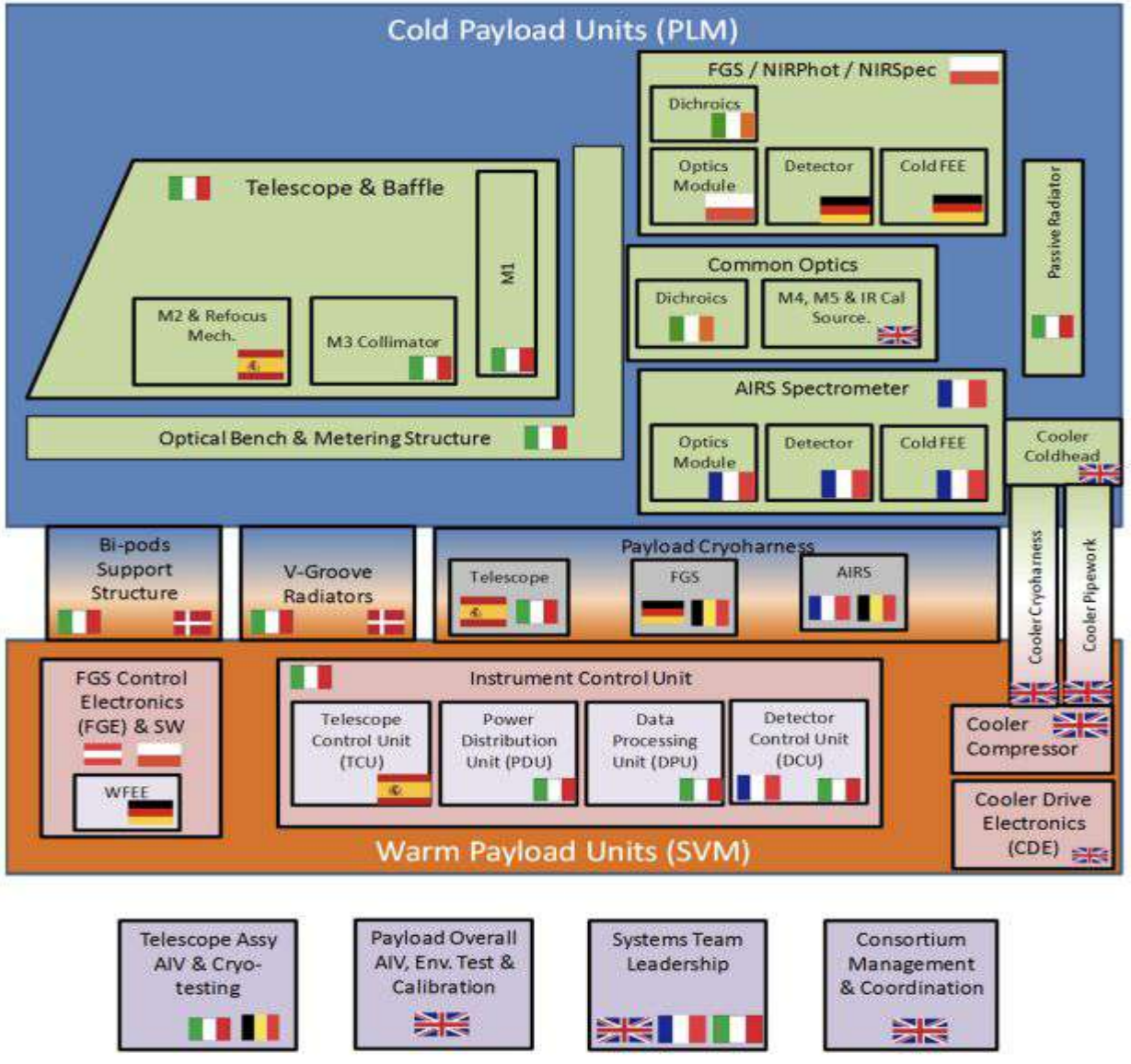
Ariel (esa)

Performing a chemical census of a large and diverse sample of exoplanets by analysing their atmospheres

Roman (NASA, esa)

Surveying a complete sample of Milky Way exoplanets, and pioneering direct imaging of other worlds.

Progetto Internazionale



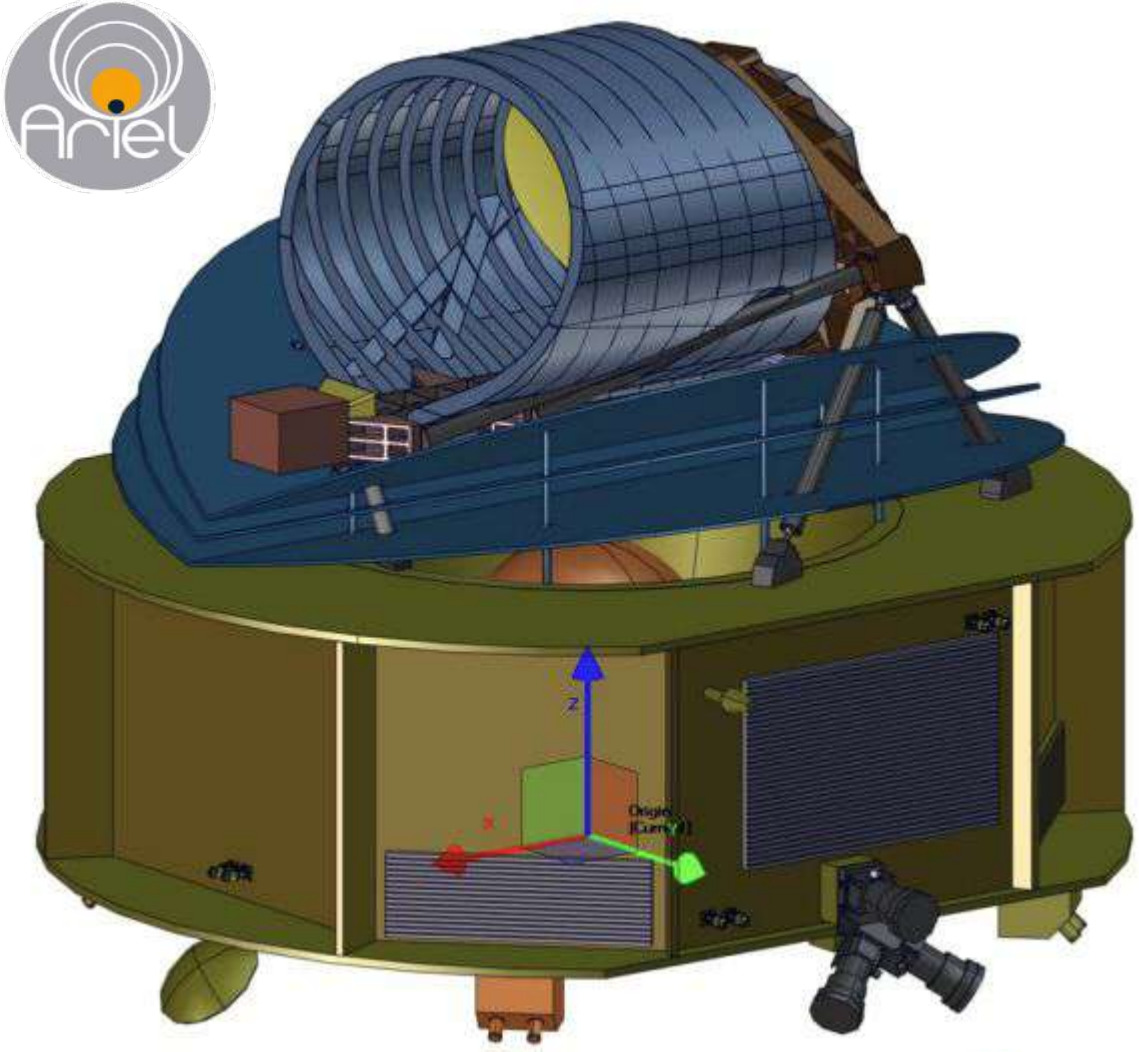
- Costi elevati per la costruzione di un telescopio spaziale
- L'Italia fornisce uno dei maggiori contributi per la costruzione del telescopio, l'elettronica, e del segmento di terra...
- In particolare il Telescope Assembly
- Consorzio per il Payload: 17 Paesi ESA + team della NASA

L'Osservatorio Astronomico di Palermo coordina tutto il contributo italiano scientifico e tecnologico della Missione

Atmospheric Remote-Sensing Infrared Exoplanet Large-survey (ARIEL)

- Osservazioni di atmosfere di esopianeti nell'infrarosso
- Selezionata nel marzo 2018 dal programma Cosmic Vision dell'Agenzia Spaziale Europea
- Lancio previsto nel 2029
- ~1000 esopianeti osservati: rocciosi+gassosi, 300-3000K, stelle A-M
- Telescopio da 1 m, spettroscopia da VIS a IR (fra 0,5-7,8 μm)

Parametro	Valore
Size	1.1 x 0.7 m
Nominal Lifetime	4 years
Dry Mass	~ 950 Kg
Launch Mass	~ 1.5 tn
Orbit	L2
Launch Vector	Arianne 6.2



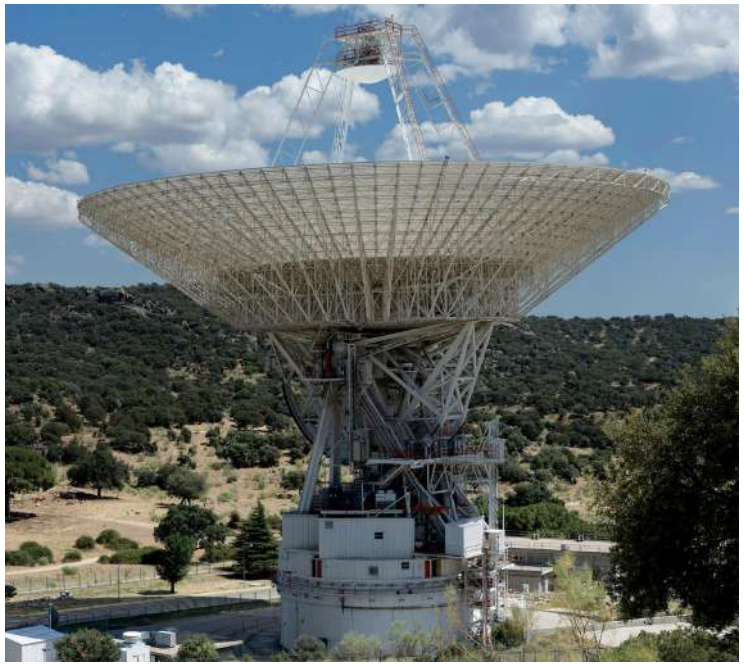
Analisi Termica

Qual è il ruolo del Sistema di controllo termico per una missione spaziale

Un adeguato controllo della temperatura all'interno di un veicolo spaziale è fondamentale per il successo di una missione.

Requirements:

- Intervalli di temperature per le componenti
- Surriscaldamenti intensi
- Temperature non nominali
- Congelamento dell'idrazina liquida
- Gradienti di Temperatura



Questi sono problemi che possono uccidere la missione se le temperature non sono controllate. Il sistema di controllo termico di un veicolo spaziale è responsabile del mantenimento delle temperature entro i limiti richiesti.

Problema scientifico

- Ambiente spaziale:

  - Pressioni
  - Temperature

- Orbita

  - Gradienti Termici
  - Radiazione Solare
  - Periodi d'eclissi

- Assetto:

  - Strumenti di Osservazione/Misura
  - Sistema di approvvigionamento energetico
  - Sistema di controllo Termico (TCS)

- Contributi agenti sul satellite all'equilibrio termico:

$$Q_{Sole} + Q_{albedo,Terra} + Q_{IR,Terra} + Q_{int} = Q_{ext}$$

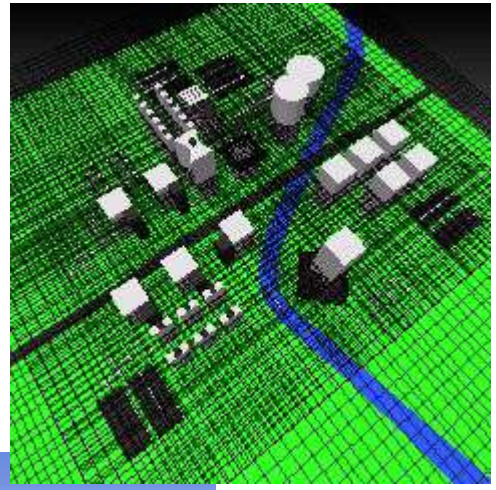
Come lo facciamo?

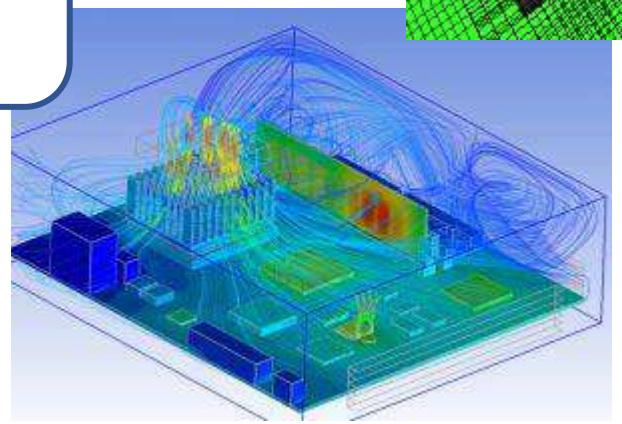
Costruzione Modello Termico

1. Parametri di base

Geometria & Modello Fisico

2. Dimensionamento
3. Condizioni al Contorno
4. Dettagli del modello





Selezione dei Materiali

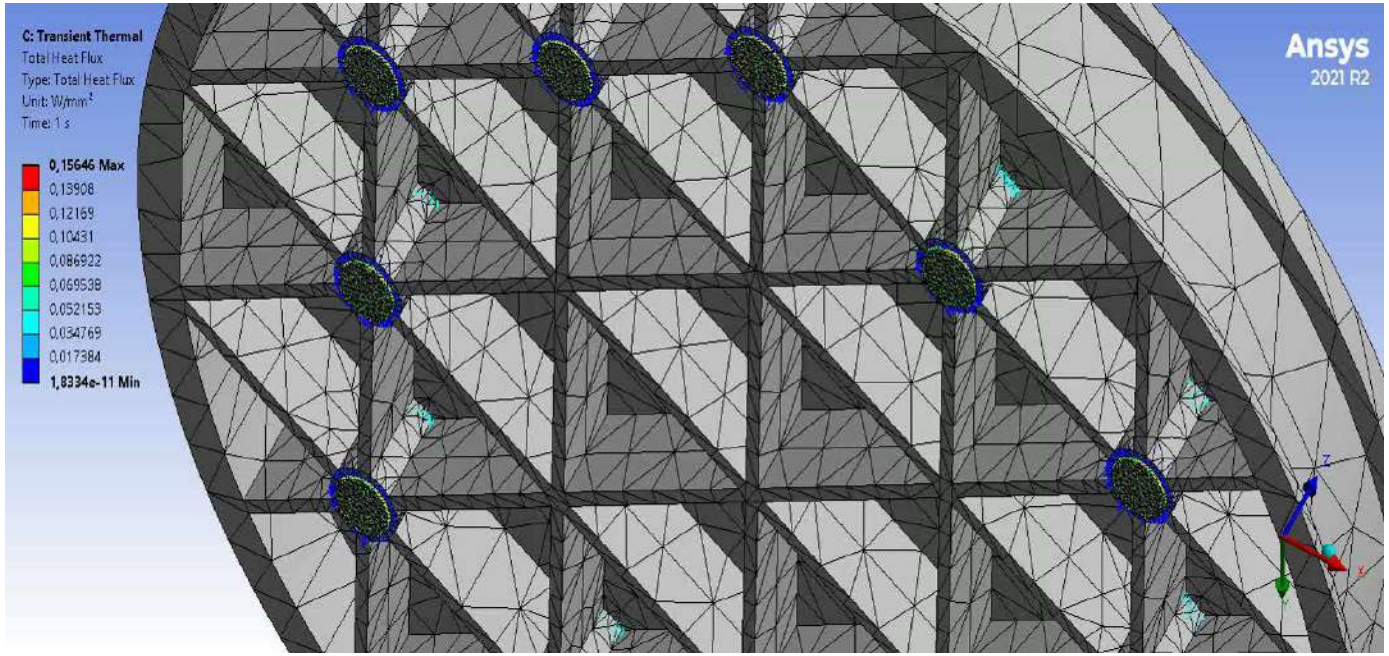
5. Proprietà termiche
6. Potenza
7. Risoluzione

Interpretazione dei Dati

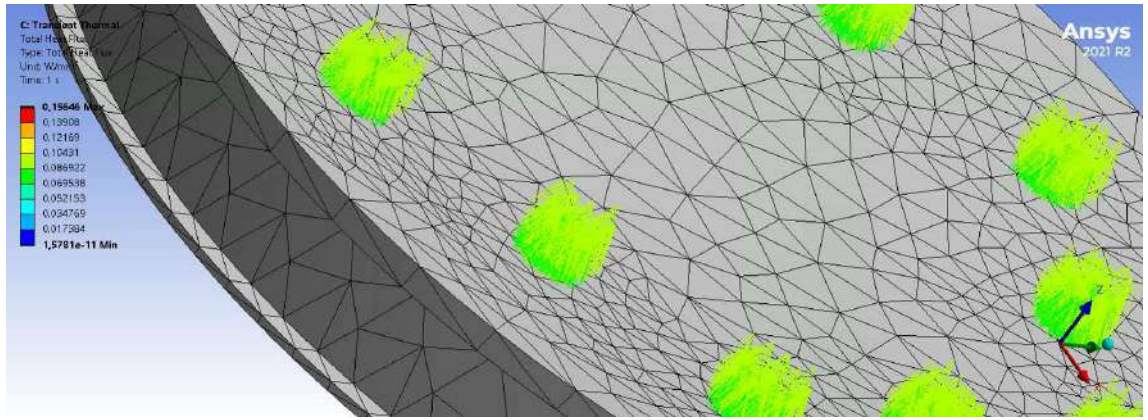
8. Soluzione
9. Post-Elaborazioni

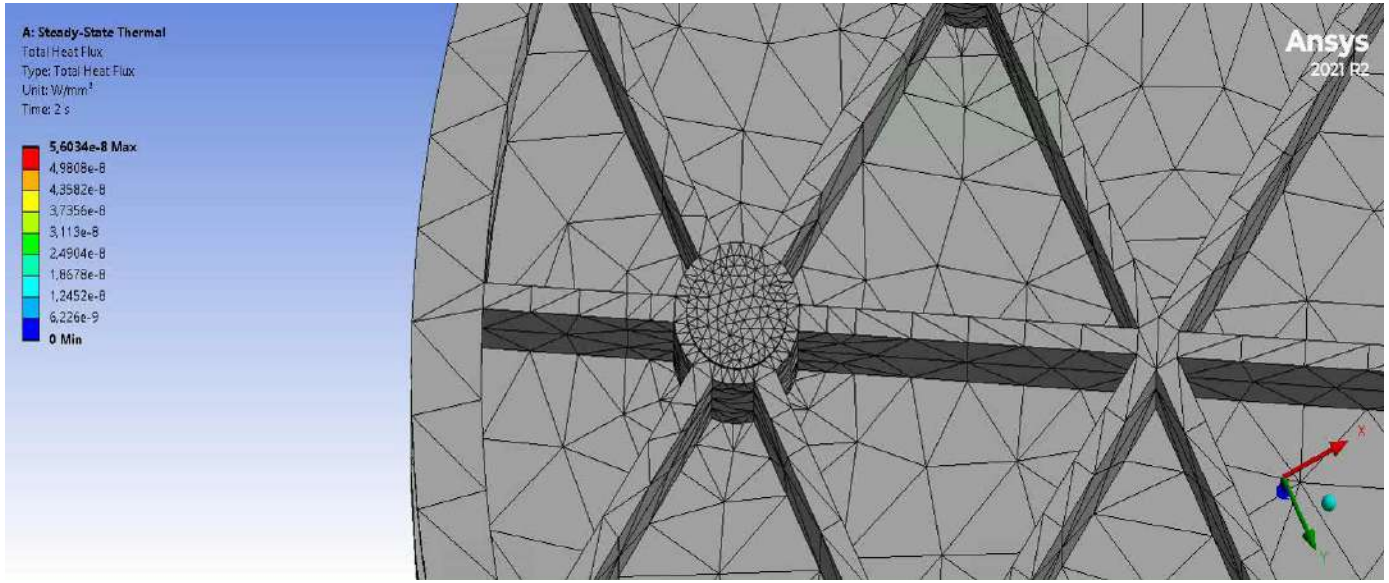
Ottimizzazione della Tecnologia

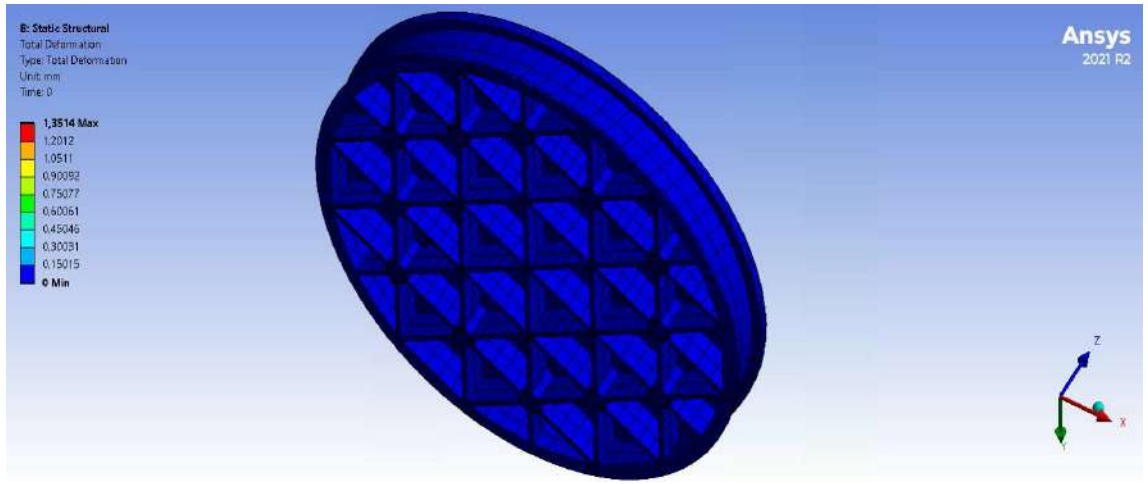
Qualche Esempio



Analisi Termica (In alto dx, in basso sx)
e Strutturale (In basso a destra)
preliminaria dello specchio M1BB





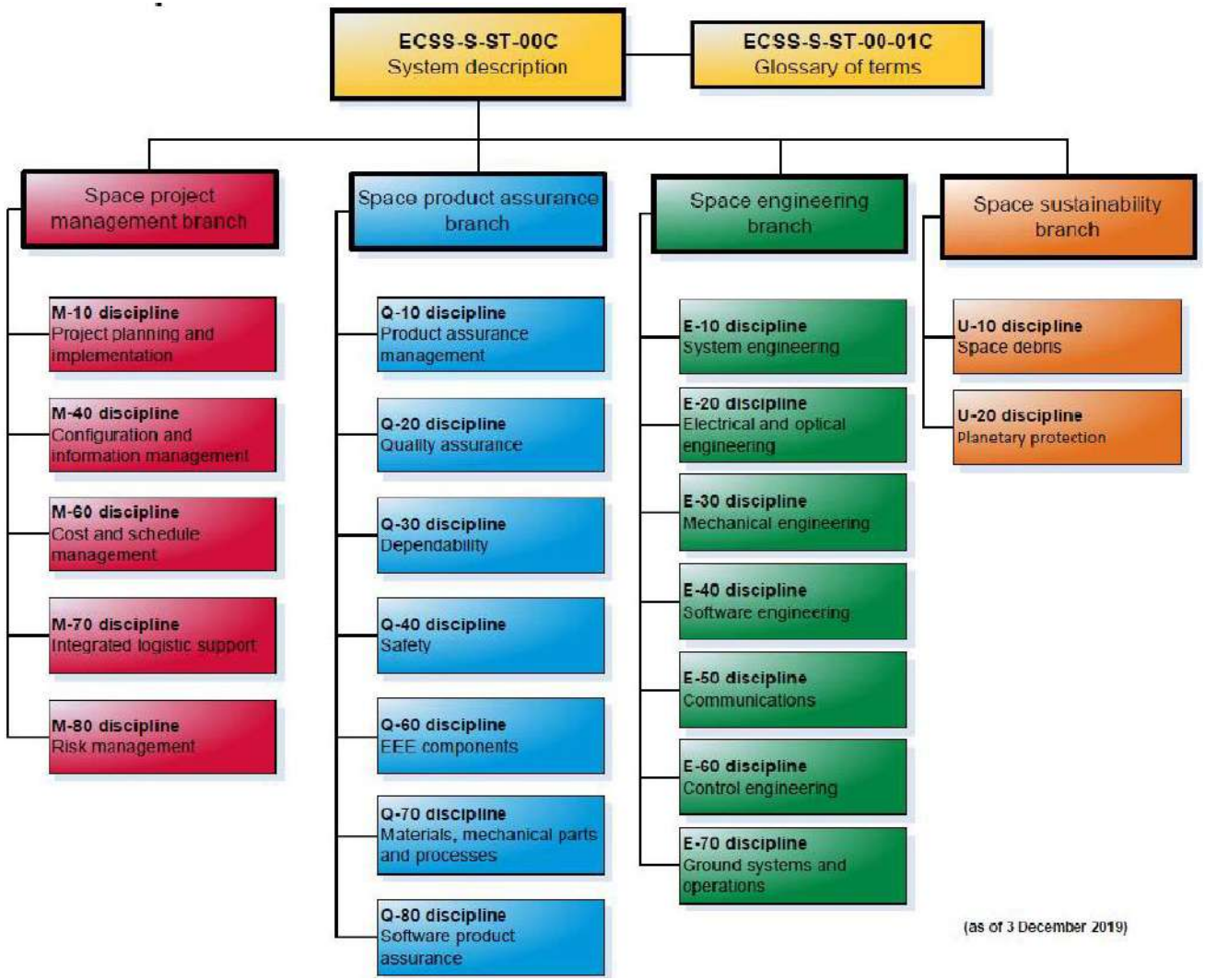


INTERVALLO

Mission's management

- **Il Management è una parte essenziale di una missione**

- **Monitora i tempi di missione, attività, processi e costi**



Space Mission Phases

Fase 0: Analisi della missione/identificazione dei bisogni

Fase A: Fattibilità

Fase B: Definizione preliminare

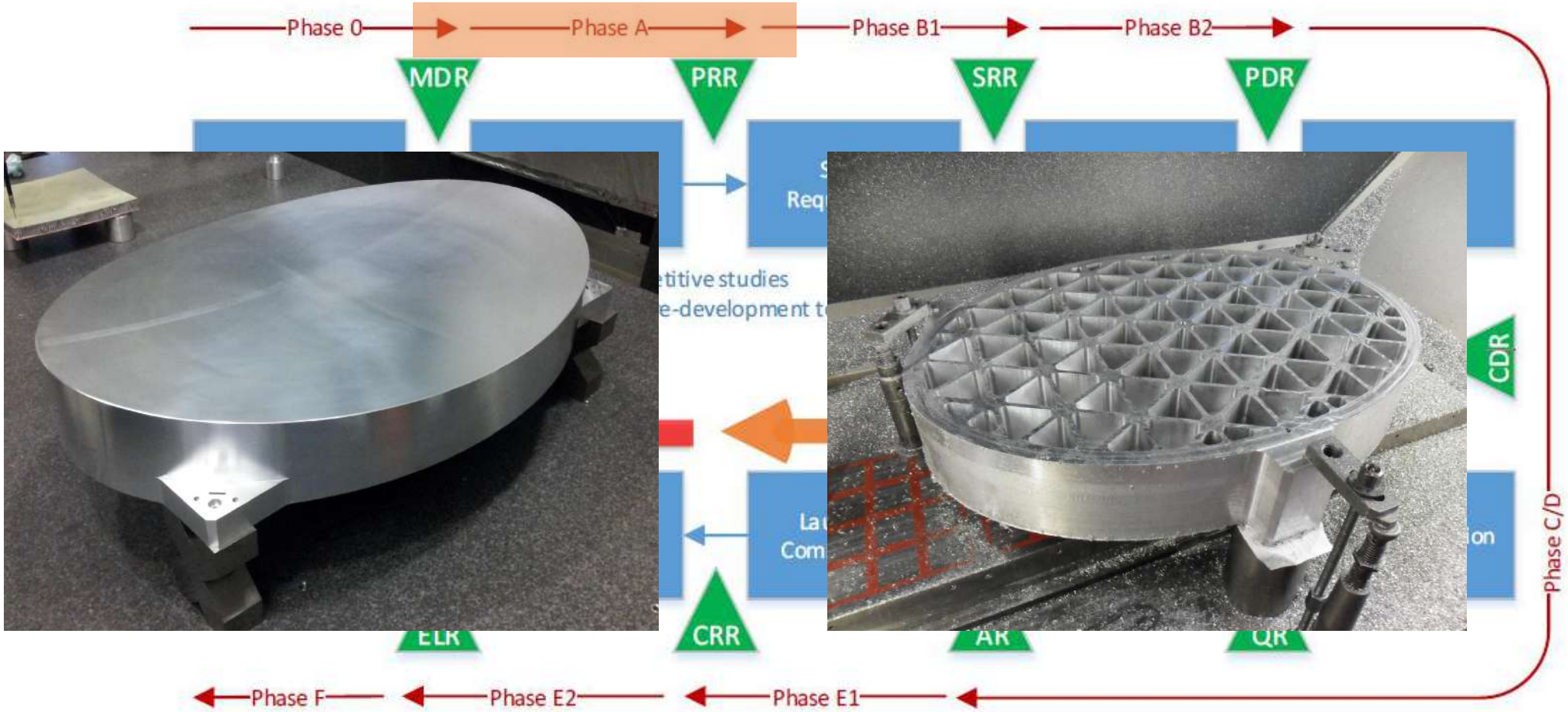
Fase C: Definizione dettagliata

Fase D: Qualificazione, Produzione e Accettazione

Fase E: Utilizzo

Fase F: Smaltimento

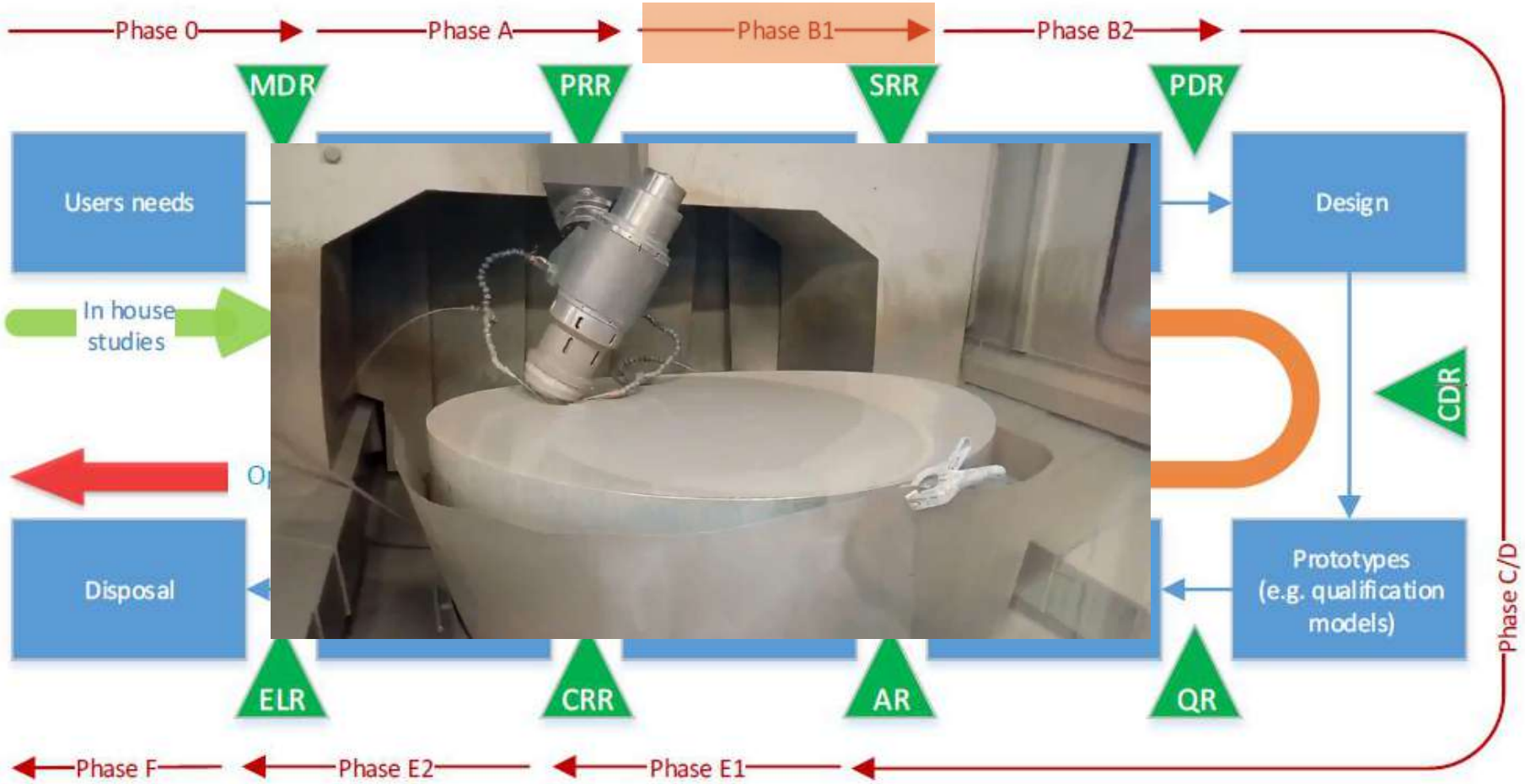
Ariel Space Mission Phases



Reviews:

MDR: Mission Definition Review
PRR: Preliminary Requirements Review
SRR: System Requirements Review
PDR: Preliminary Design Review
CDR: Critical Design Review
QR: Qualification Review
AR: Acceptance Review
CRR: Commissioning Results Review
ELR: End of Life Review

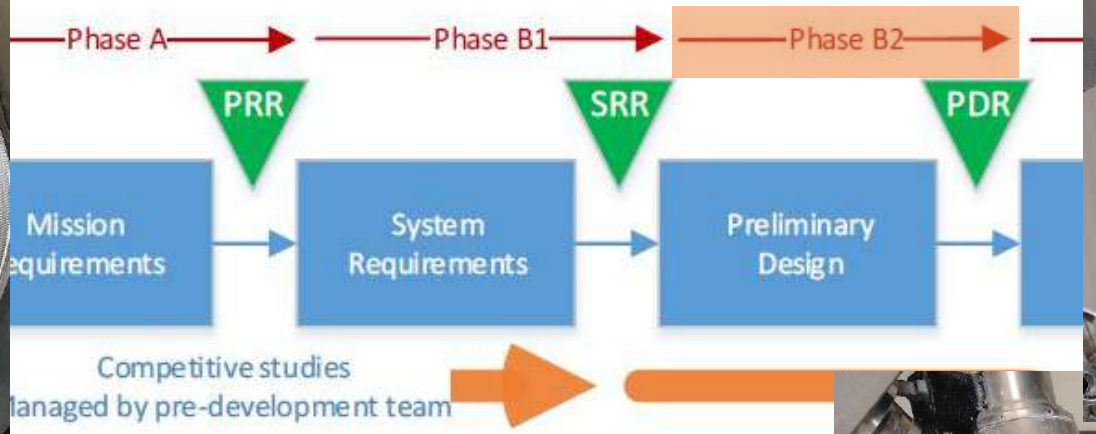
Ariel Space Mission Phases

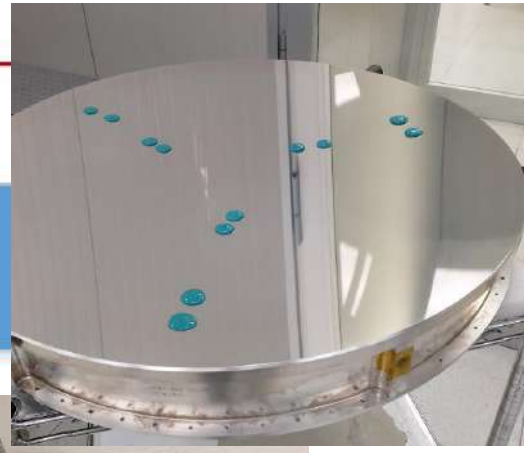


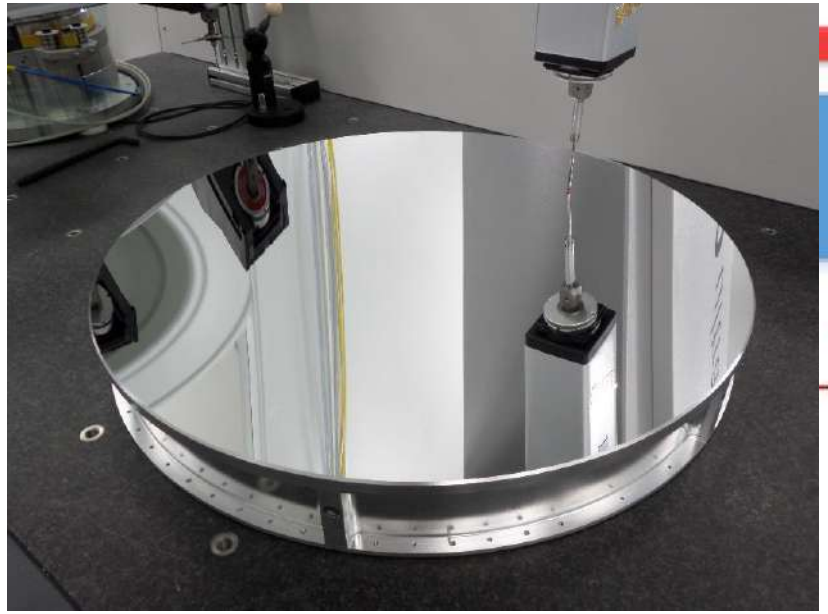
Reviews:

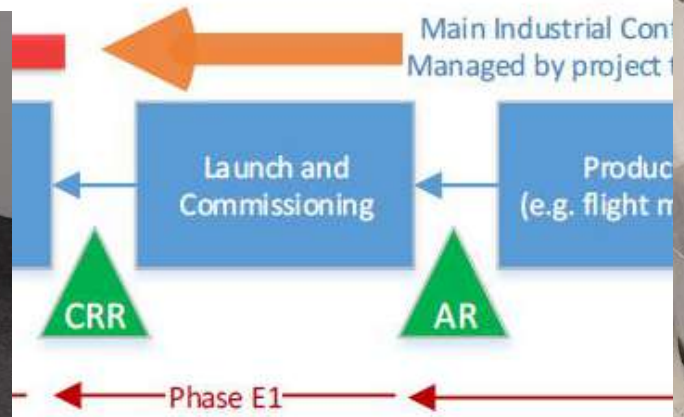
MDR: Mission Definition Review	PRR: Preliminary Requirements Review	SRR: System Requirements Review
PDR: Preliminary Design Review	CDR: Critical Design Review	QR: Qualification Review
AR: Acceptance Review	CRR: Commissioning Results Review	ELR: End of Life Review

Ariel Space Mission Phases









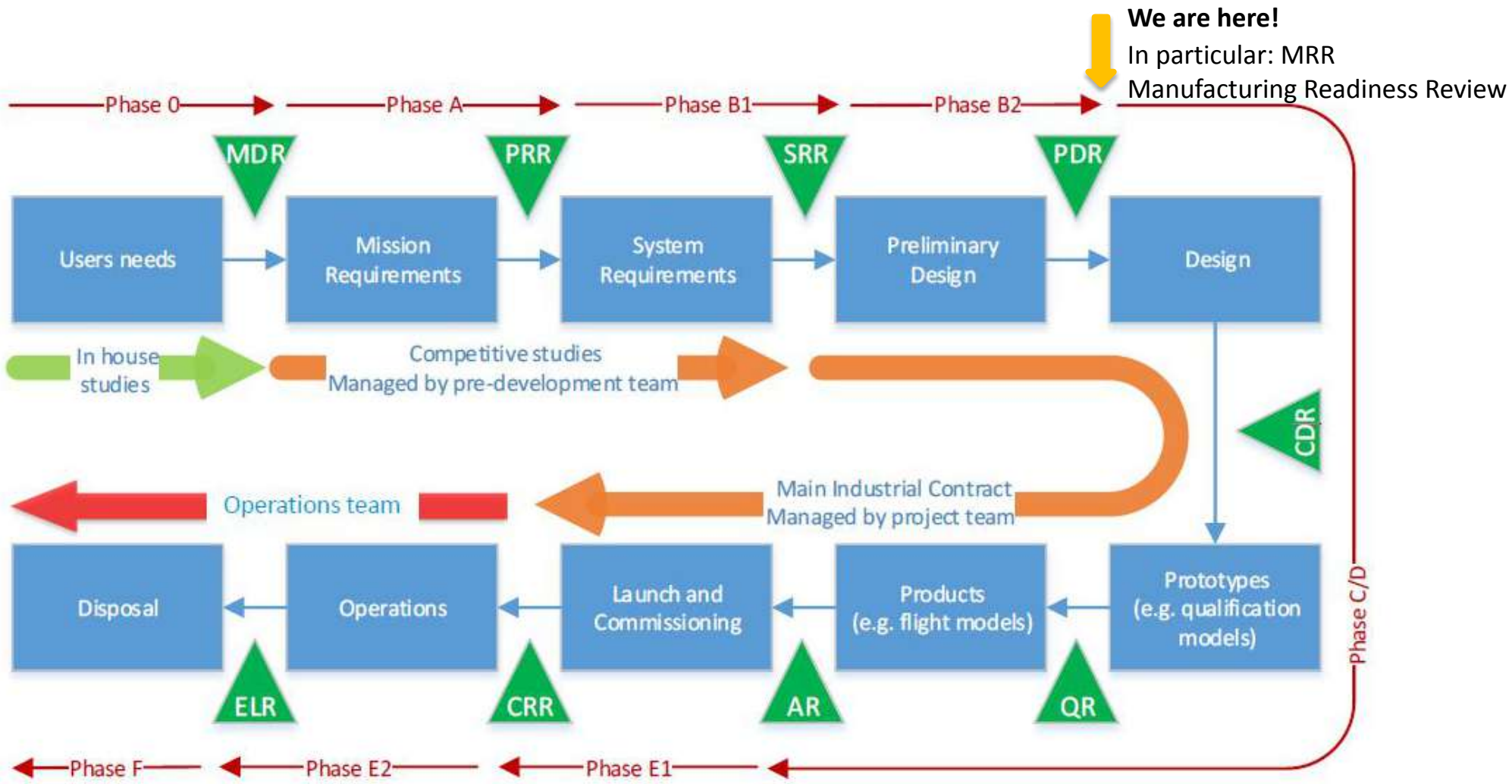
PRR: Preliminary Requirements Review

CDR: Critical Design Review

CRR: Commissioning Results Review

ELR: End of Life Review

Ariel Space Mission Phases



Reviews:

MDR: Mission Definition Review	PRR: Preliminary Requirements Review	SRR: System Requirements Review
PDR: Preliminary Design Review	CDR: Critical Design Review	QR: Qualification Review
AR: Acceptance Review	CRR: Commissioning Results Review	ELR: End of Life Review

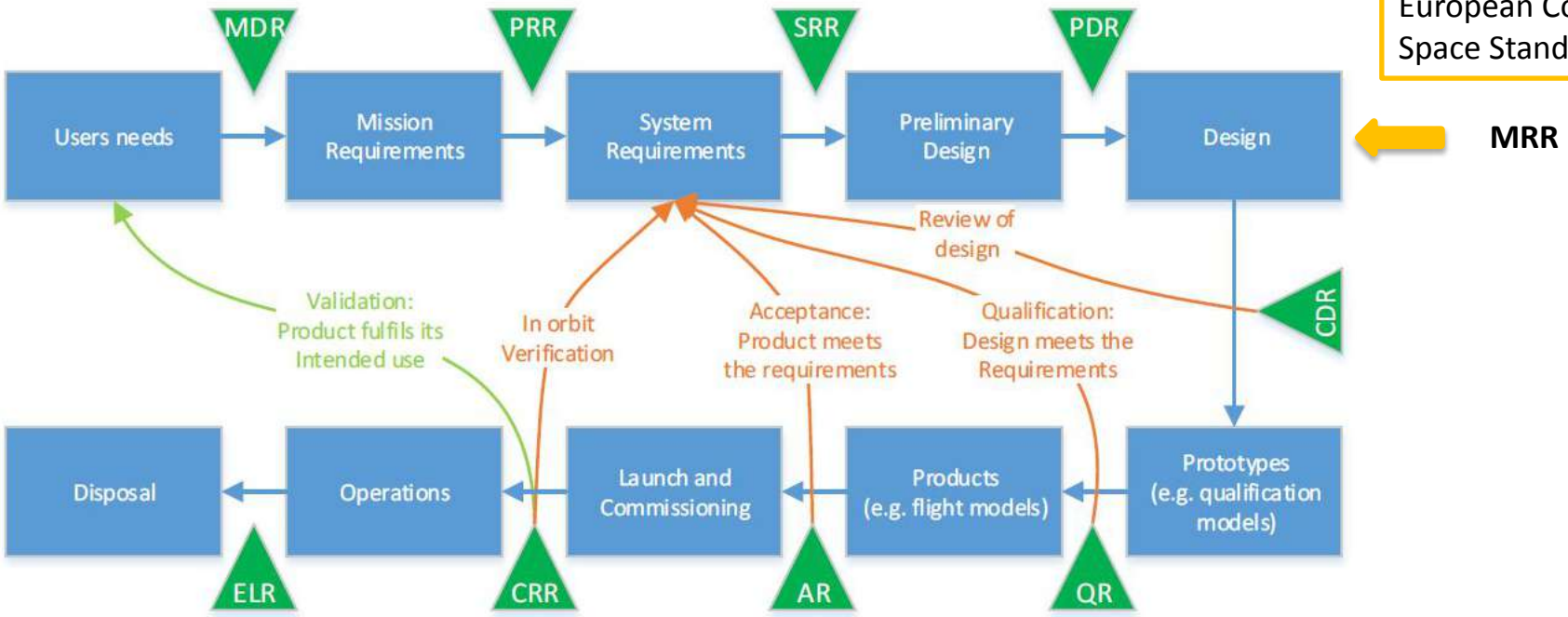
Ariel Today

Verifica: processo che dimostra attraverso la fornitura di prove oggettive che il prodotto è conforme ai requisiti (include qualificazione e accettazione) (TRL≥6 per lo Spazio)

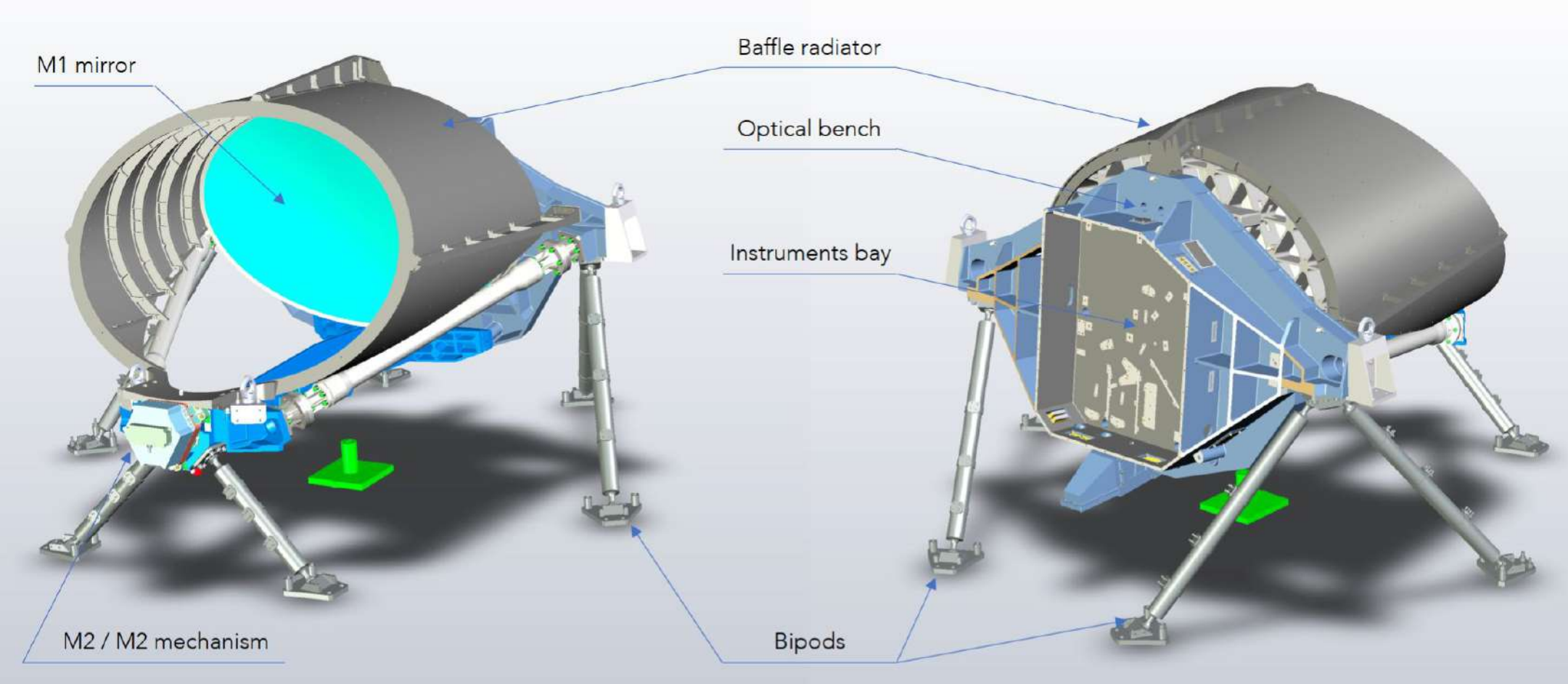
Technology readiness level

Validazione: processo che dimostra che il prodotto è in grado di realizzare l'uso previsto nell'ambiente operativo previsto". Rif. ECSS S ST 00 01C.

European Cooperation For Space Standardization



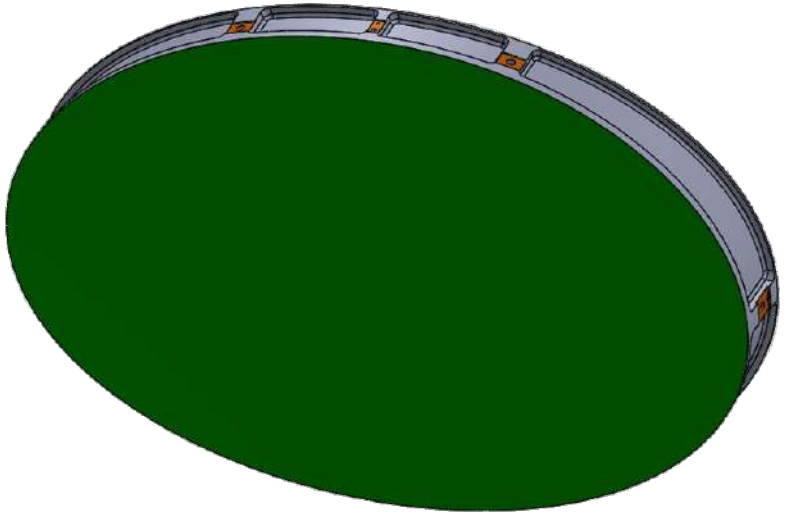
Telescope Assembly Overview

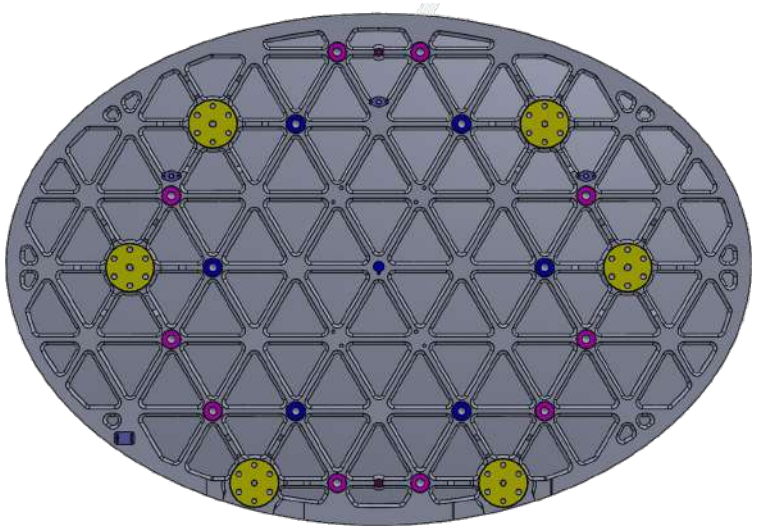


Telescope Assembly Status

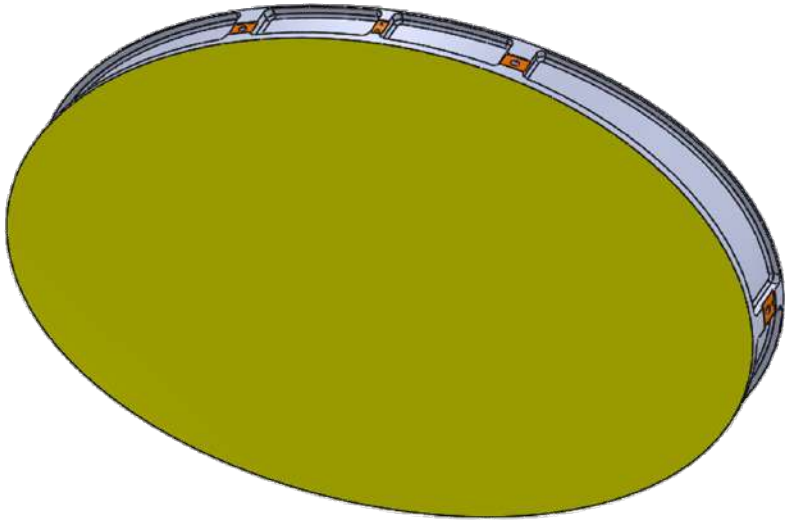
MRR Manufacturing Readness Review

Specchio primario SM
Structural Model

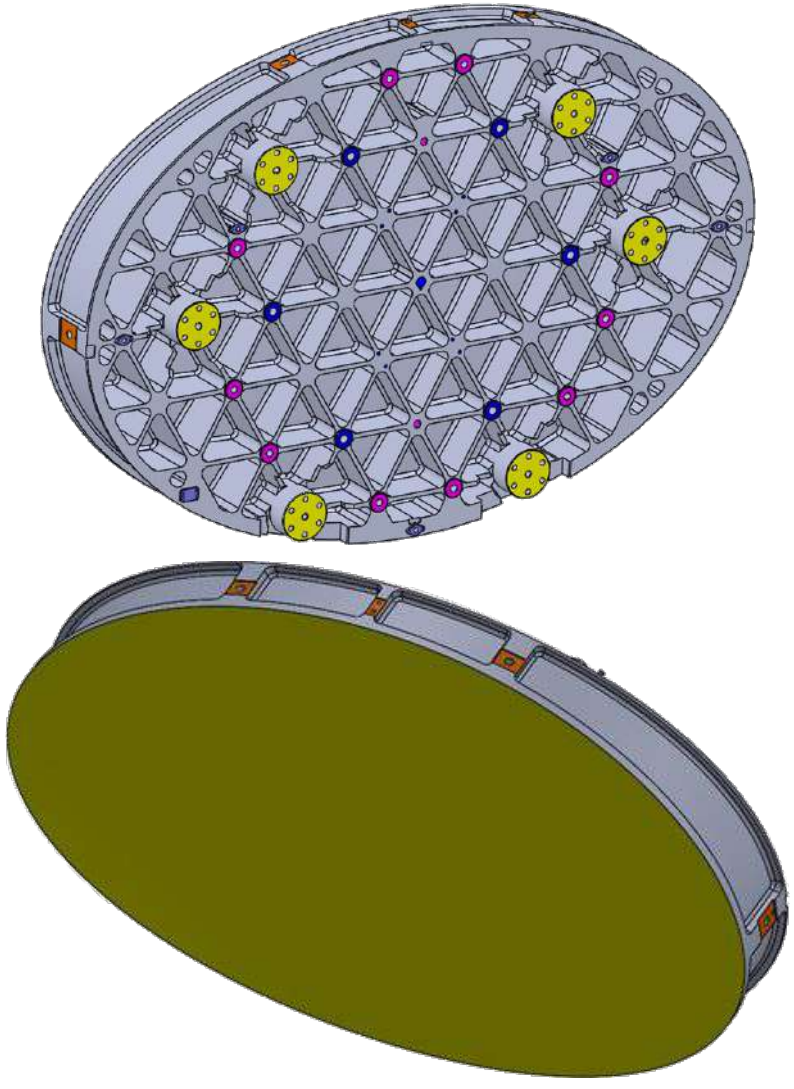




Specchio primario EQM
Engineering Qualification Model



Primary Mirror Manufacturing



Opportunità

ESA Academy

- https://www.esa.int/Education/ESA_Academy/TLP_Current_Opportunities

Opportunità al momento aperte

Academy's Product Assurance Awareness Training Course 2023

- 23-26/05/2023 presso la sede ESEC-Galaxia in Belgio (pagato da ESA: vitto, alloggio e trasporti)
- https://www.esa.int/Education/ESA_Academy/Applications_now_open_for_ESA_Academy_s_Product_Assurance_Awareness_Training_Course_2023
- **Applicazione aperte fino al 6 Aprile**

ESA Academy Navigation Training Course

- 26-30/06/2023 presso la sede ESEC-Galaxia in Belgio (pagato da ESA: vitto, alloggio e trasporti)
- https://www.esa.int/Education/ESA_Academy/First_ever_ESA_Academy_Navigation_Training_Course
- **Applicazione fino al 2 Maggio**

Lista delle ESA Academy

https://www.esa.int/Education/ESA_Academy/Portfolio_of_ESA_Academy_training_sessions

Possibili Tirocini in OAPa

- **Management di progetti spaziali** (da svolgere anche da remoto)
  - Approfondimento dell'aspetto manageriale di un progetto di ricerca
  - Studio delle fasi che caratterizzano un progetto spaziale
  - Acquisizione di competenze minime dei documenti di standardizzazione usati nelle attività spaziali europee (ECSS ed ISO)
  - Uso dei basilari strumenti per la programmazione di un progetto

<u>Obiettivo finale</u> del tirocinio è la conoscenza di base della struttura manageriale di un progetto in ambito spaziale
A conclusione del tirocinio lo studente dovrà applicare le conoscenze apprese per pianificare un ipotetico progetto spaziale o parte di esso.

- **Analisi Termica** Sviluppo di modelli termici e termomeccanici:

  - Studio degli effetti della risoluzione;
  - Studio degli effetti delle differenze delle proprietà termiche dei materiali e dei metodi di rilassamento ideali per le simulazioni.

- **Analisi Strutturale**

  - Apprendimento dell'uso di tool di progettazione per Disegno Meccanico
  - Dinamica e Statica

Contesto

Serie temporali
Abitabilità
Conferenze
Collaborazioni nazionali
Progettazione
Densità
Sviluppi tecnologici
Temperatura
Osservazioni
Formazione planetaria
Python
Fisica
Atmosfere
Archivi
Raggio
Chimica
Statistica
Proposte osservative
Gravità
Modelli
Esperimenti di laboratorio
Interazione Stella - Pianeta
Proposte di calcolo
Tecnologia
Esopianeti
Biologia
Proposte di strumentazione
Collaborazioni internazionali
Massa
Pluto
Composizione chimica
Intelligenza artificiale
Geologia
Astronomia
Viaggi di lavoro
Curve di Luce
Strumentazione
Proposte di finanziamento
Informatica
Analisi numerica
Spettri
Attività stellare
Velocità radiale
Papers
Analisi e interpretazione dei dati
Simulazioni
Meeting di progetto
Irraggiamento
Pipeline
Transiti

Contesto

Per Info:
https://www.astropa.inaf.it/scientific-and-technological-act
ivities-in-brief/esopianetiexo-planets/