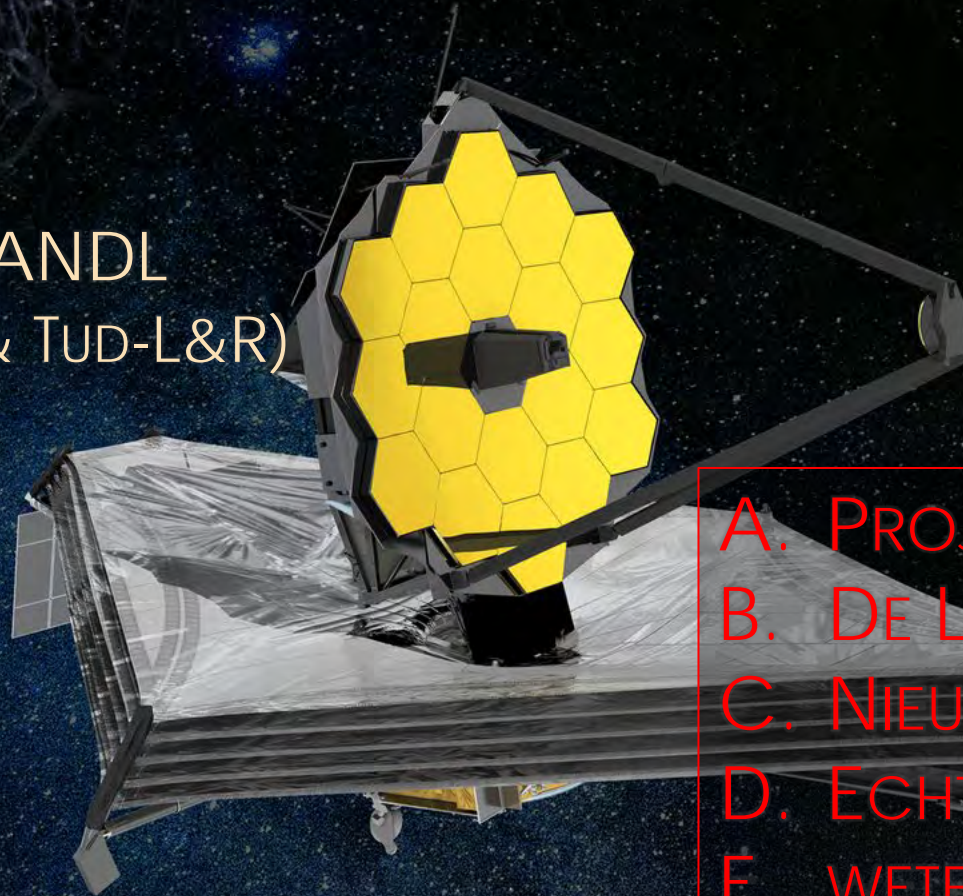


ONTDEK DE KOSMOS:

GESCHIEDENIS EN TECHNOLOGIE VAN DE WEBB RUIMTETELESCOOP

BERNHARD BRANDL

(STERREWACHT LEIDEN & TUD-L&R)



- A. PROJECT OVERZICHT
- B. DE LANCERING
- C. NIEUWE TECHNOLOGIE
- D. ECHTE PRESTATIES
- E. WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN
- F. JWST EN NEDERLAND
- G. WETENSCHAP MET JWST

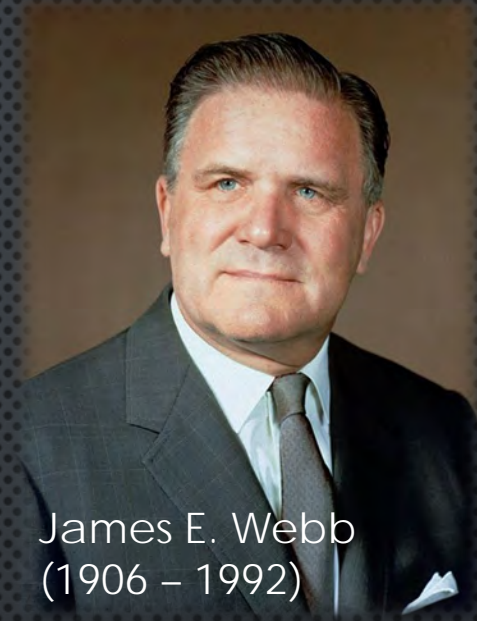
5 MAART 2025

A.

PROJECT OVERZICHT

JWST PROJECT OVERZICHT

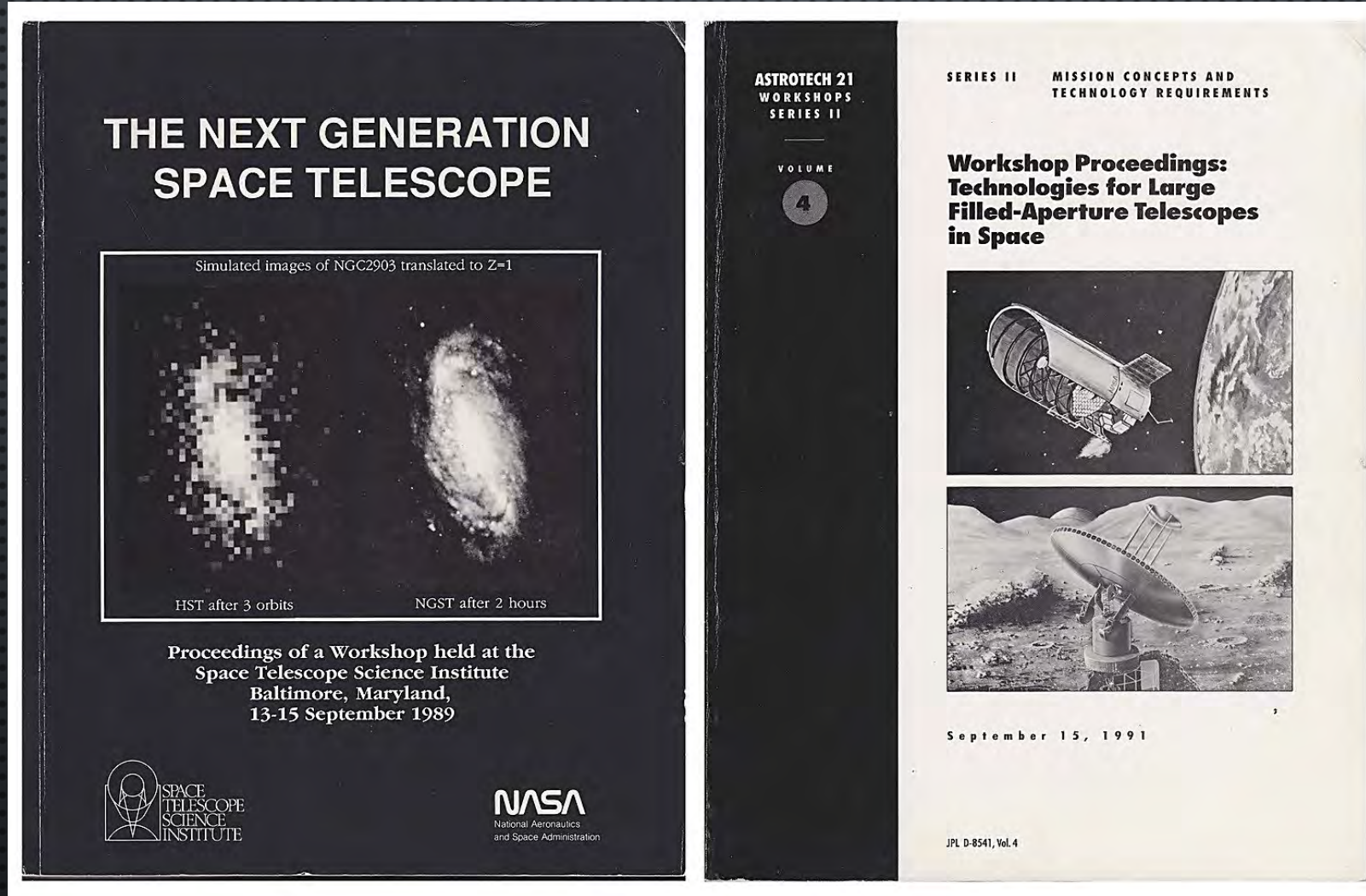
- Het NASA & ESA flagship kost in totaal ruim > 10 miljard US\$ (of €)
- Geoptimeerd voor astronomische waarnemingen bij infrarood golflengtes (0.6–28 μ m)
- Gebouwd door middel van een internationale samenwerking van 17 landen, geleid door NASA met contributies van ESA en Canada.



James E. Webb
(1906 – 1992)



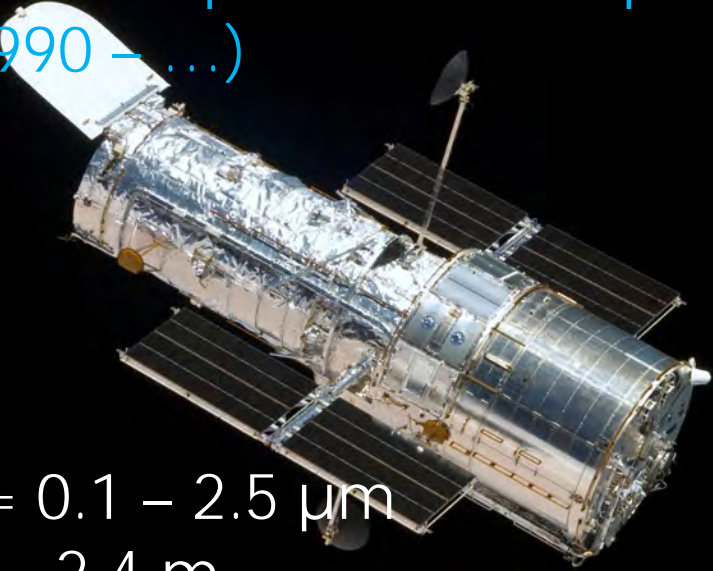
1989 → 2021 > 30 JAAR (!)



+20 JAAR JWST LEVENSDUUR → 2041 ~50 JAAR PROJECT

JWST EN ZIJN VOORGANGERS

Hubble Space Telescope
(1990 – ...)



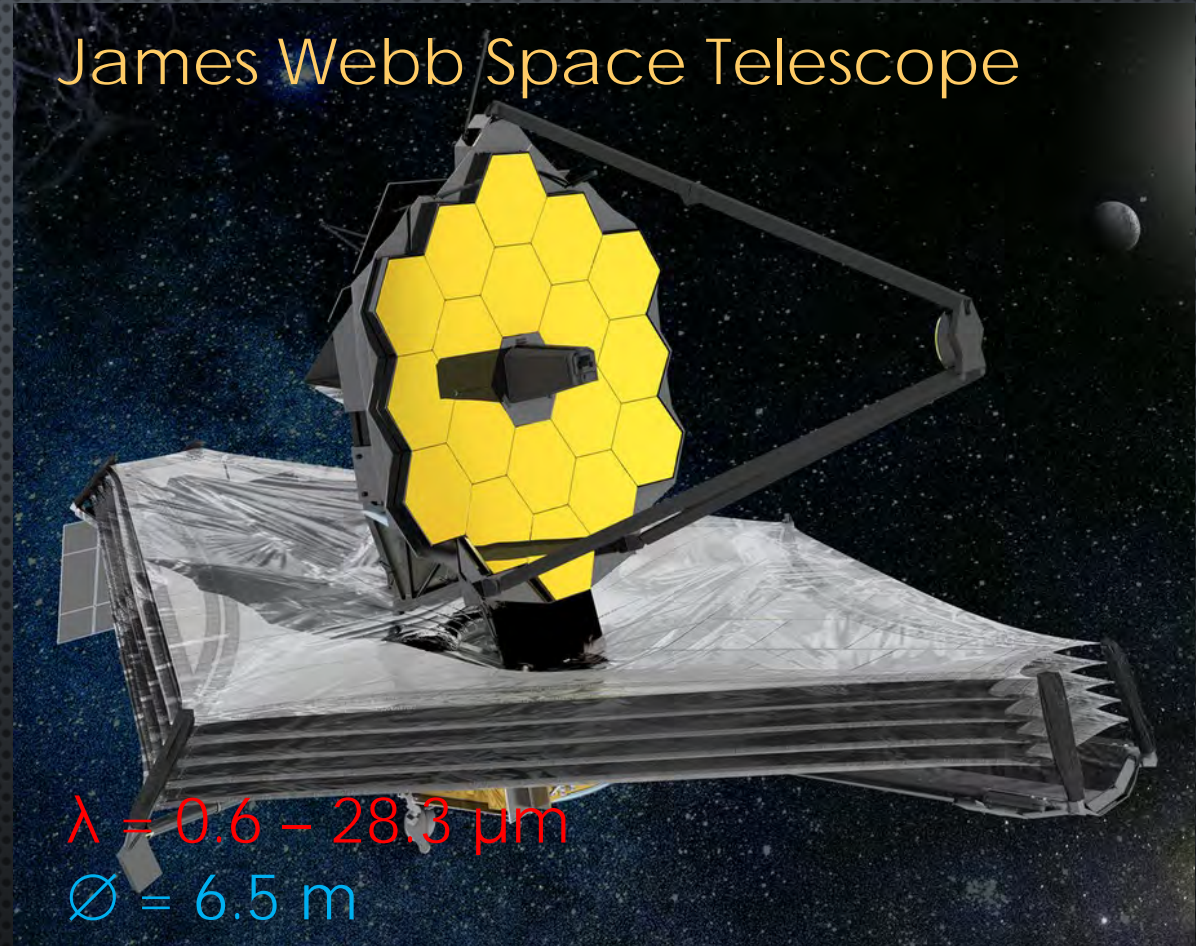
$\lambda = 0.1 - 2.5 \mu\text{m}$
 $\varnothing = 2.4 \text{ m}$

Spitzer Space Telescope
(2003 – 2020)



$\lambda = 3 - 180 \mu\text{m}$
 $\varnothing = 0.85 \text{ m}$

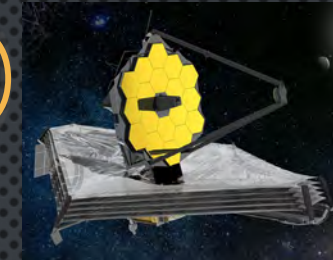
James Webb Space Telescope



$\lambda = 0.6 - 28.3 \mu\text{m}$
 $\varnothing = 6.5 \text{ m}$



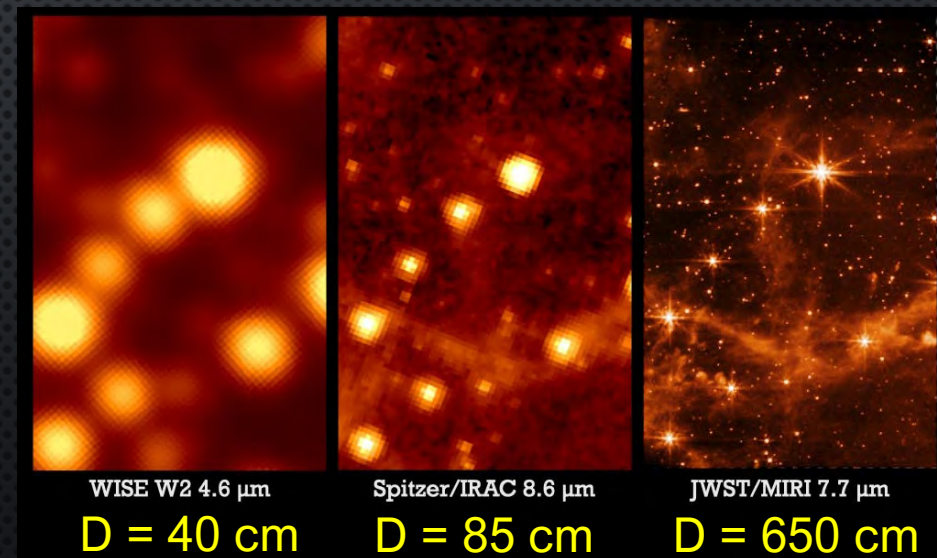
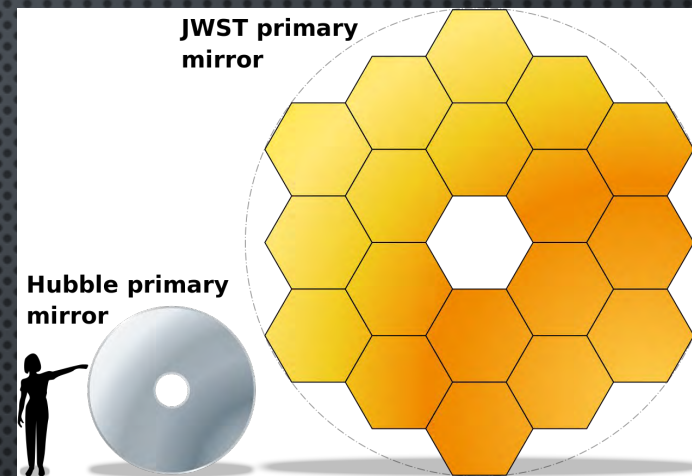
VAN HST ("HUBBLE") NAAR JWST ("WEBB")



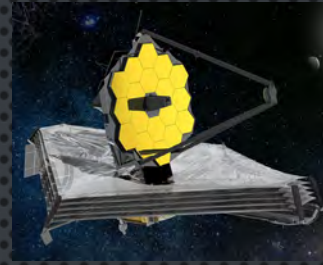
De twee meest significante verschillen:

1. JWST heeft een grotere hoofdspiegel

- Grotere Spiegel = meer licht opname = betere gevoeligheid → meer zwakke lichtbronnen
- Grotere Spiegel = hogere ruimtelijke resolutie = scherpere beelden



FROM HST ("HUBBLE") TO JWST ("WEBB")



De twee meest significante verschillen:

1. JWST heeft een grotere hoofdspiegel
 2. Wetenschappelijke instrumenten werken met langere (infrarood) golflengtes
- Infrarood licht = minder verduisterd door stof
→ we kijken door de stofwolken & zien de stoffige objecten
 - Infrarood licht = roodverschoven optisch licht





DE UITDAGING...



Zo klein mogelijk (IR licht ☹️)

De wetten van optica:

$$\text{Resolutie} = \text{Scherpte van het beeld} \propto \frac{\text{Golflengte } \lambda}{\text{Telescoop diameter } D}$$

Zo klein mogelijk

Zo groot mogelijk (6.5m 😊)

Verwachtingen:

- Het JWST is gevoeliger dan het HST
- Het JWST ziet meer stoffige en/of roodverschoven objecten ...
- maar beelden worden niet duidelijk scherper dan het HST

B.

DE LANCIERING VAN DE JWST

2021: JWST ARRIVEERT IN PARIACABO HARBOR IN FRENCH GUIANA (NA 32 JAAR...)



LANCERING OP 25 DECEMBER, 2021



DE LAASTE GOEDE BLIK OP JWST (DIRECT NA AFSPLITSING)



Levensduur missie:

5.5 jaar (vereist)

>10 jaar (doel)

De levensduur is afhankelijk van de hoeveelheid drijfgas er over blijft na koerscorrecties.

Lancering met Ariane-5
→ ~ 20 jaar lange missie



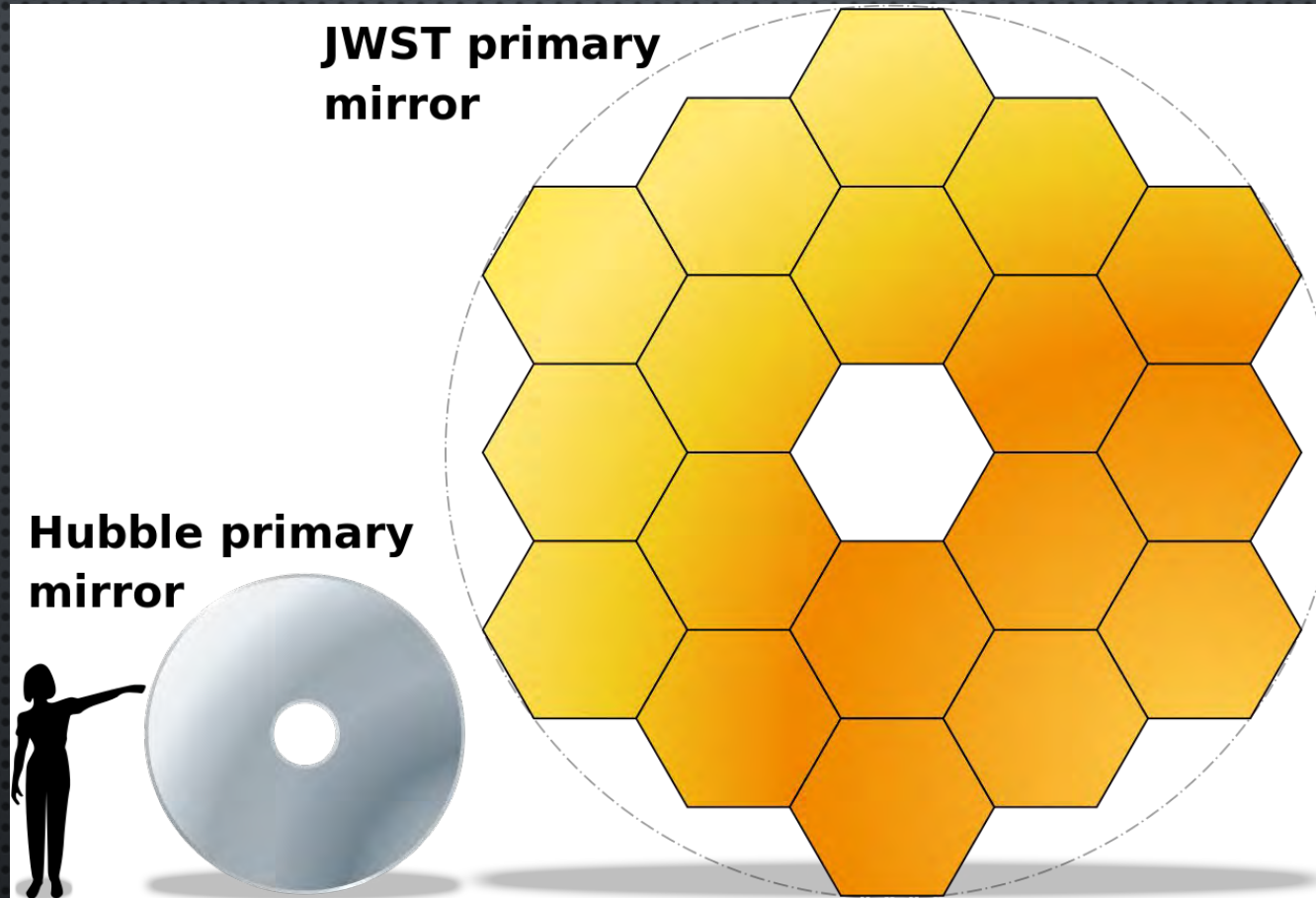
DE EERSTE FOTO OP SOCIAL MEDIA 😊



C.

DE NIEUWE TECHNOLOGIE VAN HET JWST

DE UITDAGING VAN HET FORMAAT



- Probleem: **te groot voor het vrachtruim** van een raket
- Hoofdspiegel bestaat uit **18 hexagonale spiegelsegmenten**
- → Hoofdspiegel **vouwen**

HET ONTVOUWEN VAN DE HOOFDSPIEGEL

- De spiegel zal zich **na de lancering** ontvouwen.
- Met behulp van **wavefront sensing** worden de spiegelsegmenten op de juiste plaats geplaatst.
- De correctie maakt gebruik van **126 micro-motoren** om de segmenten aan te passen.



IN- EN UITPAKKEN VAN DE TELESCOOP

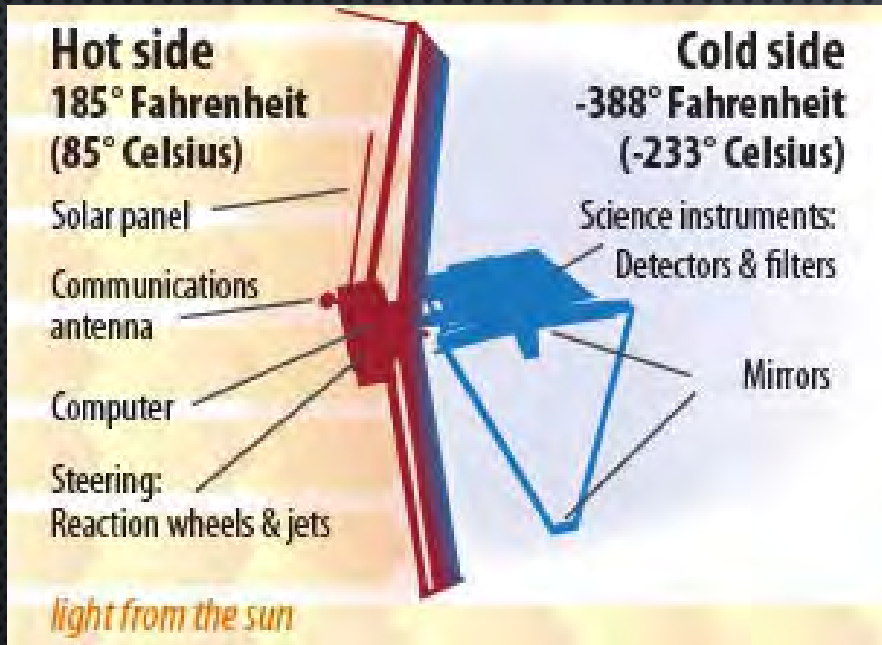


DE TEMPERATUUR UITDAGING

Als **infrarood telescoop** moet het JWST **heel koud** zijn, ≤ -223 °C.
We moeten het daarom **van de zon afschermen**

Heet (Zon):
300 kilo-Watt

Koud (spiegel):
23 milli-Watt



Hitte reductie met ~13 miljoen!

Alleen mogelijk met een 5-laags zonnescherm, ter grootte van een tennisveld!

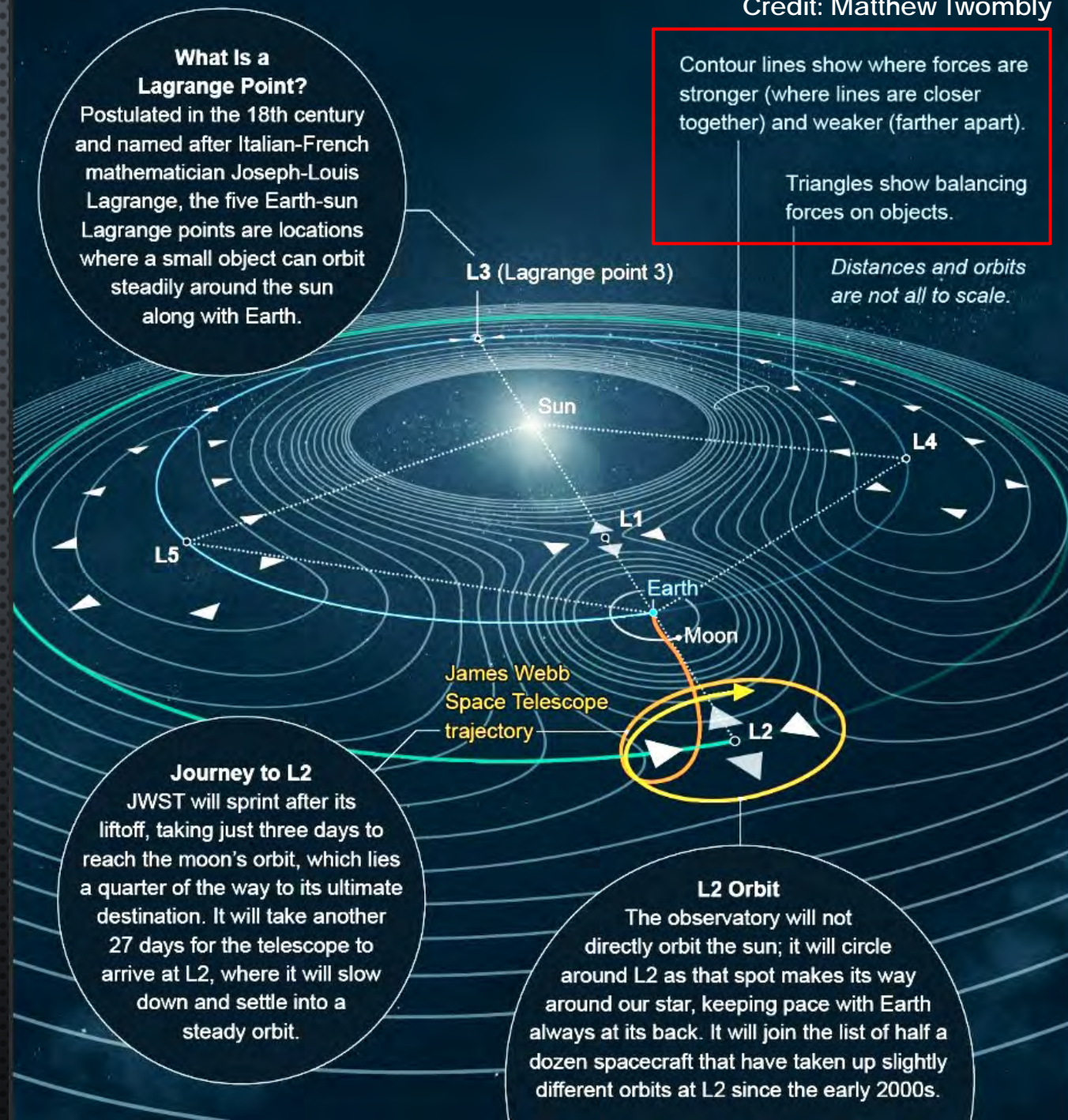
HET "L2 PUNT"

Het "Lagrangian L2 punt" ...:

- is 1.5 miljoen km van de aarde, en
- laat het JWST afkoelen.

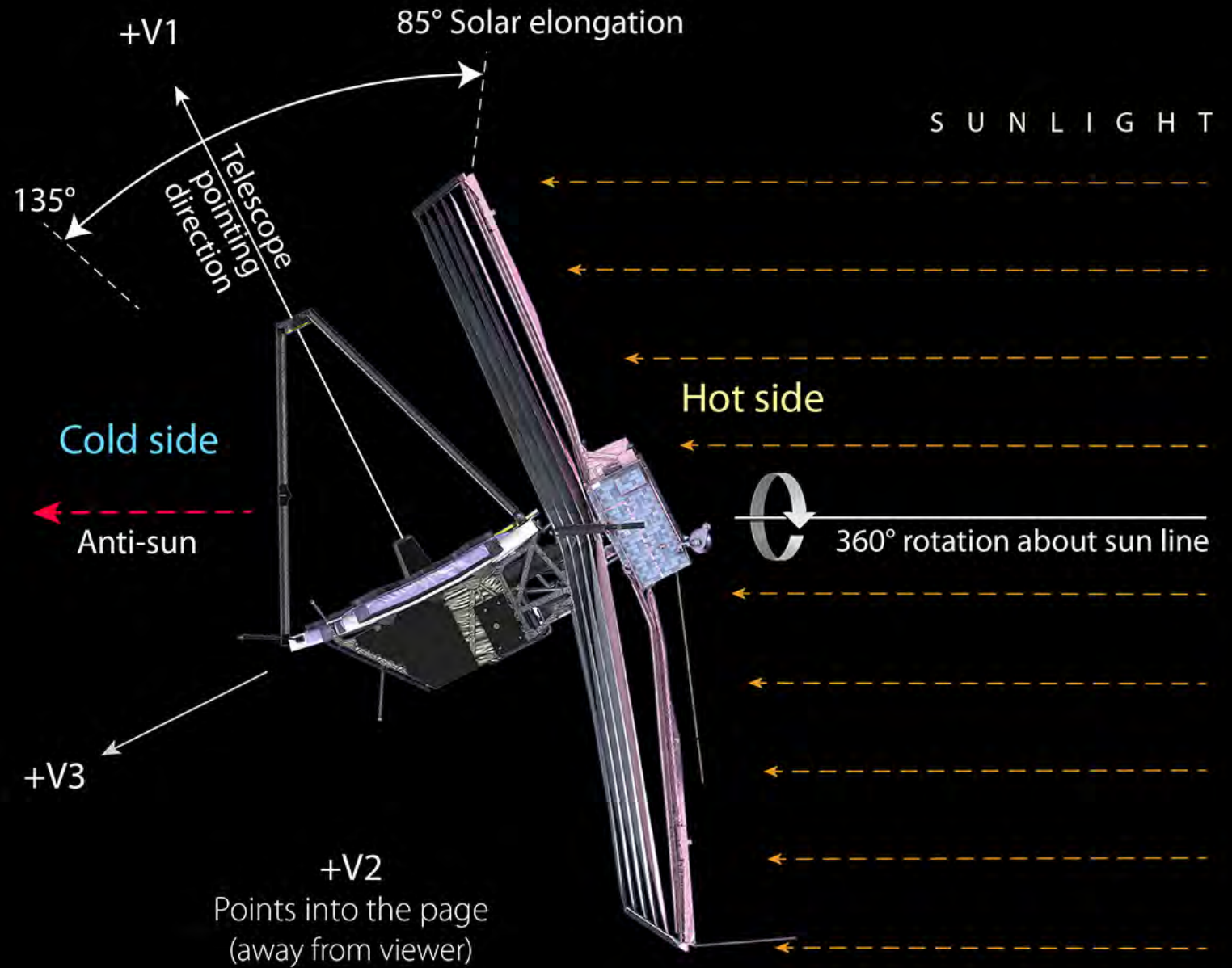


Credit: Matthew Twombly



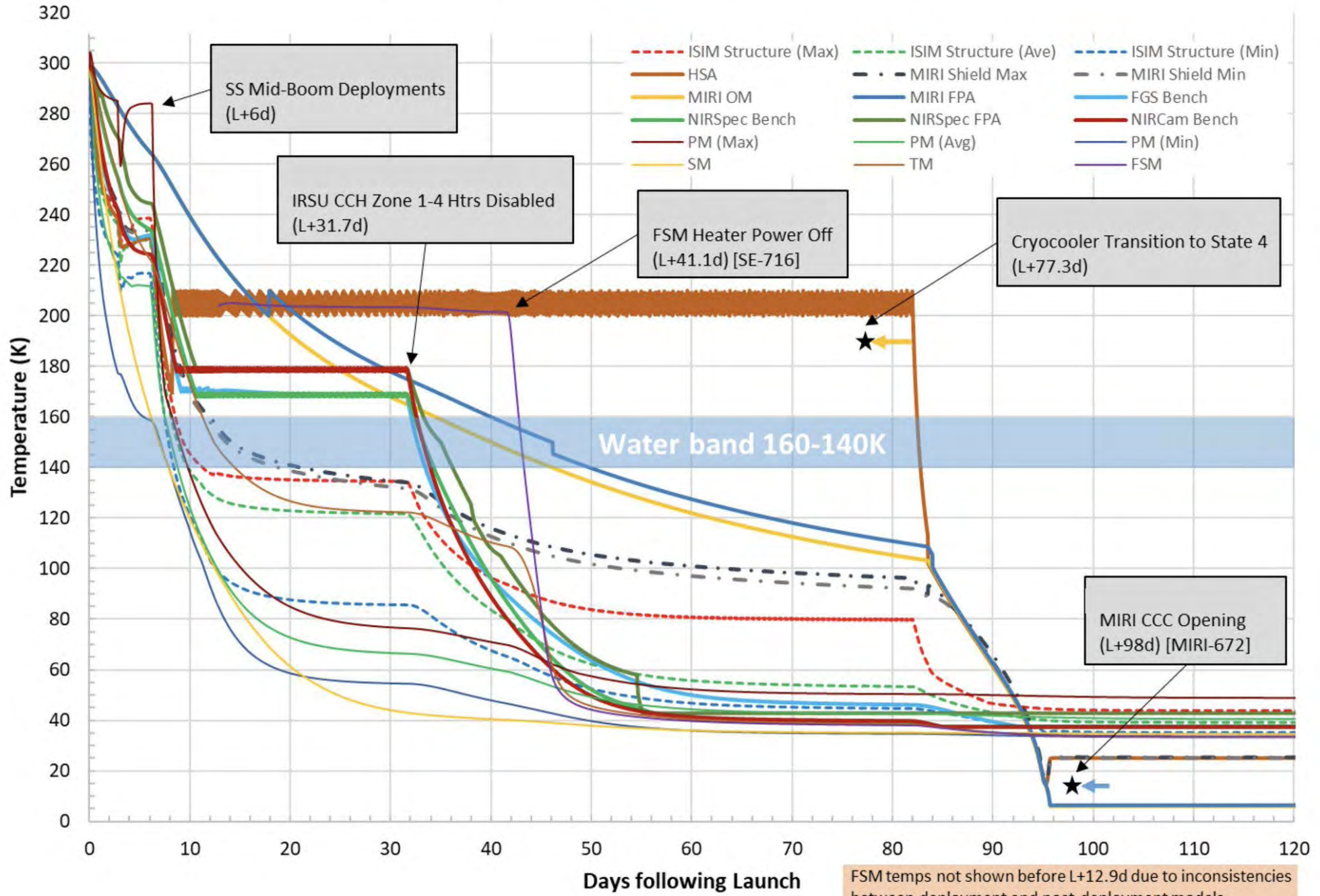
MAAR.....

Het "Lagrangian L2 punt" geeft beperkingen aan de **observeerbare hemel** op ieder gegeven moment



Cooldown Profile - October 2019 Thermal Analysis

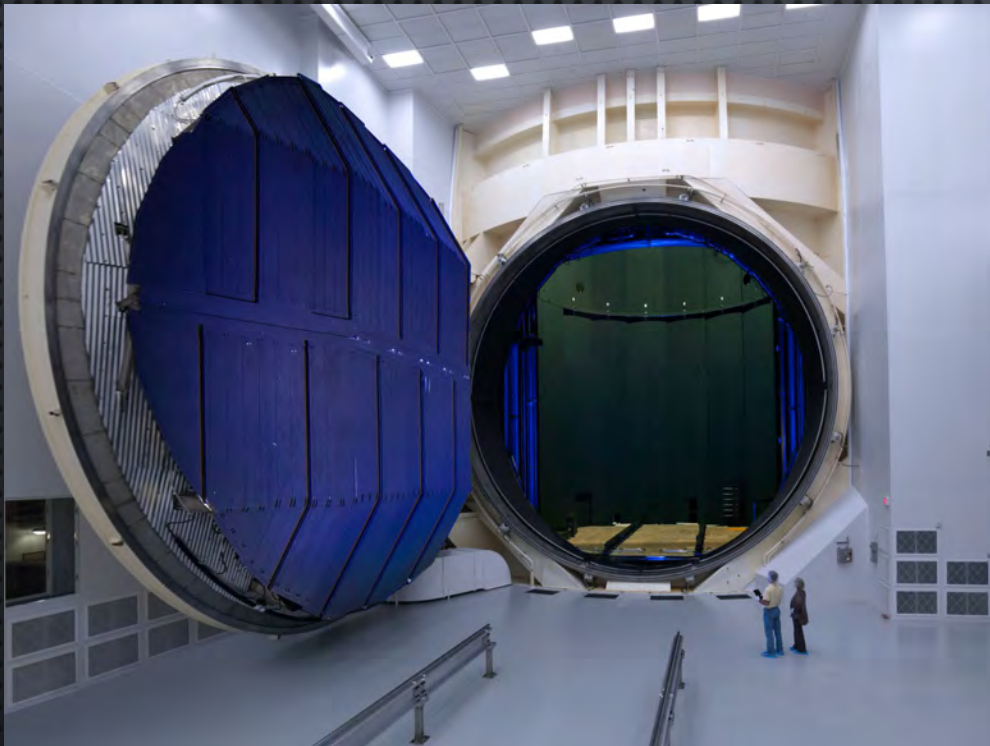
COOL-DOWN



DE TESTUITDAGING

De cryogene tests werden uitgevoerd in NASA's "Chamber A" in het **Johnson Space Center in Houston**. Het is beroemd omdat het gebruikt werd om Apollo-hardware te testen, inclusief astronauten in pakken in de kamer.

"Chamber A" is de **grootste hoogvacuüm, cryogeen-optische testkamer ter wereld**: 16,8 m in diameter bij 27,4 meter hoog. De "deur" weegt 40 ton!



D.

ECHTE PRESTATIES "IN FLIGHT"

SAMENVATTING VAN DE MEEST RELEVANTE RESULTATEN

Bron: Karakterisering van JWST-wetenschappelijke prestaties vanaf ingebruikname – <https://www.stsci.edu/jwst/documentation>

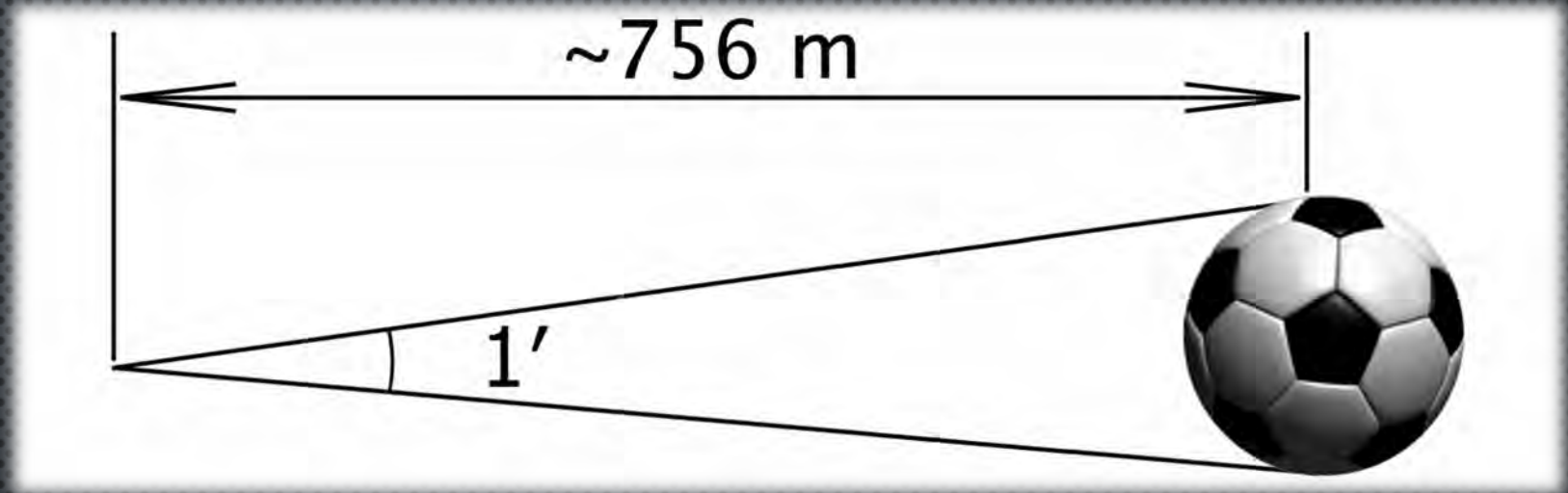
- JWST is **volledig in staat** om de ontdekkingen te bereiken waarvoor het is gebouwd; alle JWST-observatiemodi zijn beoordeeld en bevestigd als klaar voor wetenschappelijk gebruik.
- In de meeste gevallen zal JWST **sneller dieper** gaan dan verwacht, de instrumentmodi overtreffen de prestatievereisten (“performance requirements”).
- JWST heeft genoeg stuwstof om **ten minste 20 jaar** mee te gaan.

SPACECRAFT CONTROLE

- Zeer stabiele baan, minder "station-keeping burns" dan verwacht
- Verbruiksartikelen: stuwstof voor meer dan 20 jaar
- "Pointing" en "Guiding" voldoen aan of overtreffen verwachtingen:
 - ✓ Het "Pointing" stabiliseert snel
 - ✓ "Guide Star"-acquisitie + correcties: 0,10"
 - ✓ "Target Acquisition": een paar milliarcseconds

ZIJNOOT: EEN BOOGSECONDE

Een **boogminuut**:



- de gemiddelde schijnbare diameter van de **volle maan** is ongeveer 31 boogminuten

Een **boogseconde**: 1/60 van een boogminuut:

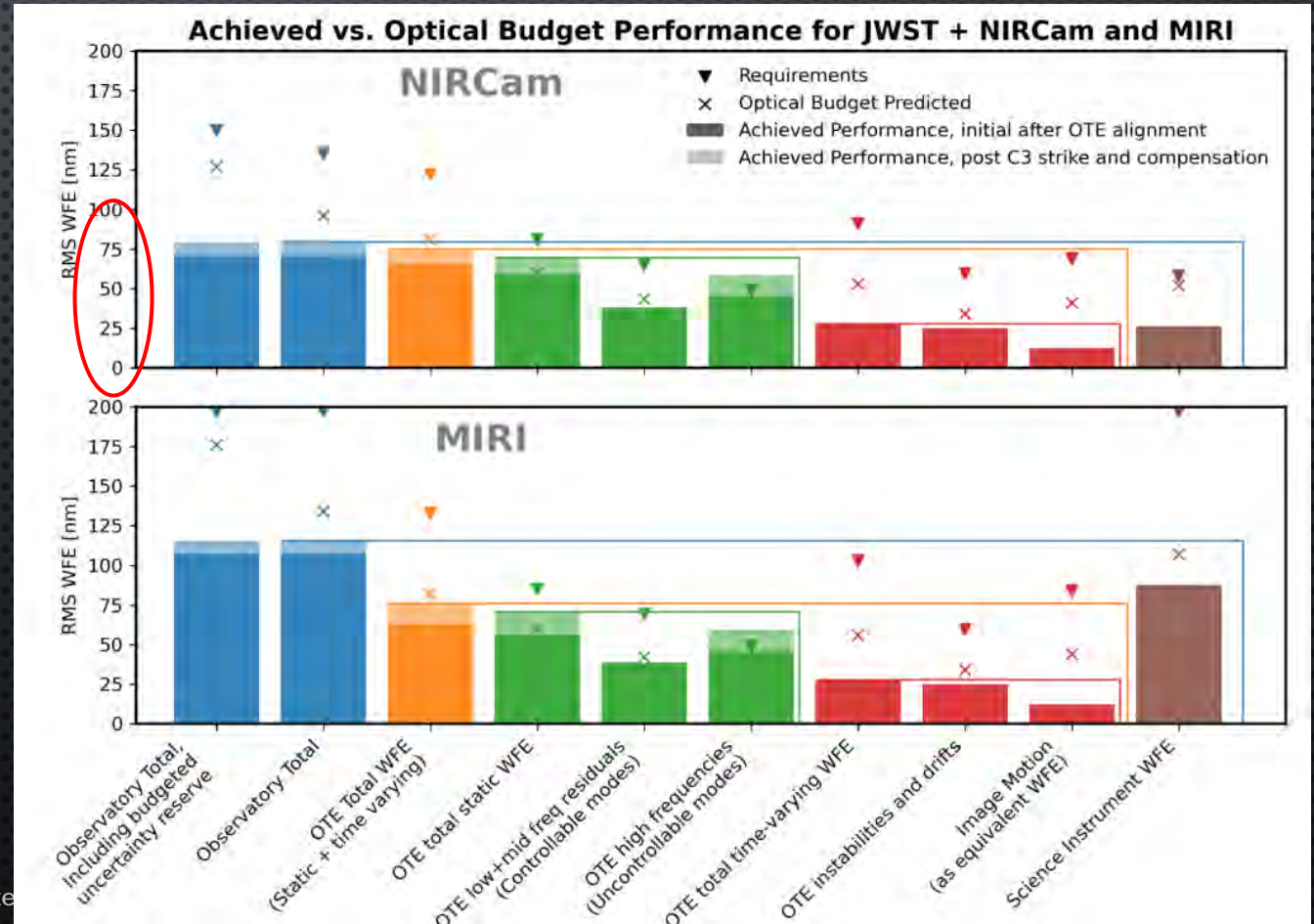
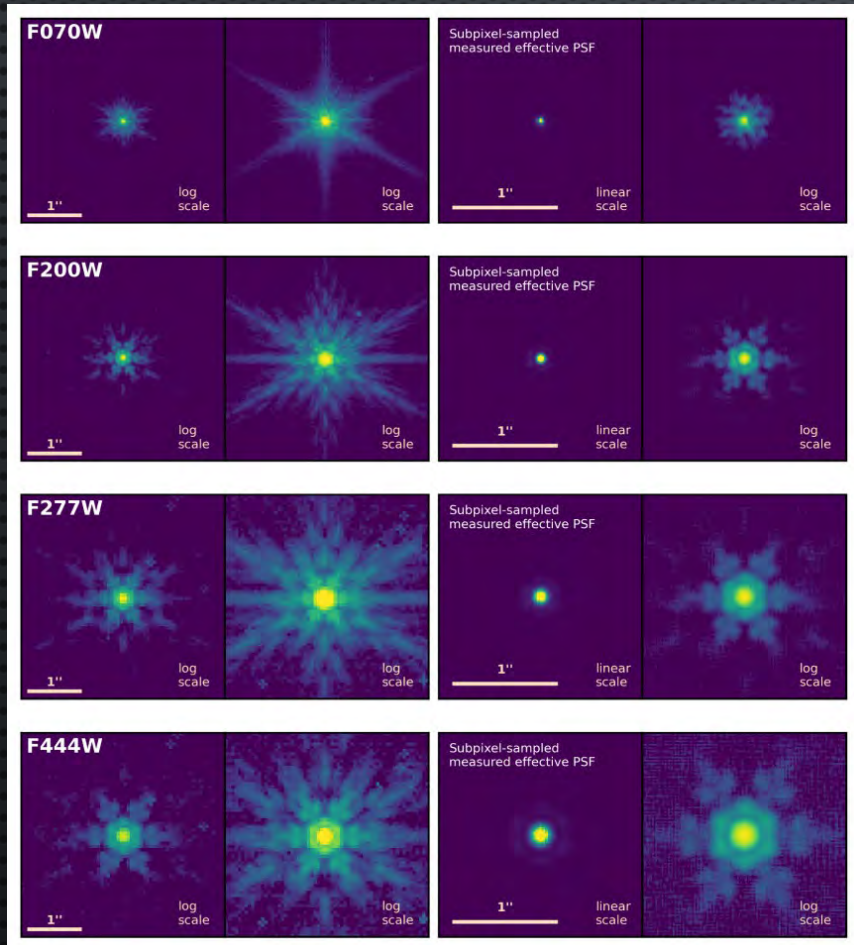
- een **mensenhaar** op tien meter afstand



OPTISCHE PRESTATIES

“ De beeldkwaliteit die JWST bereikt, **overtreft de prestatievereisten en verwachtingen**, met diffractiebeperkte beeldkwaliteit bij golflengtes die veel lager zijn dan de vereisten, **zeer goede stabiliteit en superieure doorvoer.**”

PSF in NIRCAM-filters



Golffrontfout

ZIJNOOT: 75 NM

Als we de 75nm golffrontfout voor JWST zouden schalen naar de grootte van Nederland (Groningen - Maastricht), zou deze binnen 4 millimeter vlak zijn.



E.

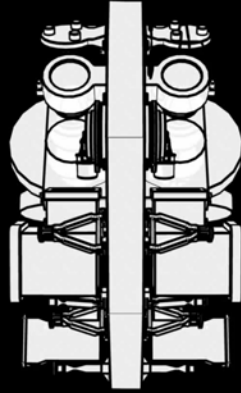
DE WETENSCHAPPELIJKE
INSTRUMENTEN AAN BOORD
VAN HET JWST

DE VIER WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN

NIRCAM

0.6 - 5 μ m

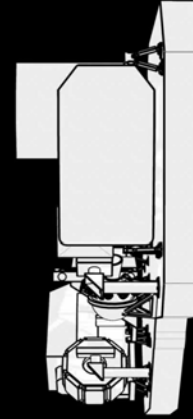
Camera



NIRSPEC

0.6 - 5 μ m

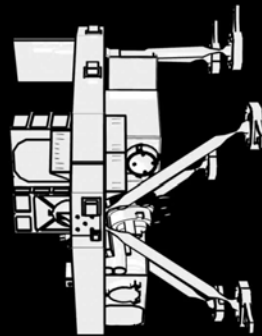
Multi-object
Spectrometer



FGS incl. NIRISS

0.8 – 5 μ m

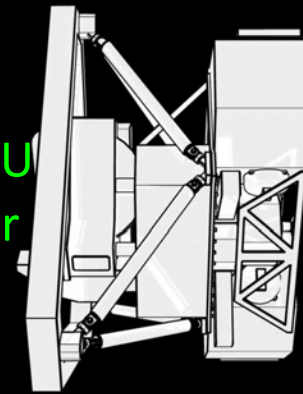
Camera &
Spectrometer



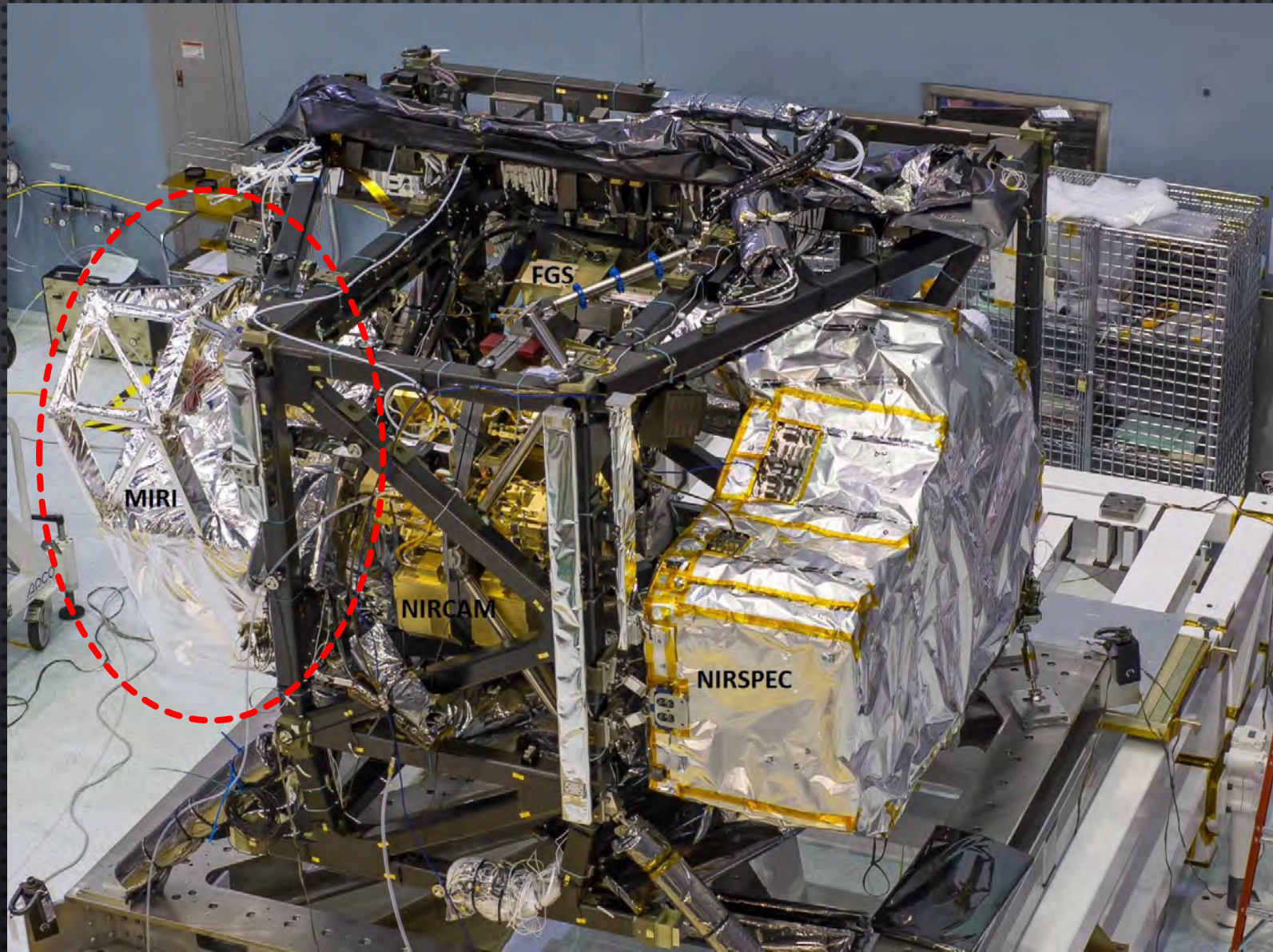
MIRI

5 – 28.5 μ m

Camera & IFU
Spectrometer

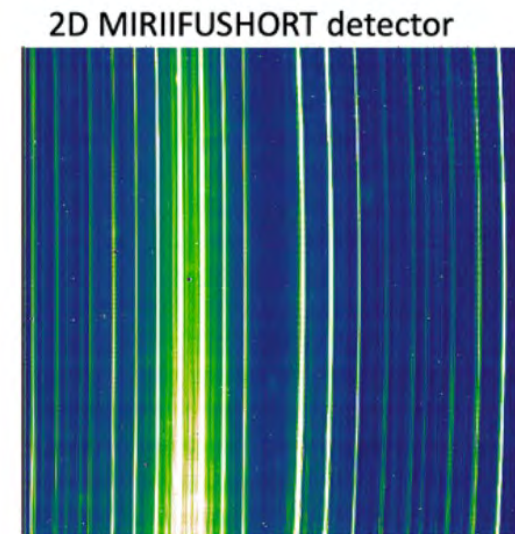
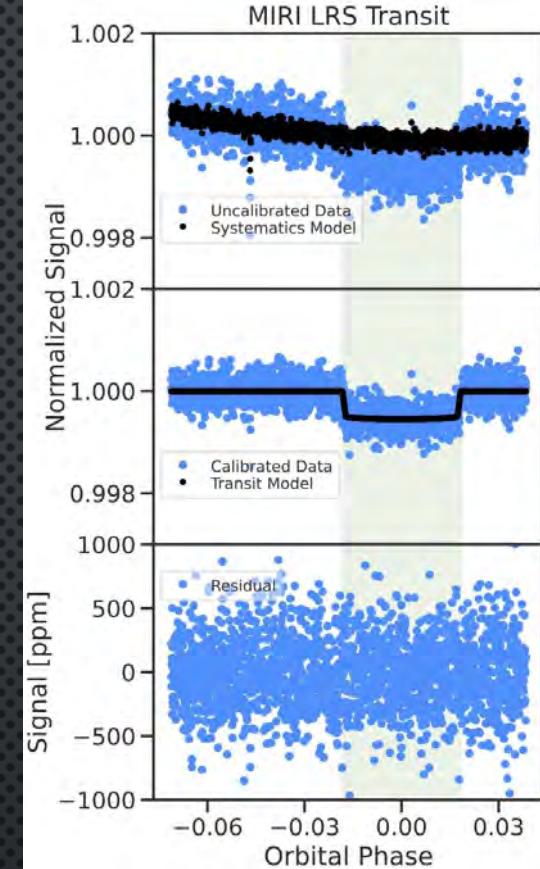


DE VIER WETENSCHAPPELIJKE INSTRUMENTEN

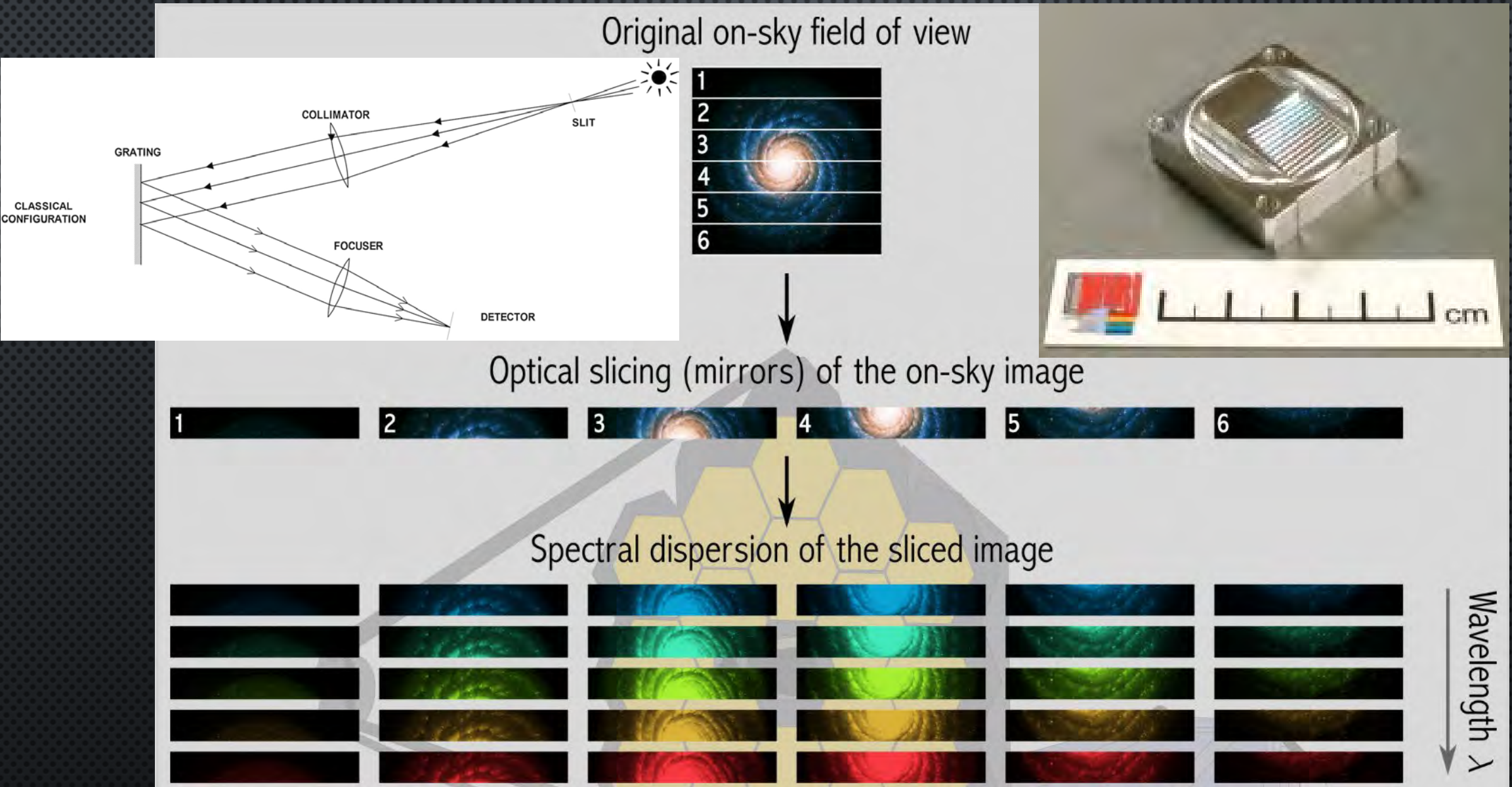


MIRI-PRESTATIES

- **Camera**: gevoeligheid overtreft de voorspellingen met ~10% over het golflengtebereik
- **Coronografie**: prestaties overtreffen de verwachtingen
- **Slit spectroscopie**: Transit van de superaarde L168-9b, precisie ~50 ppm bij een spectrale resolutie van $R \sim 50$
- **Medium-resolution IFU spectrograph (MRS)**: SNR voldoet aan of overtreft verwachtingen in alle 12 MRS-banden (behalve kanaal 3 en kanaal 4A)



ZIJNOOT: WAT IS EEN "IFU SPECTROGRAPH"

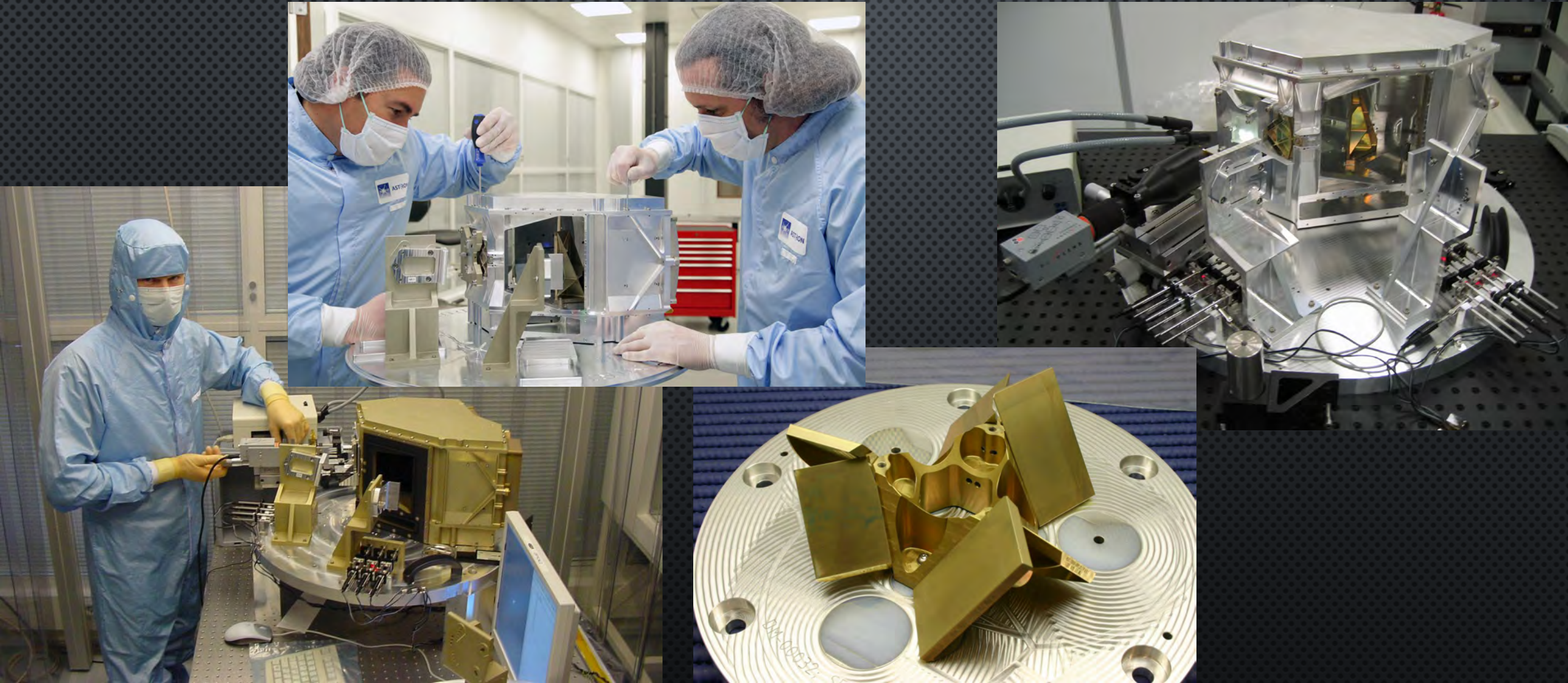


F.

JWST & NEDERLAND

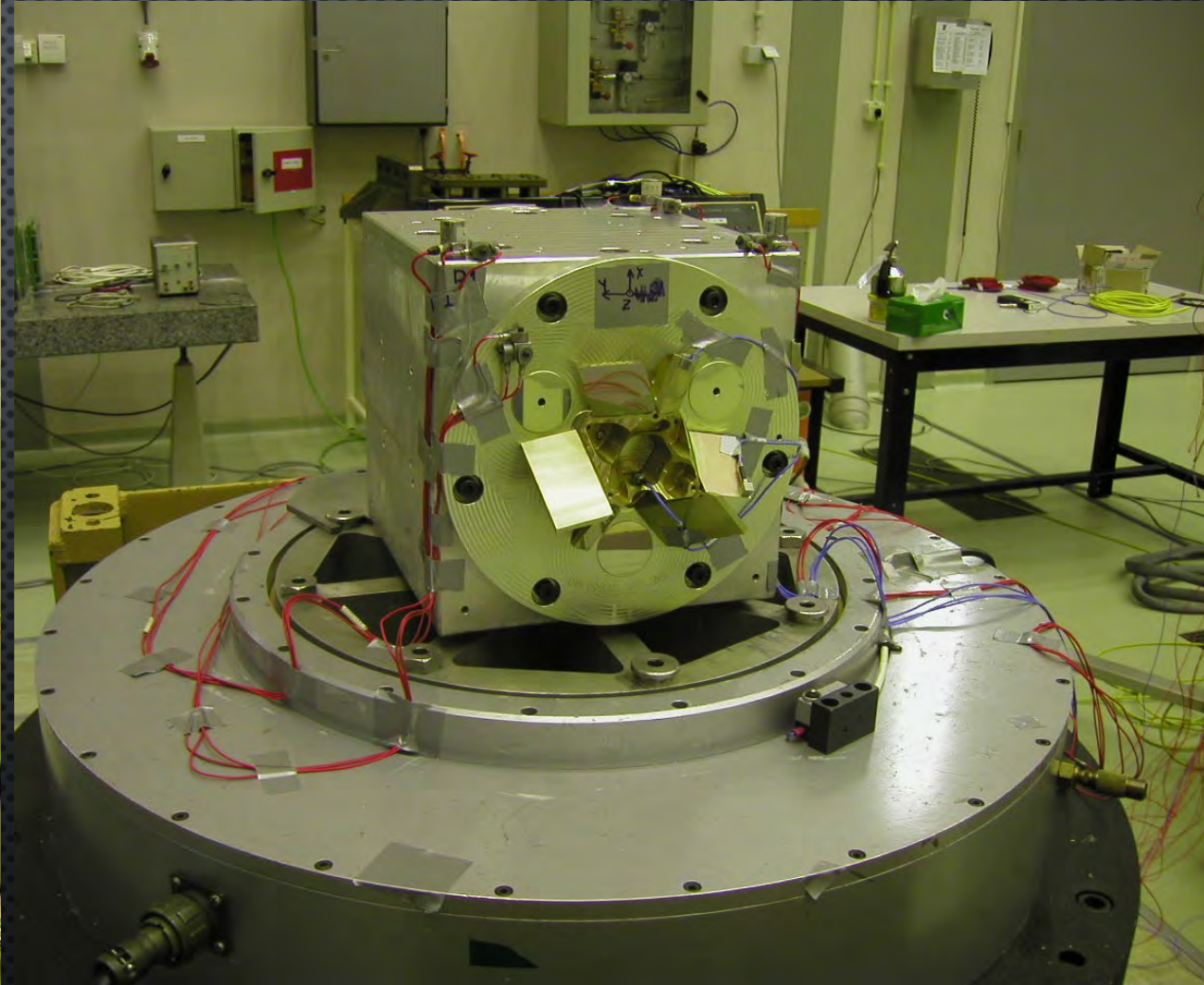
DE MIRI MEDIUM-RESOLUTION SPECTROMETER (MRS)

De "main optics" van de medium resolution spectrometer (MRS) is in Nederland ontworpen en gebouwd door NOVA



TESTEN VAN DE MIRI MRS

Hier: vibratietesten bij ESTEC (Noordwijk)

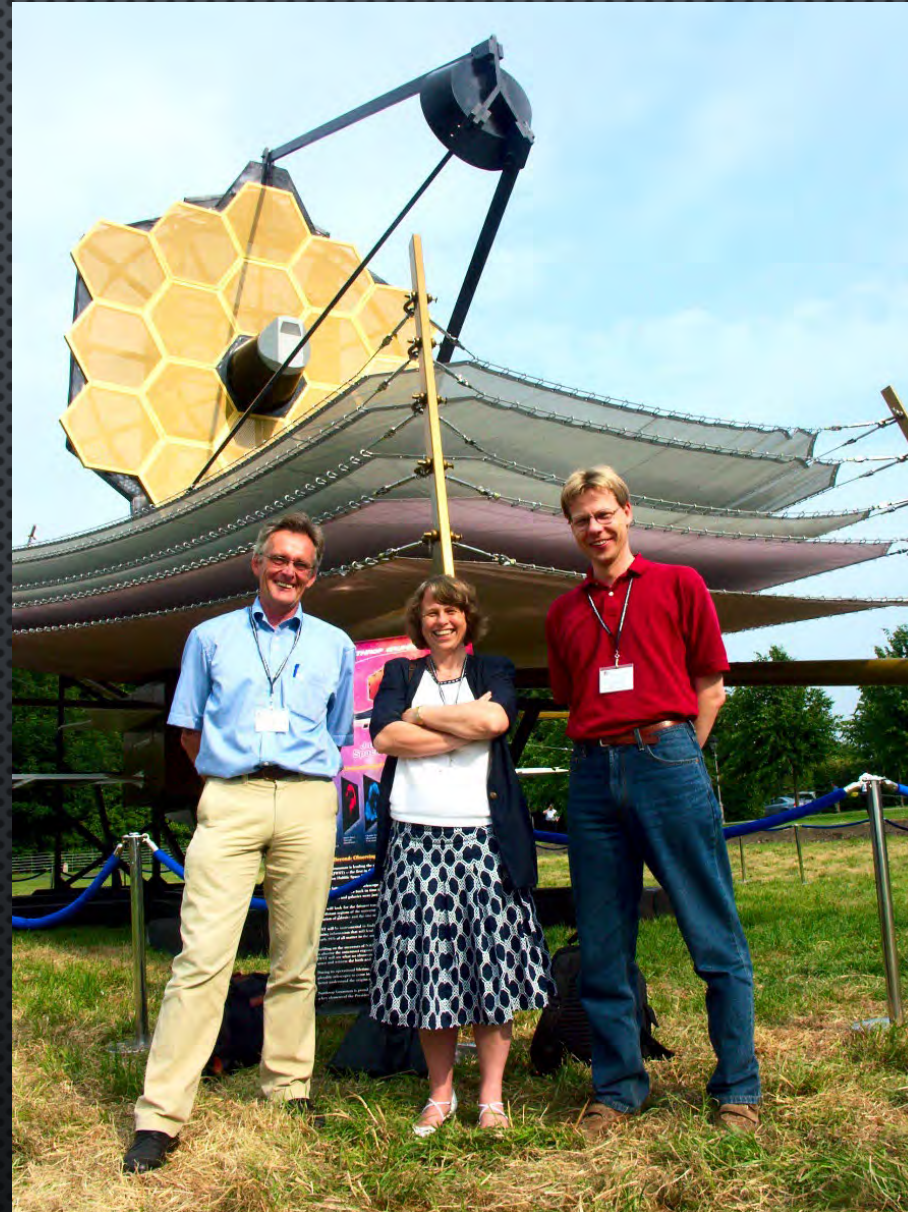


DUBLIN 2007

DE NEDERLANDSE MIRI LEIDERS



Rieks Jager
(Projektmanager)



Ewine van Dishoeck
(Hoofdonderzoeker [PI])

Bernhard Brandl
(deputy PI)

3/11/2025

37

GENIETEN VAN DE EERSTE JWST-RESULTATEN



Edinburgh Sept 2022



**Leuven
Feb 2023**



HET ALLERBELANGRIJKSTE OM HET TE LATEN WERKEN: DE MANAGERS, INGENIEURS, TECHNICI!



Evert Pauwels, Rieks Jager, Michael Meijers



Ramon Navarro, Gabby Kroes, Sandra Eggens-Eeltink, Jan Willem Pel



NOVA

ASTRON
Netherlands Institute for Radio Astronomy

European Space Agency

TNO

smths medical

INDUCOMP
Oplossingen met Aluminium Profielen.

HEC
HOLLAND ENGINEERING CONSULTANTS

SALOMON'S METALLEN B.V.

SNIJTECHNIEK
Maakt het met water

VWR
part of avantor

ADVANTECH

BOOM
LABORATORIUMLEKTRICITEIT

knürr
environments for electronics

MAVOM
SPECIALTY CHEMICALS

AMTCON

Mefion
Instrumentmakerij

wts

OPTICON

Fraunhofer IOF

SECO

van Asperen
KLEEFSTOFFEN

MCA Molenberg
mechanische & elektrificatie

fisher scientific
part of Thermo Fisher Scientific

Hositrad
VACUUM TECHNOLOGY

AUDION

vossebelt

FARNELL in one

DESTACO

Lasaulec
TECHNISCHE GROOTHANDEL

GANYMEDES
OPTISCHE INSTRUMENTEN

PHILIPS

Landes
HIGH END MACHINING

AC
Astro Controls

VIRO

NEFAB

MAG45
industrial supply solutions

Audacious
A
Sheet Metal

IEST

AmEuro

NWO



esa

De Groot
INSTALLATIEGROEP

Jeveka

ASTROTEC HOLDING

UTI
Forwarding

Hoffmann Group

VS

VACUUM SPECIALS

ANALYTICAL SOLUTIONS
The Quality People

hoek loos

Meprof

ASTRON

Netherlands Institute for Radio Astronomy

TNO

anteryon

DELTA
ELEKTRONIKA
DC POWER SUPPLIES

AIRBUS
DEFENCE & SPACE

wildkamp

Manutan

HAZENBERG

RS Components

ENGELS
serving logistics and the environment

RADIOMETER

NEWPORT

micronclean

INDUCOMP
Oplossingen met Aluminium Profielen.

Linde



alimex
PRECISION IN ALUMINIUM

overtoom

molenaar optics
Industrial laser systems, handling, automation, optical diagnostics

Agilent Technologies

ets
european test services

AeroParts

HEGIN
metalfinishing

de Koningh advanced technology

G.

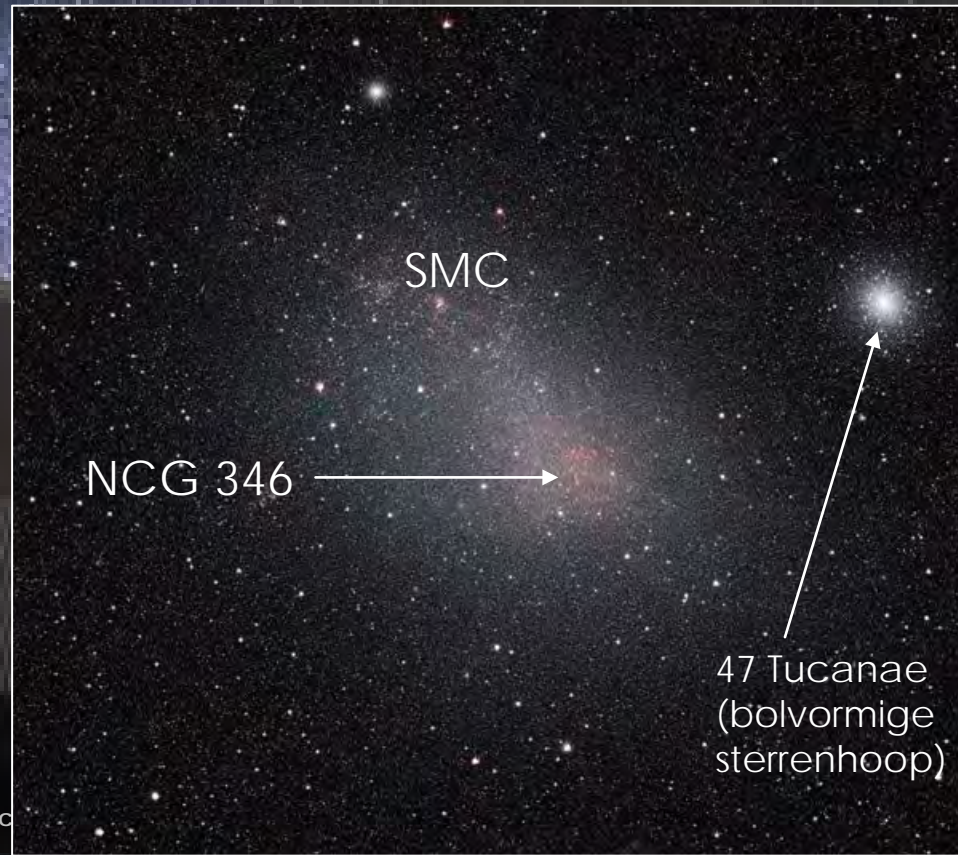
WETENSCHAP MET HET JWST (EEN VOORBEELD)

DE MAGELHAENSE WOLKEN

LMC

SMC

Melkweg



NGC 346

- NGC 346 is gelegen in de **Kleine Magelhaense Wolk (SMC)**
- De SMC bevat **lagere concentraties van elementen die zwaarder zijn dan waterstof of helium**
- De omstandigheden en hoeveelheid metalen in de SMC lijken op die van miljarden jaren geleden in sterrenstelsels
- Op die 'kosmische middag' was de stervorming op zijn hoogtepunt.



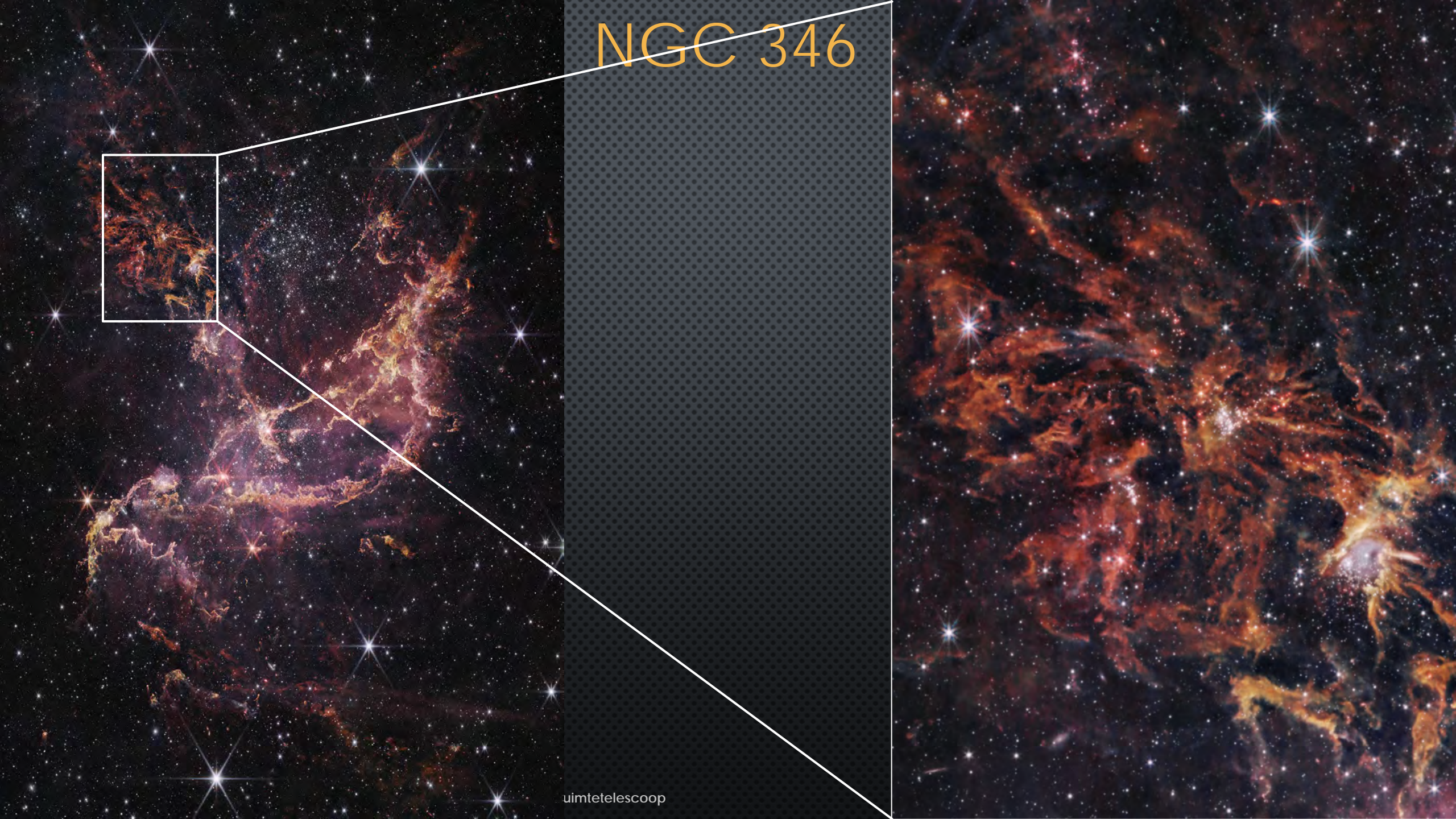
NGC 346



NGC 346

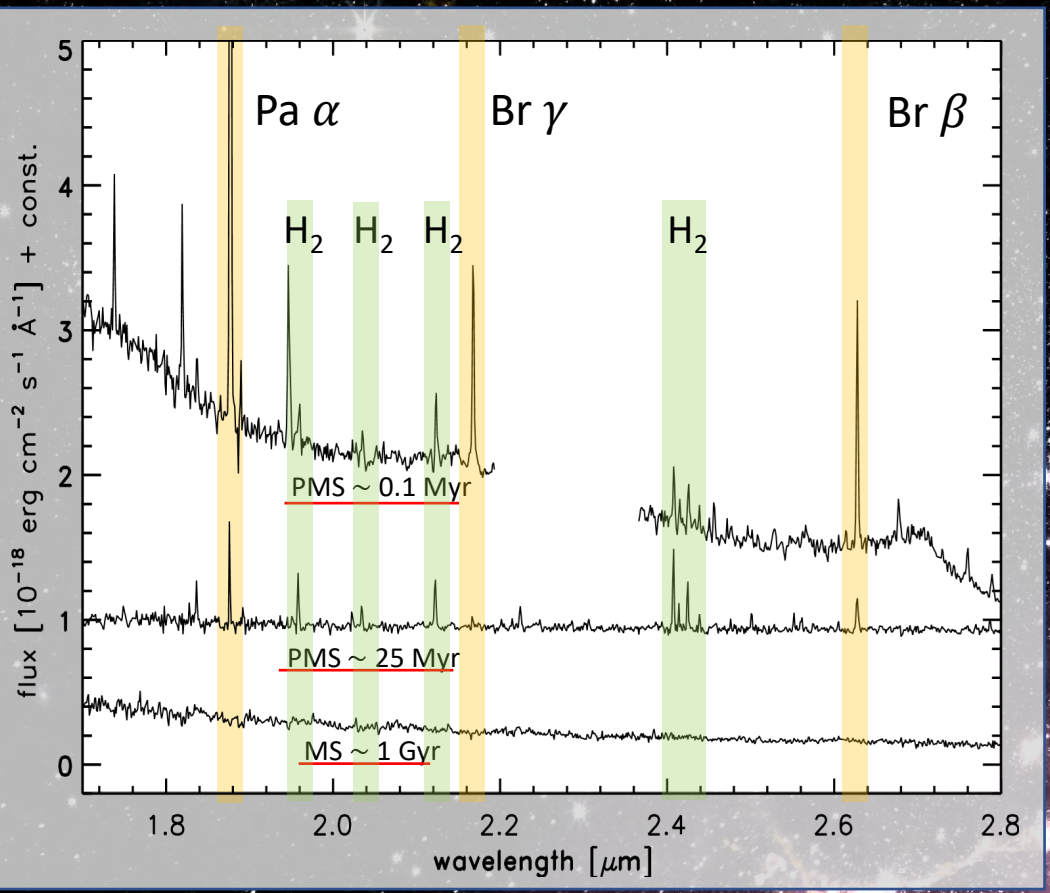


NGC 346



NGC 346





- Sterke **H-emissielijnen** tonen aan dat jonge sterren meer en langer accreteren dan in de Melkweg
- Ook rond oudere sterren worden **H $_2$ -excitatielijnen** gedetecteerd, die restmateriaal van stervorming onthullen
- Sterke NIR-emissie toont aan dat bij een lage metaal-gehalte ook stof langer blijft hangen, waardoor planeten meer tijd krijgen om zich te vormen

De Marchi et al. 2024, ApJ, 977, 214

Conclusie: Bij een lage metaal-gehalte duurt het langer voordat zonachtige sterren ontstaan.

HARTELIJK DANK VOOR UW AANDACHT

