

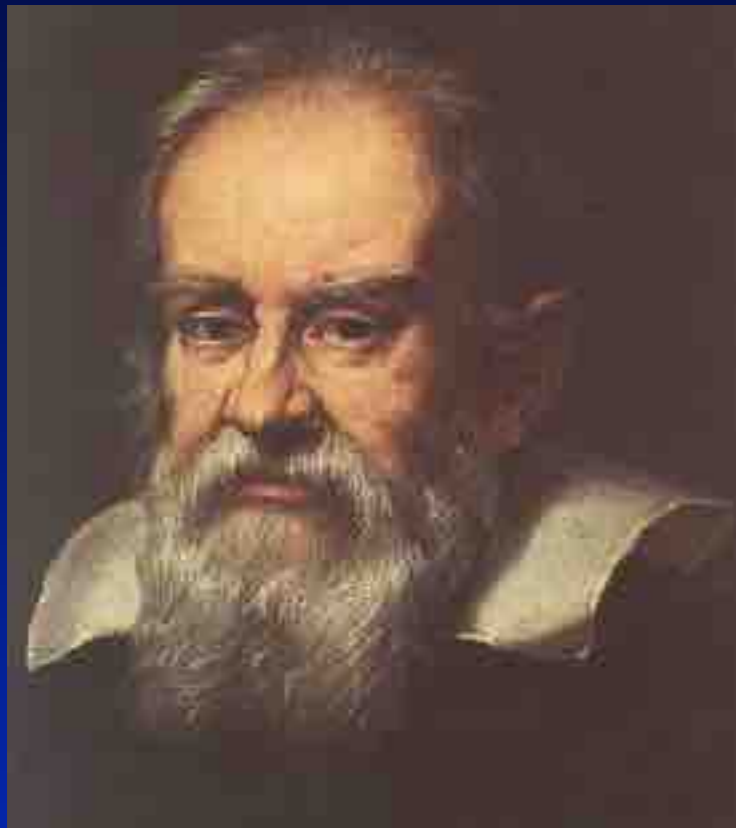


De James Webb Space Telescope

Edwin Mathlener

27 oktober 2023

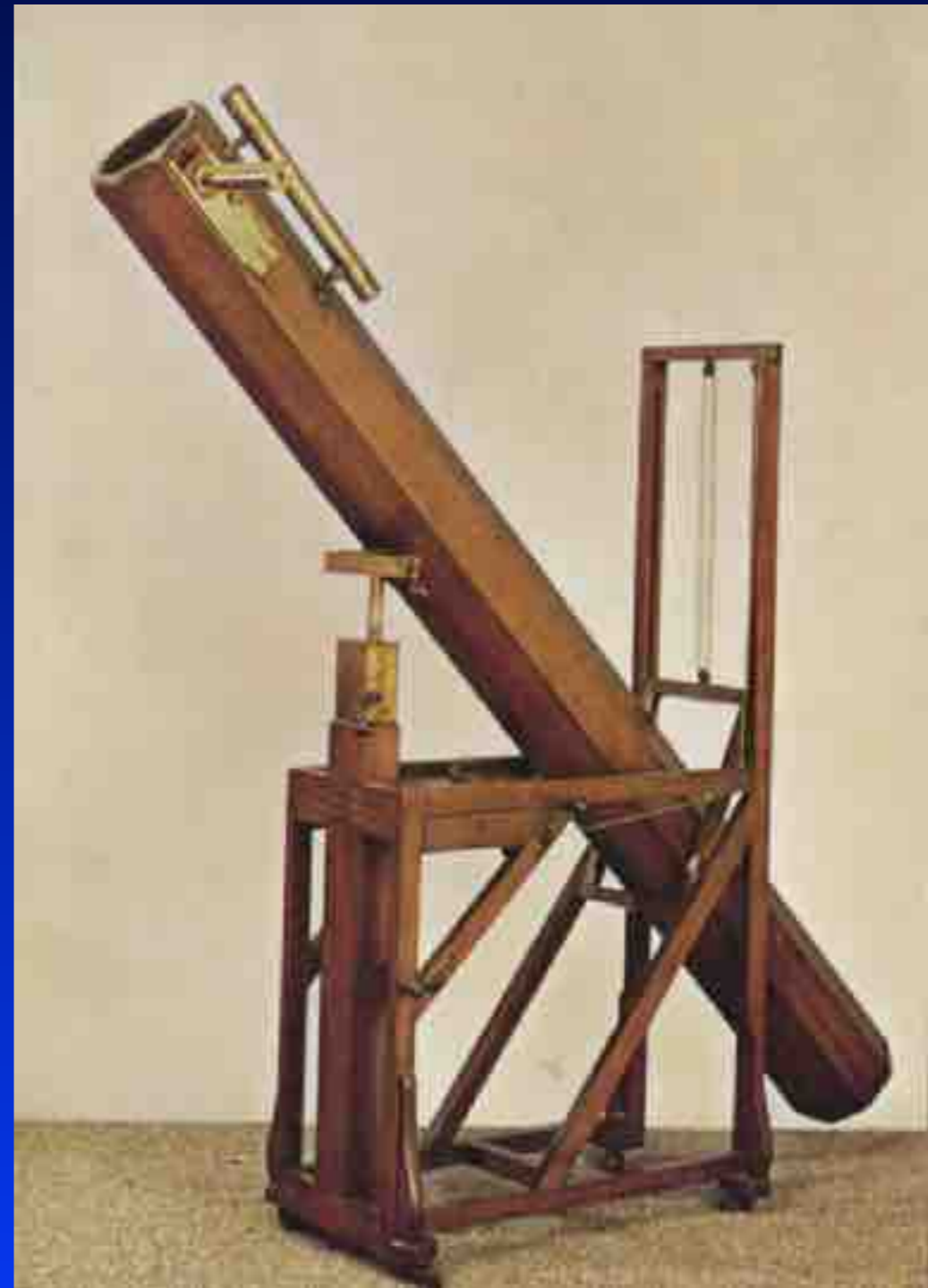
1609 Galileo Galilei



1672 Isaac Newton



Lenzen en spiegels



Lenzen en spiegels

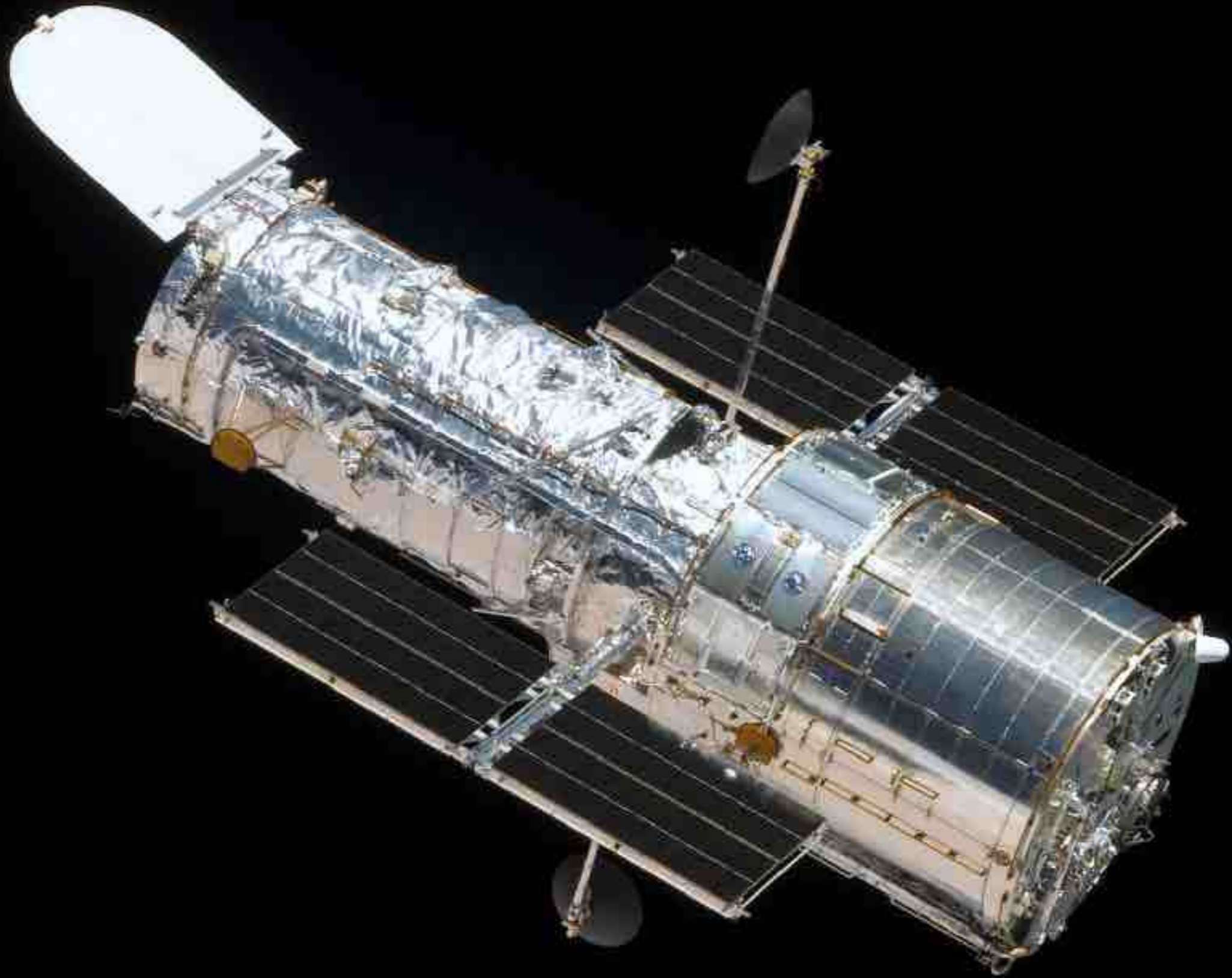


Waarom de ruimte in?

- Telescopen op aarde hebben last van de dampkring
- Luchtonrust versmeert het beeld
- Dampkring houdt interessante straling tegen: infrarood en ultraviolet
- Boven de dampkring is de hemel altijd helder en donker!

Hubble-telescoop

- Bedacht in de jaren zeventig, gelijk met space shuttle
- Moest in laadruim van shuttle passen voor lancering en terughalen naar aarde
- Onderhoud in de ruimte mogelijk
- Kostbaar prestige project: ~ 1 miljard dollar
- Met nieuwe technieken veel grotere telescopen op aarde mogelijk die ook scherp kunnen kijken



Hubble-telescoop

- Lancering in 1990
- Kijkt in nabij-infrarood, zichtbaar licht en nabij-ultraviolet
- Reparaties in 1993, 1997, 1999, 2002, 2009
- Nu geen reparaties meer mogelijk, maar mogelijk nog in bedrijf tot 2030-2040
- Missie met SpaceX wordt overwogen om hem naar hogere baan te brengen

Opvolger Hubble?

- Eerste ideeën al in jaren '80 maar serieuze plannen vanaf 1996: Next Generation Space Telescope
- Grotere ruimte-telescoop met zelfde bereik?
- Niet nodig: in nabij-infrarood en zichtbaar licht zijn grote aardse telescopen een beter alternatief!
- Ruimtetelescopen blijven nodig voor golflengten die we op aarde niet kunnen zien.
- Opvolger Hubble is bedoeld om beter in dieper infrarood te kunnen kijken.

Doel

- Scherpere beelden en spectroscopie dieper in het infrarood
- Verre objecten met grote roodverschuiving (eerste sterren en sterrenstelsels)
- Ontstaan en dood van sterren, verstoort in stofwolken
- Planeten bij andere sterren, detectie en spectroscopie

Eisen aan zo'n telescoop

- Gekoelde telescoop en instrumenten voor grote gevoeligheid in infrarood
- Constante lage temperatuur door zonnescild en evt. actieve koeling
- Grote hoofdspiegel, opvouwbaar
- Kan niet in baan om aarde dus in L2 Lagrange-punt
- Geen onderhoudsmissies nodig

Opvolger Hubble

- Eerste plannen 8 meter telescoop voor 500 miljoen US\$
- 2002: 6 meter telescoop, vernoemd naar James Webb (2e NASA-administrator, 1961-1968)
- 2003-2007: Ontwerp krijgt vorm maar kosten stijgen tot 4,5 miljard US\$, lancering in 2011-2013?
- 2005: ESA draagt bij met 300 miljoen Euro inclusief lancering
- 2007: Canada doet ook mee met 39 miljoen CA\$

JWST

- Bouw start echt in 2007, lancering gepland in 2014
- Problemen bij ontwerp en constructie verdubbelen de kosten tot 9,7 miljard dollar en lancering wordt steeds later gepland: uiteindelijk 2021
- Diverse malen dreigt het project gecancelled te worden, maar het is te groot geworden om te falen
- Veel impact op andere NASA plannen

Lancering!

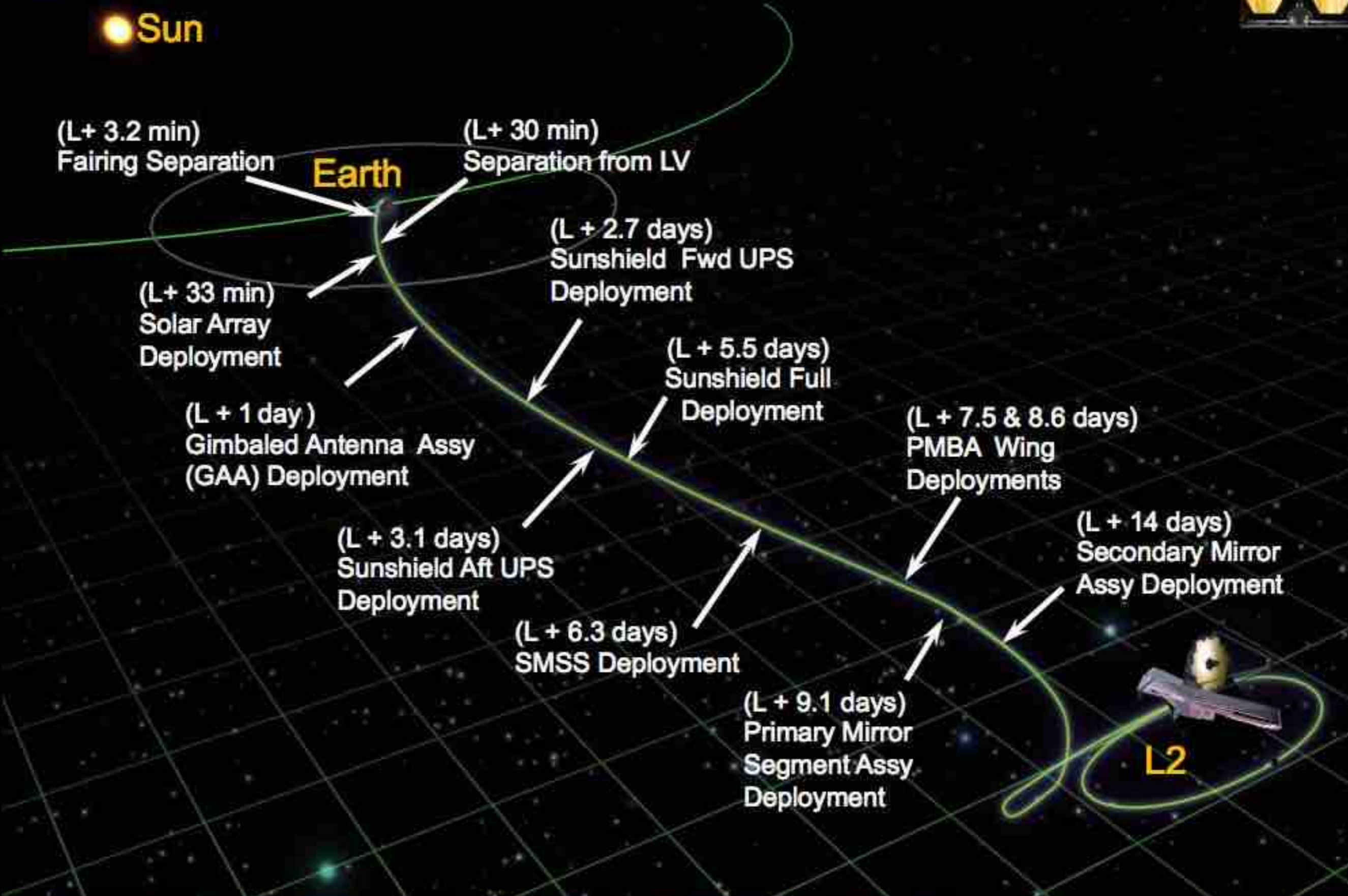
- Lancering op 25 december 2021 met Ariane 5
- Twee weken nodig om telescoop uit te vouwen en naar Lagrange L2 punt te brengen, 1,5 miljoen km van de aarde
- Daar in wijde semi-stabiele baan gebracht met periode van 6 maanden
- Houdt telescoop buiten schaduw van aarde en maan
- Zonnescherm houdt telescoop onder 50 K

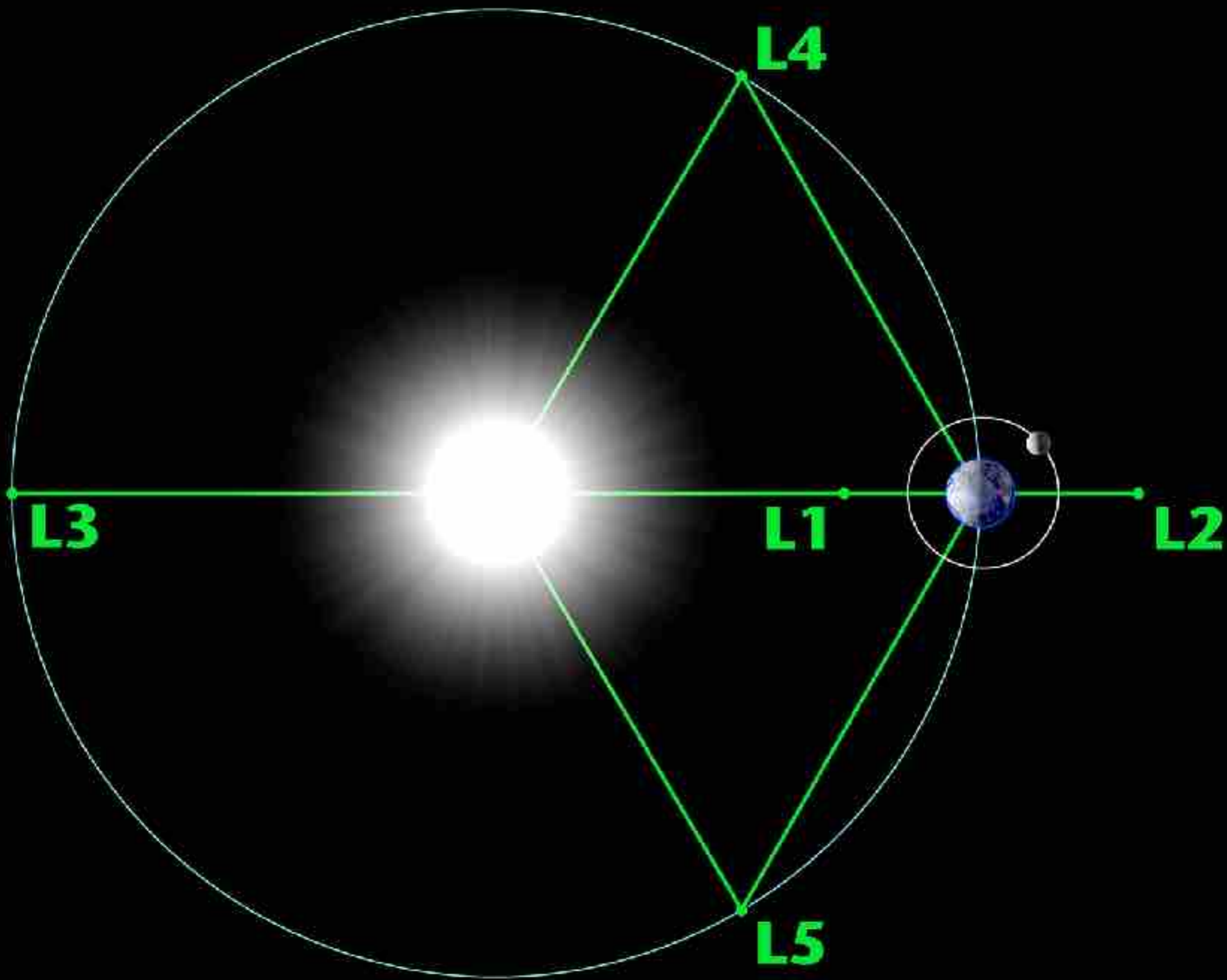


JWST Launch/Deployment Timeline



● Sun

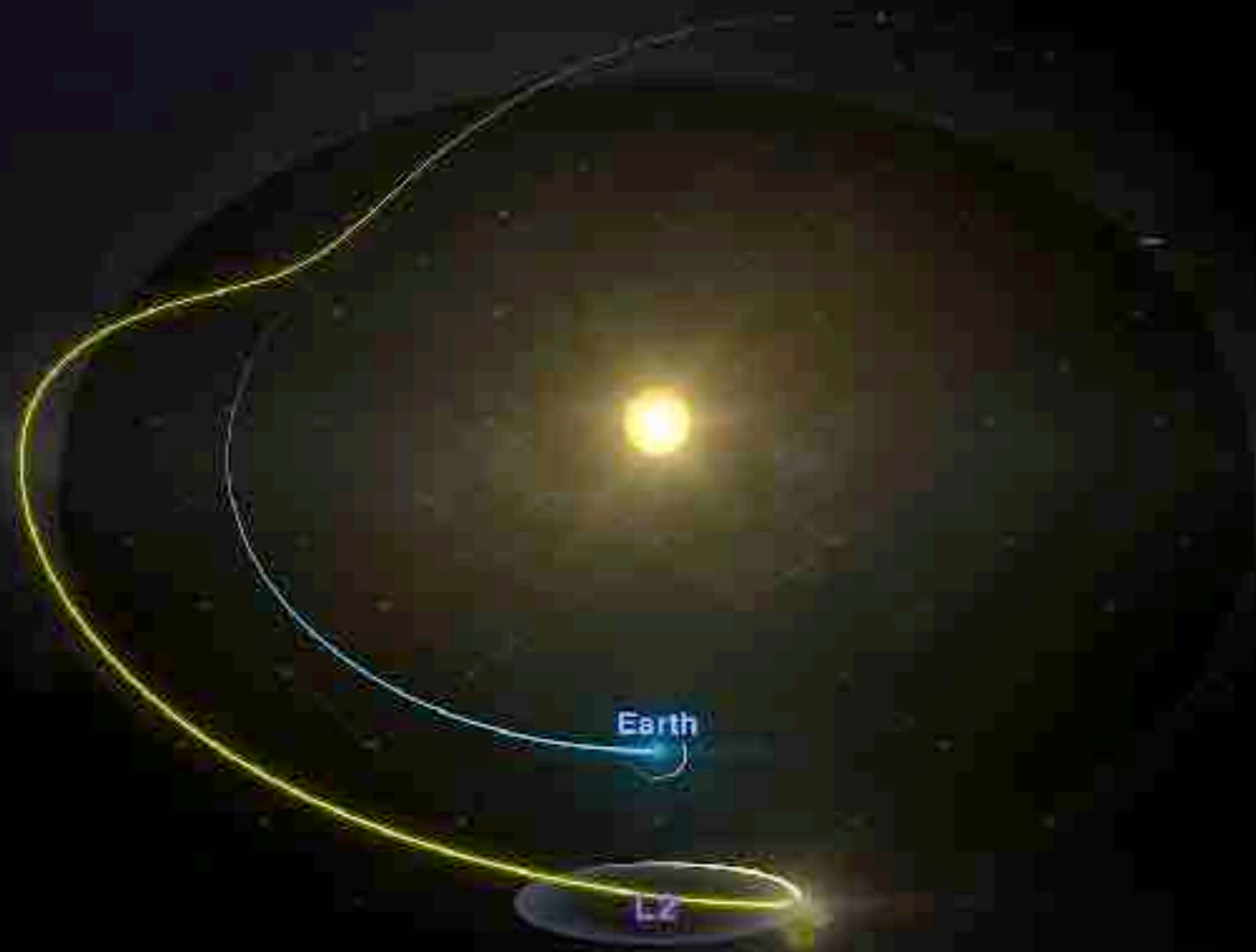




In gebruik name

- 24 januari 2022 op juist plek in L2
- Op 12 januari al begonnen met uitlijnen van spiegels
- 3 februari: eerste licht voor NIRCam
- 25 februari: uitlijning klaar (op 50 nm nauwkeurig)
- Telescoop koelt verder af, veel testen
- 12 juli: presentatie eerste kleurenfoto's; start wetenschappelijk programma





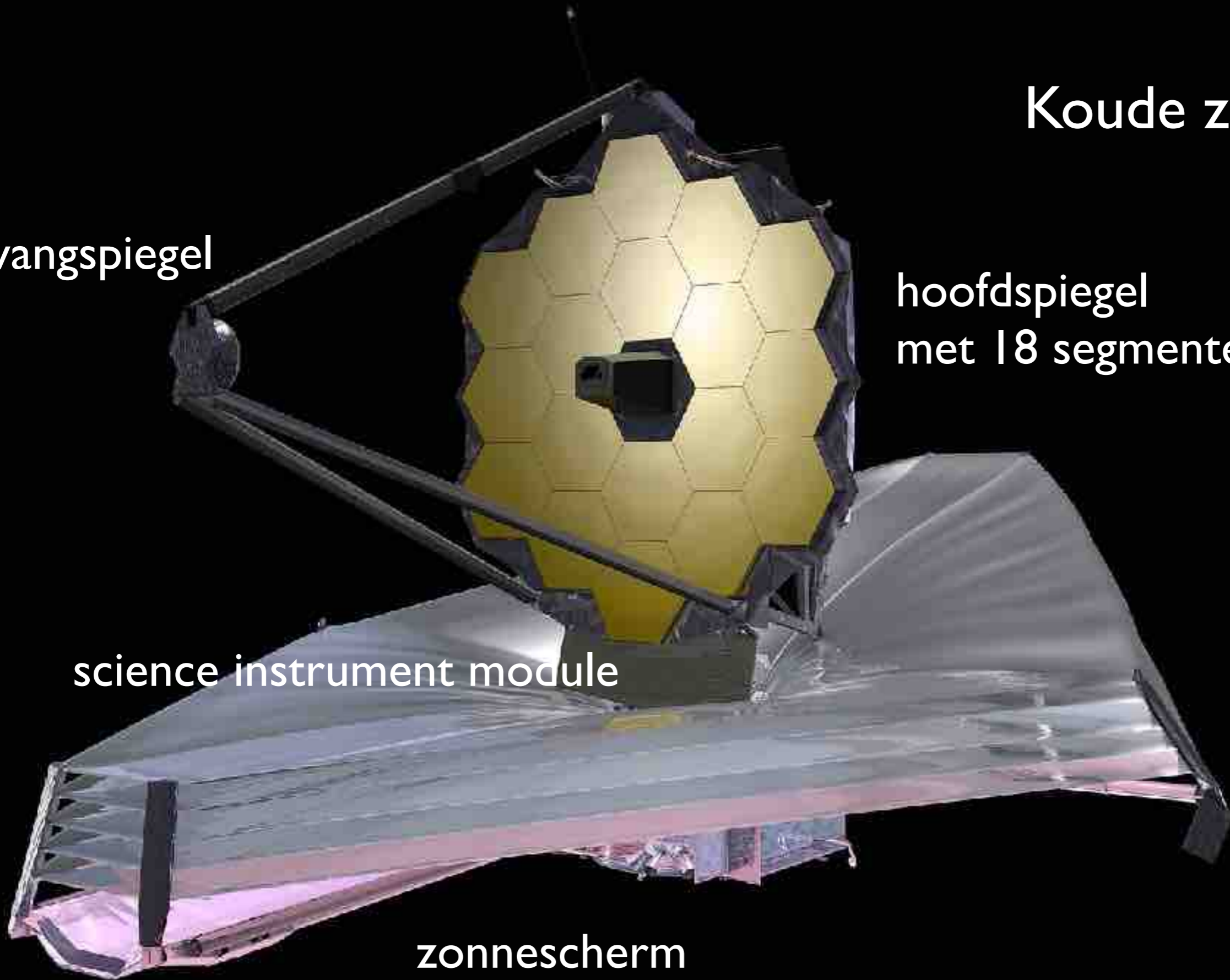
vangspiegel

Koude zijde

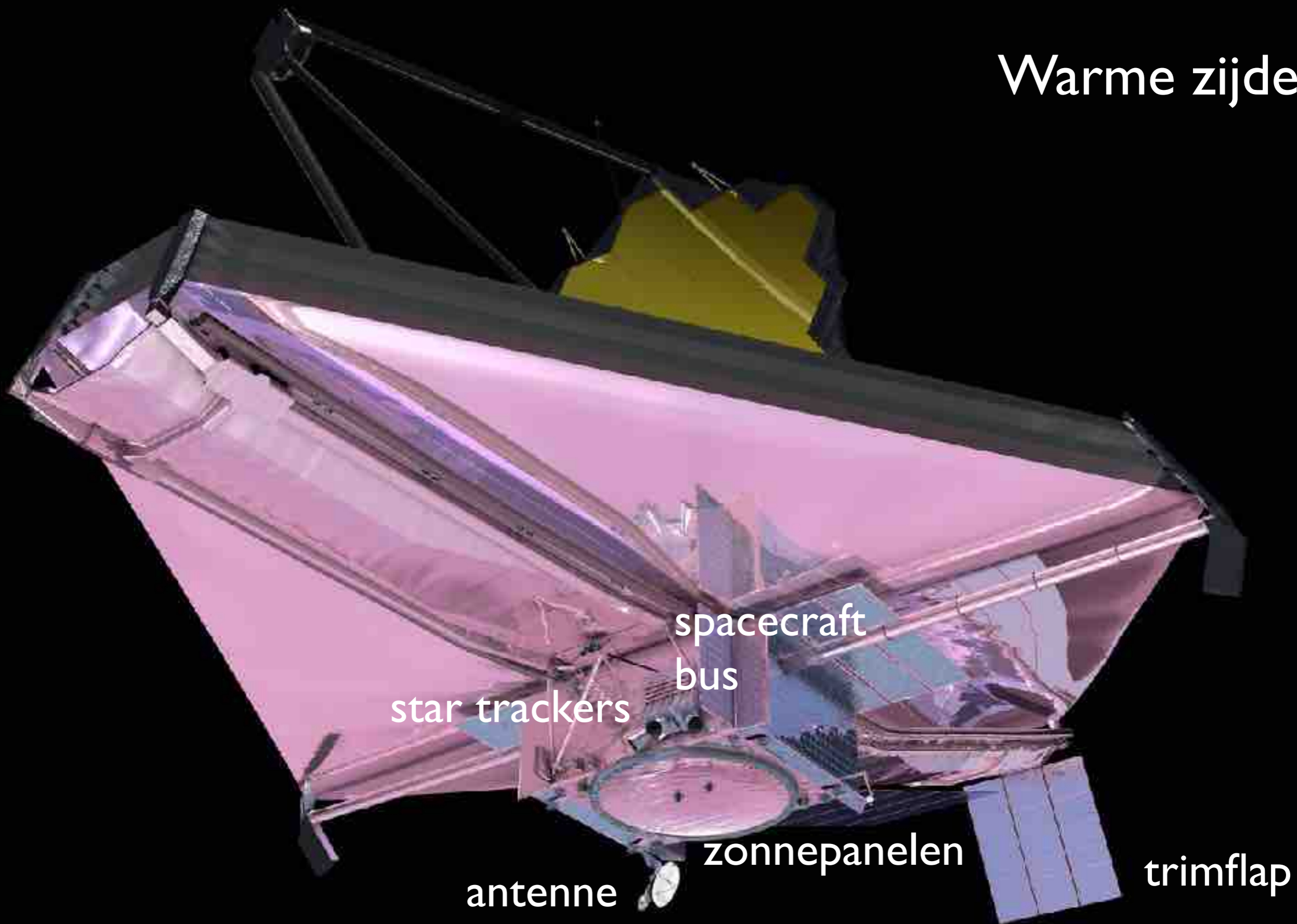
hoofdspiegel
met 18 segmenten

science instrument module

zonnescherm



Warme zijde



spacecraft
bus

star trackers

zonnepanelen

antenne

trimflap

Zonneschermb

- 14,16 x 21,20 meter
- 5 lagen Kapton E folie met aluminium coating
- Voor lancering op speciale wijze 12x gevouwen
- Koelt telescoop tot onder 50 K
- Beperkt hoe telescoop gericht kan worden: 40% op ieder moment, hele hemel in 6 maanden

Spacecraft bus

- Zit aan warme zijde zonnenscherm
- Computers, communicatie, energievoorziening, aandrijving, ondersteuning
- Massa 350 kg en draagt telescoop van 6200 kg
- 2 paar raketmotoren voor baan naar L2 en correcties rond L2
- Gyroscopen en reactiewielen voor standregeling

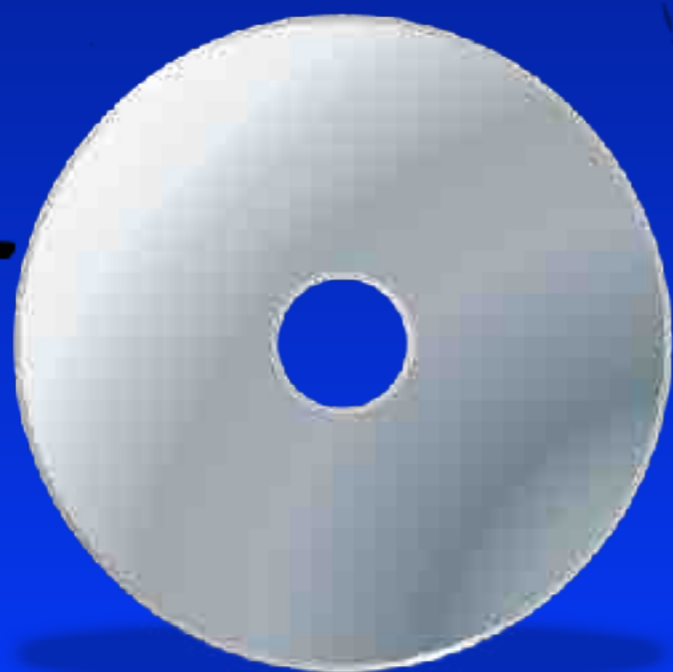
Telescoop

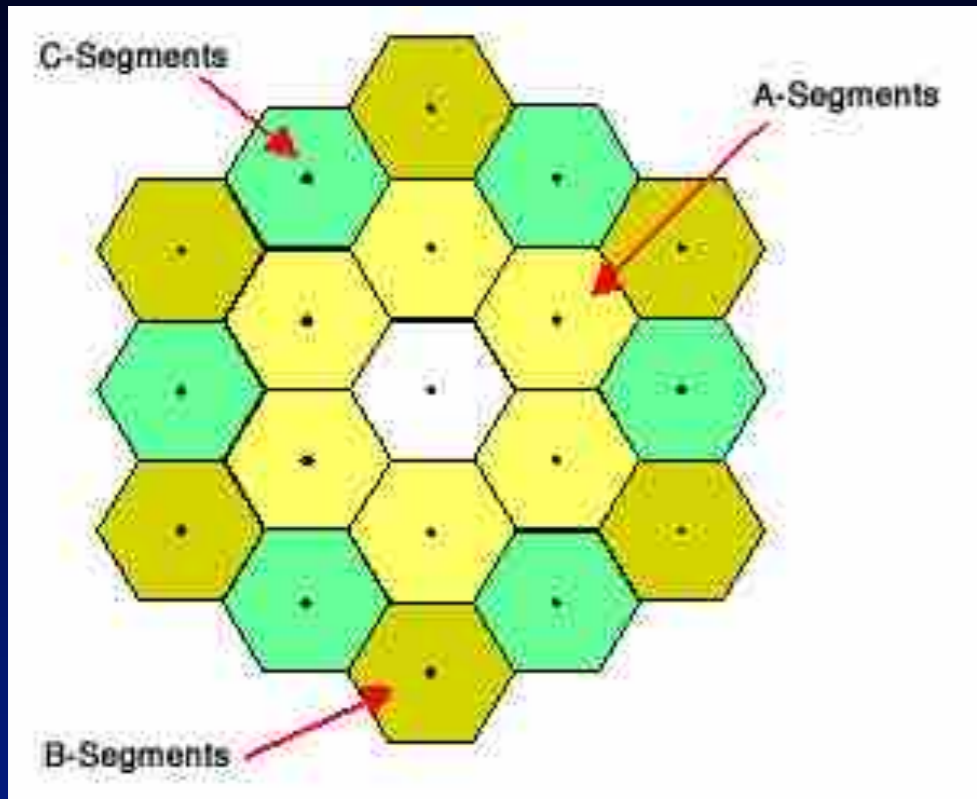
- 6,5 meter hoofdspiegel, oppervlak 25,4 m²
- 18 zeshoekige spiegels, 3 verschillende vormen
- Beryllium met goud coating (sterk en licht)
- Vangspiegel kaatst licht naar derde spiegel, die astigmatisme herstelt en zorgt voor vlak veld met groot beeldveld
- Zorgvuldige uitlijning nodig (op 50 nm nauwkeurig)

JWST



Hubble





Instrumenten

- NIRCam (Near Infrared Camera)
- NIRSpec (Near Infrared Spectrograph)
- MIRI (Mid-Infrared Instrument)
- FGS/NIRISS (Fine Guidance Sensor and Near Infrared Imager and Slitless Spectrograph)
- Alle gehuisvest in Integrated Science Instrument Module (ISIM) onder telescoop

NIRCam

- Bereik: 0,6 μm (rand visueel) – 5 μm (nabij IR)
- 10 sensoren van elk 4 megapixel
- Ook gebruikt voor uitlijnen en scherpstellen
- Gebouwd door team geleid door University of Arizona
- Coronograaf kan heldere objecten afschermen



NIRSpec

- Bereik: 0,6 μm (rand visueel)
 - 5 μm (nabij IR)
- Gebouwd door ESA in ESTEC
- 3 methoden:
 - lage resolutie met prisma
 - $R \sim 1000$ multi-object modus met tralie
 - $R \sim 2700$ integraal veld of lange spleet spectroscopie modus, met tralie



MIRI

- Bereik: 5 μm (nabij IR)
– 27 μm (lang IR)
- Mid-IR camera
- Imaging spectrometer
- Gebouwd door samenwerking van NASA en Europese landen, waaronder Nederland
- Mag niet warmer dan 6 K, actieve helium koeling
- Coronograaf kan heldere objecten afschermen
- Door MIRI is JWST ook opvolger ISO en Spitzer



FGS/NIRISS

- Volgsysteem om telescoop gericht te houden
- Stuurt telescoop en spiegel voor beeldstabilisatie
- Nabij IR camera and spleetloze spectrograaf
- Bereik $0,8 \mu\text{m}$ (rand visueel) – $5 \mu\text{m}$ (nabij IR)
- Gebouwd in Canada



Vergelijking HST/JWST

- HST WFC3: visueel – 1,7 μm
- HST NICMOS: 0,8 – 2,4 μm
- JWST (m.u.v. MIRI): 0,6 μm (rand visueel) – 5 μm
- JWST MIRI: 5 – 27 μm

Problemen

- Mei 2022: Inslag van micrometeoriet op spiegel, die opnieuw afstellen nodig maakte.
- 24 aug 2022: technisch probleem met medium resolutie spectrograaf van MIRI - te hoge wrijving in een wiel om te schakelen tussen golflengte gebieden.
8 okt 2022: oplossing gevonden.
- 15 jan 2023: communicatieprobleem met NIRISS veroorzaakt softwarefout. Werkte tijdelijk alleen als camera. Oorzaak: kosmisch stralingsdeeltje.
- april 2023: De MRS waarneemmodus van MIRI ontvangt minder licht dan gewenst, waardoor langere belichting nodig is. Rest van MIRI werkt normaal.

Eerste resultaten

- 12 juli 2022: presentatie eerste kleurenfoto's:
 - Carinanevel
 - zuidelijke ringnevel
 - JWST deep field
 - Stephan's quintet
 - Spectrum exoplaneet WASP-96b
- Sindsdien nog meer gepresenteerd ...



Carinaelevel (NIRCam)

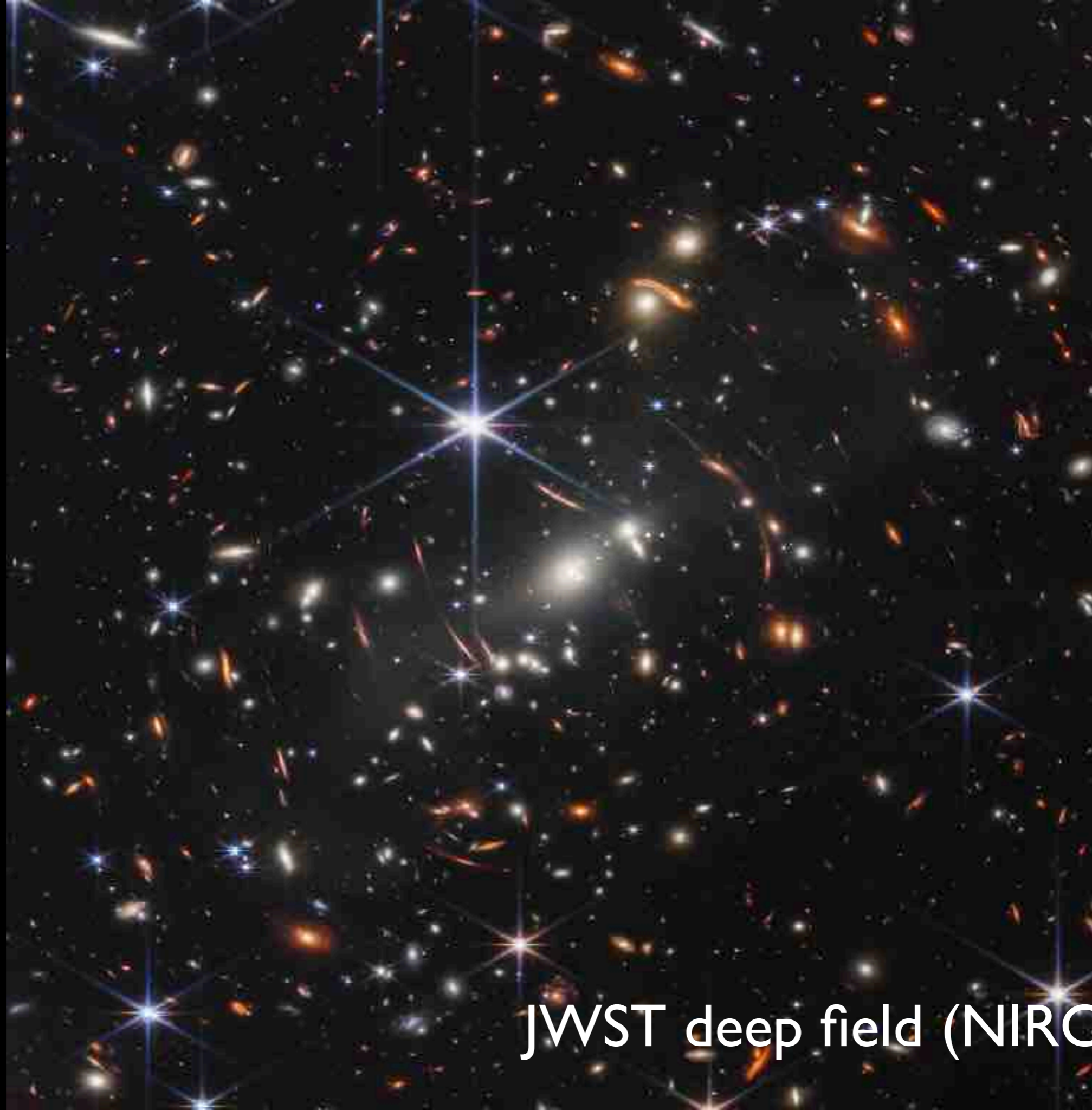
NIRCam



MIRI



zuidelijke ringnevel



JWST deep field (NIRCam)



Stephan's quintet (NIRCam en MIRI)

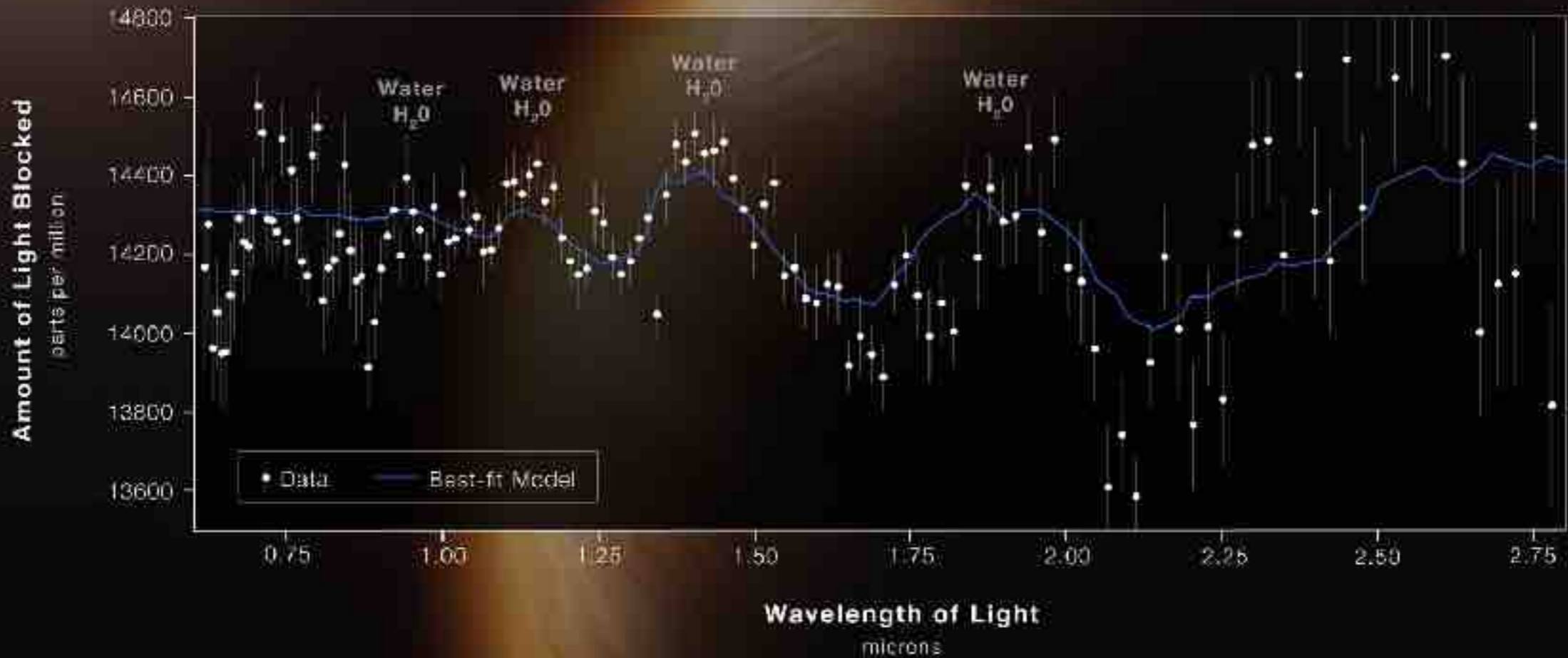


Stephan's quintet (JWST en ALMA)

HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-96 b

ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRISS | Single-Object Slitless Spectroscopy

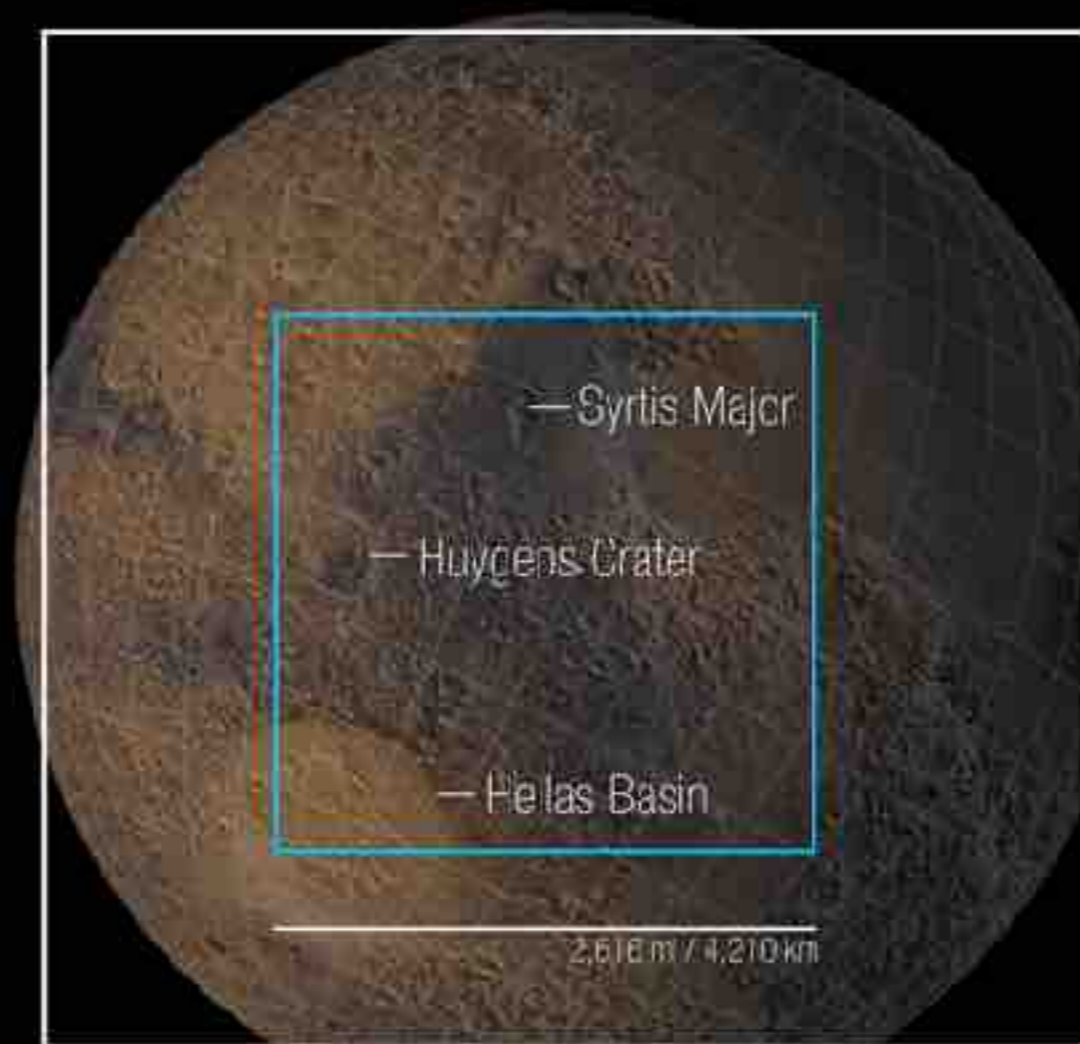


Zonnestelsel

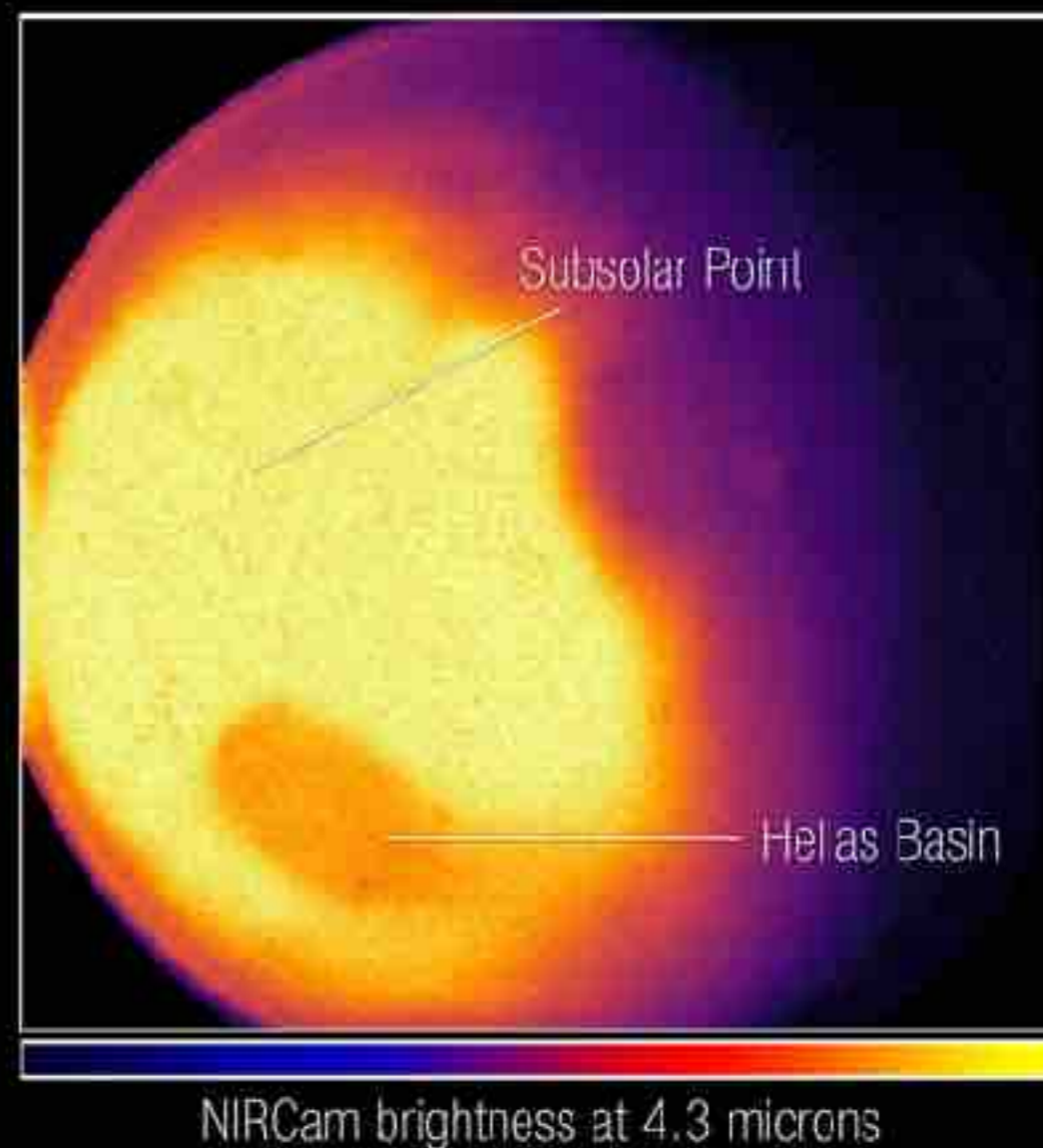
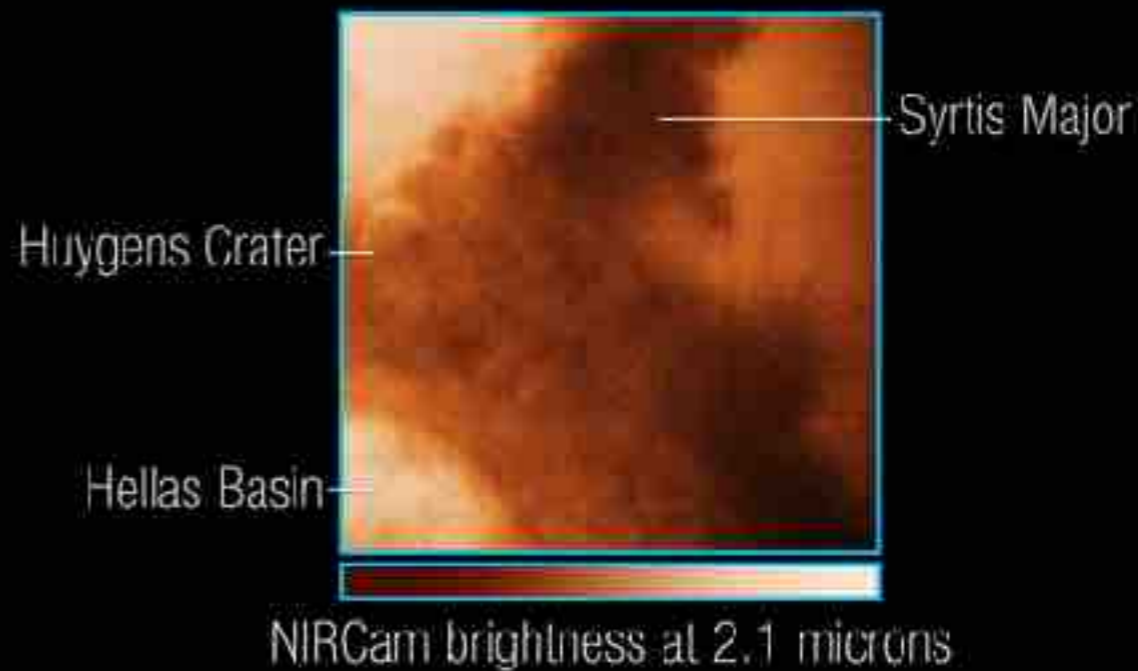
Mars

James Webb Space Telescope

NIRCam - September 5, 2022



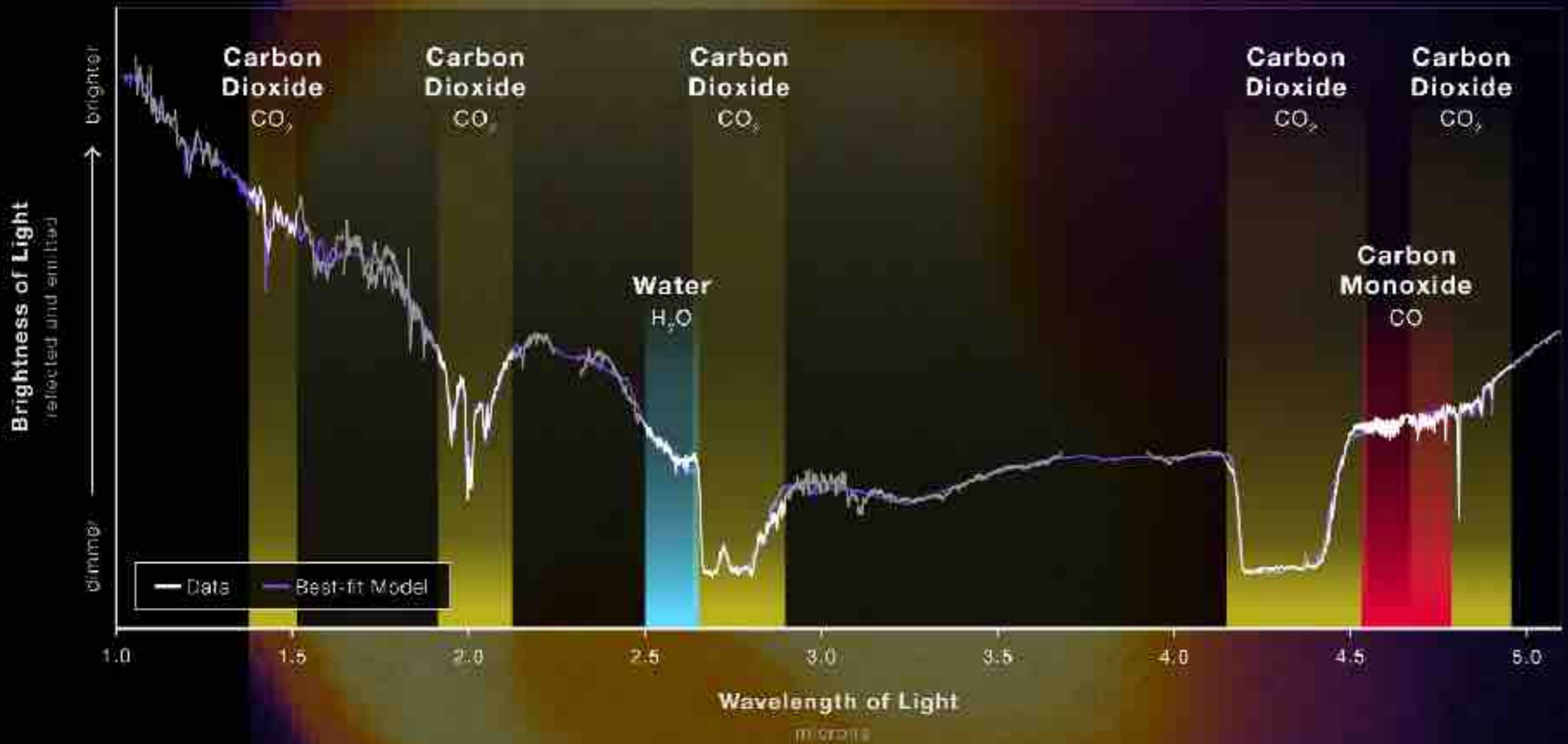
Simulated Mars image with base maps
from NASA and MOLA data



MARS

ATMOSPHERE COMPOSITION

NIRSpec | Fixed Slit Spectroscopy



WEBB
SPACE TELESCOPE



Jupiter (NIRCam)

Northern Aurora



Amalthea

Adrastea

Rings

Diffraction Spike
from Io

Rings

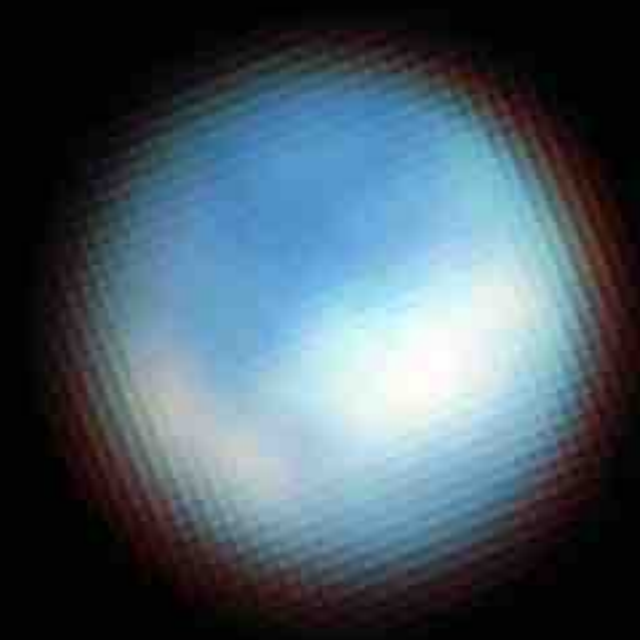
Aurora's Diffraction

Southern Aurora

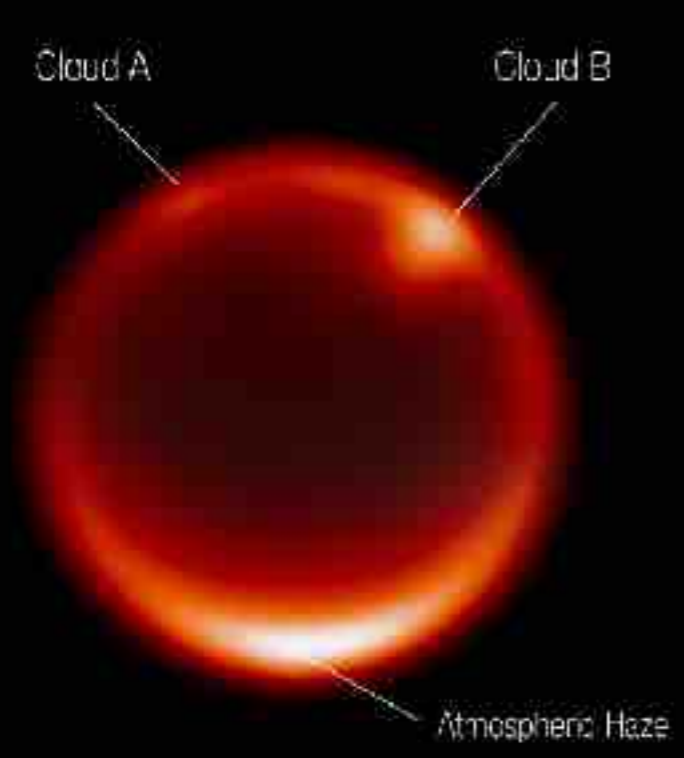
Aurora's Diffraction

Jupiter (NIRCam)

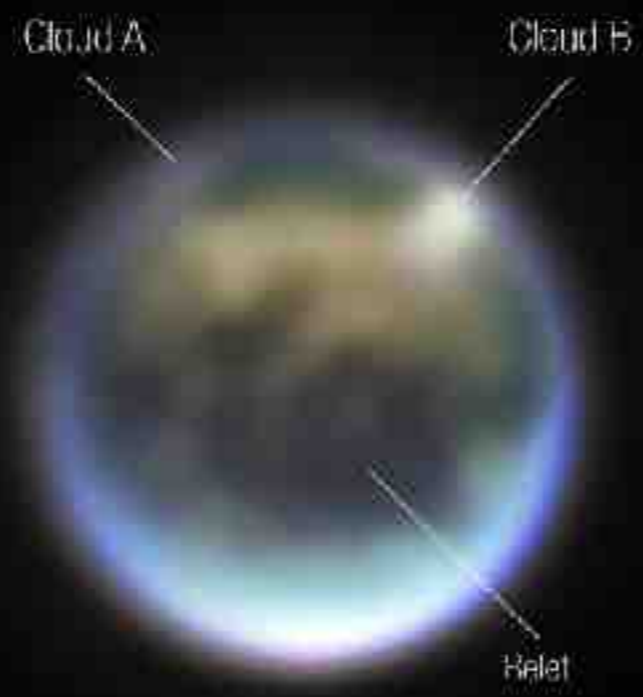
Koolstof gevonden op Europa.
Relatie met oceaan onder ijs.
Nog geen pluimen gezien.



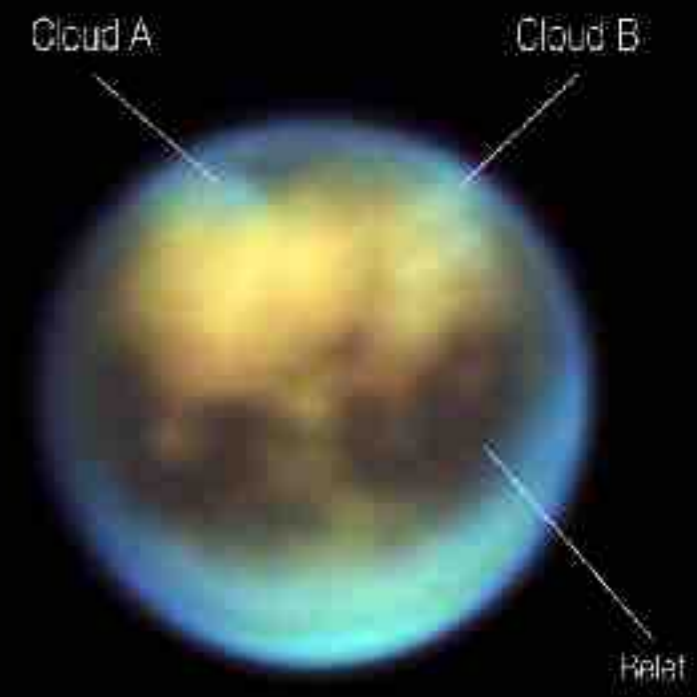
(NIRCam)



lower atmosphere and clouds



4 Nov 2022
Webb NIRCam



6 Nov 2022
Keck NIRC-2

Titan

Enceladus (NIRSpec)

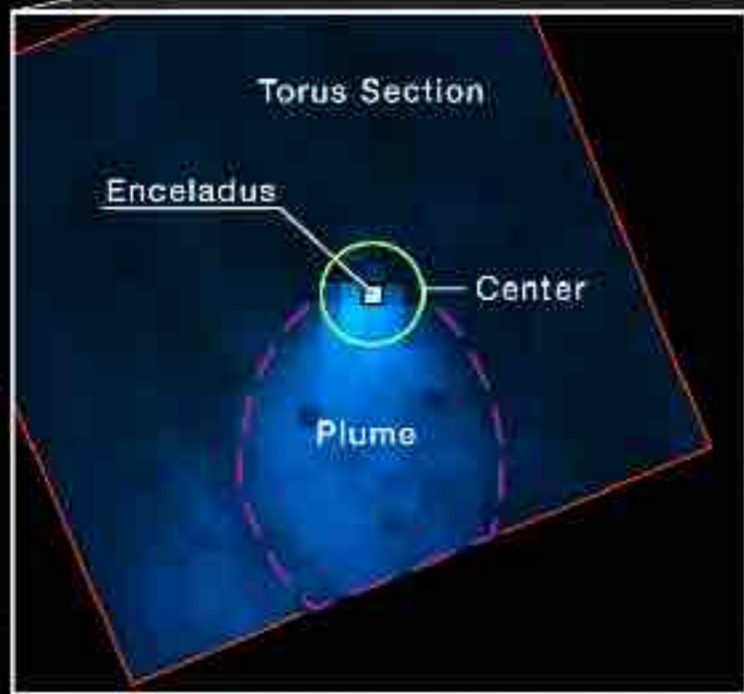


Enceladus [Cassini]

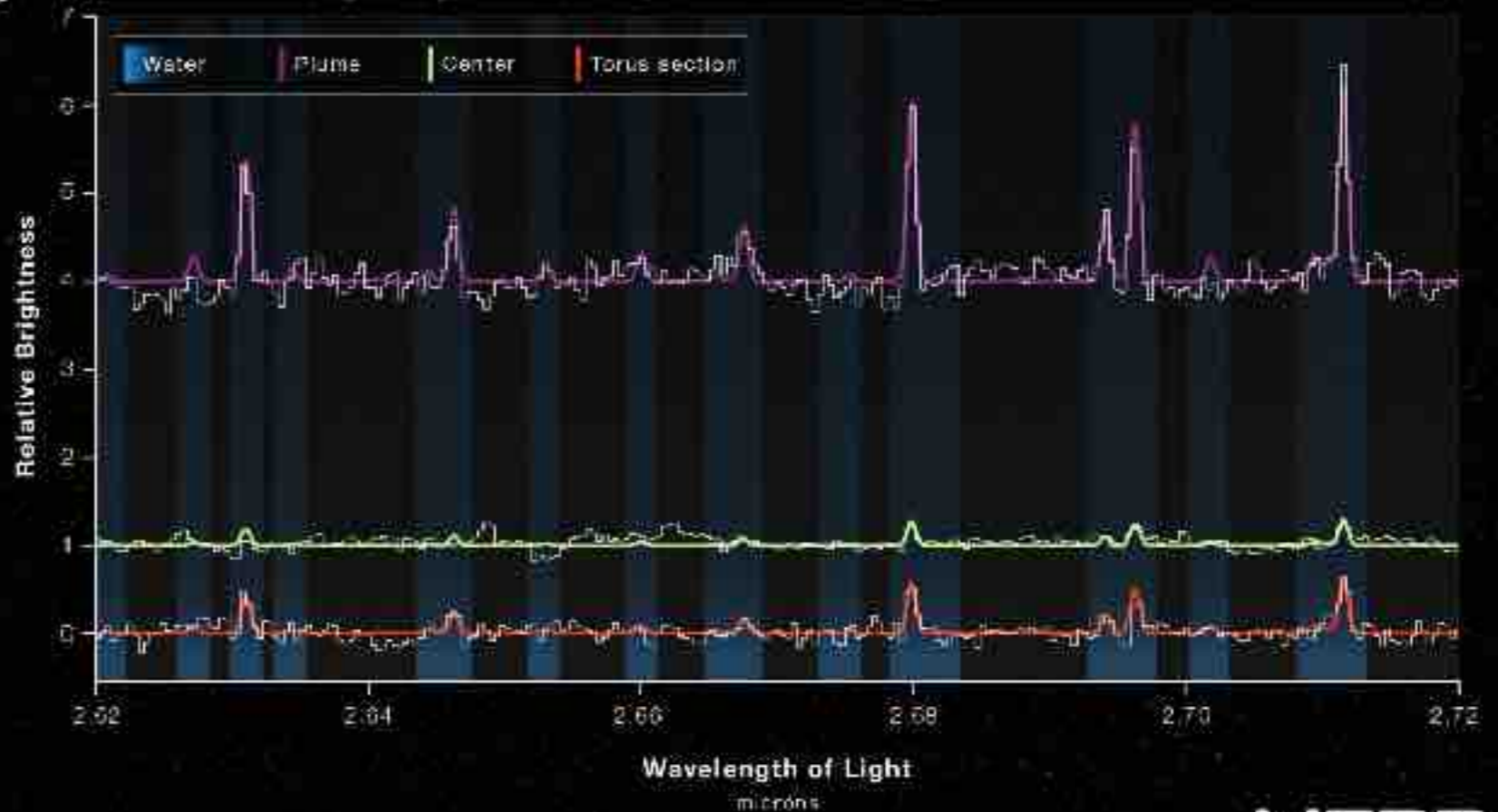


plume [Webb]

WATER EMISSION SPECTRUM



Plume/Torus Model and Extracts





Uranus (NIRCam)



Ariel

Puck

Miranda

Umbriel

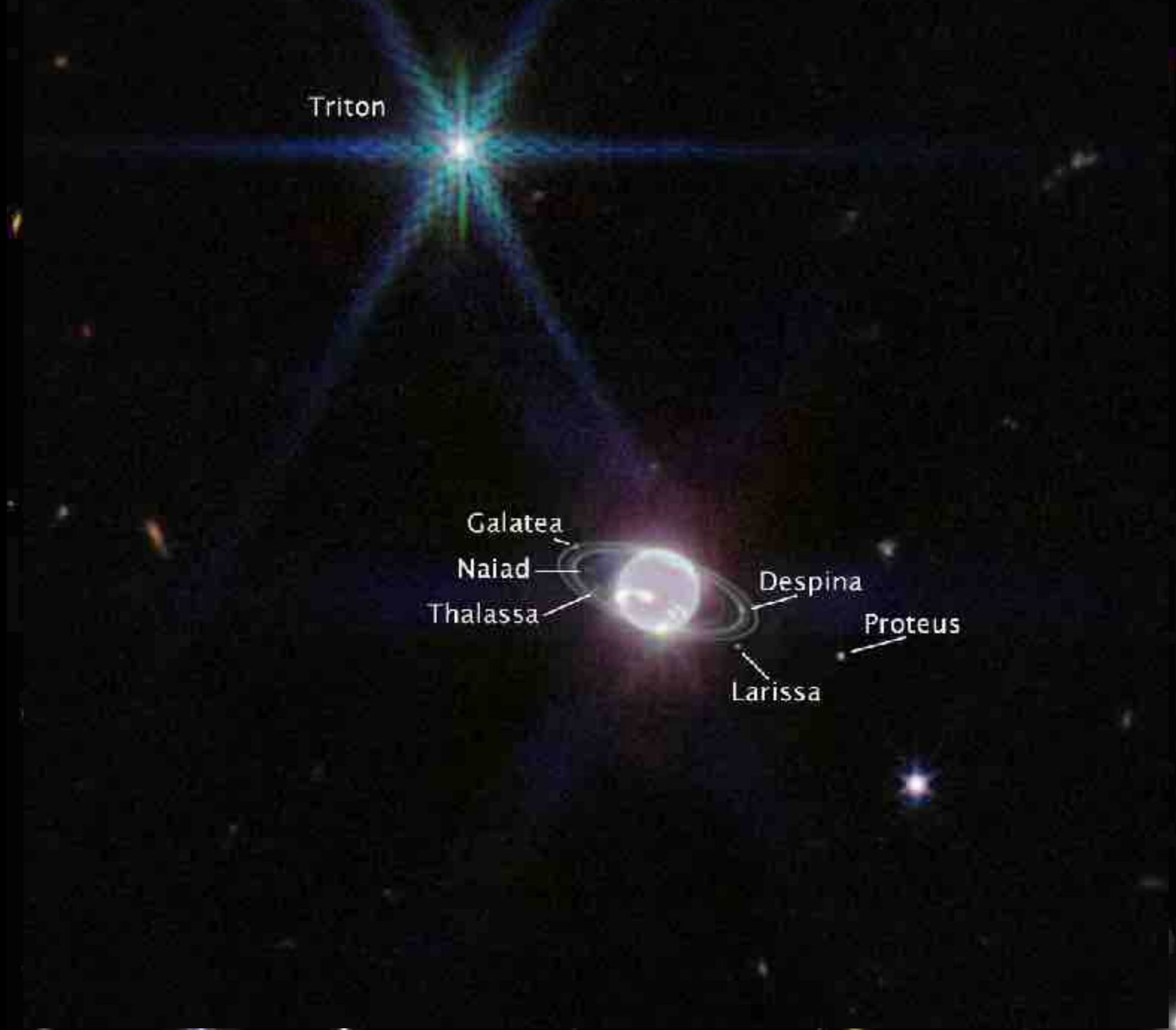
Titania

Oberon





Neptunus (NIRCam)



Triton

Galatea

Naiad

Thalassa

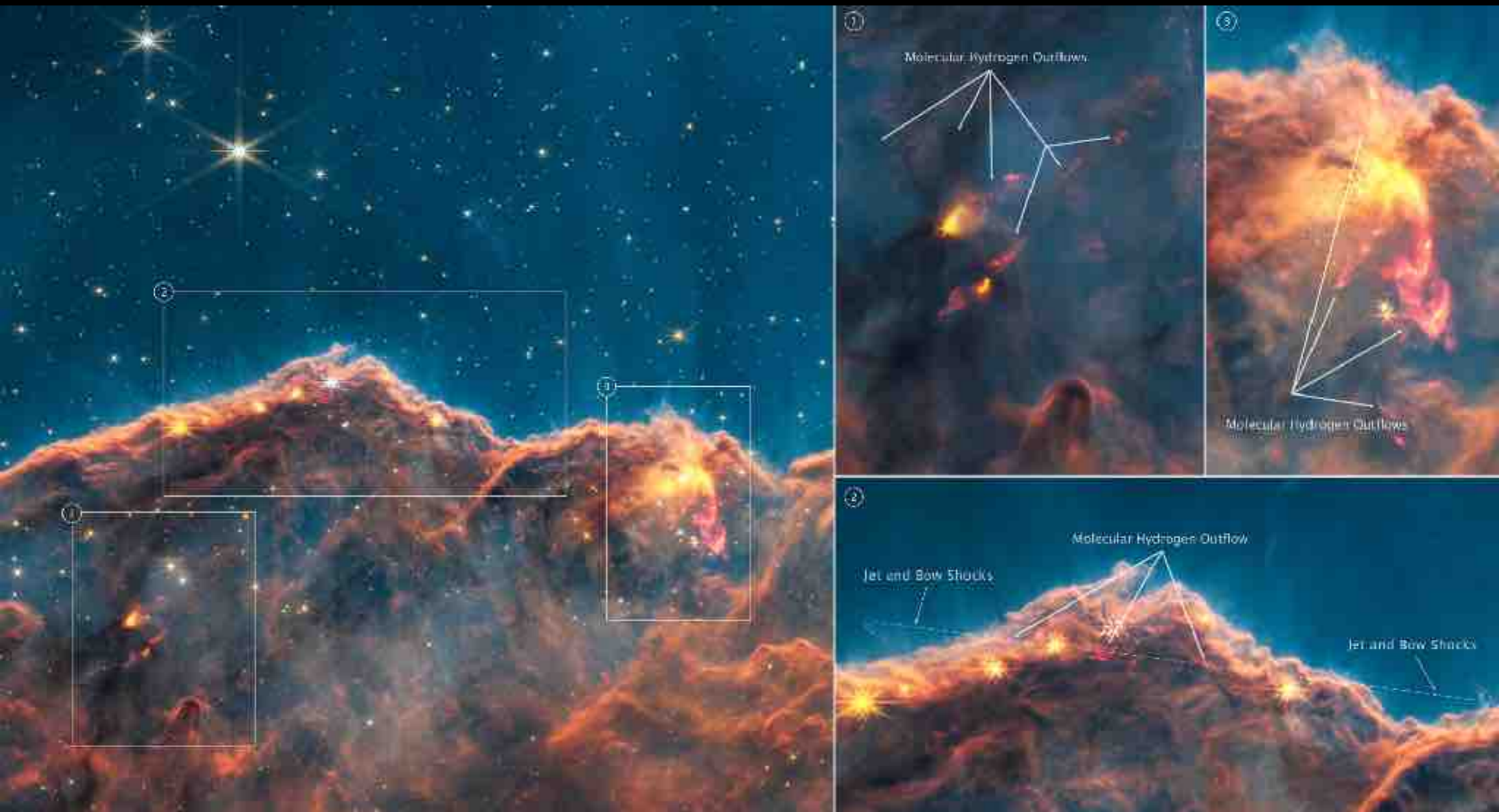
Despina

Proteus

Larissa

Neptunus (NIRCam)

Sterren en nevels



Jets in de Carinanevel (NIRCam)

HST



JWST (NIRCam)



M16



MI6 (MIRI)



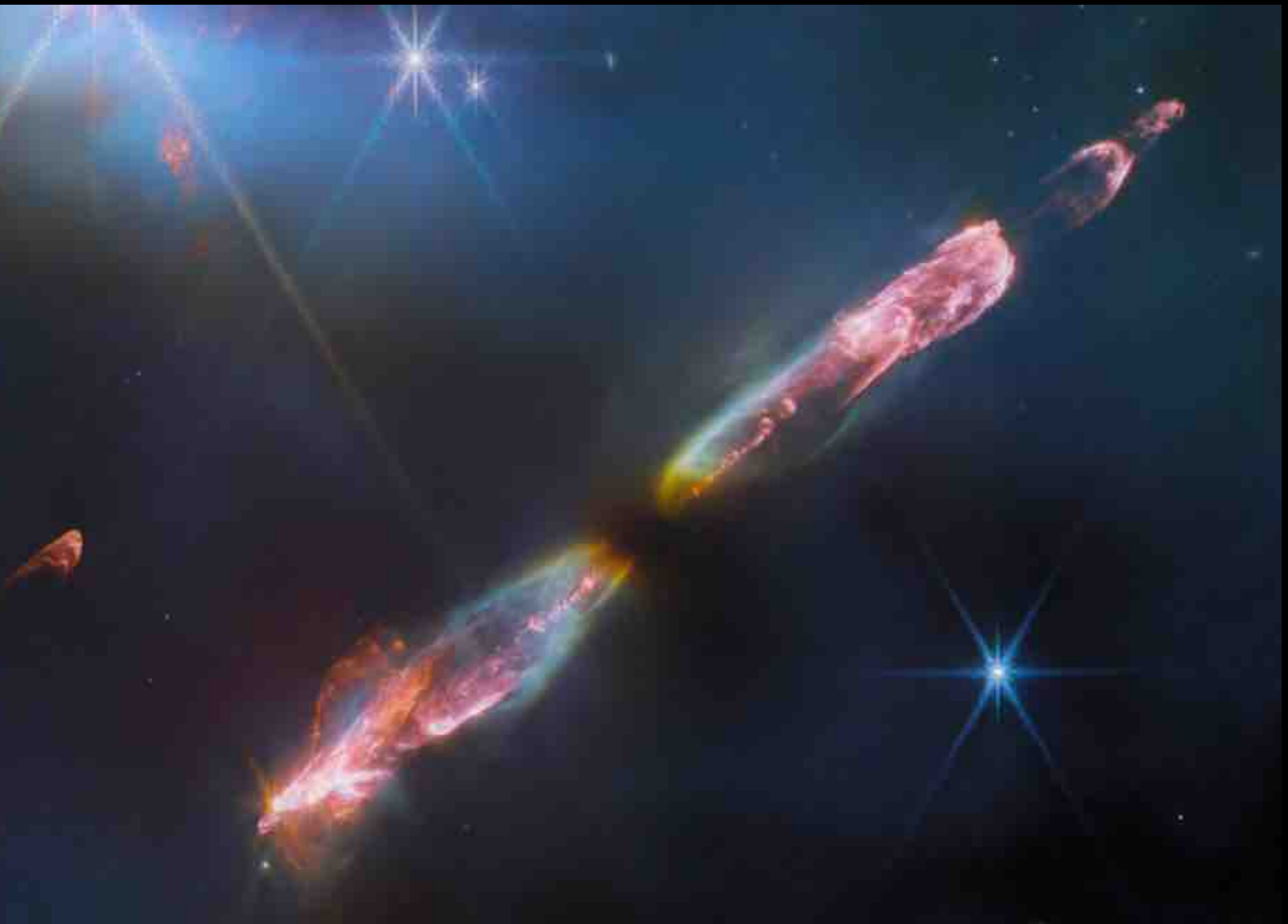
MI 6 (NIRCam + MIRI)



NGC 346 (NIRCam)



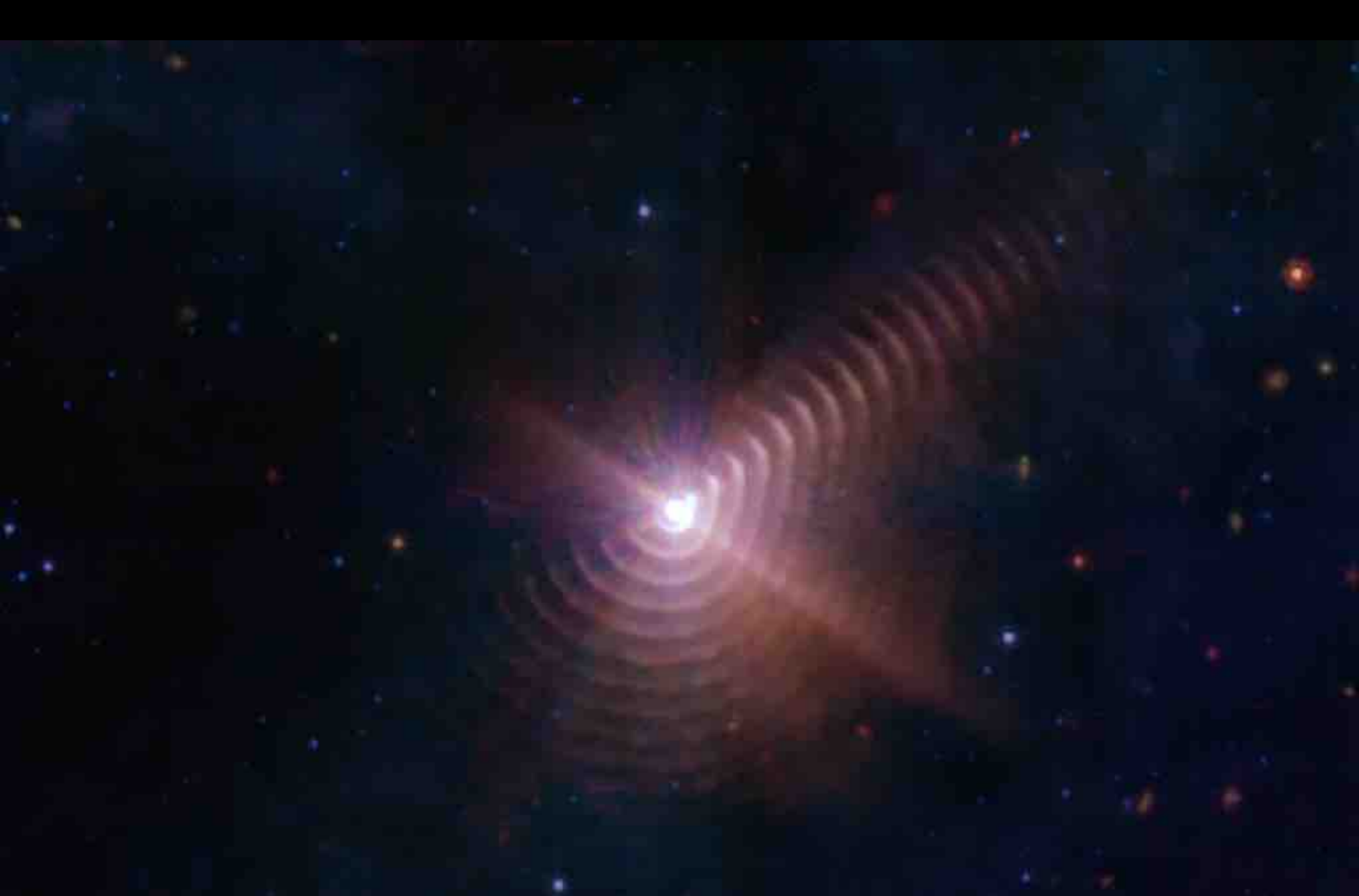
L1527 en protostar (NIRCam)



Herbig-Haro 211 (NIRCam)



Rho Ophiuchi stervormingsgebied (NIRCam)



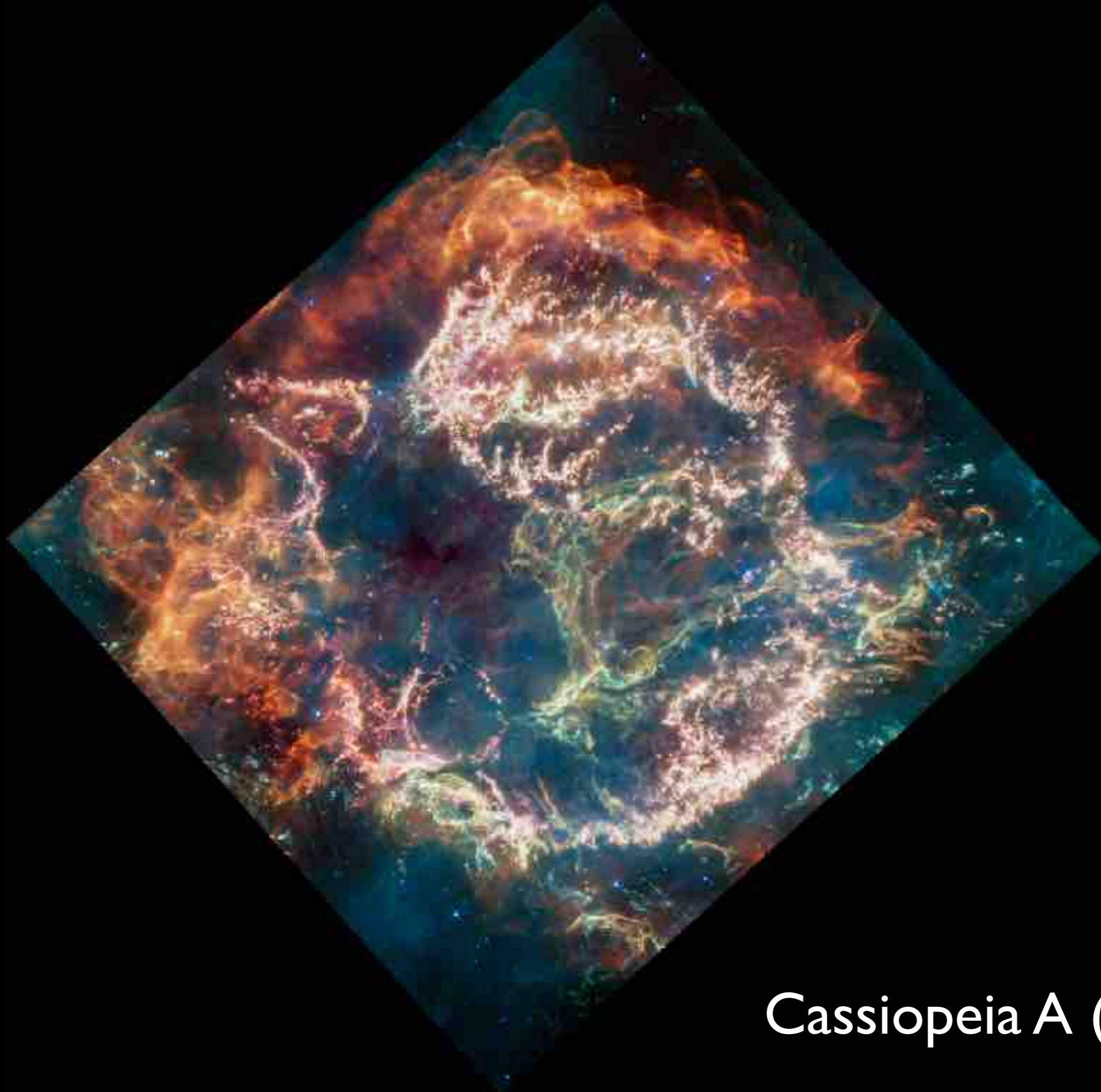
Wolf-Rayet I40 (MIRI)



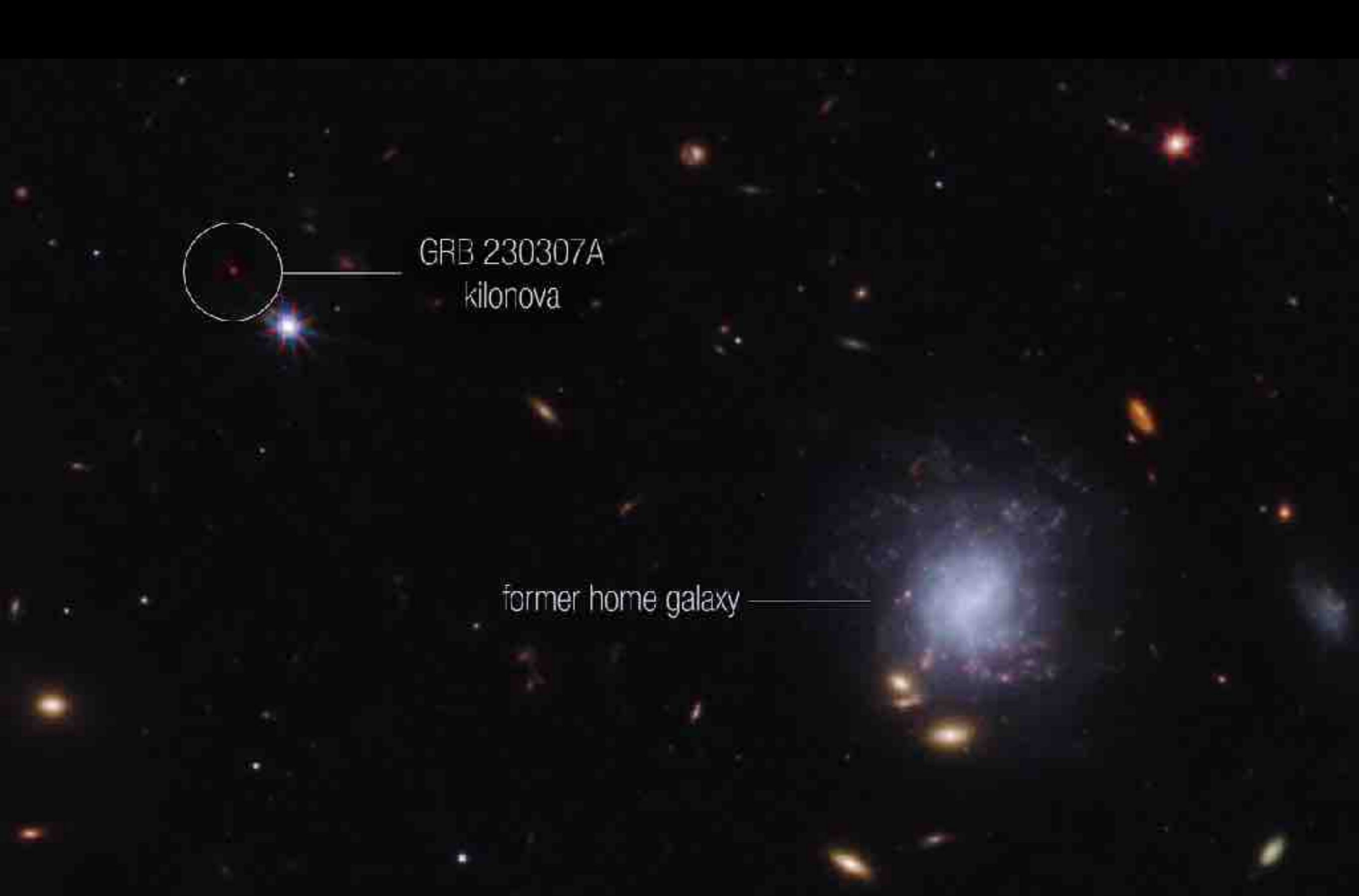
Wolf-Rayet I24 (NIRCam & MIRI)



SN 1987A (NIRCam)



Cassiopeia A (MIRI)



GRB 230307A
kilonova

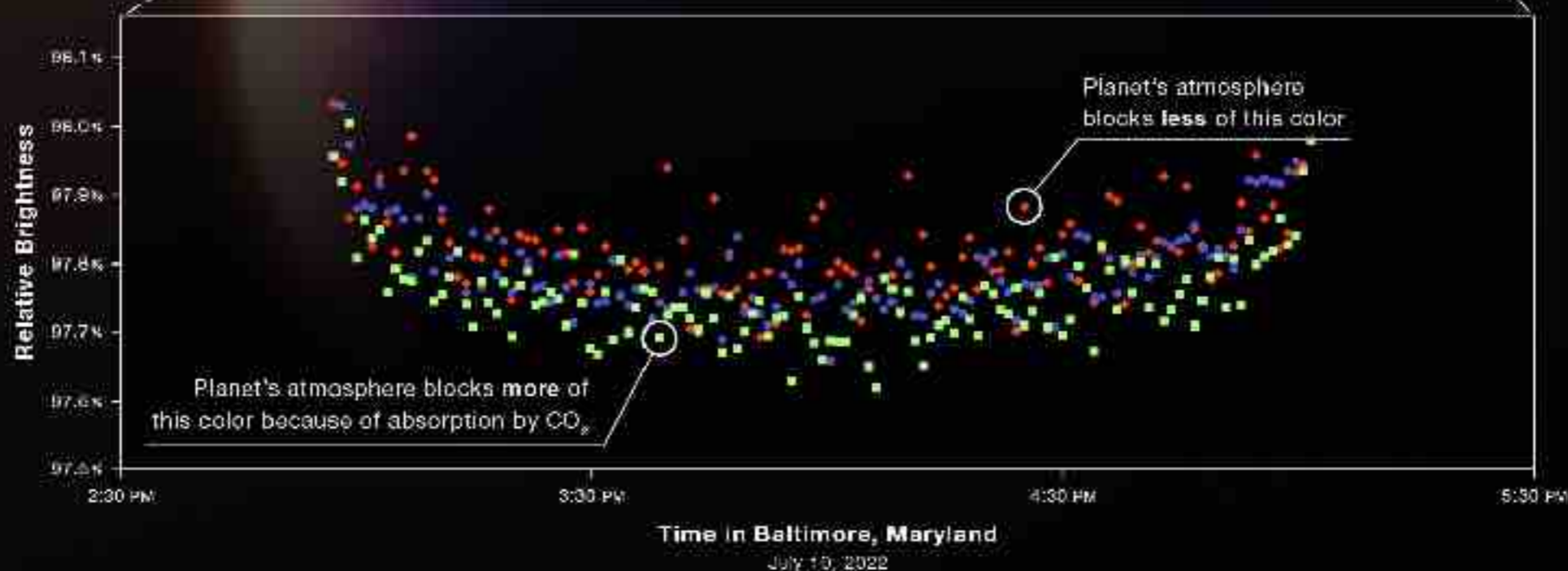
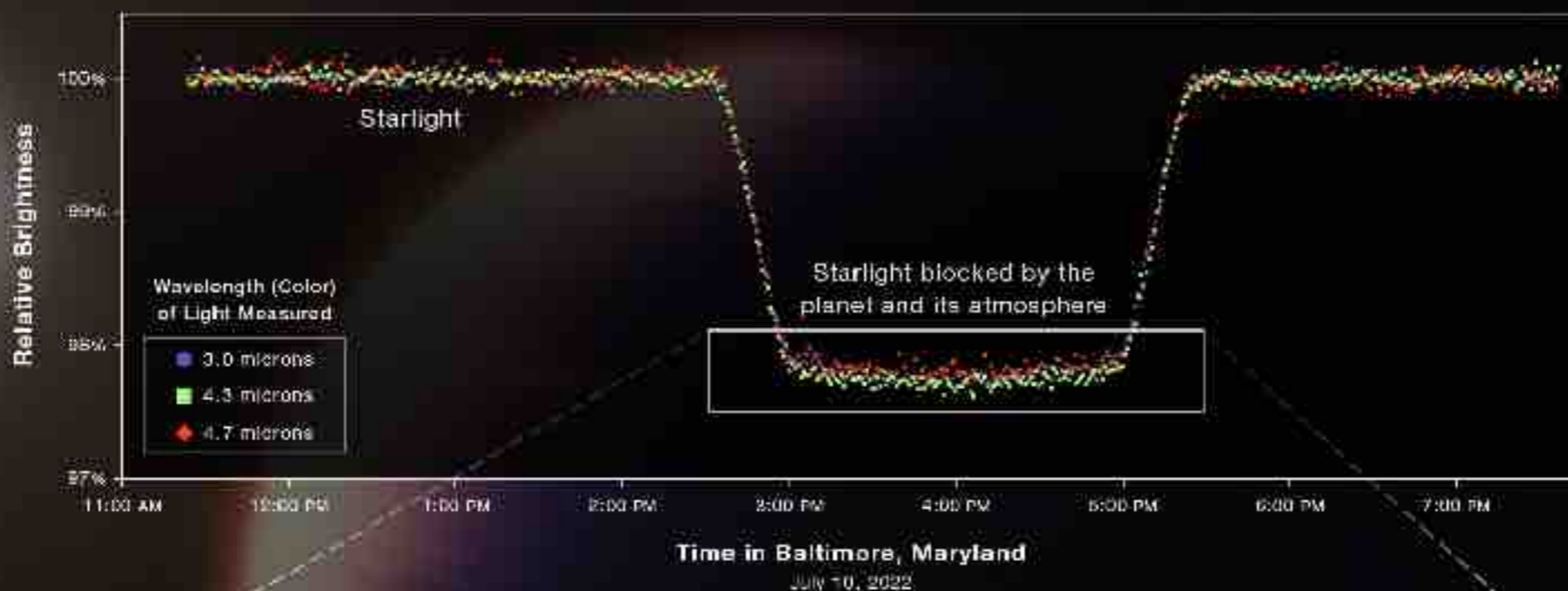
former home galaxy

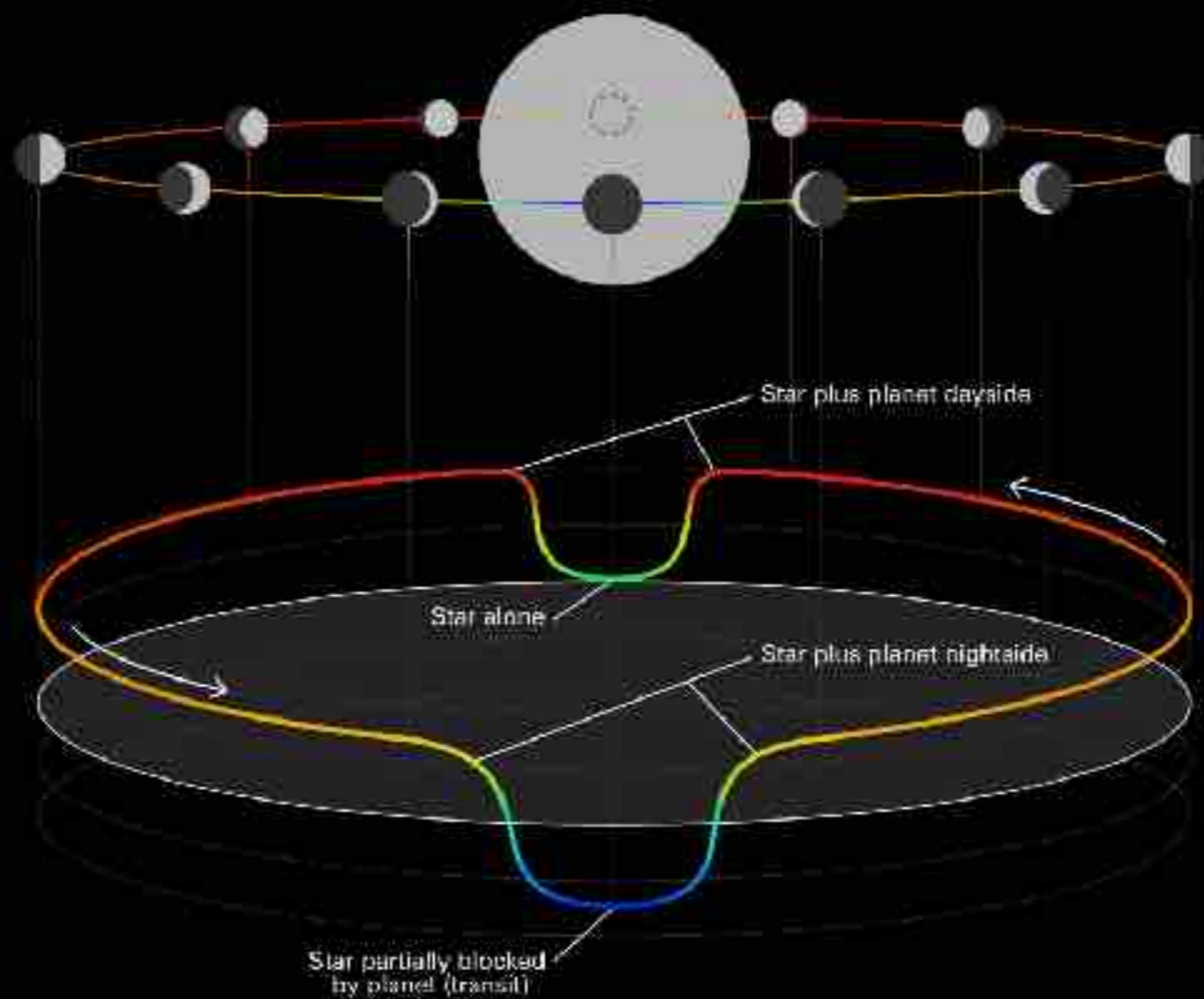
GRB 230307A (NIRCam)

Exoplaneten

HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-39 b TRANSIT LIGHT CURVE

NIRSpec | Bright Object Time-Series Spectroscopy





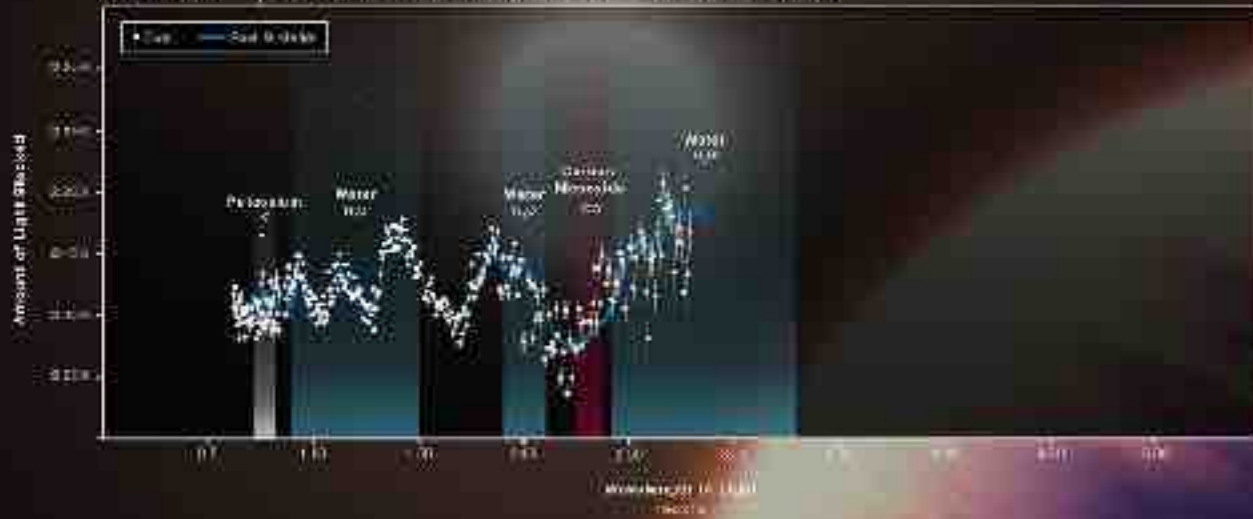
Amount of Infrared Light
from the star-planet system



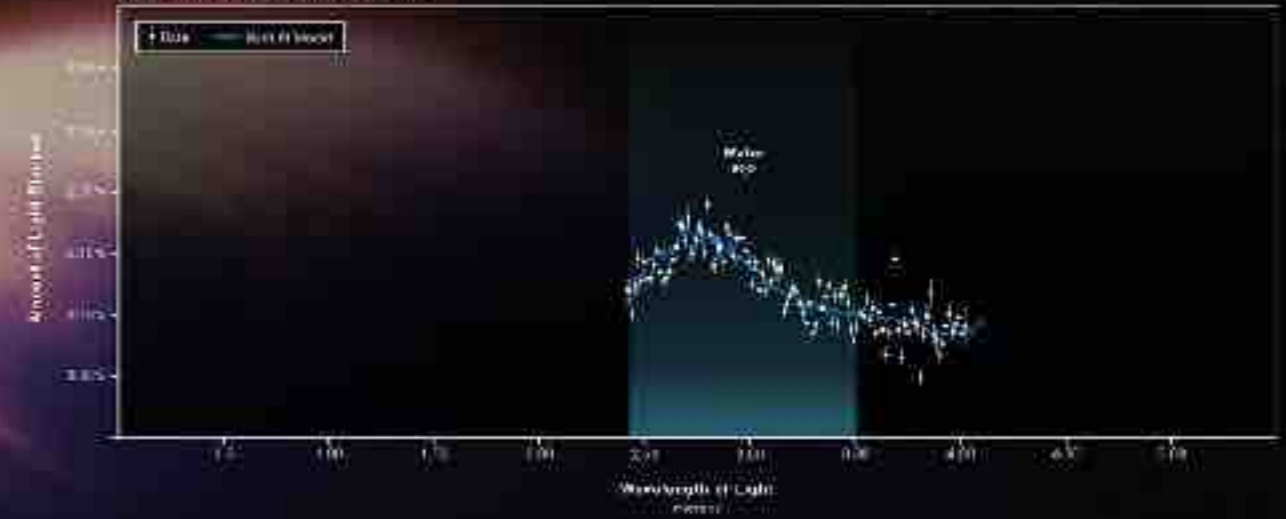
HOT GAS GIANT EXOPLANET WASP-39 b

ATMOSPHERE COMPOSITION

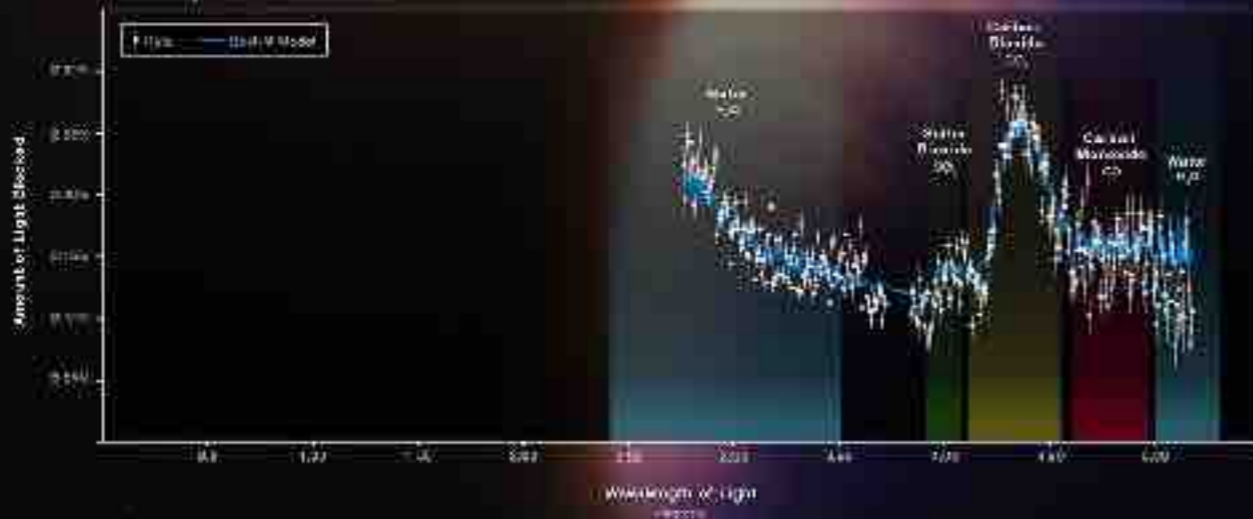
NIRISS | Single Object Slitless Spectroscopy



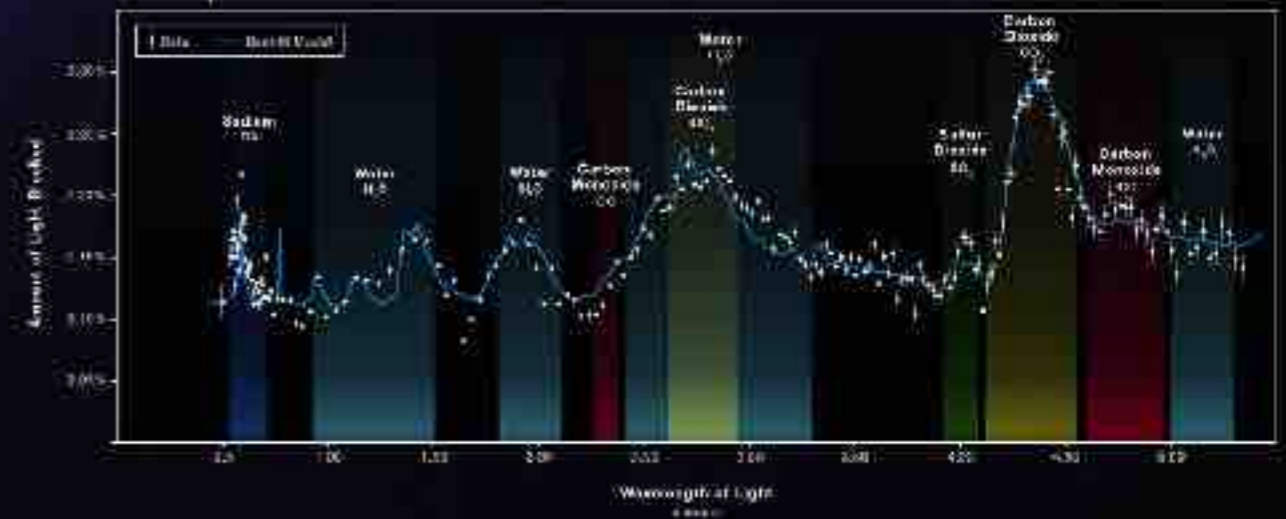
NIRCam F322W2



NIRSpec G395H

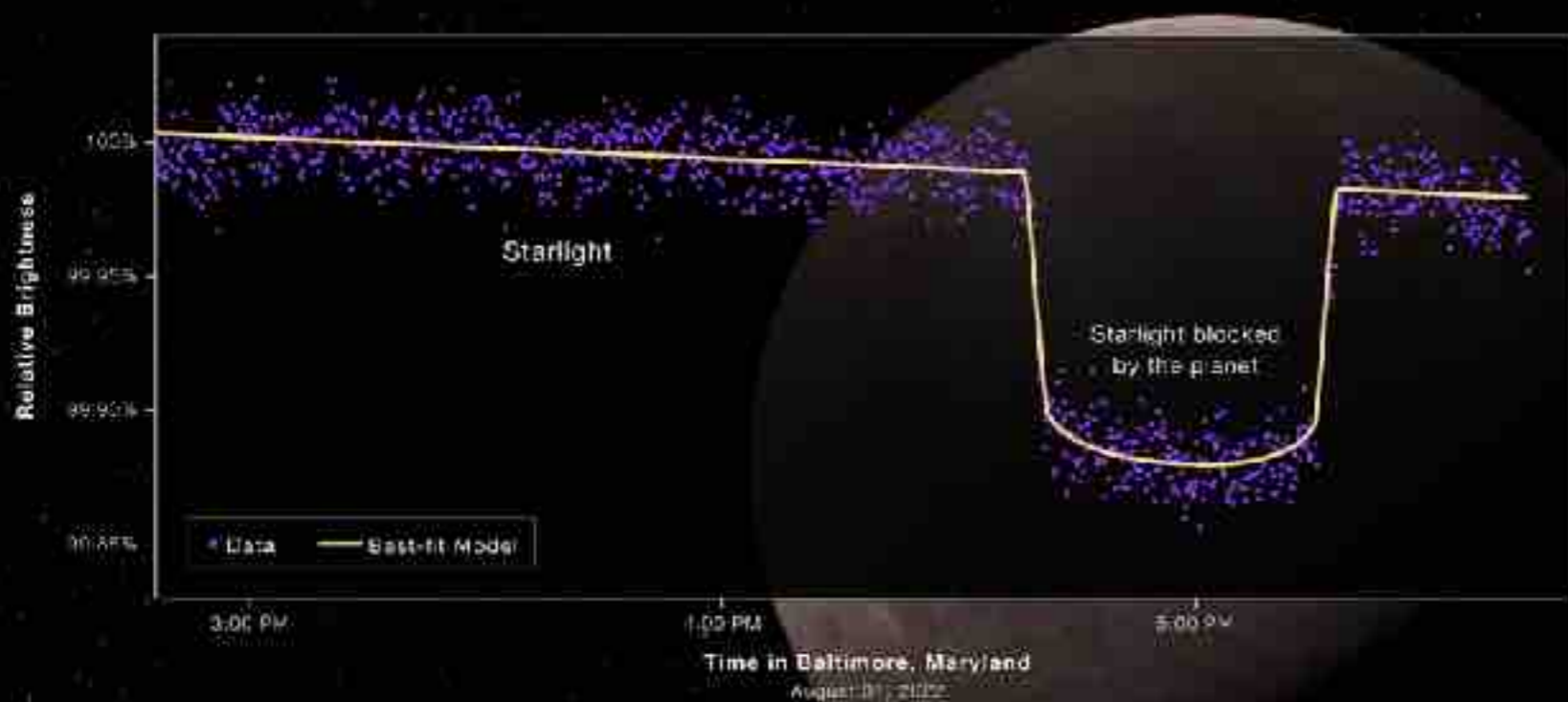


NIRSpec PRISM



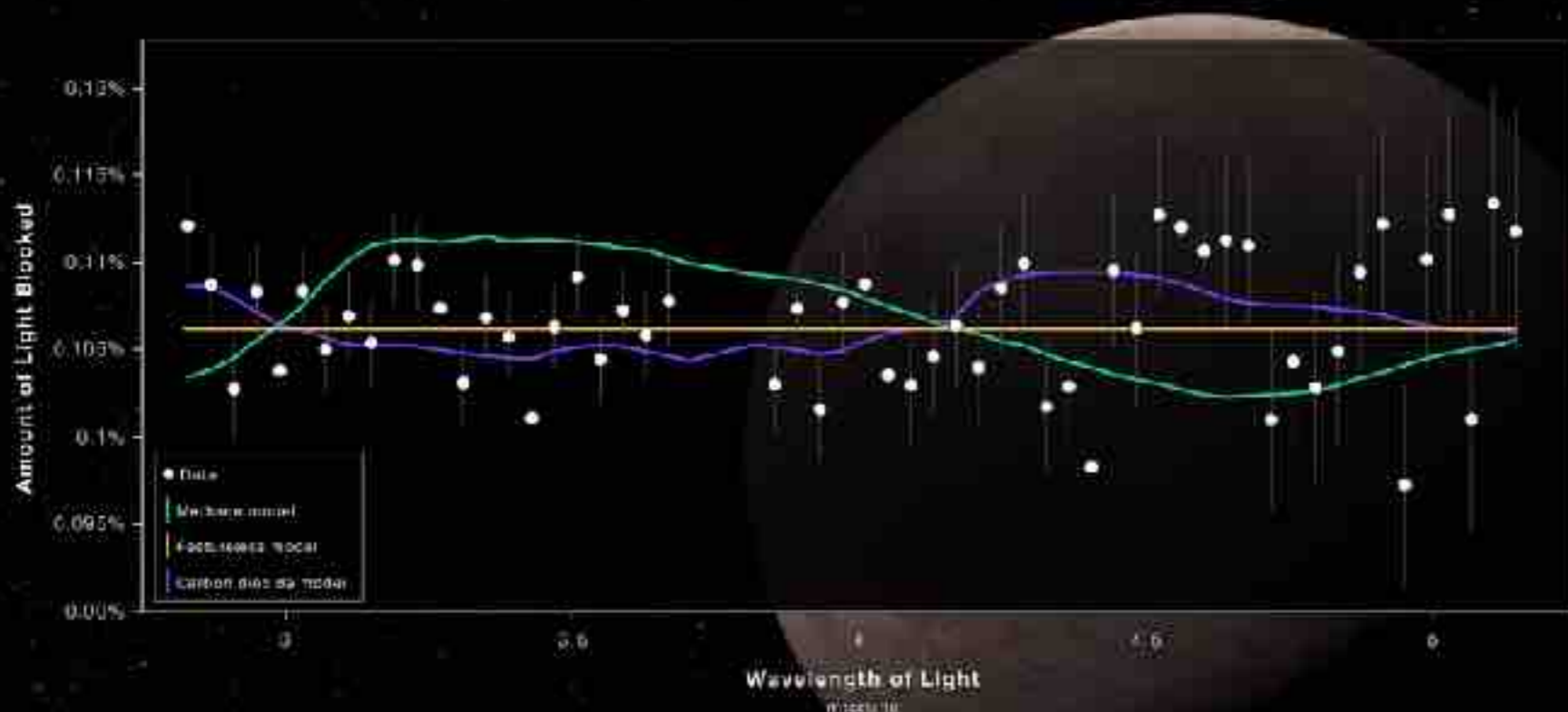
TRANSIT LIGHT CURVE

NIRSpec | Bright Object Time-Series Spectroscopy

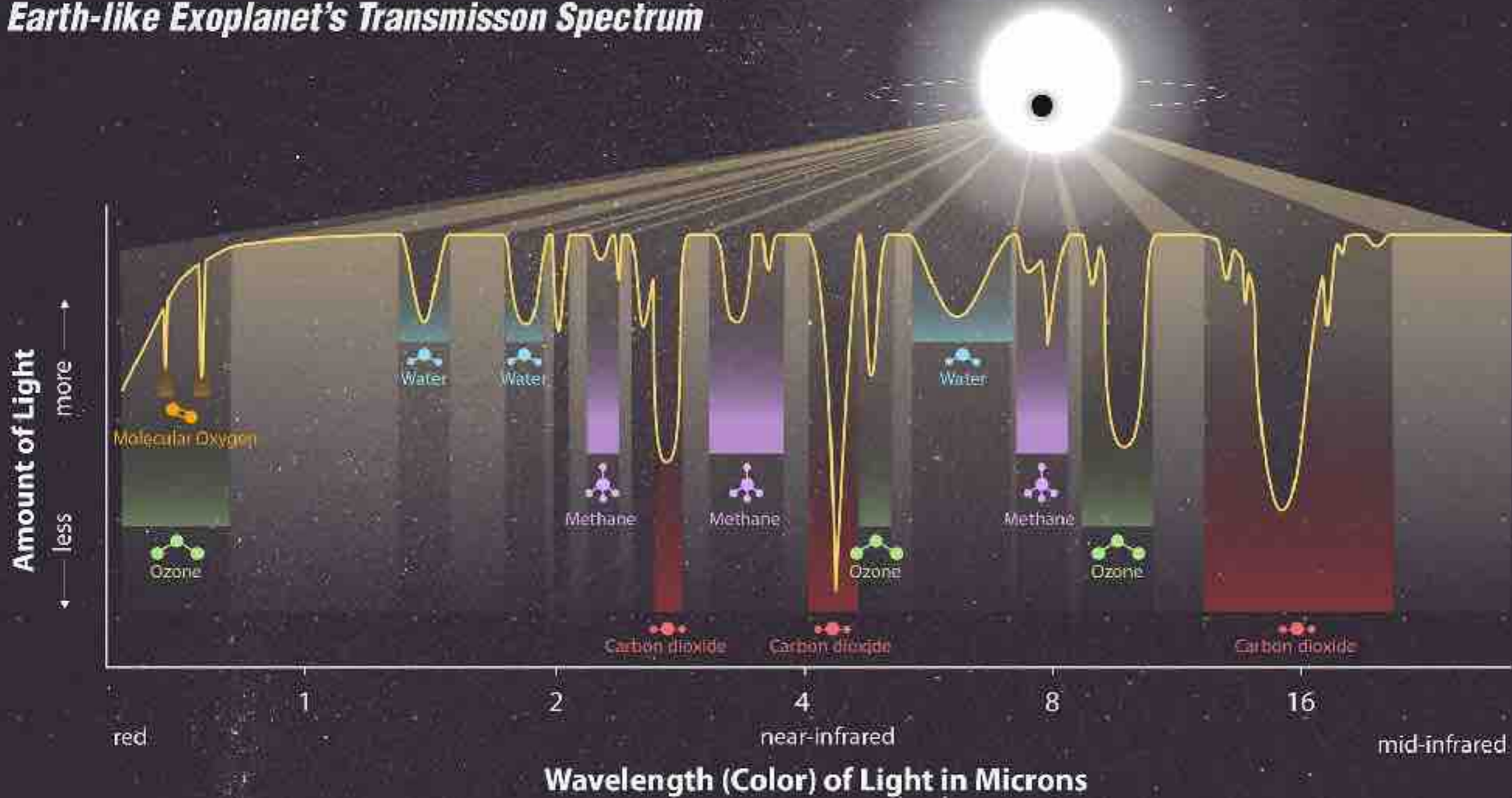


TRANSMISSION SPECTRUM

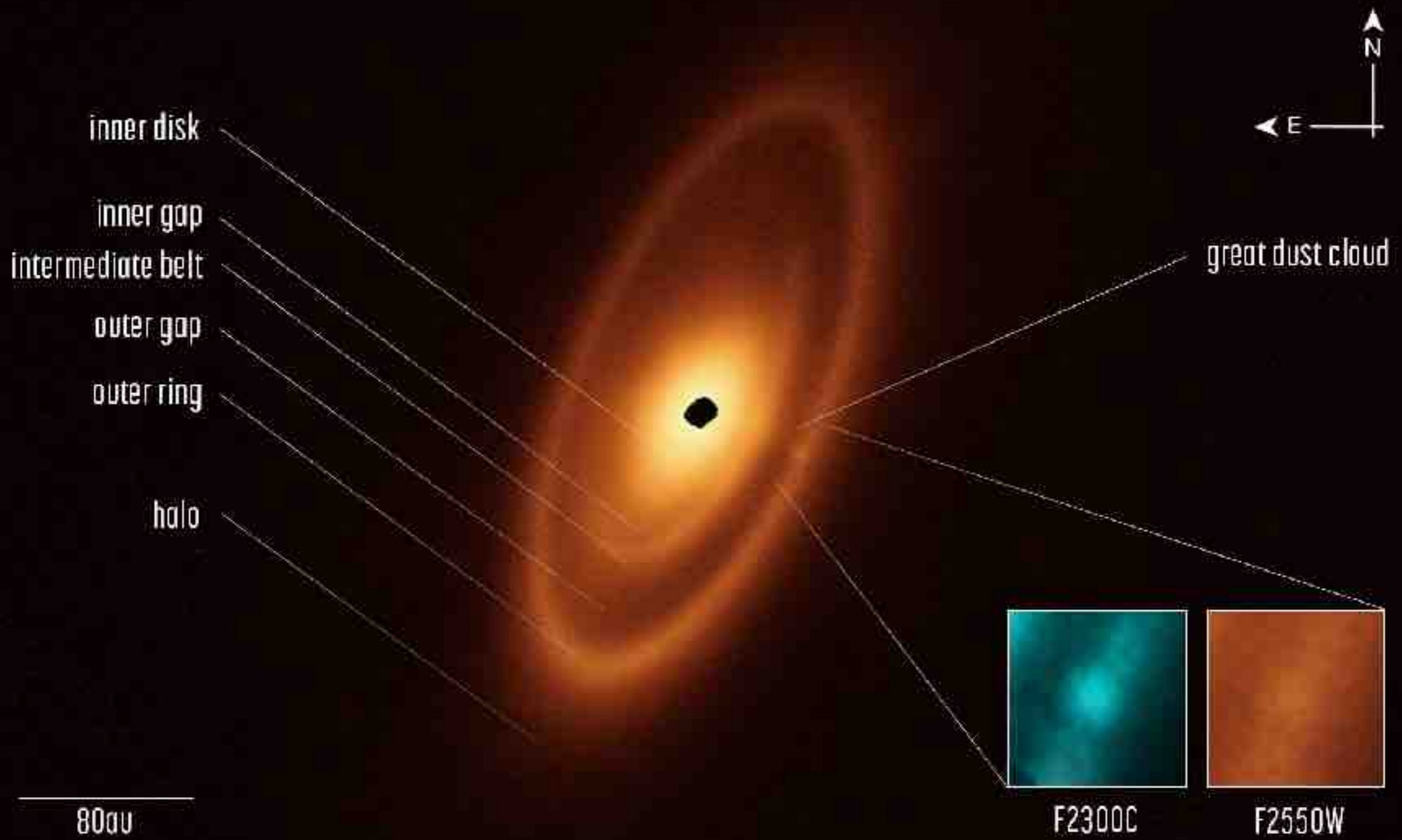
NIRSpec | Bright Object Time-Series Spectroscopy



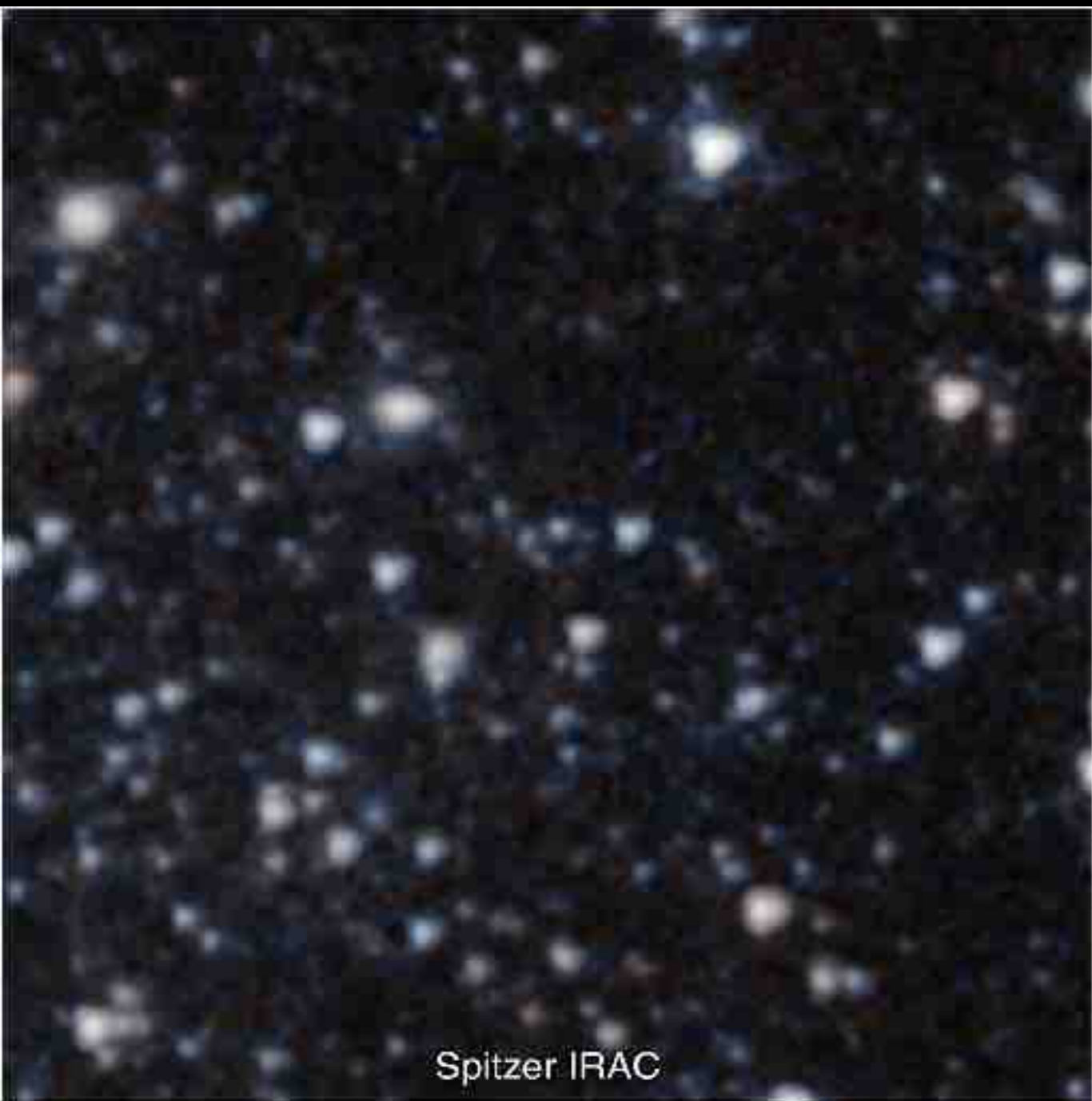
Earth-like Exoplanet's Transmission Spectrum



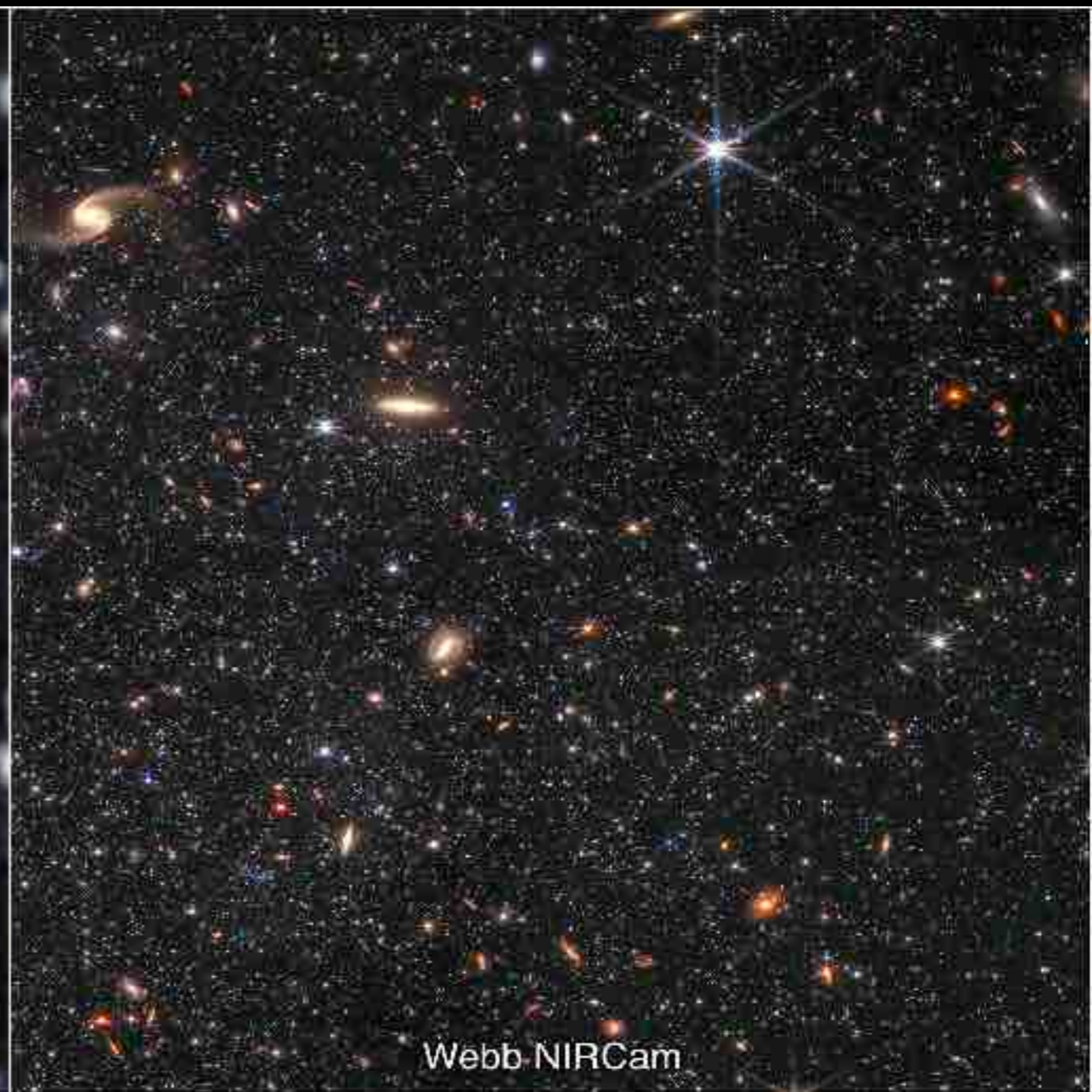
FOMALHAUT



Sterrenstelsels

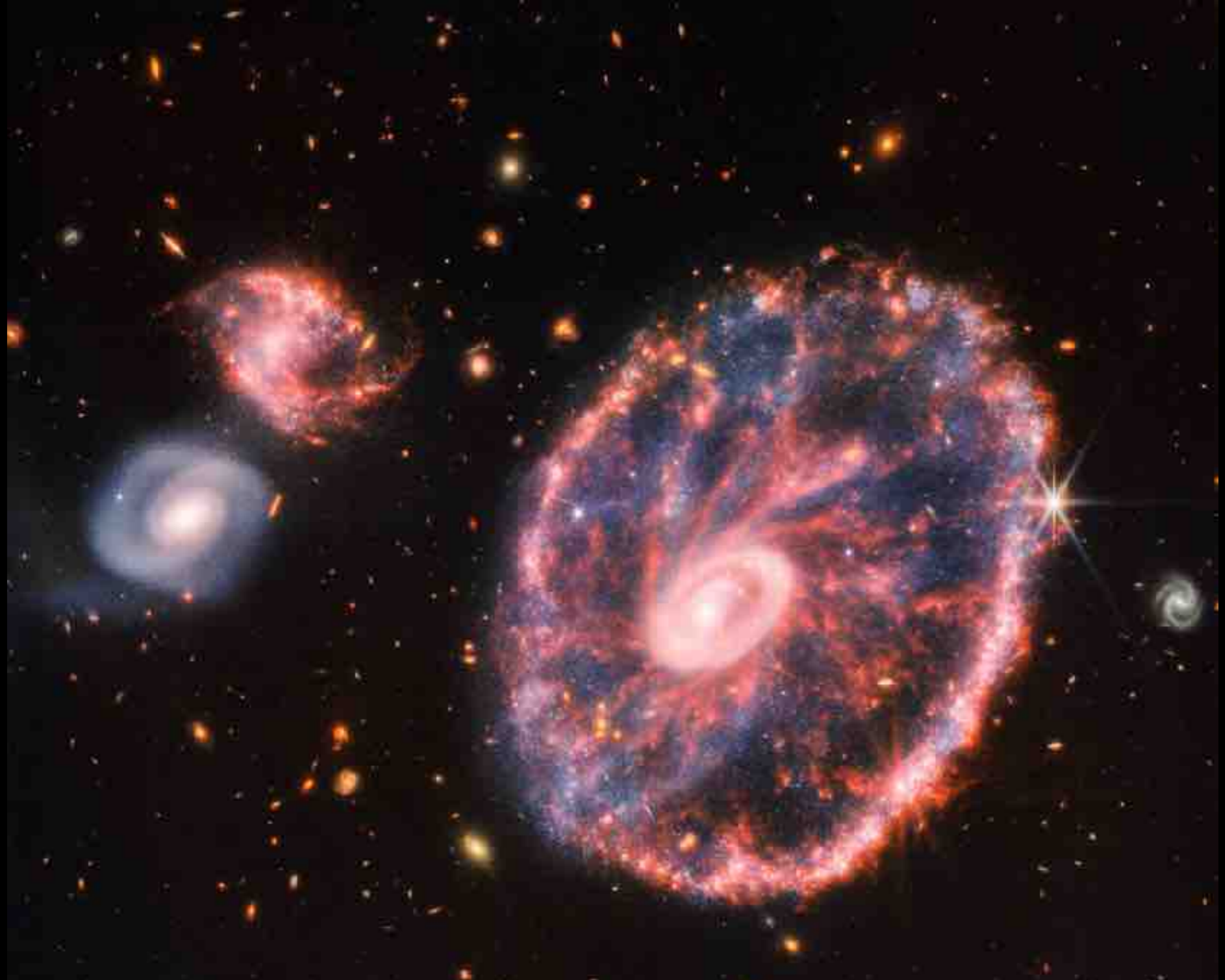


Spitzer IRAC



Webb NIRCам

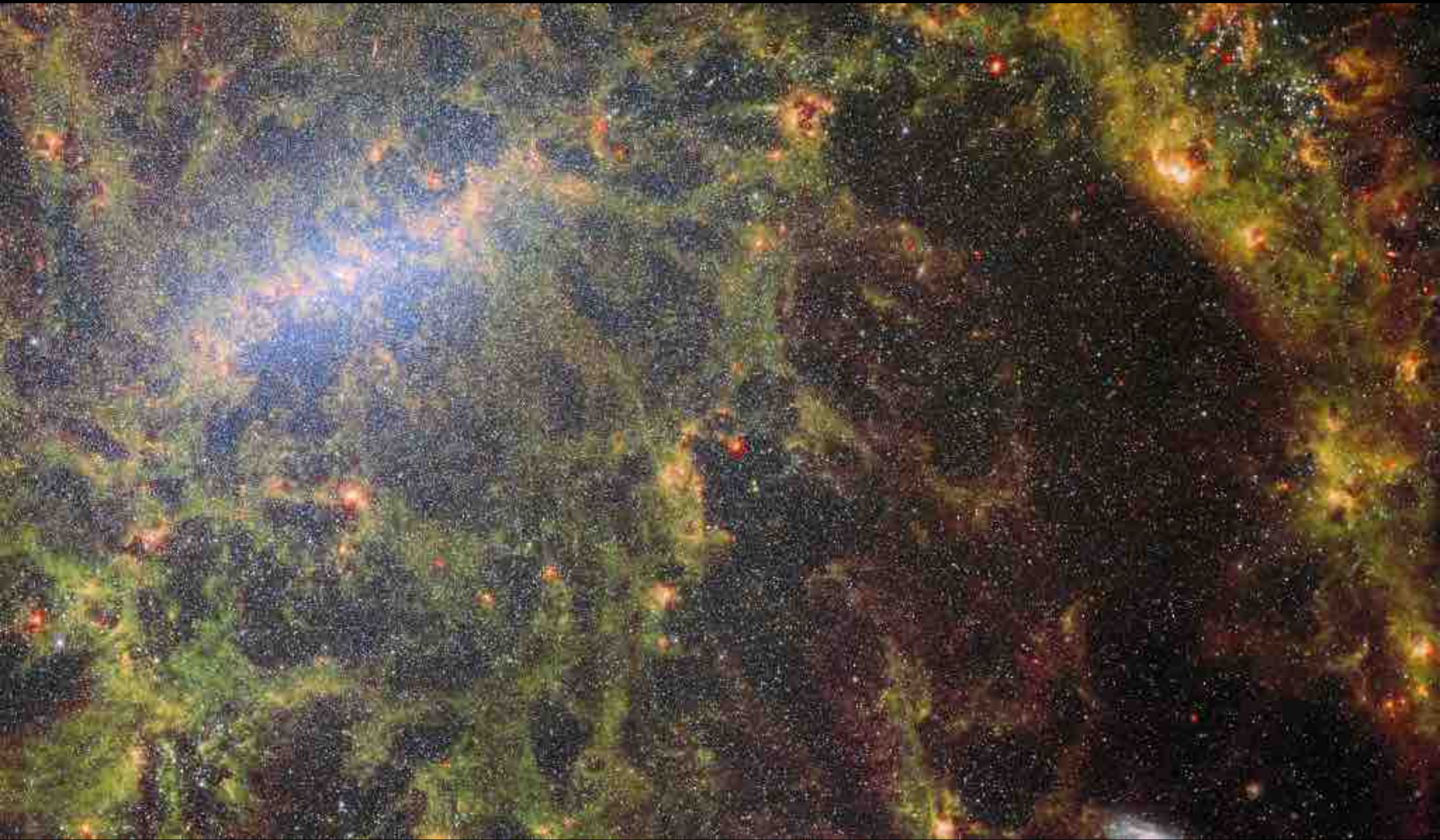
fragment van dwergstelsel Wolf–Lundmark–Melotte



Karrewiel stelsel (NIRCam en MIRI)



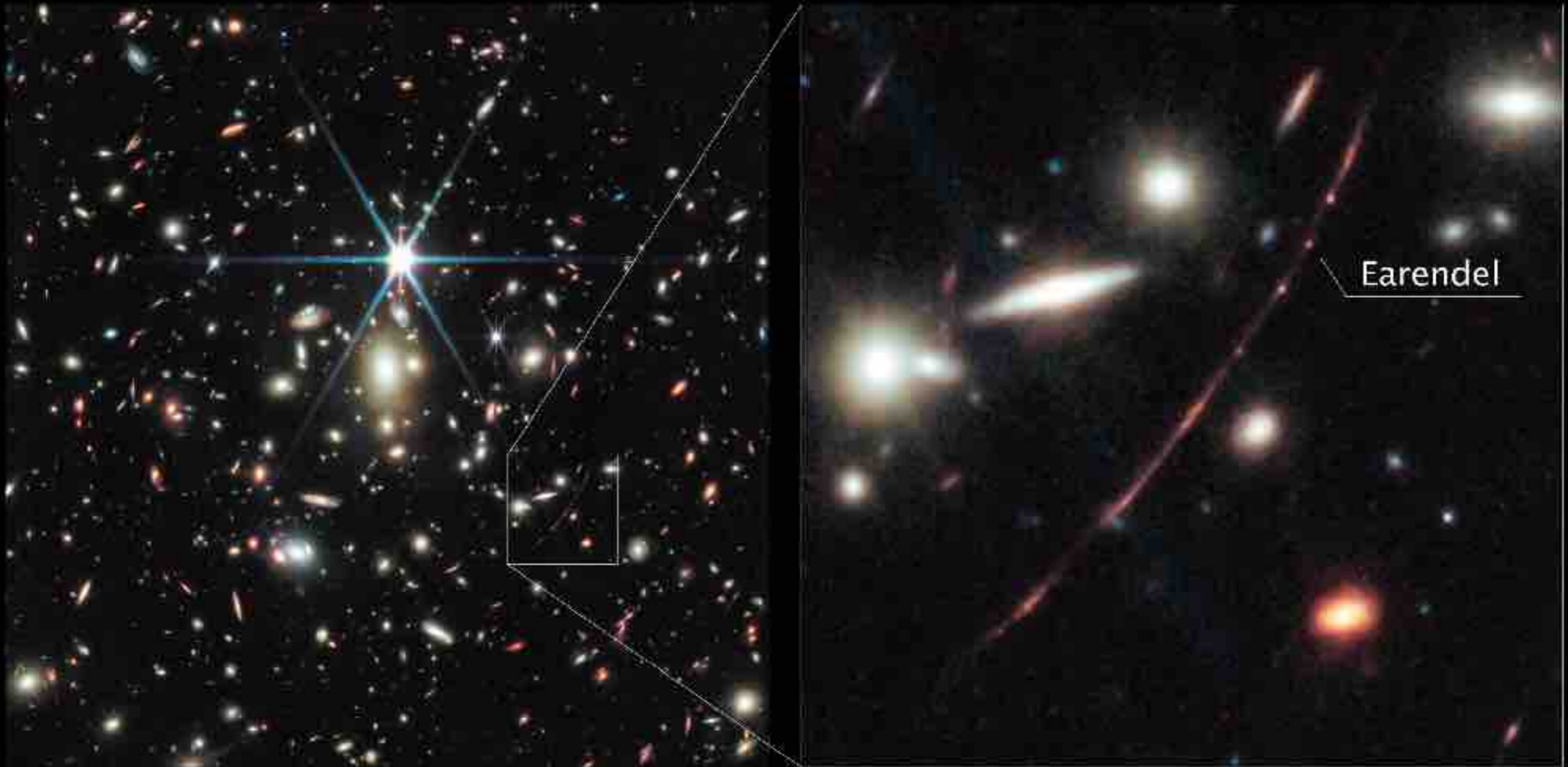
NGC 1365 (MIRI)



NGC 5068 (NIRCam, MIRI)



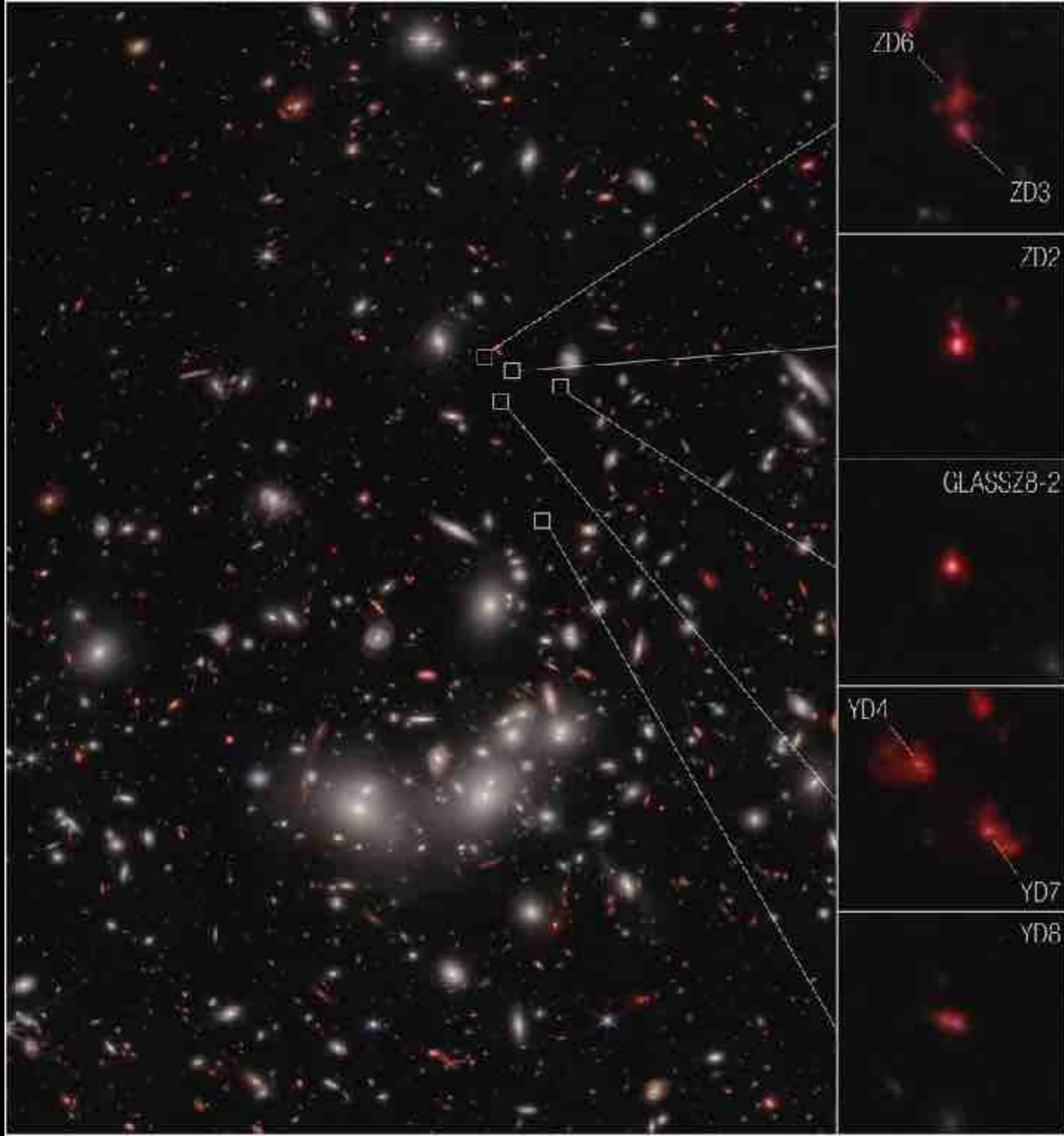
Arp 220 (NIRCam & MIRI)



Cluster WHL0137-08 met ster Earendel (NIRCam)



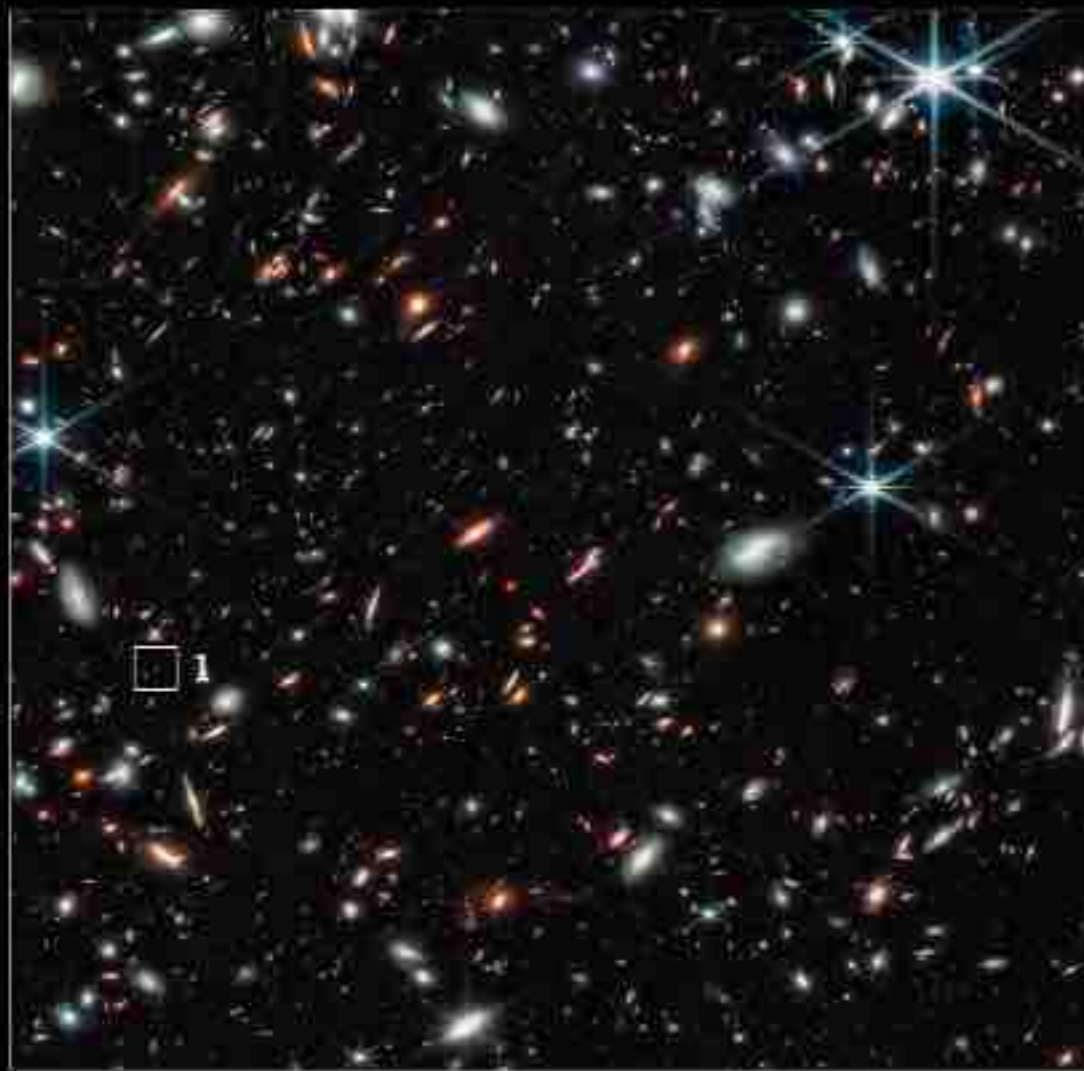
Pandora's Cluster (NIRCam)



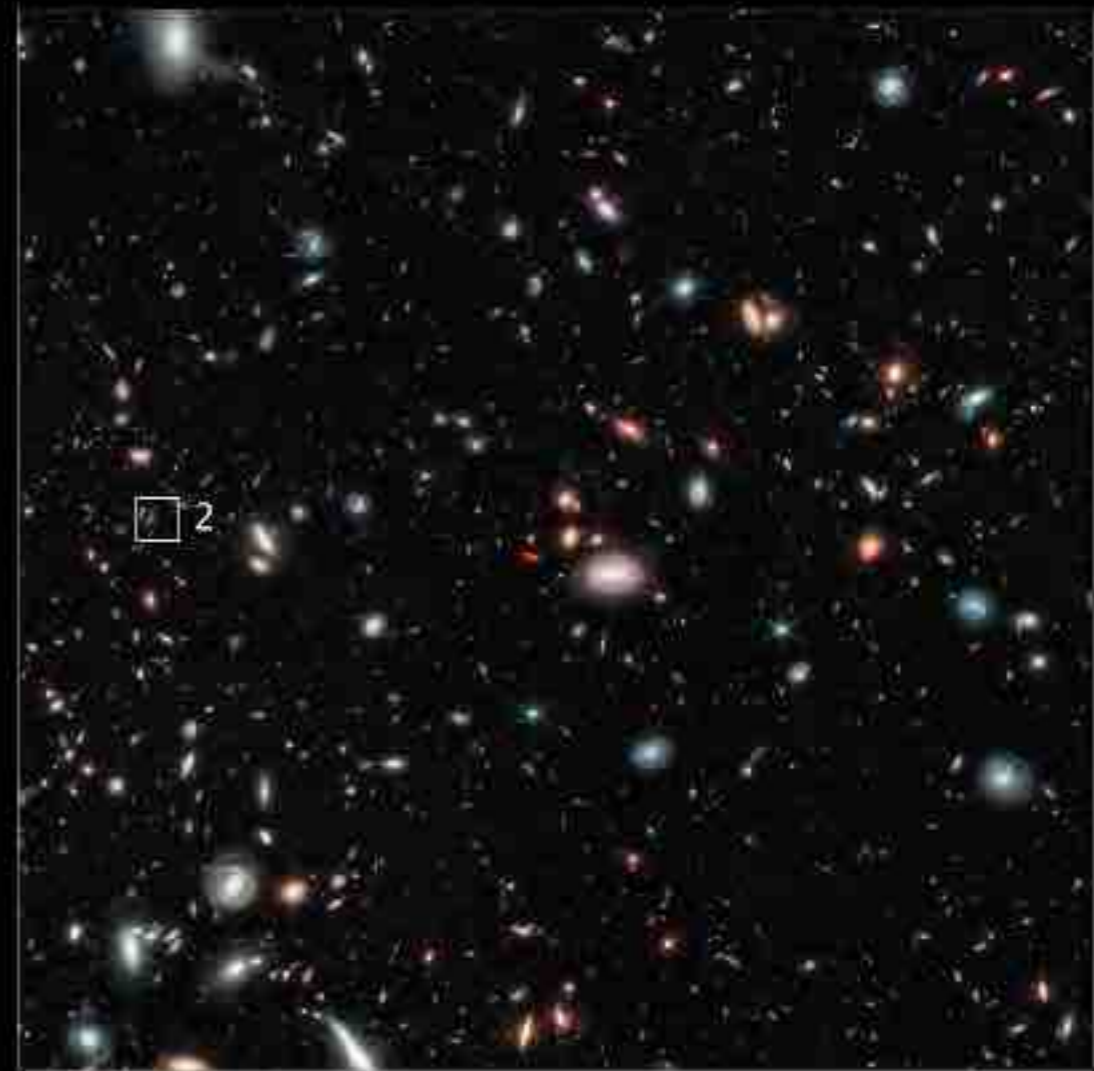
Jonge cluster
achter
Pandora's
Cluster
(NIRCam)

$z = 7,9$

650 miljoen
jaar na
oerknal



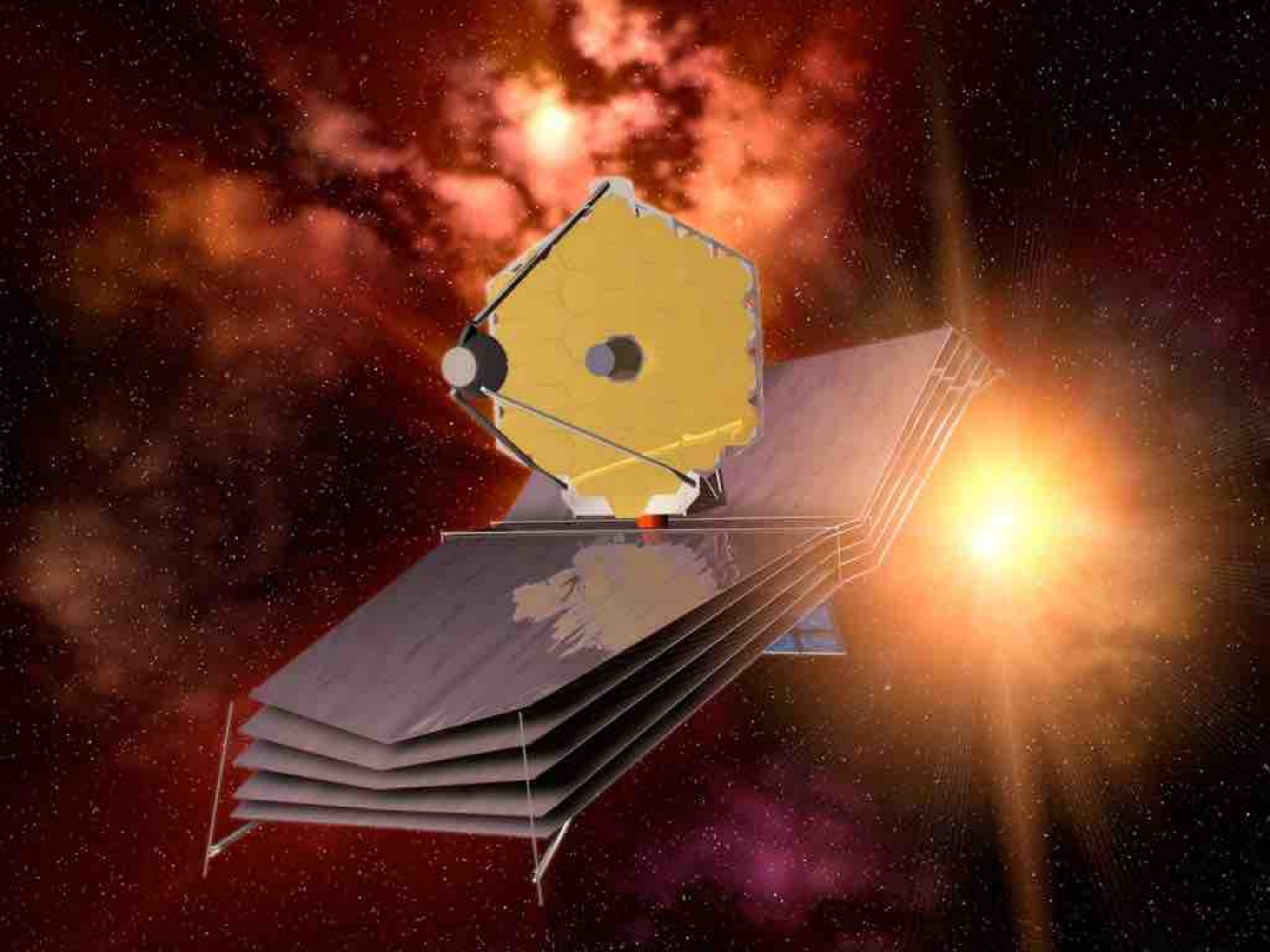
Abell 2744 CLASS
JWST/NIRCam



2 verste sterrenstelsels,
~350 en 450 miljoen jaar na oerknal

Meer weten?

- www.stsci.edu (professionele site, Hubble en Webb)
- www.hubblesite.org (publiekssite NASA, Hubble)
- www.spacetelescope.org (publiekssite ESA, Hubble)
- webbtelescope.org (publiekssite NASA, Webb)
- www.jwst.nasa.gov (NASA Goddard, publiek en prof)
- esawebb.org (publiekssite ESA, Webb)
- en.wikipedia.org/wiki/James_Webb_Space_Telescope



XXX

THE JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

Science Instrument Module (SIM)

Houses all of Webb's cameras and science instruments

Trim flap

Helps stabilize the satellite

Solar power array

Always facing the Sun, panels convert sunlight into electricity to power the observatory

Earth-pointing antenna

Sends science data back to Earth and receives commands from NASA's Deep Space Network

Spacecraft bus

Contains most of the spacecraft steering and control machinery, including the computer and the reaction wheels

Primary Mirror

18 hexagonal segments made of the metal beryllium and coated with gold to capture faint infrared light

Secondary Mirror

Reflects gathered light from the primary mirror into the science instruments

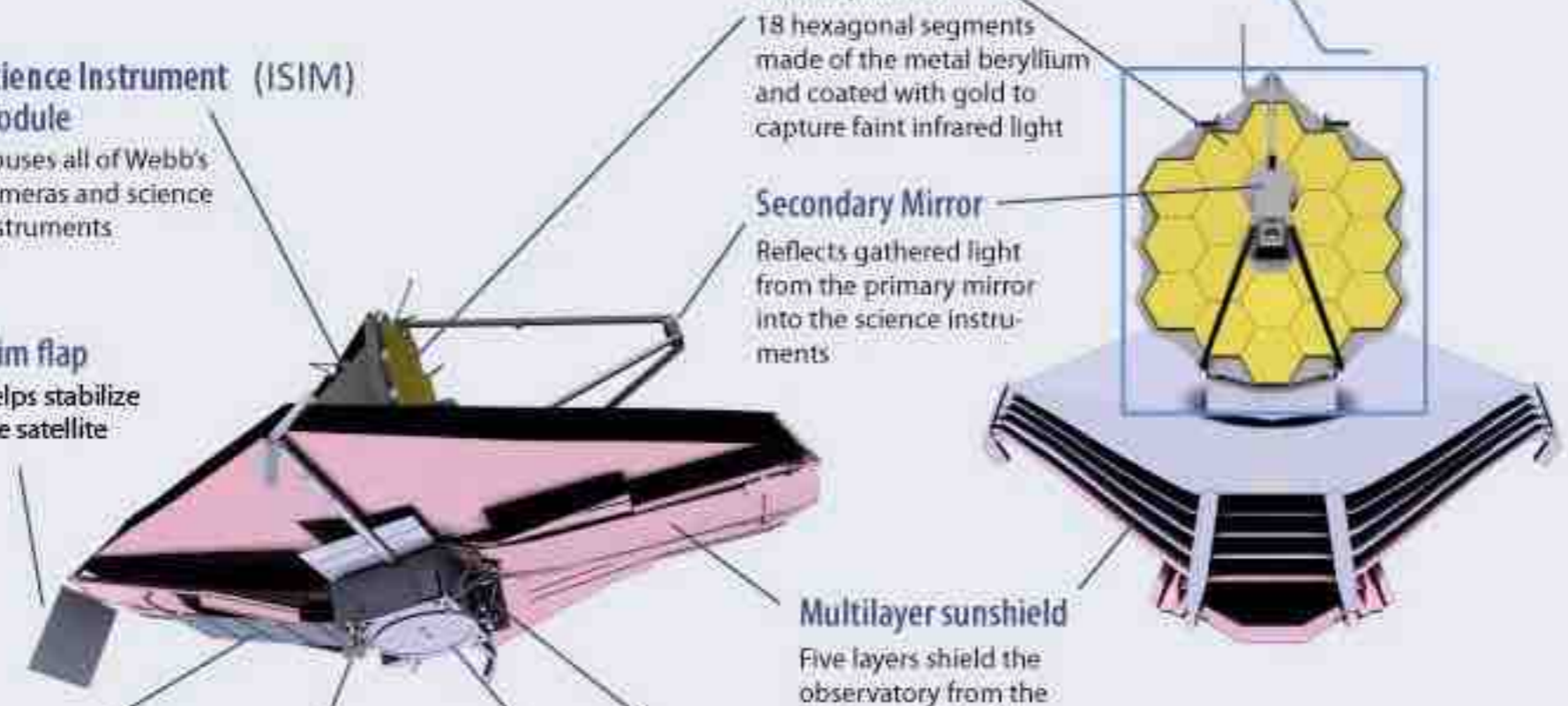
Optical Telescope Element (OTE)

Multilayer sunshield

Five layers shield the observatory from the light and heat of the Sun and Earth

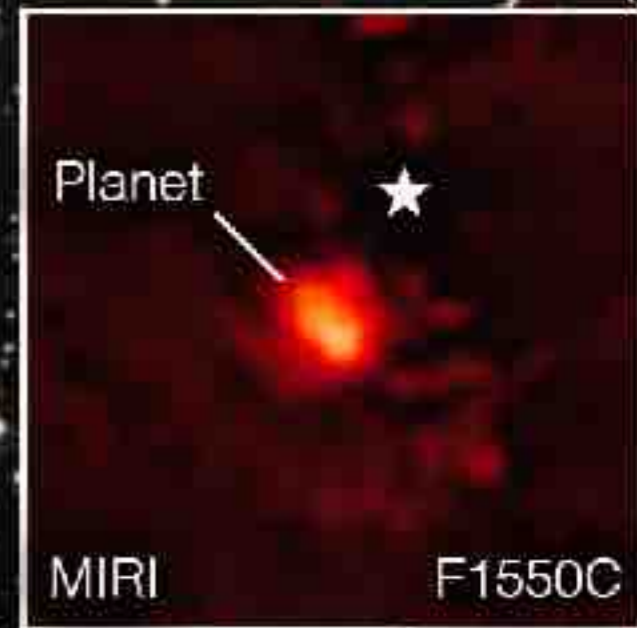
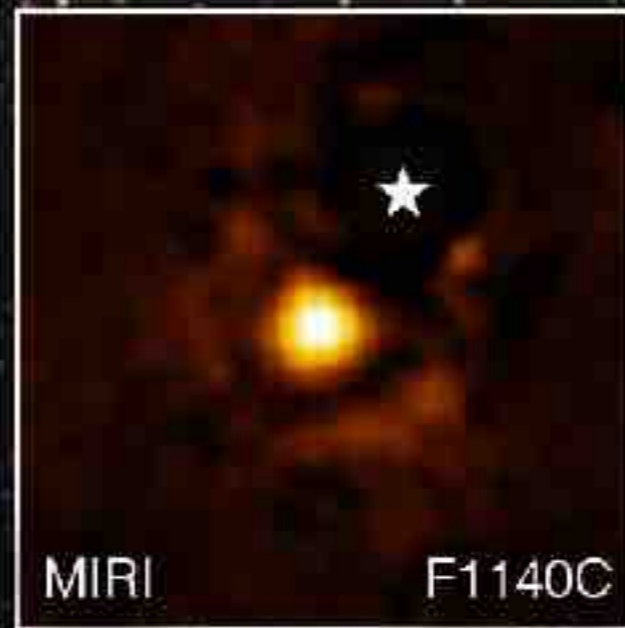
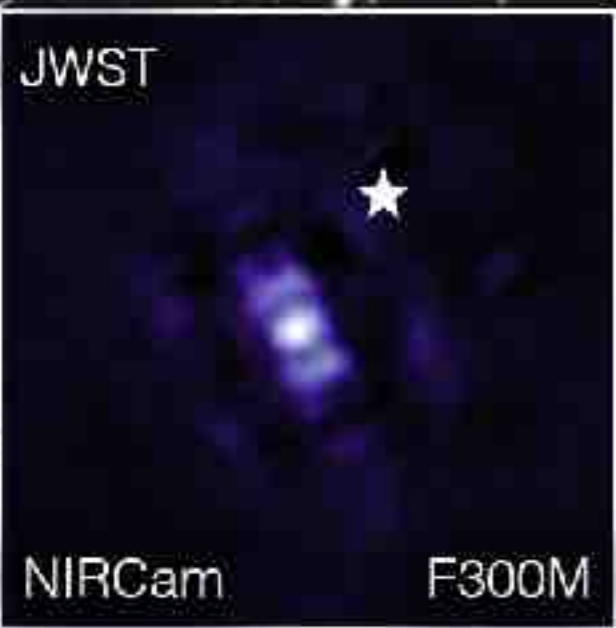
Star trackers

Small telescopes that use star patterns to target the observatory



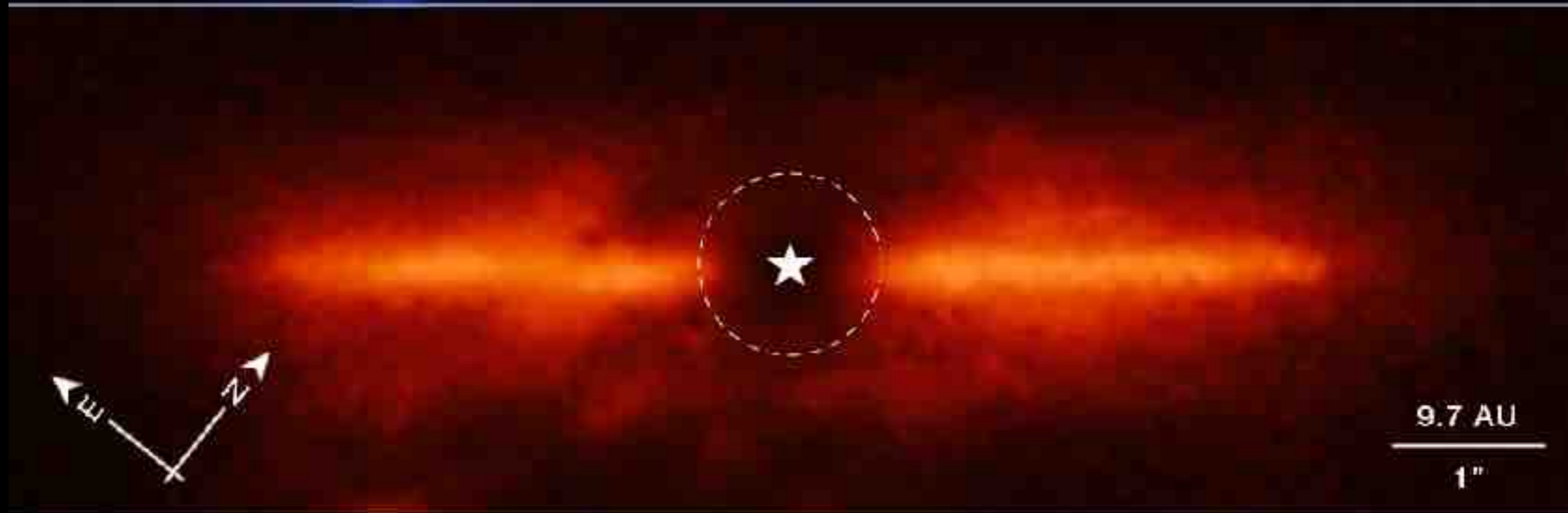
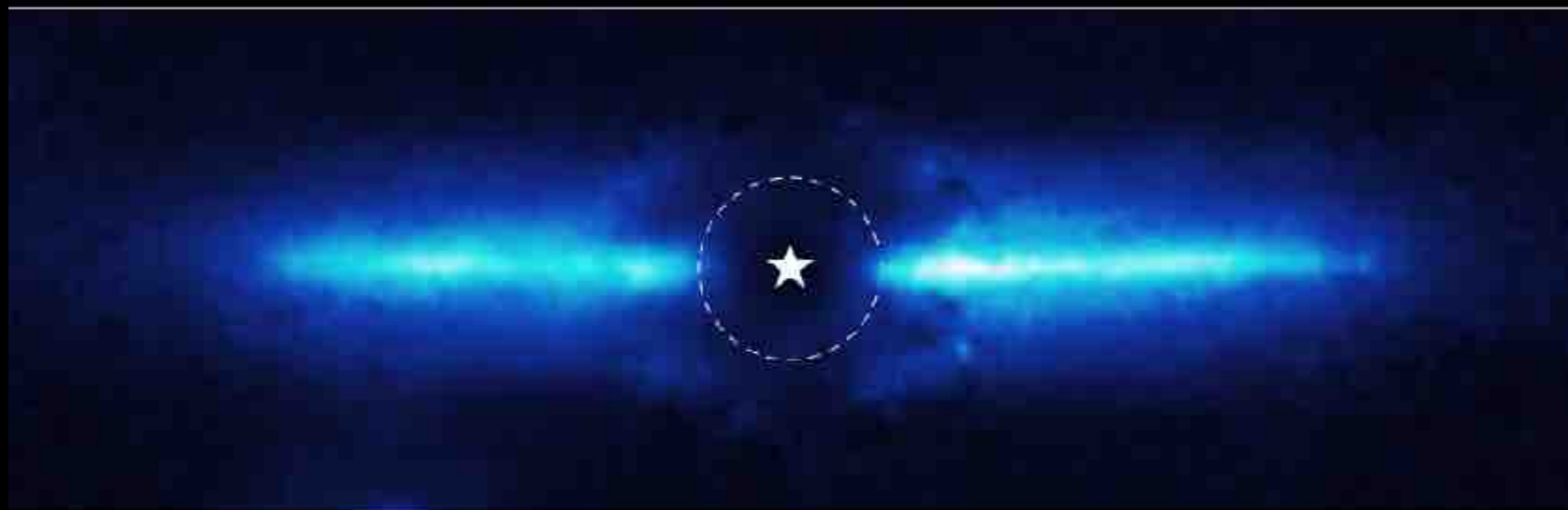
Star
HIP 65426

Exoplanet
HIP 65426 b



JAMES WEBB SPACE TELESCOPE

AU MICROSCOPII



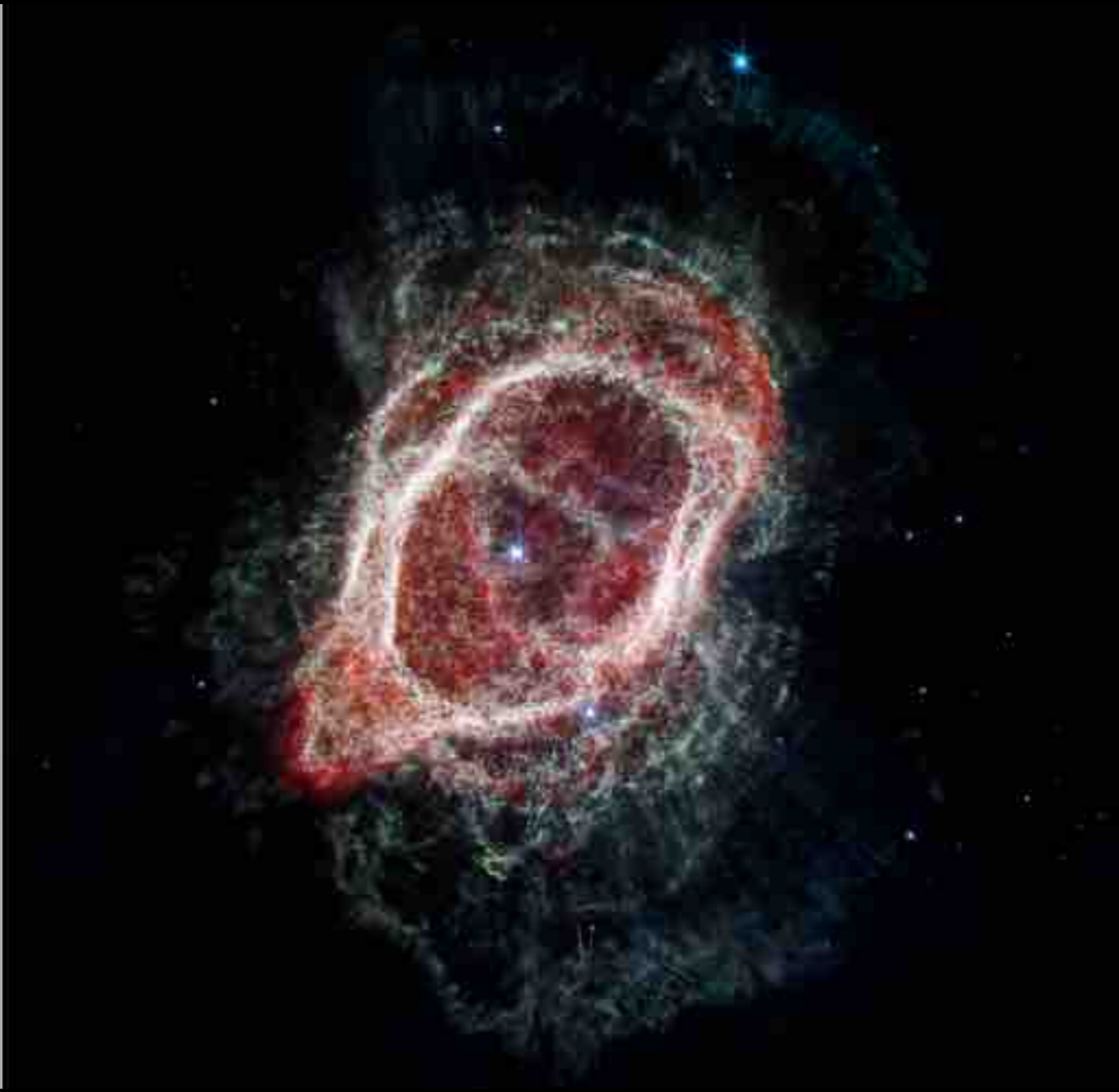
NIRCam Filters

F356W

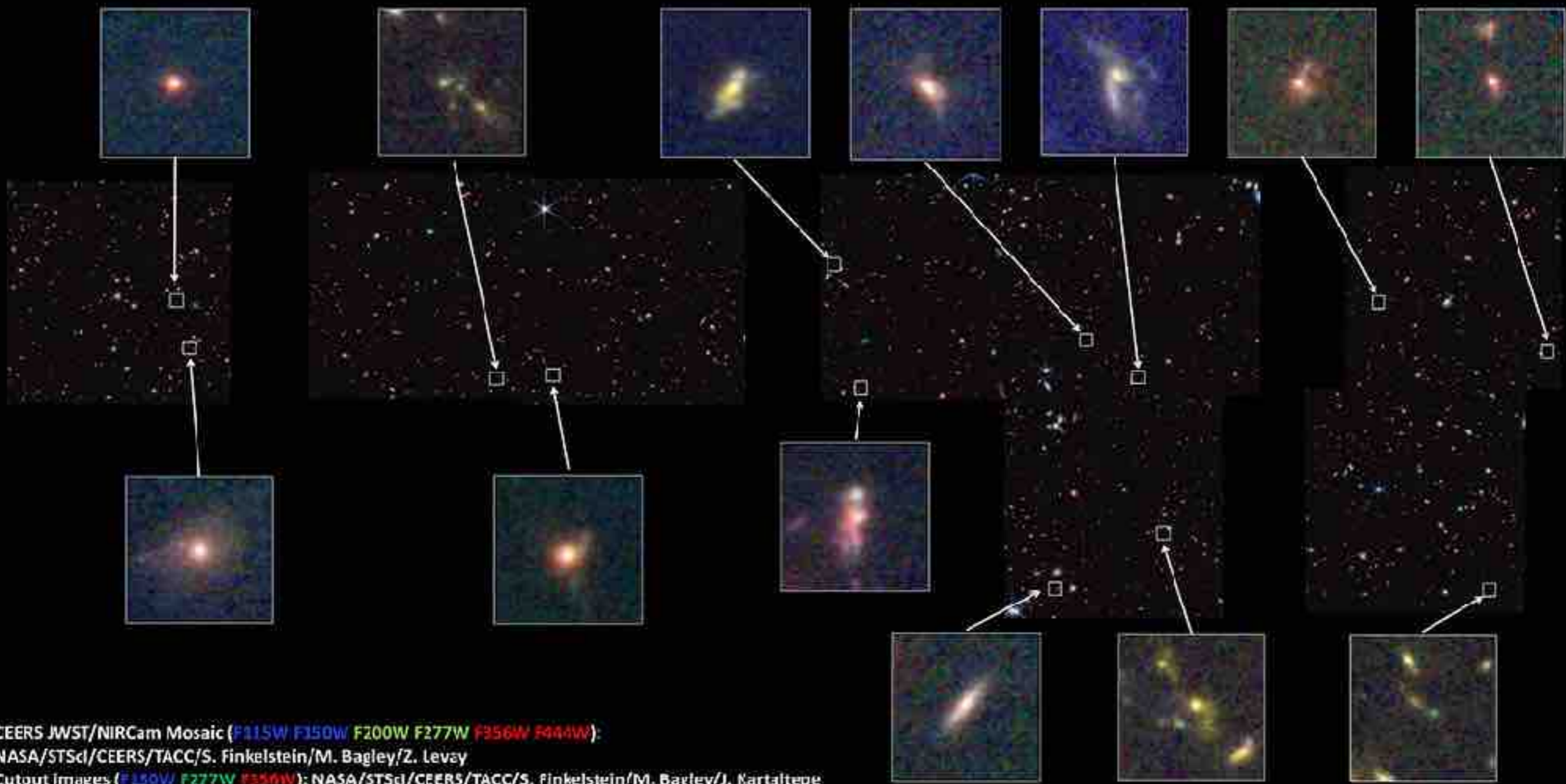
F444W



Inslag DART op planetoïde Didymos (NIRCam)



zuidelijke ringnevel (NIRCam en MIRI)



diverse verre sterrenstelsels, $z = 3\sim 9$ (11-13 miljard lj)

WEBB SPECTRA REACH NEW MILESTONE IN REDSHIFT FRONTIER

NIRCam Imaging

NIRSpec Microshutter Array Spectroscopy

