

# GRUPPO ASTRONOMICOTRADATESE

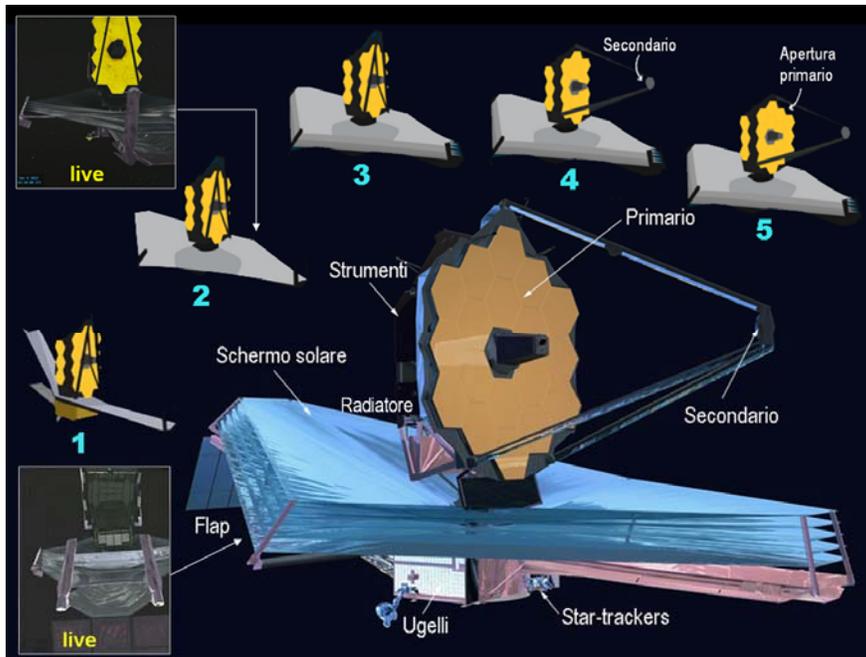
LETTERA N. 167

48° anno

Gennaio-Marzo 2022

<http://www.gruppoastronomicotradatese.it>

A tutti i soci



**Le fasi di estrazione delle principali parti del JWST dopo il lancio.** 1) estensione contenitori dello schermo solare (28 Dic. 2021). 2) estrazione delle aste di trascinamento dello schermo solare (1 Gen. 2022). 3) Tensionamento dello schermo solare (4 Gen.). 4) Rilascio specchio secondario (5 Gen.). 5) Apertura completa specchio primario (7-8 Gen.)

Il 2022 potrebbe essere un anno che l'Umanità attendeva da millenni, per trovare risposta alle più profonde (ed ESISTENZIALI) domande che ci facciamo sull'origine e l'evoluzione dell'Universo. Merito del [James Webb Space Telescope \(JWST\)](#), una delle macchine più sofisticate mai prodotte dall'uomo, che è stato lanciato in maniera perfetta da Kourou (Guiana Francese) per mezzo di un razzo Ariane 5 alle 13,20 (ora italiana) del 25 Dicembre 2021. Dopo oltre 20 anni di lavoro da parte di NASA, ESA e CSA canadese, il mega-Telescopio, aveva lasciato il porto di Seal Beach in California a bordo della nave "MN Colibri" ed attraversato (5 ottobre 2021) il canale di Panama verso la Guyana. Il fiume Kourou, poco profondo, è stato dragato appositamente per garantire il passaggio libero e la nave ha seguito l'alta marea per raggiungere in sicurezza il porto di Pariacabo a Kourou il 12 Ottobre 2021. Sebbene pesi 'solo' 6 tonnellate, quando è piegato il telescopio è alto più di 10,5 metri e largo quasi 4,5 metri. È stato spedito in Guyana nella sua configurazione ripiegata, in un container lungo 30 metri che, con l'attrezzatura ausiliaria, pesava più di 70 tonnellate. Un apposito veicolo articolato è stato portato a bordo della "MN Colibri" affinché potesse trasportare con cura il Webb Telescope fino allo spaziorporto di Kourou. Alcuni problemi tecnici (guasto in un cavo di trasferimento di segnali) e meteorologici (ciclone su Kourou) hanno ritardato il lancio, inizialmente previsto per il 18 Dicembre. Inevitabile che dedicassimo al JWST tutta questa lettera e le nostre prime serate del 2022.

[Altri eventi spaziali del 2022](#) sono il secondo volo di Samantha Cristoforetti sulla ISS (17 Aprile, Dragon di Space X), l'impatto della sonda DART contro l'asteroide Didimos (22 Settembre), il lancio verso Marte del rover Rosalind Franklin dell'ESA (20 Settembre)..

[Pochi invece gli eventi celesti del 2022.](#) Il 16 Maggio ci sarà un'eclisse di Luna, visibile solo fino alla totalità (inizio h 4,27, totalità h 5,28, tramonto della Luna alle h 5,40). Il 25 Ottobre ci sarà un'eclisse parziale di Sole (27%) che inizierà alle h11,18, max alle h 12,13, fine h 13,09.

Per quanto riguarda i pianeti, Giove sarà in opposizione il 22 Settembre nei Pesci (m=-2,9), Saturno sarà in opposizione il 14 Agosto in Capricorno (m=0,3). [Marte sarà in opposizione l'8 Dicembre](#) nel Toro (m=-1,9, diametro=17", distanza=82 milioni di km). Venere visibile all'alba da metà Gennaio.

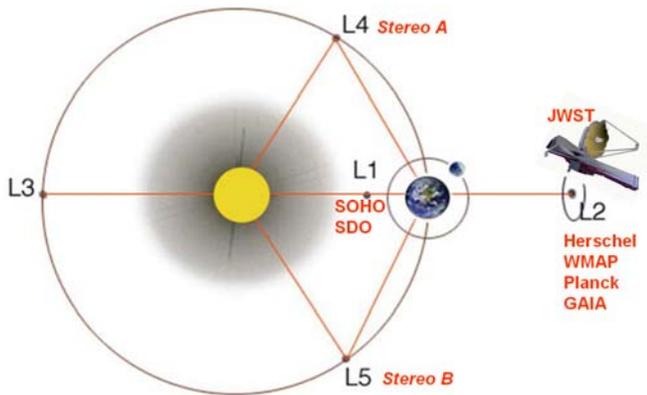
**La sede dei nostri primi appuntamenti del 2022 è resa incerta dalla nuova risalita della pandemia. Saremo in ogni caso al Cine GRASSI in Gennaio 2022. Poi sarà la pandemia a farci decidere se rimanere al GRASSI o tornare qualche volta online.**

Lunedì 24 Gennaio 2022 h 21 Cine GRASSI (COVID permettendo...)	Serata a cura del dott. Giuseppe PALUMBO con proiezione di <b><u>ANTROPOCENE.</u></b> Uno straordinario documento sui gravi problemi ambientali del nostro pianeta, apparsi ben lontani da una soluzione anche dopo la Cop26 di Glasgow del Novembre 2021. <a href="#">Dedicheremo la serata anche ai diplomi di benemerita per numerosi soci fedeli da 25 anni</a>
Lunedì 7 Febbraio 2022 h 21 Cine GRASSI (o sito GAT- online)	<i>Conferenza del dott. Cesare GUAITA sul tema</i> <b><u>DAL TELESCOPIO SPAZIALE HUBBLE AL JWST.</u></b> La lunga e complessa storia del James Webb Space Telescope (JWST) che si è conclusa il 25 Dicembre 2021 con un lancio perfetto a bordo di un missile Ariane 5.
Lunedì 21 Febbraio 2022 h 21 Cine GRASSI (o sito GAT- online)	<i>Conferenza del dott. Cesare GUAITA sul tema</i> <b><u>IL PROSSIMO FUTURO DEL JWST.</u></b> Sei mesi dopo aver raggiunto il punto L2 (fine Gennaio 2022) JWST inizierà una lunghissima serie di ricerche destinate a cambiare per sempre le nostre conoscenze astronomiche sia vicine che lontane.
Lunedì 7 Marzo 2022 h 21 Sito GAT- online (al Cine GRASSI?)	<i>Conferenza del Prof. Michele FUMAGALLI (Dip. Fisica Univ. di Milano) sul tema</i> <b><u>JWST: NUOVI MODI DI MAPPARE IL COSMO INVISIBILE.</u></b> La gravità imporrebbe la presenza nel cosmo di una grande quantità di materia invisibile e non costituita dalle normali particelle elementari. Ma questa materia oscura viene cercata inutilmente da 30 anni....
Lunedì 21 Marzo 2022 h 21 Cine GRASSI (o Sito GAT- online)	<i>Conferenza del Prof. Gabriele GHISELLINI (INAF, Oss. di Brera-Merate) sul tema</i> <b><u>JWST: DAI BUCHI NERI STELLARI AI BUCHI NERI PRIMORDIALI.</u></b> La seconda vita delle stelle vicine e la vita iniziale delle prime stelle quando l'Universo stava emergendo dal Big Bang, 100 milioni di anni dopo la sua nascita.

La Segreteria del G.A.T

## 1) DA HST A JWST.

Si cominciò a pensare ad un telescopio come JWST già alla fine degli anni 80, nell'ottica di avere un successore al telescopio Hubble (HST) che sarebbe stato lanciato il 24 Aprile 1990 dallo Shuttle Discovery. L'idea era di avere un successore di HST entro il 2010. A metà degli anni 90 si pensò ad un telescopio di 8 metri che venne battezzato NGST (New Generation Space Telescope) e che potesse guardare talmente lontano, da poter tornare indietro nel tempo fino all'origine delle galassie. Per questo, dato l'enorme redshift  $z$  (spostamento verso il rosso) dell'Universo lontano causato dalla sua espansione, fu chiaro che il nuovo telescopio doveva avere una grande sensibilità fino al vicino e medio infrarosso. Per questo doveva essere super-raffreddato e collocato lontano da fonti di calore parassite (Sole, Terra, Luna). Ideale si è rivelato L2, uno dei 5 punti lagrangiani a gravità equilibrata, situato nella direzione Sole-Terra DIETRO la Terra a 1,5 milioni di km di distanza (dove in passato erano già stati collocati altri satelliti):



L2 è il Lagrangiano più stabile e pulito per gli oggetti che gli ruotano attorno (JWST farà una rivoluzione ogni sei mesi) ed anche il più comodo: JWST sarà sempre visibile da Terra nella notte e facile da proteggere (con un opportuno schermo) dalla luce solare che proviene dalla direzione opposta a quella di osservazione.

Già negli anni 70 la NASA ottenne la collaborazione dell'ESA (l'Agenzia Spaziale Europea) e della CSA (Canadian Space Agency). La gestione scientifica (MOC, Mission Operation Center) sarebbe poi stata affidata al STScI (Space Telescope Science Institute) di Baltimora (MD), lo stesso Istituto che gestisce le operazioni del Telescopio Spaziale Hubble, mentre l'ESA avrebbe fornito il razzo Ariane 5 come vettore di lancio.

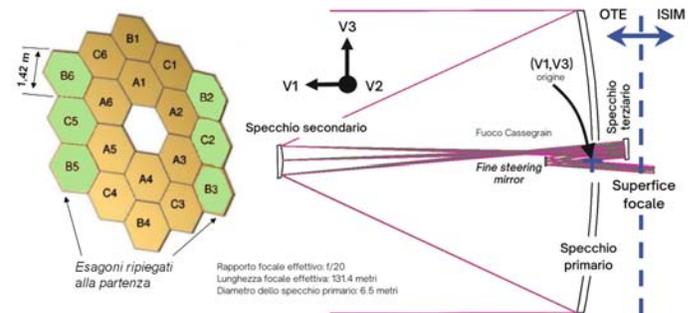
Nel 1997 un apposito gruppo di lavoro formato da scienziati ed industrie sviluppò il cosiddetto DRM (Design Reference Mission) che formulò programmi di osservazione e proprietà della strumentazione così complesse da mettere in stallo il progetto principalmente per ragioni finanziarie. Così nel 2001 il progetto NGST, per tentare una diminuzione dei costi, subì una revisione nelle dimensioni, passando da 8 m a 6,5 metri di diametro. La NASA accettò il progetto nel 2002, convinta che fosse possibile superare gli enormi problemi tecnici. Nel Settembre 2002 il telescopio venne ribattezzato JWST (James Webb Space Telescope) in onore di James E. Webb (1906-1992), secondo amministratore della NASA durante lo sviluppo del progetto Apollo (1961-1968). Nel contempo la NASA stipulò il primo contratto per lo sviluppo del JWST con la Northrop Grumman Space Technology (formerly TRW) di Redondo Beach, CA. Nell'autunno 2003 il progetto entrò in fase B, cui seguirono le fasi C/D nel 2008 ed un budget di circa 500 milioni di \$. Ma una lunga serie di problemi (con costi continuamente in crescita) hanno fatto sì che solo nel Gennaio 2014 la Northrop Grumman superasse il cosiddetto CDR (Critical Design Review), ossia ebbe l'assenso, da una commissione di esperti, della intera fattibilità del progetto, costituito formalmente da tre parti: OTE-Optical Telescope Element (in pratica il telescopio), ISIM-Integrated Science Instrument Module (ossia gli strumenti e la loro elettronica), SPACECRAFT (mini-propulsore ad idrazina per correzioni di rotta, star trackers, 6 giroscopi, schermo solare)

Vediamo di riassumere le caratteristiche principali sia del telescopio come tale, sia degli strumenti ad esso collegati (con alcune note sull'importanza dello schermo solare).

## 2) OTE-Optical Telescope Element.

La parte ottica del JWST è costituita da uno *specchio primario* di 6,5 m ovvero 25 m<sup>2</sup> (peso=705 kg) formato da 18 segmenti esagonali di Berillio larghi 1,42 m, spessi 5 cm e ricoperti da uno strato di oro per migliorare la riflettività all'infrarosso. Ogni esagono viene controllato da sei attuatori posteriori. La scelta del Berillio è dovuta alla sua eccellente stabilità dimensionale anche a bassissime temperature. Le file di esagoni B2,C2,B3 e B6,C5,B5 sono piegabili in fase di lancio, per permettere allo specchio di entrare nell'ogiva del missile di lancio (l'Ariane 5 dell'ESA).

A 7,16 m dal primario c'è uno *specchio secondario* circolare convesso in Berillio di 0,74 m, anch'esso controllato da sei attuatori. Segue uno *specchio terziario* asferico concavo di forma allungata, di circa 0,73x0,52 metri. Esso non è dotato di attuatori e serve ad annullare le aberrazioni residue. Il raggio viene quindi rimandato su un *quarto specchio* piatto di alta qualità, denominato *fine steering mirror* (0,17 metri), utilizzato per stabilizzare l'immagine mediante piccoli spostamenti lungo l'asse del telescopio e in direzione perpendicolare:



In sintesi questa configurazione ottica mostra un rapporto focale  $f/20$ , ovvero una lunghezza focale di ben 131,4 m.

JWST (peso=6.137 kg) è stato lanciato con un missile Ariane 5 dotato di uno stadio principale largo 5,4 m e alto 30,5 m contenente 140 ton iniziali di Ossigeno e Idrogeno liquidi. Ai suoi lati due booster di 3 m di diametro e alti 31 m contenenti ciascuno 240 ton di propellente solido (perclorato ammonico + polvere di Alluminio, il tutto affogato in polibutadiene). In cima allo stadio principale un secondo stadio minore (ESCA-A) alto 2,8m e largo 5,4 m, contenente 14,4 ton di Ossigeno e Idrogeno liquidi. Il JWST è stato collocato in una carenatura protettiva larga 5,4 m ed alta 17 m. Ecco le varie fasi del lancio del 25 Dicembre 2021.

2 minuti dopo la partenza si sono staccati i booster laterali; dopo 3 minuti si è staccata la carenatura in cima al missile che conteneva il telescopio; dopo 9 minuti si è staccato lo stadio principale dell'Ariane; dopo 27 minuti si è staccato lo stadio superiore ESC-A (con suggestive riprese del telescopio in viaggio da una telecamera di quest'ultimo). Dopo altri 69 secondi si sono dispiegati automaticamente i pannelli solari, fornendo l'energia indispensabile per i primi collegamenti diretti con le stazioni di Terra:



Alle h 1:50 del 26 Dicembre, lo spacecraft ha effettuato la MCC-1a (Mid Course Correction 1a), ossia la prima correzione di rotta accendendo per 65 minuti uno dei suoi quattro motori ad idrazina denominati SCAT (Secondary Combustion Augmented Thrusters).

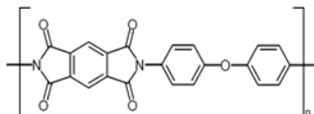
Poche ore dopo, alle h 16 del 26 Dicembre, è stata estesa l' antenna per le comunicazioni ad alta velocità, denominata GAA (Gimballed Antenna Assembly), del diametro di 60 cm. Verrà usata in banda Ka per trasmettere ( a 3,5 Mbyte/sec) a terra due volte al giorno almeno 28,6 Gbyte di dati scientifici. Prima dell'estensione dall'antenna Ka le comunicazioni erano state effettuate con un'antenna in banda S a campo largo molto meno veloce. Nel corso di questa prima giornata sono stati attivati anche i sensori di temperatura e gli estensimetri per monitorare certi parametri strutturali.

Una seconda correzione minore (MCC 1b) è stata effettuata alle h 1,20 di Lunedì 27 Dicembre per 9 min e 27 sec.

Un'ultima correzione di rotta (MCC 2) è stata programmata per il 23 Gennaio 2022, ossia 29 giorni dopo il lancio, per consentire l'inserimento del JWST in orbita attorno al punto L2.

Il JWST dispone di 4 motori SCAT ridondanti. Una coppia è stata usata per le correzioni MCC 1a e 1b, mentre l'altra coppia sarà usata per la correzione MCC 2 necessaria per l'inserimento in orbita attorno a L2.

Il 28 Dicembre è iniziata l'estensione delle due strutture UPS (Forward Unitized Pallet Structure) contenenti lo schermo solare a 5 strati in Kapton delle dimensioni di un campo da Tennis (21,2x14,2 m), che garantirà agli strumenti una temperatura di 40 K (ossia -233°C). Il Kapton è una polimide della Dupont tra i più resistenti agli sbalzi termici, che si ottiene facendo reagire la anidride dell'acido piromellitico con la oxi-difenil-ammina



4 dei 5 strati di Kapton dello schermo del JWST hanno spessore di 25,4 micron, mentre lo strato 'caldo' (ossia quello rivolto verso il Sole) ha uno spessore di 50,8 micron. Tutti gli strati sono stati ricoperti da una sottile patina di alluminio riflettente. Alle h 2,45 (ora italiana) del 29 Dicembre si è conclusa l'estensione del DTA (Deployable Tower Assembly) ossia la torre di 1,22 metri che sorregge lo specchio e gli strumenti, che così rimangono anche ben separati dall'elettronica e dal sistema di propulsione. Questa separazione ha reso più agevole togliere la copertura dei contenitori dello schermo solare: l'apertura del contenitore frontale (Forward Sunshield Pallet) ha richiesto 4 ore e si è conclusa alle h 19,21 del 28 Dicembre. Il processo è stato ripetuto con la struttura posteriore (Aft Sunshield Pallet) e si è concluso all' h 1,27 del 29 Dicembre. Alle h 15 del 30 Dicembre, è stato dispiegato, in 8 minuti, una specie di flap che servirà a mantenere stabile l' orbita finale, controbilanciando l'influsso del vento solare sullo schermo solare, quindi facendo risparmiare combustibile.

Il 31 Gennaio 2021 alle h 22,49, in 4 ore di lavoro, è stata estratta l'asta sinistra di supporto ai cinque strati dello schermo solare.

Il 1° Gennaio 2022 alle h 4,31 è stata completata l'estrazione dell'asta di destra. In queste condizioni i cinque strati dello schermo erano stati srotolati ma poi andavano tesi. Il processo è iniziato con lo strato più esterno (il più 'caldo'), che è stato teso alle h 21,48 del 3 Gennaio 2022 con un lavoro di circa 70 ore. Alle h 17,59 del 4 Gennaio 2022 il lavoro è stato completato mettendo in tensione gli ultimi due strati. Poi il 5 Gennaio 2022 alle h 17,27, in soli 11 minuti, è andato a buon fine la delicatissima estensione, a quasi 8 metri dal primario, dello specchio secondario circolare concavo in Berillio da 74 cm: JWST si trovava in quel momento a 960.000 km dalla Terra. L'apertura dei due pannelli da 3 esagoni ripiegati dello specchio principale, si è iniziata alle h 14,36 del 7 Gennaio 2022 con l' apertura del pannello di sinistra, e si è conclusa felicemente dopo poco più di cinque ore. La stessa operazione sul pannello di destra è stata effettuata l' 8 Gennaio. Poi a fine Gennaio 2022 JWST ha finalmente raggiunto il punto L2.

3) ISIM (Integrated Science Instrument Module).

Sono quattro gli strumenti collocati a bordo del JWST, tutti con una spiccata sensibilità verso l'infrarosso vicino (0,78-3 micron) e medio (3-25 micron), a partire da 0,6 micron (giallo).

Fondamentale per tutti una temperatura max di 40 K (-233°C) ottenuta grazie allo schermo solare.

Notizie tecniche si possono trovare per esempio qui <https://www.stsci.edu/jwst/instrumentation>.

Noi ci limiteremo invece all'essenziale.

**NIRCam** (Univ. Arizona/Lockeed)

Due canali a 0,6-2,3 e 2,4-5µ utilizzabili contemporaneamente su un campo di 2,2'x4,4'. E' disponibile anche un coronografo che blocca la luce di oggetti luminosi, permettendo di riprendere oggetti deboli nelle loro vicinanze.

**NIRSpec** (ESA) . 1,9x1,3x0,7 m, peso= 196 kg

Tre canali: prisma a 0,6-5 µ, reticolo a 1-5 µ, campo di .3,4'x3,1' , IFU a 1-5 µ, campo di 3"x3".

Dispone di un MSA (Micro Shutter Arrey), una rete di 250.000 micro-otturatori magnetici che possono essere programmati per fare fino a 200 spettri contemporaneamente su un campo di 3,6'x3,6'. E' la prima volta che uno strumento così fenomenale vola nello spazio.

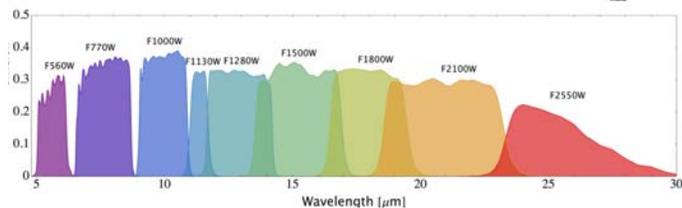
**MIRI** (Mid-Infrared Instrument) fornito da un consorzio ESA, 1,2x1,2x1 m, peso= 115 kg

Un canale imaging a 5-28 µ, campo 1,4'x1,9'

Un canale con **coronografo** a 10-28µ, campo di 26"x26"

Spettroscopia a bassa risoluzione tra 5-11 µ, e ad alta risoluzione tra 5-28,5 µ con ..campo da 3,6" a 7,5"

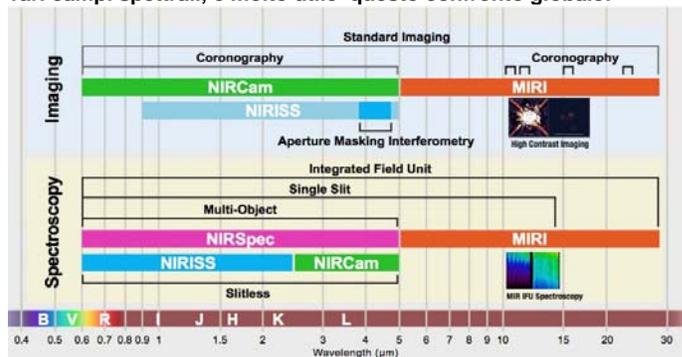
MIRI è **l'unico strumento che lavora nel medio infrarosso**, un campo spettrale ideale per visualizzare direttamente eso-pianeti e le loro atmosfere, stelle giovani oscurate da polveri, nonché galassie lontanissime (z>7). Per migliorare ulteriormente la sua efficienza MIRI è anche l'unico strumento che possiede un criostato ad elio liquido per abbassare ulteriormente la temperatura fino a 6 K (-267°C). Ecco i nove filtri utilizzati da MIRI:



**FGS** (Fine Guidance Sensor), realizzato dall' Agenzia Canadese CSA, è costituito da due parti. La prima è una camera sensibile (0,6-5µ) che fa da guida riprendendo due campi adiacenti di 2,4'x2,4'. La seconda parte è lo spettrometro NIRISS (Near-Infrared Imager and Slitless Spectrograph) che lavora a 0,7-5 µ con un campo di 2,2'x2,2'. Ecco qua un confronto 'visivo' dei campi di vista dei quattro strumenti.

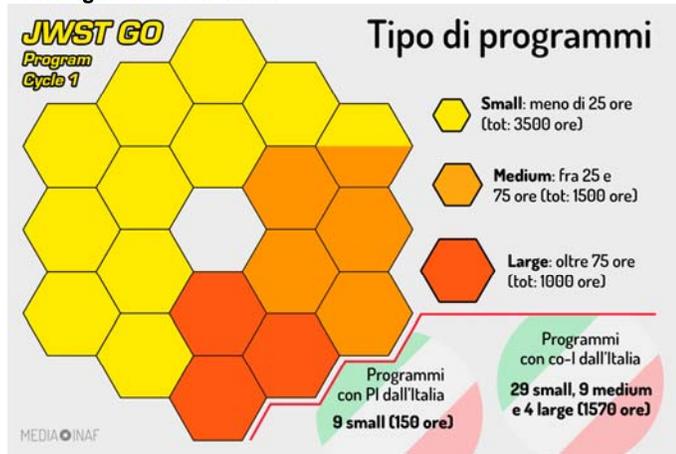


Data poi la notevole eterogeneità ed anche sovrapposizione dei vari campi spettrali, è molto utile questo confronto globale:



#### 4) IL PRIMO ANNO DI RICERCHE.

Per il Ciclo-1 di Osservazioni Generali (GO) durante il primo anno di lavoro di JWST, più di 1000 proposte sono state inviate entro la data finale del 24 Novembre 2020. Si tratta di proposte provenienti da 44 paesi che utilizzeranno circa 2/3 delle 6000 ore di osservazione pianificate per il primo anno. Di queste proposte un comitato di 200 membri (il TAC, Time Allocation Committee) ne ha accettato 286, divise in piccole (max 25 ore, 3500 ore allocate), medie (da 25 a 75 ore, 1500 ore allocate), grandi (oltre 75 ore, 1000 ore allocate). Di queste il 33% (per un totale del 30% del tempo disponibile) proviene da paesi dell'ESA, con un buon coinvolgimento dell'Italia:



La lista completa dei 286 progetti GO è disponibile qui <https://www.stsci.edu/jwst/science-execution/approved-programs/cycle-1-go>. Impossibile farne una rassegna anche parziale. Facciamo però un'eccezione che riguarda il progetto 1566: si tratta di 12 ore allocate, con tutti gli strumenti tra 2,8 e 28 micron, per scrutare attorno al perielio del 21 Dicembre 2022 (a 1,8 u.a.), le emissioni gassose e organiche, nonché la temperatura superficiale, della mega-cometa C/2017 K2 (Pan STARRS) proveniente direttamente dalla nube di Oort e già attiva a 23,7 u.a. Ai programmi GO si affiancano due altre importanti tipologie di progetti: i cosiddetti programmi ERS (*Director's Discretionary-Early Release Science*) e programmi GTO (*Guaranteed Time Observation*).

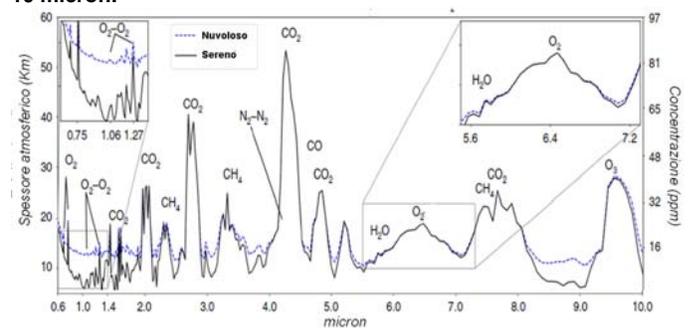
I programmi ERS sono stati collocati nei primi 5 mesi successivi al periodo di 6 mesi di attivazione del telescopio. Si tratta di 13 programmi scelti direttamente dal direttore Ken Sembach del STScI (Space Telescope Science Institute), l'Istituto che, come detto, gestisce anche il JWST (oltre all' HST), in collaborazione col TAC. Spaziano dalle galassie lontane ai pianeti solari ed extrasolari. Per brevità rimandiamo al sito dove sono elencati: <https://www.stsci.edu/jwst/science-execution/approved-ers-programs>

I programmi GTO sono le ricerche garantite per coloro che hanno lavorato alla realizzazione del JWST e dei suoi strumenti. La loro lista è disponibile qui: <https://www.stsci.edu/jwst/science-execution/approved-programs/cycle-1-gto>.

Si tratta di circa 120 progetti che spaziano su una decina di campi diversissimi, tipo nane rosse, ammassi di galassie, dischi proto stellari, pianeti extrasolari, quasar lontanissimi, Sistema Solare, ammassi stellari, specifiche galassie, deep field.

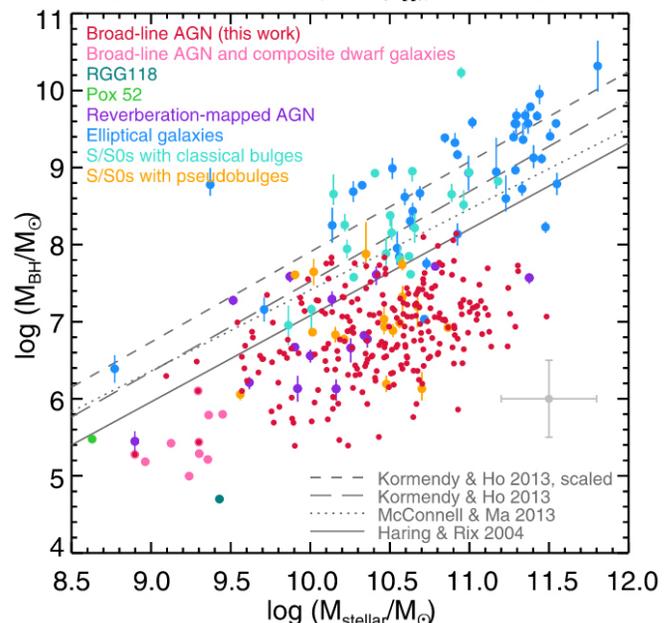
Non è ovviamente possibile menzionarli tutti, per cui riportiamo solo alcuni esempi tratti dalle varie tipologie. Nel gruppo 'Dischi di detriti' sono stati inserite due ricerche con uso di coronografo (1294, 20 ore allocate e 1411, 10 ore allocate) su Beta-Pictoris, una stella di massa solare ma giovanissima (età di soli 20 milioni di anni) a 63 a.l. di distanza, circondata da dei dischi di detriti (a 6, 16 e 30 u.a. dalla stella) entro cui si muovono almeno due pianeti di massa gioviana ed una moltitudine di oggetti rocciosi minori (fac simile della fascia degli asteroidi) e forse di comete (come indicato da un accumulo esterno di CO, ossido di Carbonio). Nel gruppo *Deep Field* verranno rivisitate centinaia di galassie presenti nei campi profondi di HST GOODS-N e S (Great Observatories Origins Deep Survey (GOODS) cercando di valutarne la distanza tra  $z=2$  e  $z=12$  con pose a lunghezza d'onda crescente da 6 a 21 micron. Nel gruppo *Extra-solar planets* (il più numeroso) verrà rivisitata la famosa stella HR8799 (1,5 masse solari a 30 milioni di anni a 133

a.l. in Pegaso) attorno a cui sono stati scoperti quattro pianeti visti di piatto: le camere MIRI e NIRCам avranno a disposizione 20 ore per spettrografarne le atmosfere sia per cercare eventuali altri pianeti più esterni. Con le stesse modalità la NIRCам+ coronografo verrà utilizzata per 15 ore sulla stella 51 Eridani di 20 milioni di anni a 96 a.l. di distanza, attorno a cui ruota un pianeta di massa gioviana a circa 13 u.a. di distanza. Due ricerche da 25 ore verranno riservate alla famosa nana rossa Trappist-1 a 39 a.l. in Aquario, attorno a cui transitano ben 7 pianeti. La camera MIRI scruterà a 12,8 micron 5 transiti del pianeta b per determinarne la temperatura. La camera NIRSpec realizzerà spettri (0,6-5 micron) durante 4 transiti dell'atmosfera del pianeta Trappist-1e, quello più simile alla Terra situato nella fascia di abitabilità della stella. Per questo ed altri eso-pianeti in fascia di abitabilità (transitanti o non) JWST cercherà gas atmosferici compatibili con la presenza di tracce biologiche, per esempio la presenza contemporanea di CO<sub>2</sub> (anidride carbonica), CH<sub>4</sub> (metano) e O<sub>2</sub> (Ossigeno). Assai interessante, nel caso dell' O<sub>2</sub>, la recente scoperta (NATURE-Astronomy, 4, 372-376, Gennaio 2020) di un' intensa banda a 6,4 micron, ben più significativa delle deboli bande tradizionali a 1,06 e 1,27 micron. Ecco per esempio come dovrebbe risultare lo spettro dell'atmosfera di Trappist 1e tra 0,5 e 10 micron:



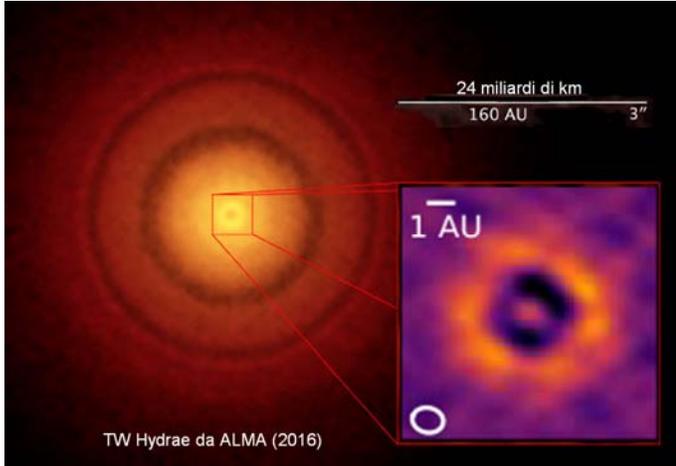
C'è poi una sezione denominata *Quasar ad alto redshift e formazione delle galassie*, nella quale una decina di proposte cercano di farci capire che relazione c'è tra le galassie ed i buchi neri massicci (quasar) nei loro nuclei. E' ben noto, infatti, che c'è un misterioso rapporto costante (0,002-0,004%) tra il buco nero centrale e la massa della galassia ospite, in sostanza la massa di una galassia è proporzionale alla massa del buco nero nel suo nucleo:

THE ASTROPHYSICAL JOURNAL, 813:82 (13pp), 2015 November 10



Non è chiaro se sia nato prima il buco nero e su di esso la galassia oppure viceversa. Un problema che potrebbe essere risolto osservando quasar lontanissimi, quando le galassie stavano nascendo (tecnicamente si può parlare della fine della re-ionizzazione). E' questo il senso per esempio della proposta 1205, dove si chiede l'allocatione di 40 ore per puntare la NIRCам su sei dei quasar più luminosi e lontani ( $z=5-7$ , quando l'Universo aveva

circa 800 milioni di anni). Una decina di proposte sono dedicate alla sezione *Protostelle e dischi proto stellari*. Per esempio la proposta 1282 chiede 120 ore per indagare con la camera MIRI la struttura di una settantina di dischi proto-planetari a diversi stadi evolutivi. Tra questi il caso famoso di TW Hydrae, giovanissima (10 milioni di anni) stella di massa solare a 184 a.l. di distanza, che presenta un disco vuoto al centro fino ad 1 u.a. dove un eventuale pianeta (da scoprire !) avrebbe caratteristiche identiche a quelle della Terra. Almeno un pianeta di massa nettuniana, potrebbe comunque esistere a 22 u.a. dalla stella, secondo uno studio condotto nel 2016 da ALMA.

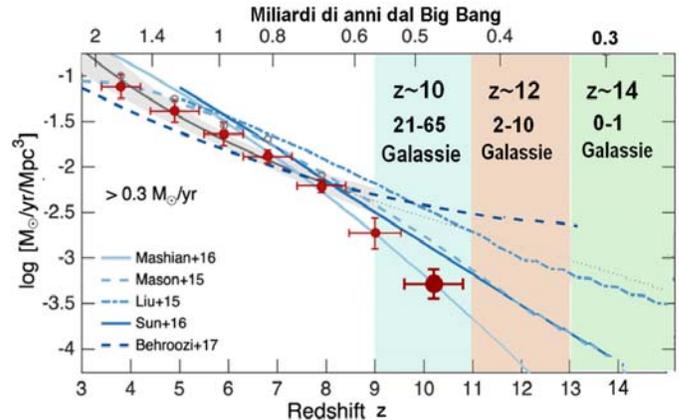


ALMA scoprì nel disco di TW Hydrae  $\text{CH}_3\text{OH}$  (Metanolo) a 1,24 mm all'inizio del 2014 e  $\text{HCOOH}$  (acido formico) a 2,32 mm a metà del 2016.

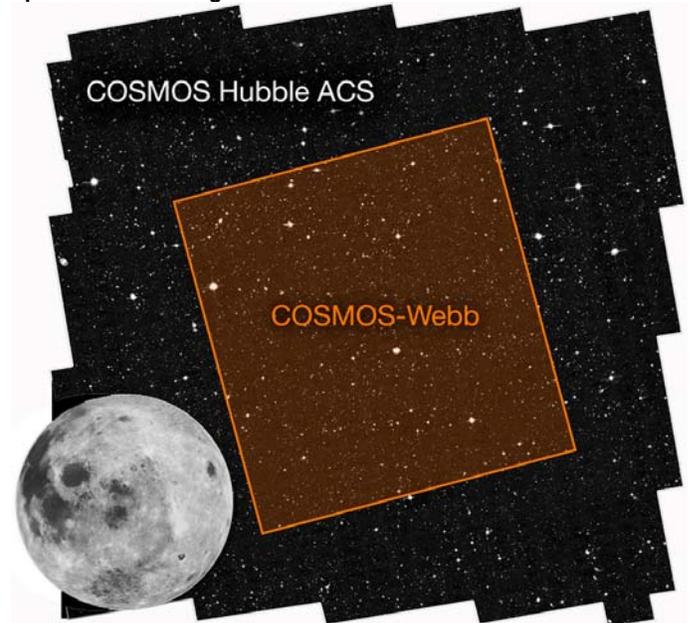
Altro interessantissimo disco proto-planetario è quello di PSD 70, una stella assai giovane (<6 milioni di anni) di 0,76 masse solari a 370 a.l. nel Centauro: il disco è stato 'svuotato' attorno alla stella da due pianeti di massa gioviana che orbitano a 22 e 30 u.a. Anche il Sistema Solare è ampiamente rappresentato tra le proposte GTO. A parte varie proposte sui satelliti più interessanti dei pianeti esterni (Io, Europa, Encelado, Titano, Tritone) controllata speciale sarà la fascia di Kuiper sia per scoprire nuovi KBO (Kuiper Belt Objects) molto deboli, sia per capire certe differenze compositive tra gli oggetti maggiori (superfici più o meno rosse, presenza o assenza di  $\text{NH}_3$ , ammoniaca). In questo ambito il programma *Target of Opportunity* seguirà eventuali occultazioni stellari da parte di KBO per definirne forma e dimensione. La camera NIRSpec seguirà a 1-5 micron innanzi tutto Plutone e Haumea, i due KBO che hanno subito giganteschi impatti. Nel caso di Haumea (che ha due satelliti e forse un anello, ruota in sole 4 h e mostra una superficie chiara con una misteriosa macchia scura) verranno studiati 8 oggetti con orbita simile (una famiglia quindi), probabilmente derivati da un impatto subito dallo stesso Haumea. Verrà seguito anche Chariklo il maggiore (250 km) dei Centauri (oggetti tra Saturno e Urano), che possiede una coppia di anelli a 400 km di distanza, scoperti nel 2014 grazie ad un'occultazione stellare. Senza dimenticare il lontanissimo ed eccentrico Sedna (perielio=76 u.a., afelio=897 u.a., quindi ben al di là della fascia di Kuiper), dalla superficie estremamente rossa che non mostra, data la distanza, dettagli spettroscopici interpretabili. Nella sezione (9 proposte) relativa all' *Evoluzione stellare* molto interessante è la proposta 1232, relativa allo studio per 10 ore, delle polveri che circondano la famosa Supernova SN1987A, anche nell'ottica di capire cosa è rimasto della stella esplosa nella Grande Nube di Magellano il 23 Febbraio 1987. L'ultima sezione GTO raggruppa una quindicina di proposte relative allo studio di alcune speciali galassie con nuclei attivi, spesso in quanto interagenti. Tra queste galassie peculiari (tipo Centaurus A (NGC5128), NGC 4151, NGC 6240) c'è lo stesso centro della Via Lattea (SagA\*): la speranza è che la camera MIRI, lavorando tra 1 e 5 micron, riesca a misurare movimenti Doppler nei 1000 a.l. più prossimi ai vari nuclei, per poi poter risalire alla massa del buco nero centrale.

Tra i programmi GO sono di particolare importanza i cosiddetti [Treasure programs](#), intesi alla raccolta di dati di lunga durata messi a disposizione di tutti. Uno è per esempio il DSHARP-MIRI Treasury Survey of Chemistry in Planet-forming Regions che, in 28 ore di osservazione, farà spettri nel vicino infrarosso su 17 regioni di formazione stellare già indagate nel campo millimetrico dal

radiointerferometro ALMA. Un altro è PRIMER (Public Release IMAGING for Extragalactic Research) che utilizzerà per 188 ore la camera MIRI sui due campi HST equatoriali CANDELS (COSMOS and UDS) per ricercare galassie (più di 100.000 ?) fino a  $z=12$ . Un altro è WDEEP (Webb Deep Extragalactic Exploratory Public survey), Feedback in Low-Mass Galaxies from Cosmic Dawn to Dusk, che utilizzerà per 122 ore la camera NIRISS sul famoso HUDF di Hubble (Hubble Ultra Deep Field) e la camera NIRCам sull' HUDF-Par2 field, alla ricerca dei processi implicati nella evoluzione di galassie a  $z=1-12$  (HST era arrivato a  $z=8$ ). Si stima che JWST possa reperire un numero di galassie progressivamente in diminuzione con l'aumento di  $z$  secondo questo andamento:



Un altro Treasure programs è NCOVER (Ultra-deep NIRCам and NIRSpec Observations Before the Epoch of Reionization), che utilizzerà per 71 ore gli strumenti NIRCам e NIRSpec sull'ammasso con lenti gravitazionali Abell 2744 del programma Frontier Field di HST. Un altro è COSMOS-Web (JWST Cosmic Origins Survey) che utilizzerà per 256 ore gli strumenti MIRI e NIRCам su un ampio campo di  $0,6^\circ \times 0,6^\circ$  all'interno del campo COSMOS (Cosmic Evolution Survey) che la camera ACS di Hubble riprese in 575 immagini:



COSMOS-Web studierà l'epoca della re-ionizzazione (0,4-1 miliardi di anni dopo il Big Bang) per capire la presenza di galassie giovani già evolute e l'influsso sulla formazione delle galassie degli aloni di materia oscura. Un ultimo treasure project è Treasury of Star Formation in Nearby Galaxies, che utilizzerà per 107 ore le camere MIRI e NIRCам nel range 2-21 micron, su 19 galassie vicine ad elevata formazione stellare precedentemente studiate da HST-VLT/MUSE-ALMA.

Tutto questo inizierà dopo i primi sei mesi orbitali di JWST attorno al punto L2. I primi cinque mesi saranno infatti dedicati all'allineamento preciso dei 18 segmenti esagonali dello specchio principale ed alla taratura dei vari strumenti.

Verrà lanciata dalla NASA nel 2023 la sonda **VIPER** (Volatile Investigating Polar Exploration Rover) per mappare l'acqua sul polo sud della Luna. Essa aprirà la strada a futuri habitat lunari e ci aiuterà a capire l'evoluzione e l'origine dell'acqua nel sistema solare. Il rover si poserà sulla cresta occidentale del cratere chiamato **Nobile** sul polo sud lunare (dedicato a *Umberto Nobile*, pioniere dell'esplorazioni polari) e per farlo atterrare in sicurezza ci si affiderà ad un veicolo spaziale commerciale.

La NASA, con il programma **Artemis**, vuole di nuovo portare l'uomo sulla Luna (ormai non prima del 2025), questa volta per restare. Uno dei requisiti del programma prevede che le persone debbano sopravvivere sulla Luna utilizzando risorse disponibili localmente inclusa l'acqua. Sappiamo dalle missioni passate che i poli lunari ospitano almeno 600 miliardi di Kg di ghiaccio d'acqua, e probabilmente molto di più, ma per poter usare quest'acqua dobbiamo conoscerne lo stato e la sua accessibilità. È qui che entra in gioco **VIPER**, un rover delle dimensioni di una golf-cart che esplorerà il polo sud per almeno 100 giorni, avventurandosi in regioni gelide permanentemente in ombra (aree dove la luce solare non arriva mai) per studiare e mappare i depositi di ghiaccio d'acqua. Scopriremo la natura dell'acqua nelle regioni permanentemente in ombra, quanto sia facile accedervi e in che quantità, sia sotto forma di cristalli di ghiaccio oppure legata a minerali: avremo così sufficienti informazioni su come estrarla. Le informazioni sull'esatta natura dell'acqua sui poli della Luna sono così cruciali sia da un punto di vista scientifico che esplorativo che molte altre nazioni stanno pianificando missioni come **VIPER**. C'è per esempio il futuro rover **LUPEX** che nasce dalla collaborazione *Giappone-India*. Per mappare l'acqua sulla Luna **VIPER** è dotato di tre spettrometri (strumenti in grado di identificare la composizione di un materiale in base a come emette o assorbe la radiazione) tra cui uno spettrometro di neutroni che lavorerà per primo per rilevare l'idrogeno, un segno indiretto dell'acqua. Una volta trovata un'area potenzialmente ricca d'acqua, **VIPER** utilizzerà il suo trapano per scavare il terreno fino a un metro sotto la superficie, la maggior profondità raggiunta da qualsiasi missione robotica su un altro mondo. Successivamente, uno spettrometro a infrarossi analizzerà il suolo per determinare se l'idrogeno rilevato viene dal ghiaccio d'acqua o dal gruppo OH legato ai minerali. Poiché i volatili evaporano anche a temperature moderate, alcuni di essi sfuggirebbero al suolo prima che lo spettrometro a infrarossi possa rilevarli: è qui che entra in gioco lo strumento finale di **VIPER**, uno spettrometro di massa che identificherà i volatili fuoriusciti dal suolo che lo attraversano, così come l'anidride carbonica, l'ammoniaca e il metano. **VIPER** dovrà affrontare molte difficoltà: temperature ben al di sotto di  $-180^{\circ}\text{C}$ , un terreno roccioso pieno di ripidi pendii, un Sole vicino all'orizzonte che proietta ombre lunghe e in movimento che il rover deve continuare a evitare se non vuole rischiare il congelamento, visto che non imbarca generatori a radioisotopi come riscaldatori. **VIPER** può sopravvivere all'oscurità completa per poco più di quattro giorni terrestri, mentre una tipica notte lunare dura 14 giorni: per questo motivo dovrà stare in punti di alta quota pre-identificati dove le notti durano solo tre o quattro giorni terrestri. Per esplorare il terreno polare roccioso **VIPER** è in grado di percorrere con facilità pendenze di 15 gradi e, se necessario, anche di 25/30 gradi, si può muovere in qualsiasi direzione, mantenendo i suoi pannelli solari puntati verso il Sole, può sollevare ciascuna delle sue ruote in modo indipendentemente una dall'altra per evitare di rimanere insabbiato. La NASA ha utilizzato dati del suo **Lunar Reconnaissance Orbiter** per scegliere crateri e regioni con pendenze sufficientemente dolci che posseggano una linea di vista verso la Terra per mantenere le comunicazioni e che soddisfino anche tutti gli altri requisiti della missione. Il lander che porterà **VIPER** sul polo sud della Luna non sarà costruito dalla NASA, ma da una società commerciale: **Astrobotic**. Selezionata tramite una procedura di gara come parte del programma **CLPS** della NASA, userà lo **SpaceX Falcon Heavy** per lanciare il suo lander alla fine del 2023. Il fatto che la NASA affidi a un partner commerciale una missione così cruciale mostra la crescente fiducia dell'agenzia nell'affidare ai privati la realizzazione di parti sempre più importanti delle loro missioni. Il costo della missione arriva a \$660 milioni, meno le spese operative. Con **Artemis**, la NASA farà atterrare la prima donna sulla superficie lunare e stabilirà un avamposto permanente sulla Luna in preparazione per le future missioni umane su Marte. **SLS** e la navicella spaziale **Orion** della NASA, insieme al Lander commerciale e al **Gateway** in orbita attorno alla Luna, saranno la spina dorsale della NASA per l'esplorazione dello spazio profondo. **SLS** è l'unico razzo in grado di inviare **Orion**, astronauti e rifornimenti sulla Luna in una singola missione. L'ultimo pezzo dell'hardware del razzo **SLS** (Space Launch System) è stato aggiunto e i tecnici hanno montato lo stadio adattatore per **Orion** alla parte superiore del razzo all'interno del *Vehicle Assembly Building* del KSC. Per completare lo stack di **Artemis I**, verrà aggiunta la capsula **Orion** e il suo **Escape System**. L'adattatore, costruito presso il Marshall Space Flight Center della NASA a Huntsville, in Alabama, collega **Orion** all'**Interim Cryogenic Propulsion Stage** (ICPS), che è stato costruito da *Boeing* e *United Launch Alliance* presso lo stabilimento ULA di Decatur, in Alabama. Durante la missione, l'ICPS accenderà un motore RL10 per la manovra di **TLI** (translunar injection burn), per inviare **Orion** a tutta velocità verso la Luna. L'ICPS si separerà da **Orion** e quindi dispiegherà **10 CubeSat** dotati di propri sistemi di propulsione per raggiungere la Luna e altre destinazioni nello spazio profondo. Tale sistema verrà usato nelle prime 3 missioni, poi l'**Exploration Upper Stage** (EUS), uno stadio più potente con quattro motori RL10, lo sostituirà nelle future missioni **Artemis**. L'EUS può inviare sulla Luna il 40% in più di peso rispetto all'ICPS, carichi come la navicella **Orion** e carichi utili più grandi e più pesanti. **Artemis I** sarà seguito negli anni a venire da una serie di missioni sempre più complesse.

La missione **Lucy** (prende il nome dallo scheletro fossile che ha aiutato gli scienziati a scoprire dove gli umani si inseriscono nella catena evolutiva della vita) della NASA, lanciata nell'ottobre 2021, andrà ad esplorare per la prima volta gli **asteroidi troiani** di

**Giove**, un gruppo di asteroidi che condividono l'orbita di Giove attorno al Sole. Durante la missione la sonda visiterà sette asteroidi troiani tra il 2027 e il 2033, più un asteroide bonus della fascia principale nel 2025. Asteroidi, comete e altri piccoli mondi sono testimoni della formazione del nostro sistema solare. Da dove veniamo? Potrebbero essere loro a rispondere alla domanda. Non sappiamo esattamente cosa sia successo sulla Terra, il tempo e l'attività geologica hanno cancellato gran parte del nostro passato. Gli asteroidi, tuttavia, hanno fluttuato nello spazio per lo più intatti, fungendo da fossili pronti a svelare i segreti della nostra origine. In particolare i Troiani potrebbero essersi formati più lontano prima di essere catturati dalla gravità di Giove. Sono divisi in due gruppi sull'orbita di Giove, a  $60^{\circ}$  prima e dopo il pianeta. Per visitare entrambi i gruppi, **Lucy** dovrà volare su un'orbita allungata attorno al Sole che la porterà approssimativamente tra la Terra e Giove. Dopo il lancio **Lucy** sorvolerà la Terra due volte per deviare la sua traiettoria e sorvolare un obiettivo scientifico nell'aprile 2025: l'asteroide della fascia principale **Donald Johnson** (diametro di circa 4 km), che prende il nome da uno dei co-scopritori del fossile **Lucy**. Il primo viaggio di **Lucy** su Giove la porterà attraverso lo sciami principale di asteroidi Troiani noti collettivamente come il *campo greco*. La navicella sorvolerà **Eurybates** e la sua luna **Queta** nell'agosto 2027, **Polymele** nel settembre 2027, **Leucus** nell'aprile 2028 e **Orus** nel novembre 2028. Quindi, **Lucy** ricadrà verso la Terra prima di tornare su Giove e visitare il gruppo finale chiamato il *campo di Troia*. In questo viaggio, **Lucy** visiterà **Patroclo** (diametro di circa 113 km) e l'asteroide compagno **Menoetius** nel marzo 2033. Si completerà così la missione principale di **Lucy**, tuttavia, la navicella rimarrà in un'orbita stabile tra la Terra e Giove, offrendo opportunità per una missione estesa. La missione è costata circa 989 milioni di \$ spesi in 16 anni. Restando in tema di asteroidi non possiamo non parlare della missione **NEOSurveyor** della NASA che verrà lanciata nel 2026 per scovare oggetti vicini alla Terra, i famosi *NEO* (Near Earth Object), asteroidi e comete con orbite che si avvicinano alla Terra. La Terra è bombardata ogni giorno da minuscole rocce spaziali chiamate meteorite, la maggior parte delle quali bruciano nella nostra atmosfera. Vi sono però casi come quella del meteorite esploso su Chelyabinsk, in Russia nel 2013, con gravi danni agli edifici. Ma ne esistono altri che potrebbero causare devastazioni globali: 65 milioni di anni fa i dinosauri sono morti per questo. Fortunatamente la NASA e altre agenzie spaziali stanno lavorando a test per deviare gli oggetti vicini alla Terra se in rotta per colpire il nostro pianeta. Solo che per poter fermare **NEO** bisogna trovarlo!. Nel 2005, il Congresso degli Stati Uniti ha ordinato alla NASA di trovare il 90% dei 25.000 NEO stimati più grandi di 140m, soglia considerata in grado di radere al suolo un'intera città. In questo momento, i telescopi terrestri sono il mezzo principale per rilevare i NEO, ma hanno dei limiti, non possono cercare in caso di maltempo e non ce ne sono abbastanza nell'emisfero australe. Inoltre, poiché non possono scansionare il cielo durante il giorno, molti oggetti provenienti da direzioni vicine al Sole spesso non vengono rilevati. Indispensabile quindi parcheggiare un telescopio spaziale tra la Terra e il Sole a scansionare le regioni dello spazio che non possiamo vedere bene dalla Terra. Questo è il compito di **NEOSurveyor**, la missione di sorveglianza degli oggetti Near-Earth della NASA che verrà lanciata nella prima metà del 2026 e in 10 anni raggiungerà l'obiettivo di trovare il 90% degli oggetti di 140m vicini alla Terra. Trovare e studiare questi oggetti non solo ci aiuterà a capire se qualcuno è in rotta di collisione con la Terra, ma anche come deviarlo: La missione **DART**, il *Double Asteroid Redirection Test* della NASA (progetto costato \$324,5 milioni), potrebbe rispondere alla nostra domanda e sperimentare per la prima volta una tecnica di deflessione degli asteroidi. **DART** è stata lanciata nel novembre 2021 a bordo di un razzo **SpaceX Falcon 9** dalla *Vandenberg Space Force Base* in California e arriverà al sistema **Didymos** (780m **Dimorphos**(160m) nel settembre 2022. La navicella spaziale non rallenterà, schiantandosi intenzionalmente contro **Dimorphos** la piccola luna dell'asteroide. L'impatto dovrebbe cambiare il tempo impiegato da **Dimorphos** per orbitare attorno a **Didymos**, dimostrando che la tecnica dell'impatto cinetico funziona. **DART** è un veicolo spaziale piccolo, largo appena un metro su tutti i lati, con due pannelli solari che si estendono fino a circa 12m. **DART** usa la propulsione elettrica, generando un flusso di ioni carichi per creare una spinta lenta ma continua. Il veicolo spaziale userà dei gravity assist dalla Terra per raggiungere l'asteroide **Didymos**, sorvolando lungo la strada anche un altro asteroide chiamato *2001-CB21*. L'unico strumento scientifico di **DART** è una telecamera ad alta risoluzione chiamata **DRACO**, utilizzata anche per la navigazione. Si basa su una telecamera simile messa a bordo della navicella spaziale **New Horizons** della NASA. Cinque giorni prima dell'arrivo, **DART** dispiegherà un **CubeSat** costruito dall'Agenzia Spaziale Italiana per osservare l'impatto. Il veicolo spaziale principale sarà troppo lontano dalla Terra perché i controllori di volo possano operare in tempo reale, quindi passerà a una modalità di navigazione autonoma 4 ore prima dell'impatto. Le immagini di **DRACO** aiuteranno il computer della navicella a distinguere tra **Didymos** e **Dimorphos** e ad orientarsi verso quest'ultimo. **DART** si schianterà contro **Dimorphos** a una velocità di 6,6 Km al secondo. L'impatto dovrebbe cambiare il periodo orbitale di **Dimorphos** intorno a **Didymos** da 11,9 a 11,8 ore, una differenza di soli 4,2 minuti. Questo avvicinerà leggermente **Dimorphos** a **Didymos**. Due anni dopo l'impatto di **DART** a **Dimorphos**, l'Agenzia spaziale europea lancerà una missione chiamata **Hera** per studiare in profondità **Didymos** e **Dimorphos**. Ciò consentirà agli scienziati di analizzare il cratere da impatto di **DART** e comprendere il pieno effetto della missione.

Il capitano **Kirk** (StarTrek) (William Shatner 90 anni), ha raggiunto l'ultima frontiera (107Km) a bordo della **New Shepard** costruita da *Jeff Bezos*. Il volo è durato poco più di 10 minuti. "Quello che mi hai dato è un'esperienza profonda, spero di non riprendermi mai da questo.", con queste parole W.Shatner ringraziava J.Bezos per l'incredibile e indimenticabile esperienza