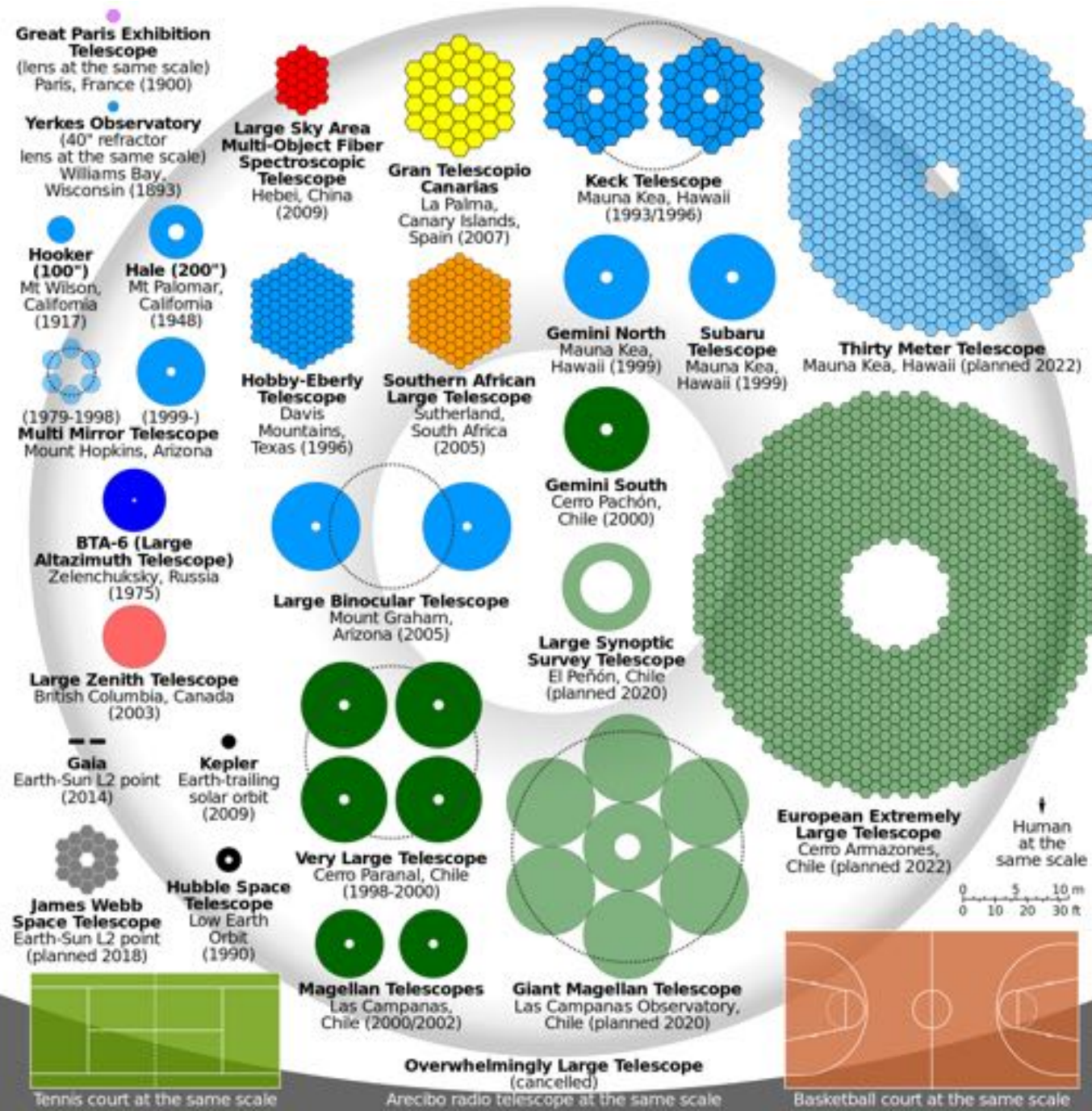


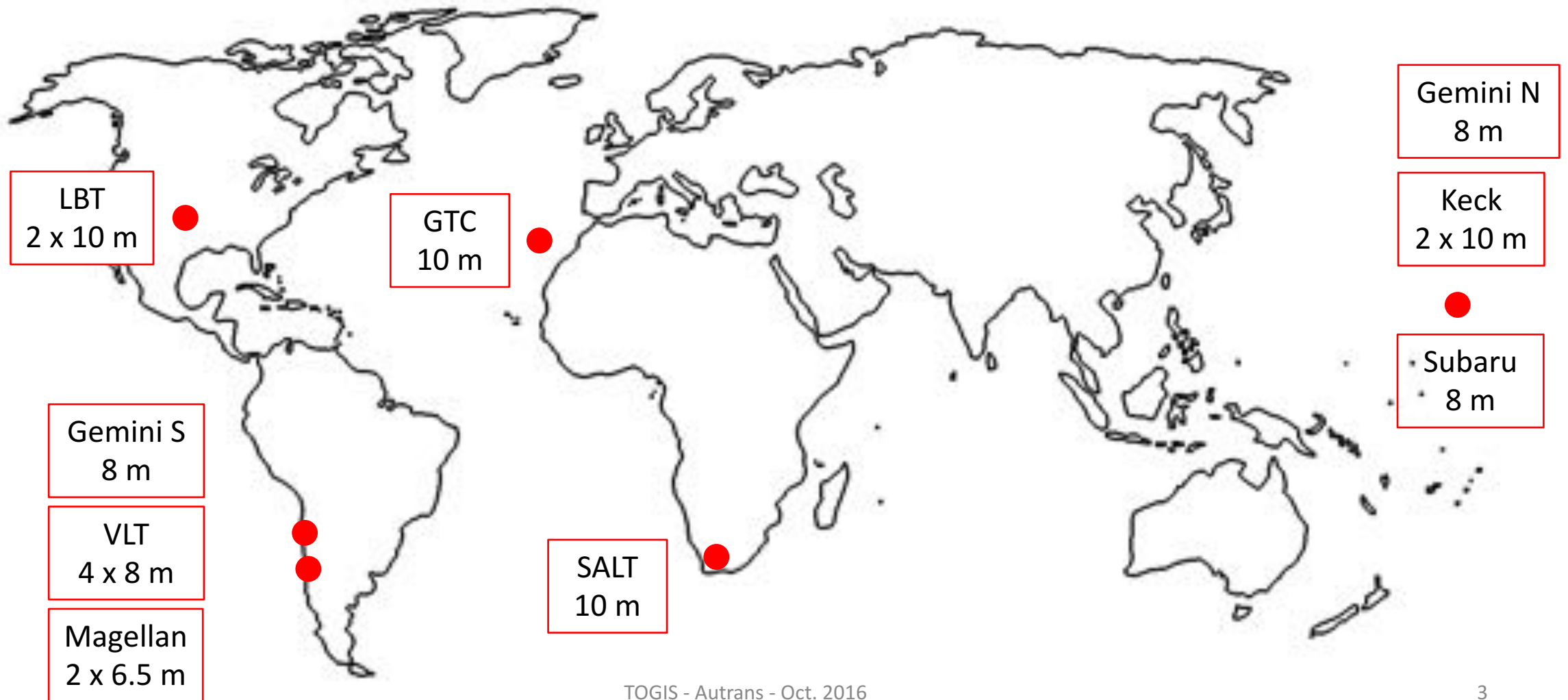
# Extremely Large Telescopes

A. Carlotti – Institut de Planétologie et d'Astrophysique de Grenoble  
[alexis.carlotti@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:alexis.carlotti@univ-grenoble-alpes.fr)





# Moyens actuels de l'astronomie optique et IR

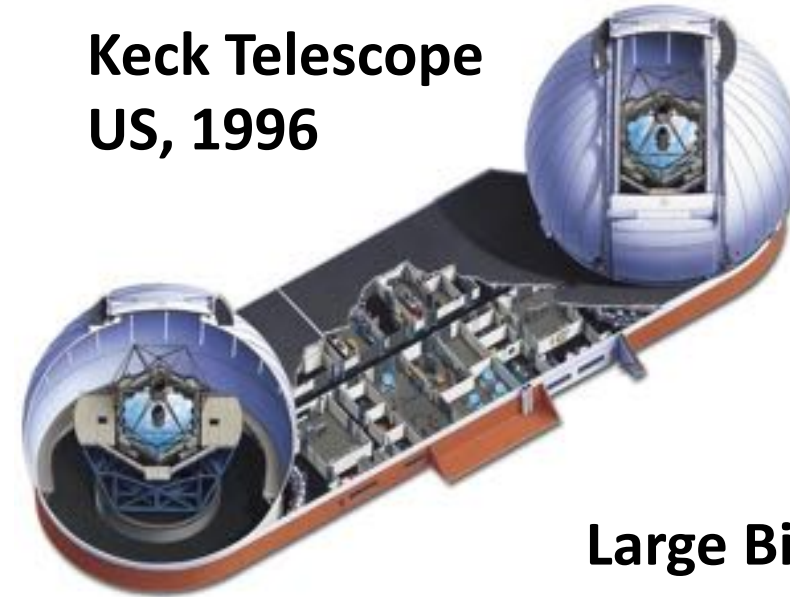


# Moyens actuels de l'astronomie optique et IR

## Very Large Telescope Europe, 1998



## Keck Telescope US, 1996



## Large Binocular Telescope US, 2006



# Size really does matter

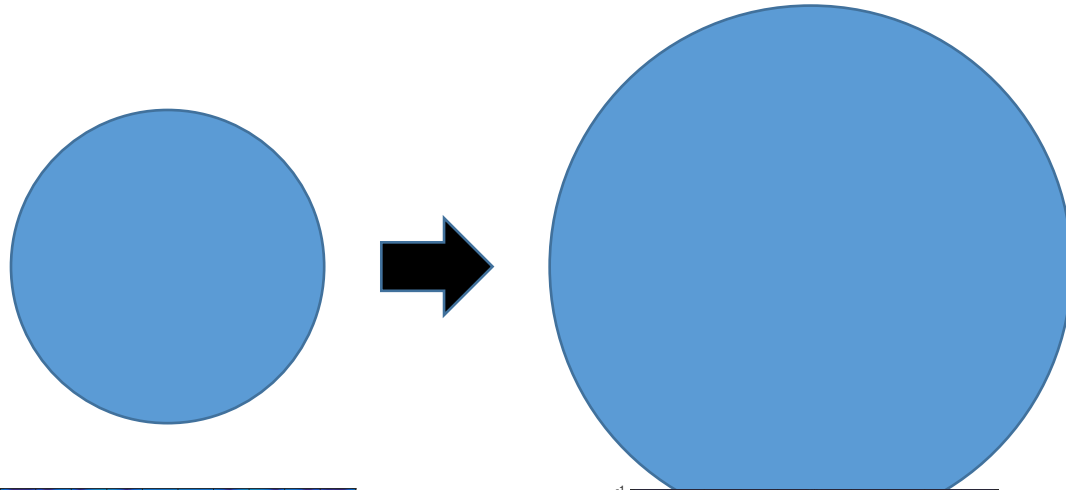
E-ELT — The World's Biggest Eye on the Sky



[www.eso.org](http://www.eso.org)

# Pourquoi faire plus grand ?

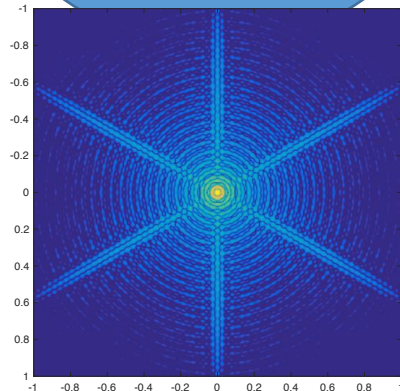
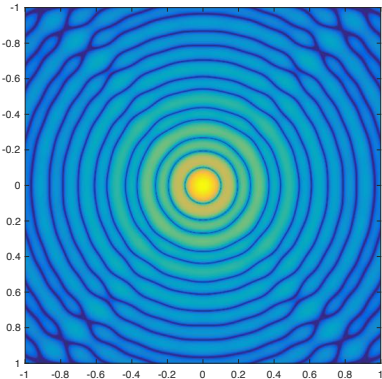
$$D_1 = \alpha \times D_0$$



Gains:

- résolution angulaire :  $\alpha$
- nombre de photons :  $\alpha^2$
- sensibilité :  $\alpha^4$

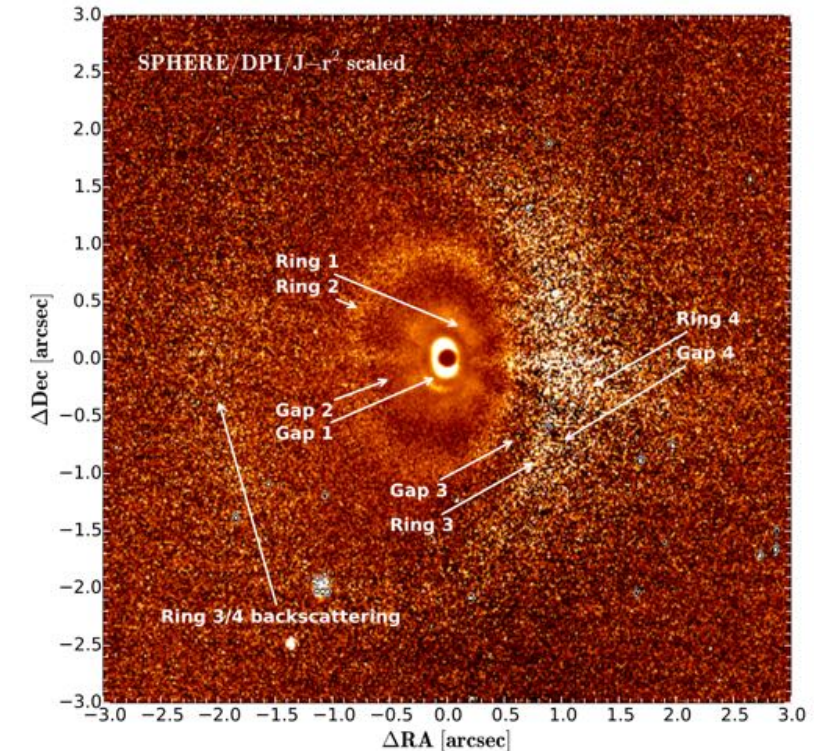
( $\alpha^2$  plus de photons répartis sur une surface  $\alpha^2$  plus petite)



# 1 – Questions brûlantes en astronomie

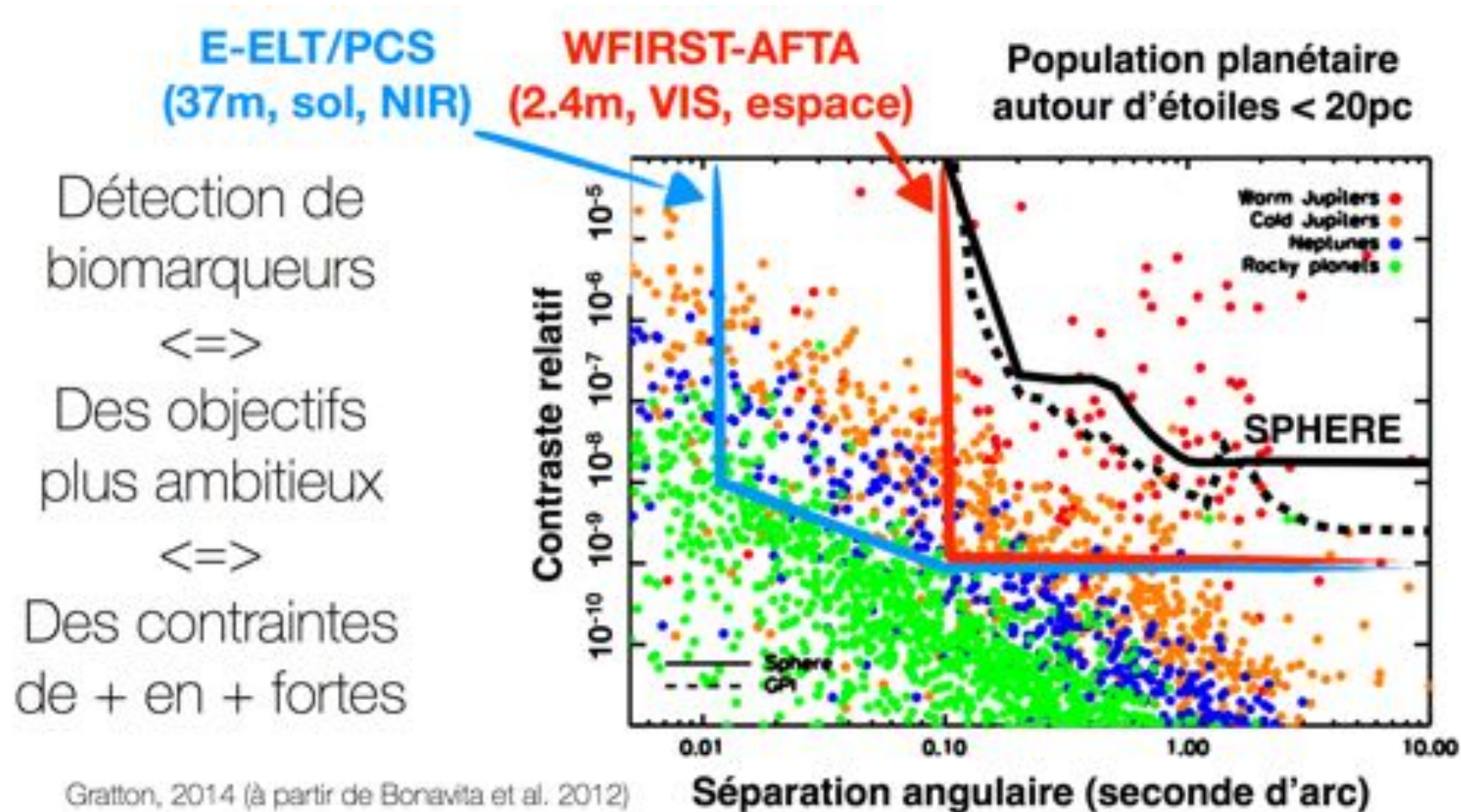
## Systemes planétaires proches :

- La détection et la caractérisation spectrale d'exoplanètes est actuellement encore limitée aux planètes géantes jeunes, relativement éloignées de leur étoile.
- Les planètes plus âgées, plus petites et plus proches de leur étoile nécessitent plus de lumière et plus de résolution angulaire.



Ginski et al., 2016

# 1 – Questions brûlantes en astronomie





## 2 – Questions brûlantes en astronomie

### Galaxies proches :

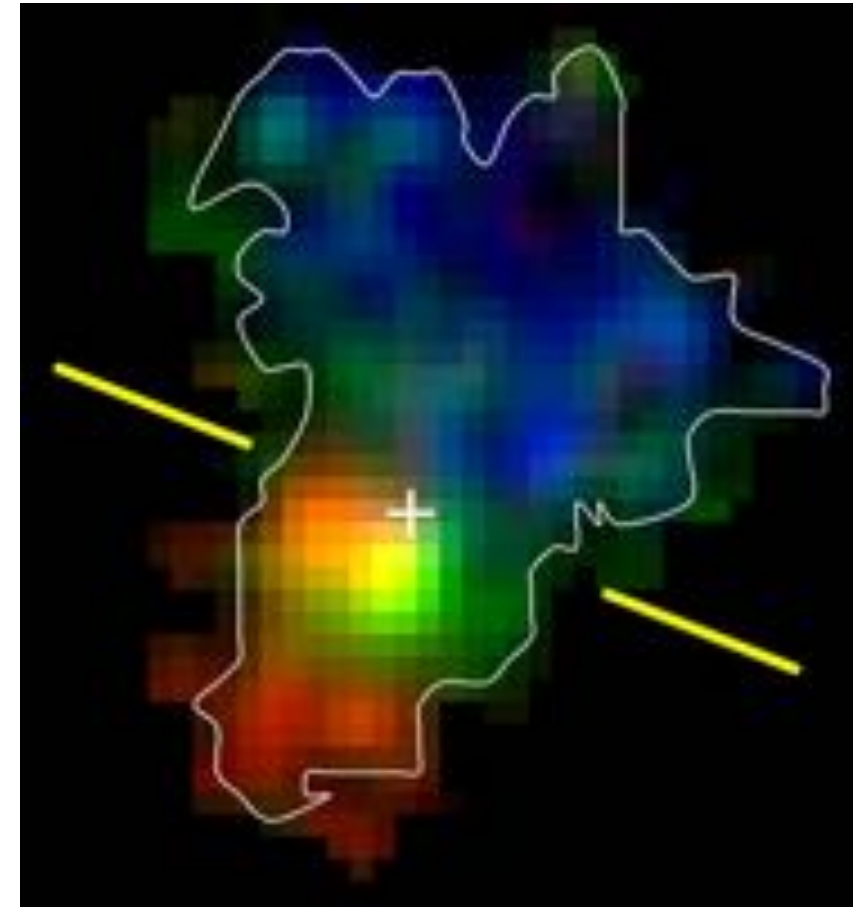
- Seules les étoiles de notre galaxie (et de celles immédiatement voisines) sont individuellement étudiées à l'heure actuelle.
- L'étude de populations stellaires *résolues* dans d'autres galaxies serait clé pour comprendre la formation & l'évolution de celles-ci.



# 3 – Questions brûlantes en astronomie

## **Galaxies lointaines & Univers primordial :**

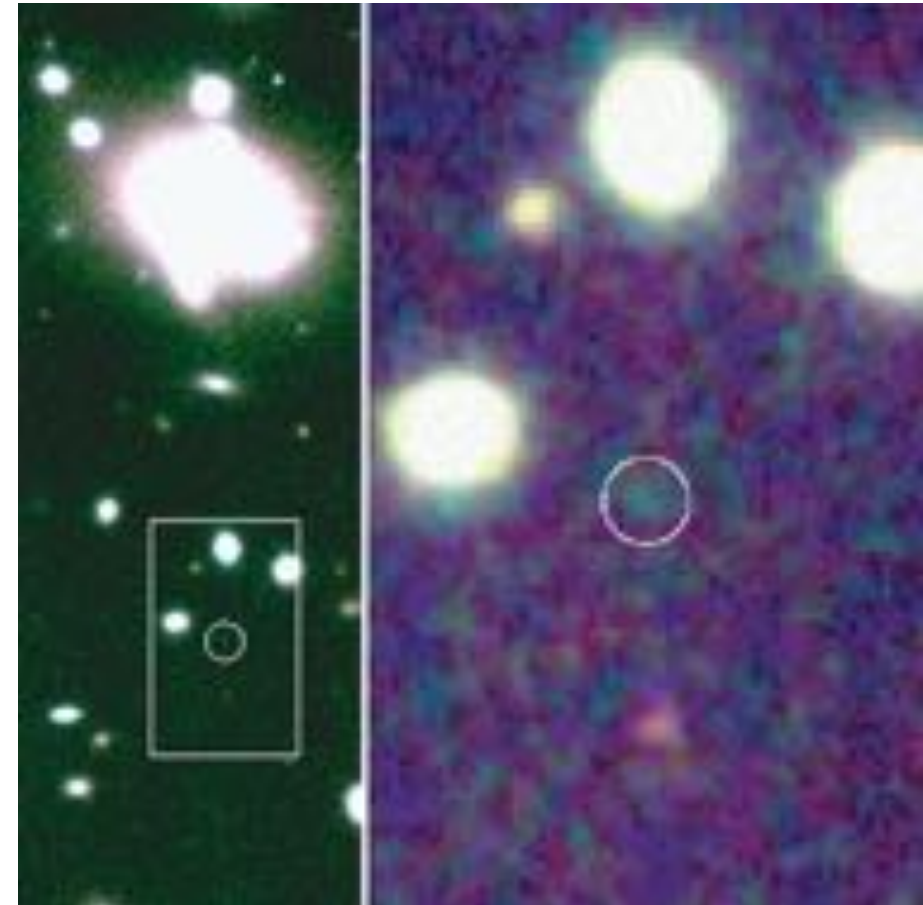
- La formation des galaxies les plus anciennes est encore mal connue.
- En particulier, remonter à celles se trouvant à la limite de l'univers observable serait crucial pour comprendre cette période de transition.



# 4 – Questions brûlantes en astronomie

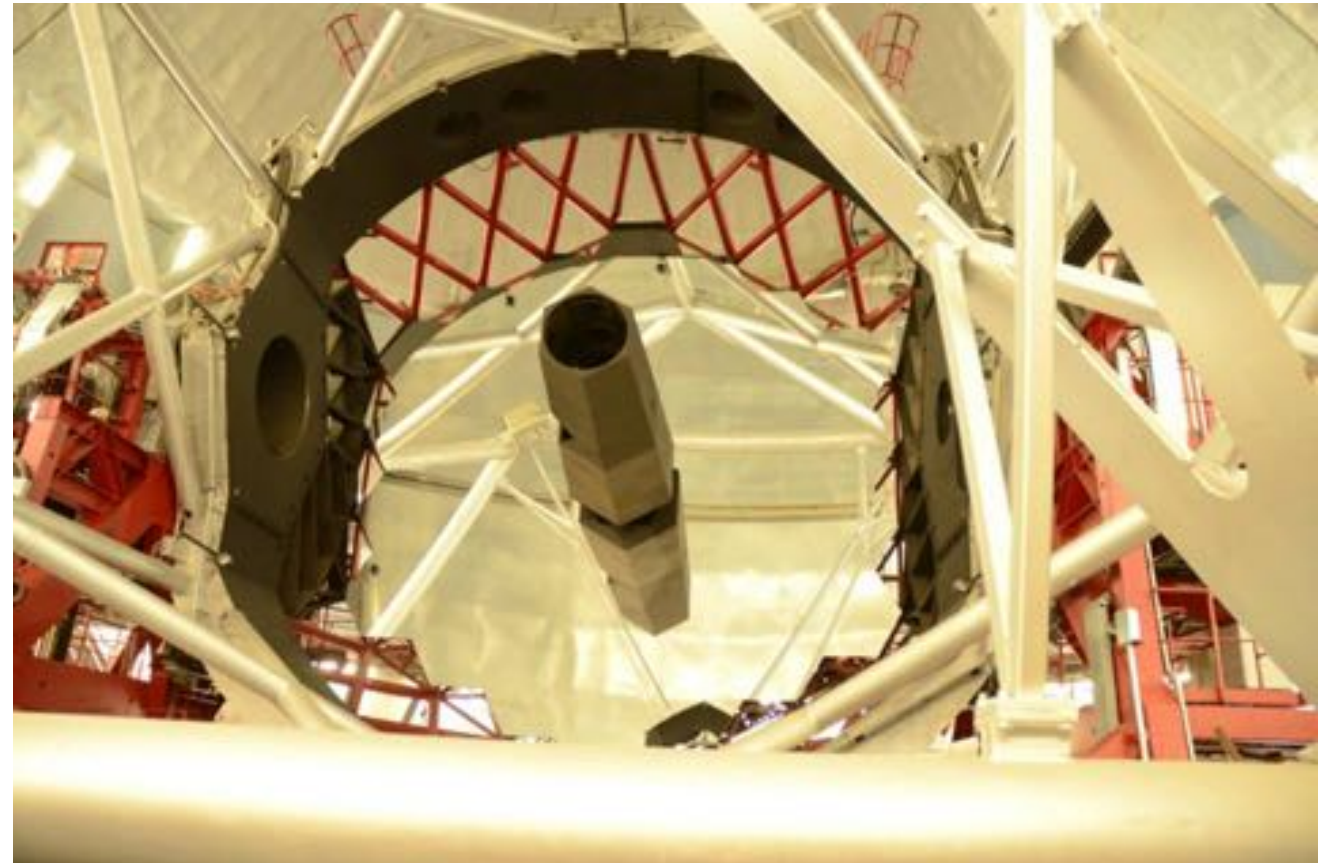
## **Cosmologie & Physique fondamentale :**

- L'Univers subit une expansion accélérée dont la physique est encore mal comprise.
- L'étude de supernovas trop faibles et d'objets trop anciens pour être observés actuellement nous permettrait de déduire des mesures de distances et de contraindre la dynamique de l'Univers, et de comprendre ses origines.



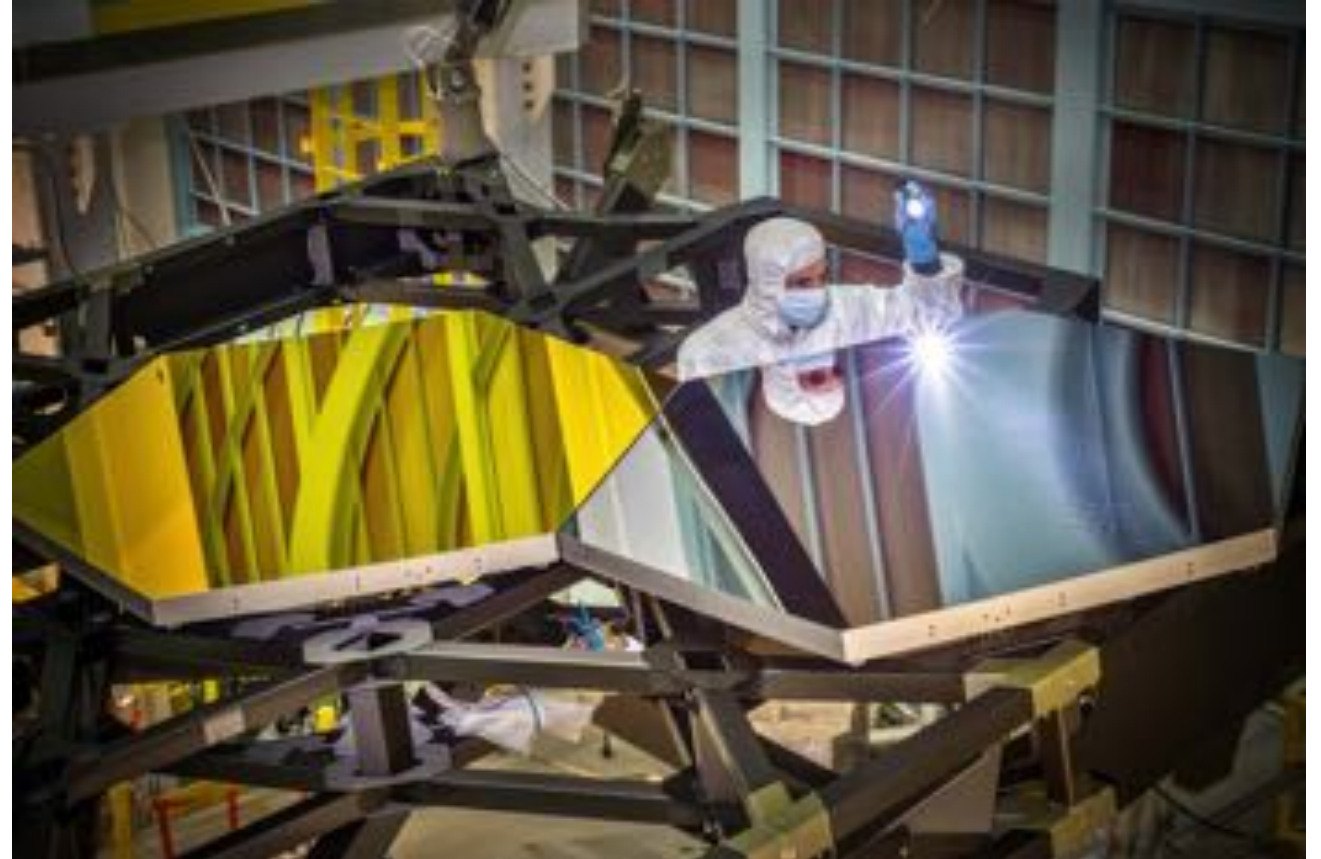
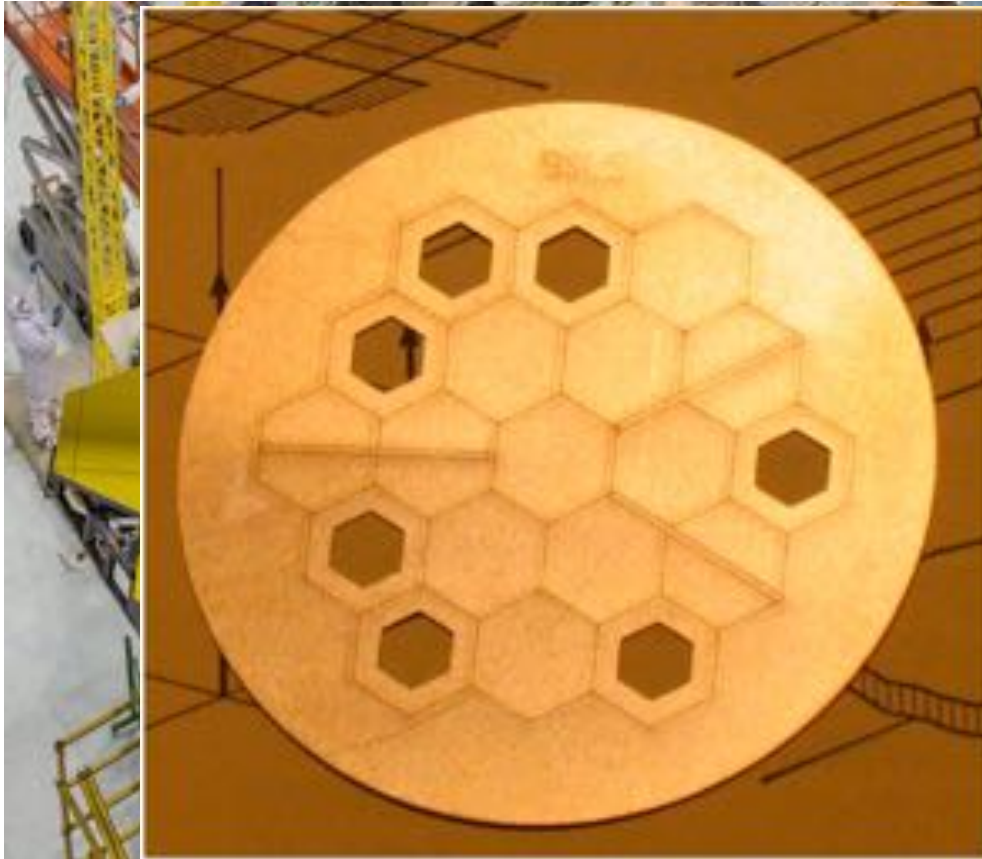
# Place aux miroirs segmentés

Keck Telescopes & Gran Canarias Telescopio



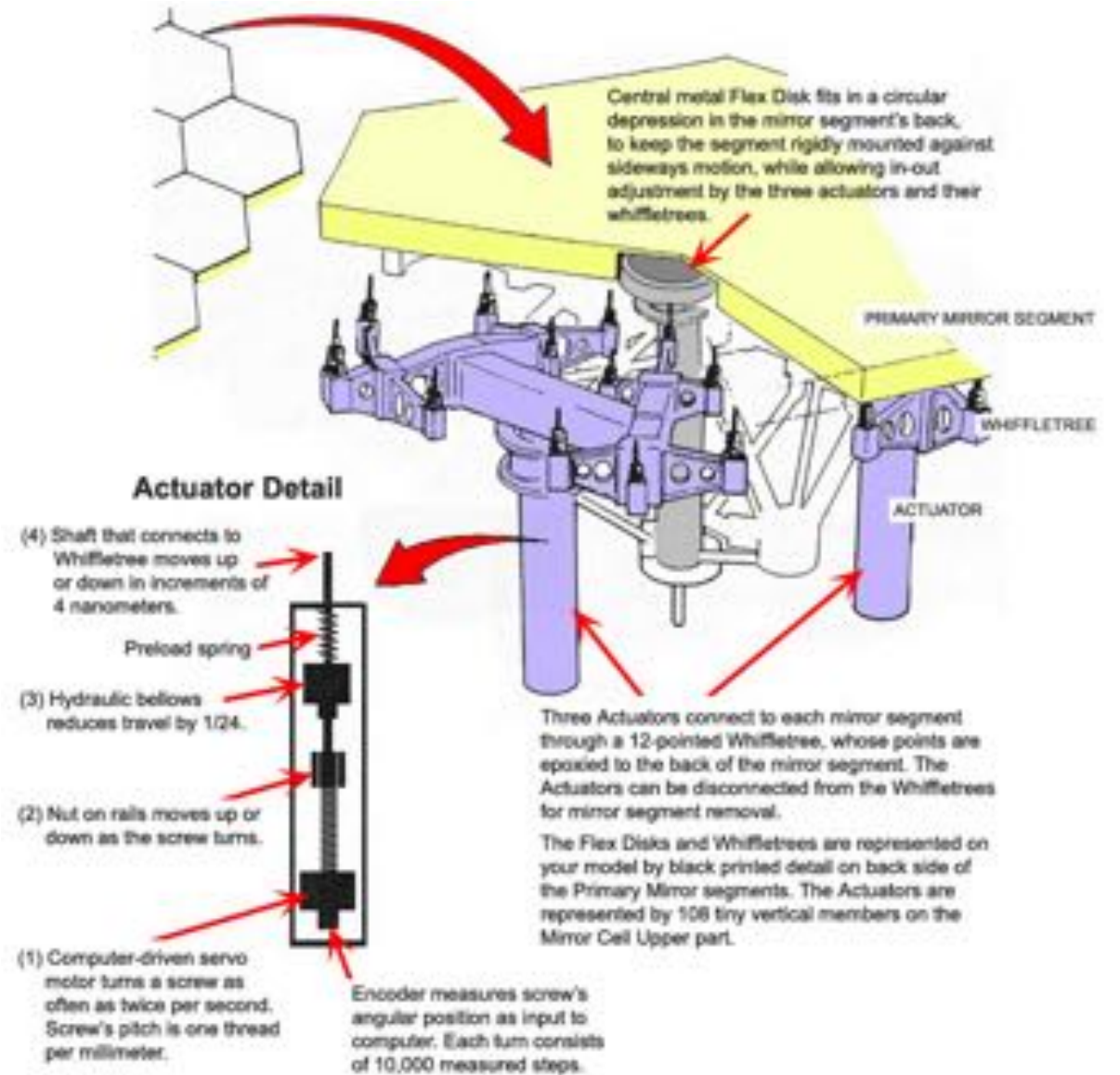
# Place aux miroirs segmentés

James Webb Space Telescope (USA/Europe/Canada), lancement en 2018, 6.5 m

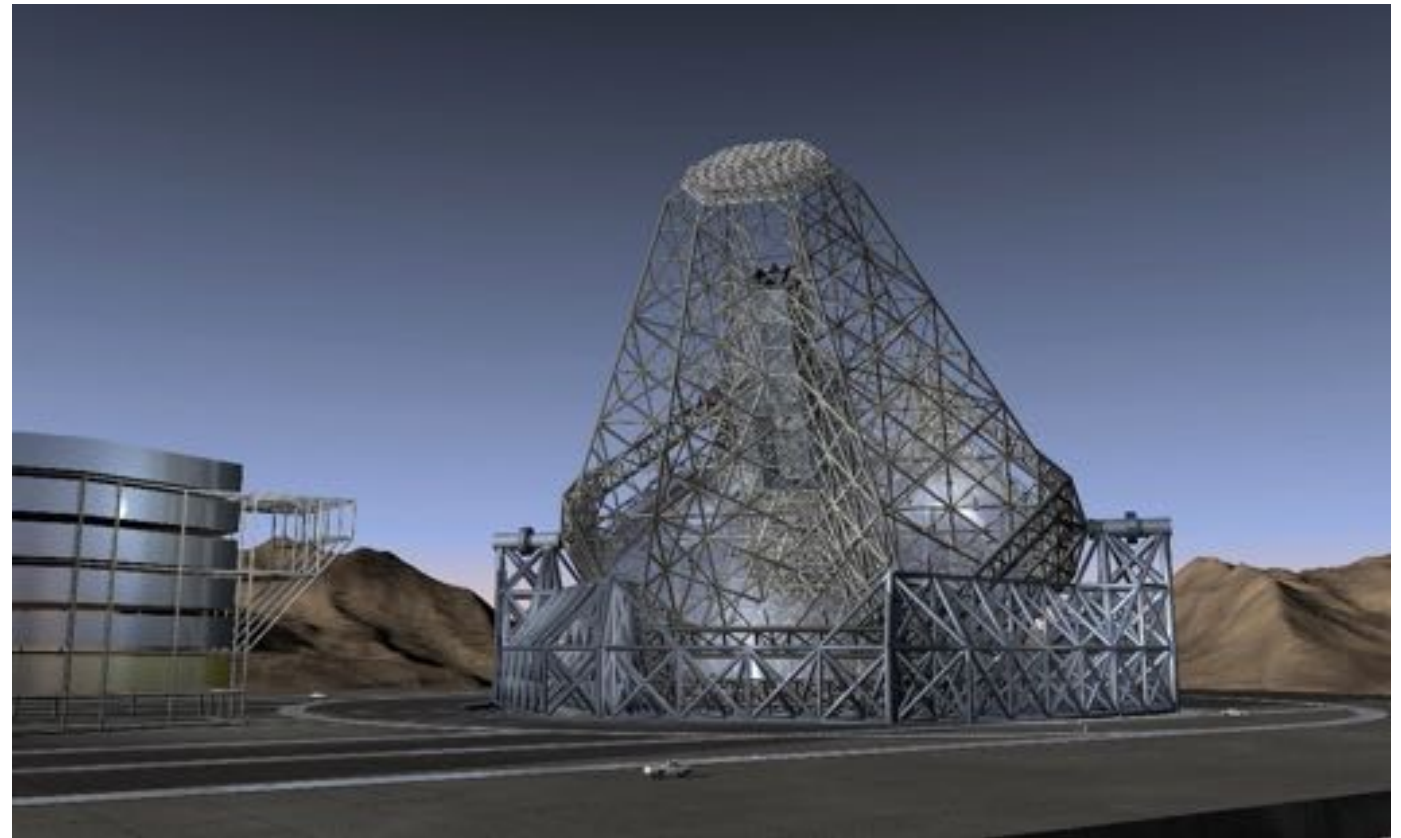
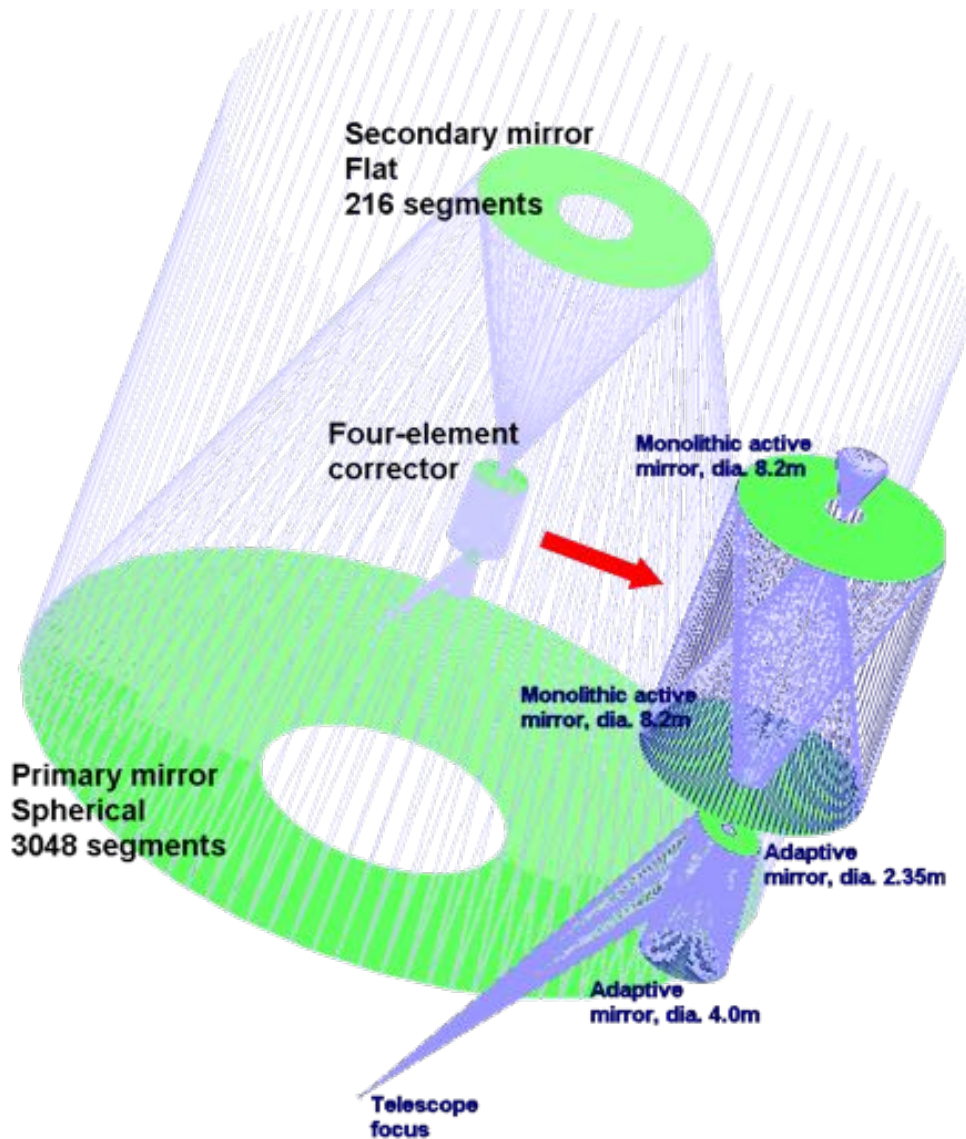


# Miroirs actifs

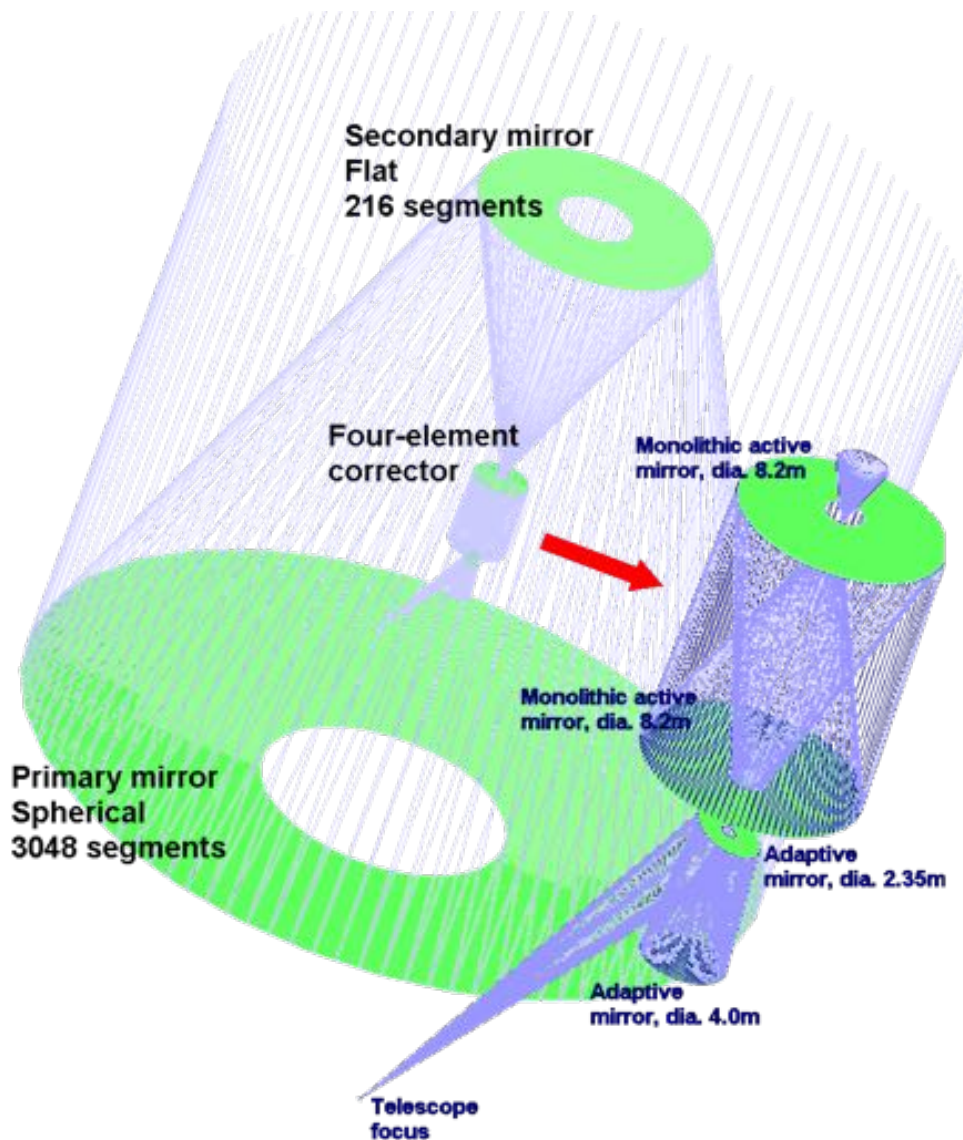
## Détail des montures ajustables des segments du Keck



# Un Overwhelmingly Large Telescope de 100m



# Un Overwhelmingly Large Telescope de 100m



## Risques identifiés :

- Une précision d'alignement très élevée.
- 6 foyers instrumentaux dans le télescope lui-même.
- Des miroirs actifs et segmentés de tailles inégales.
- 1.5 milliard d'€

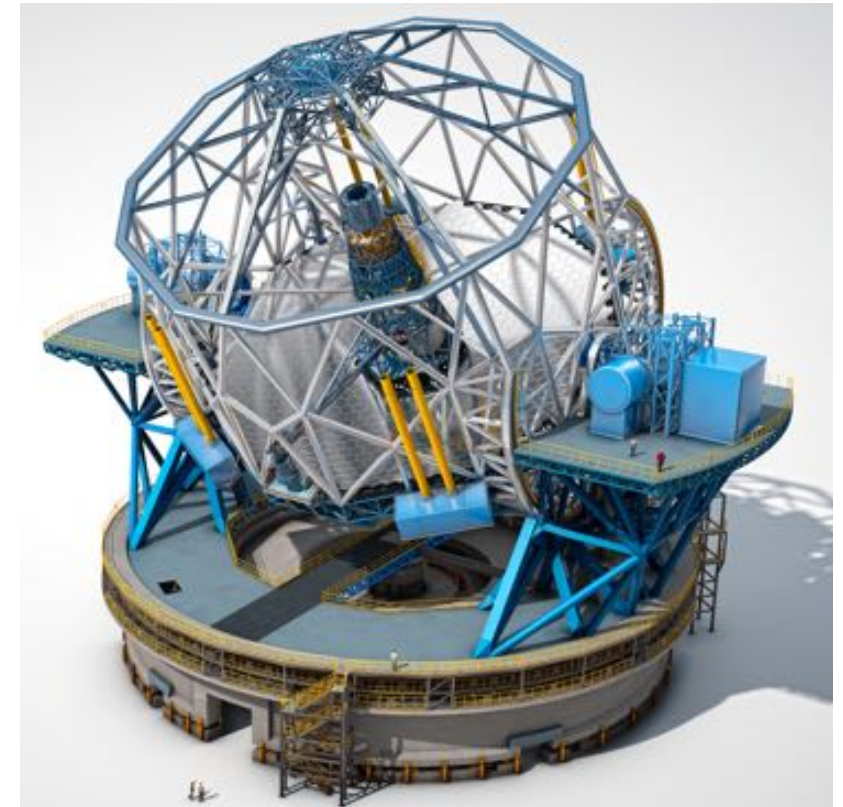
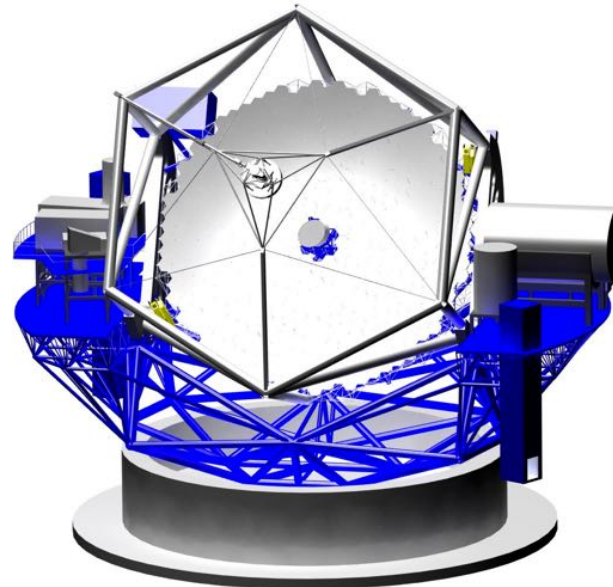


# En 2025, des ELTs

Thirty Meter Telescope  
 USA, Canada, Chine, Inde, Japon  
 30 m (492 x 1.4 m)

European ELT  
 Europe  
 39 m (798 x 1.4 m)

Giant Magellan Telescope  
 USA, Australie, Corée  
 25 m (7 x 8 m)



# L'E-ELT

39m de diamètre ; Dôme de 80m

Monture alt-azymutale

2 plateformes Nasmyth

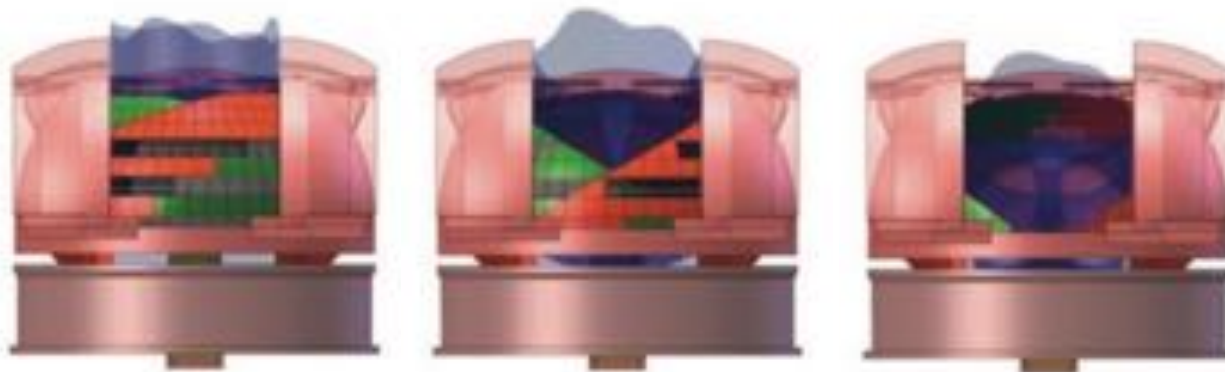
6 instruments :

- MICADO : Caméra Vis/NIR
- HARMONI : IFS Vis/NIR
- METIS : IFS Mid-IR
- MOS : spectrographe multi-objets
- HIRES : spectrographe haute-rés.
- PCS : instrument haut-contraste

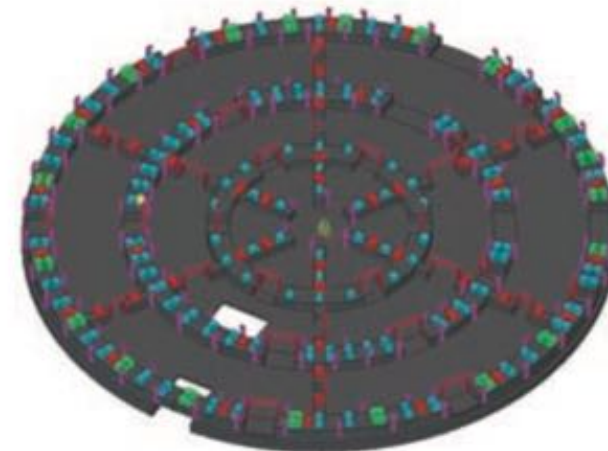
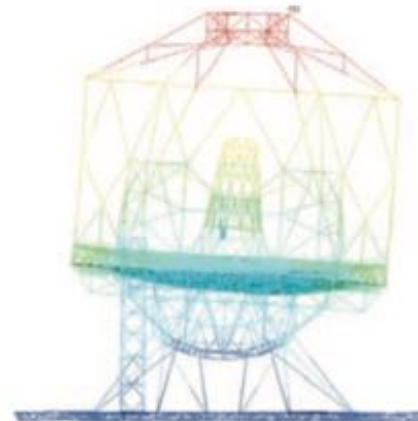
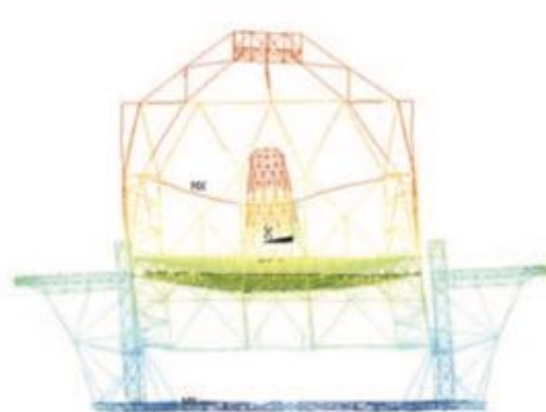
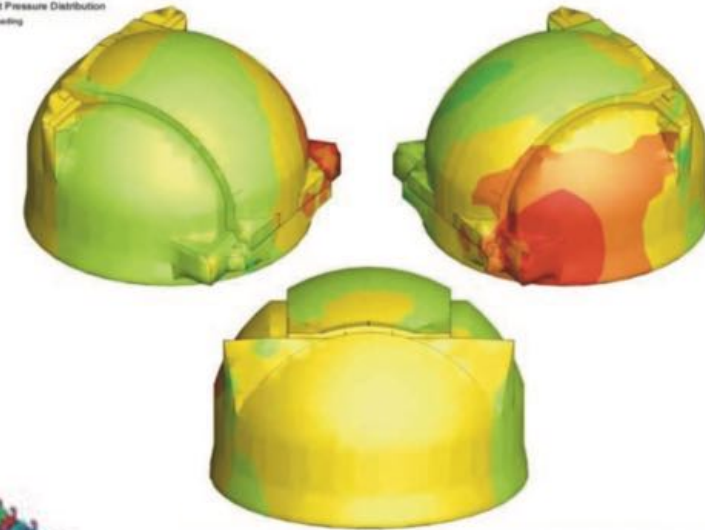
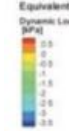


# Différentes contraintes sur le dôme et la structure

Vent (5-20 m/s) ; Secousse sismique ; Poids ; Variation de température



Equivalent Pressure Distribution  
Dynamic Loading  
(MPa)



# L'E-ELT

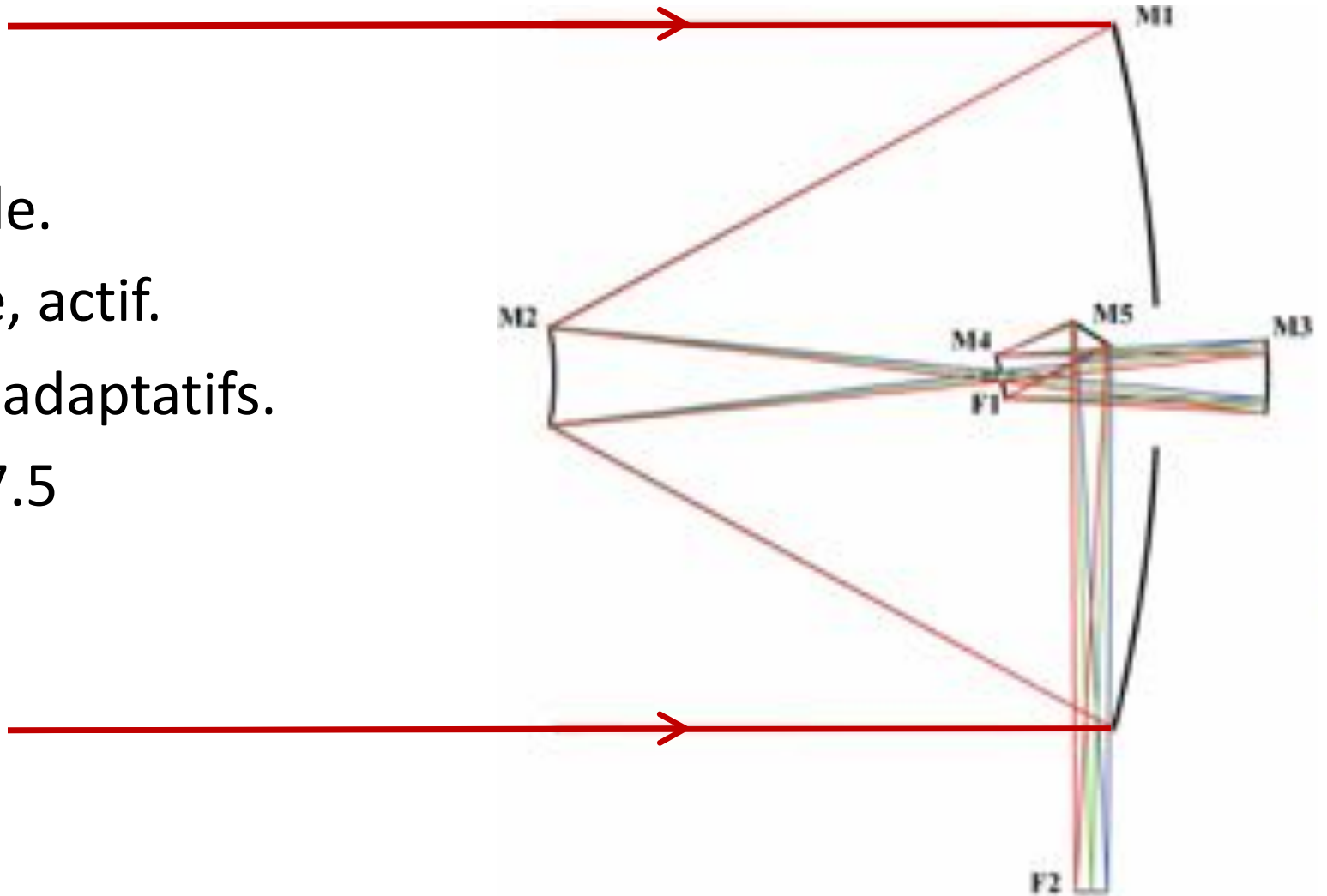
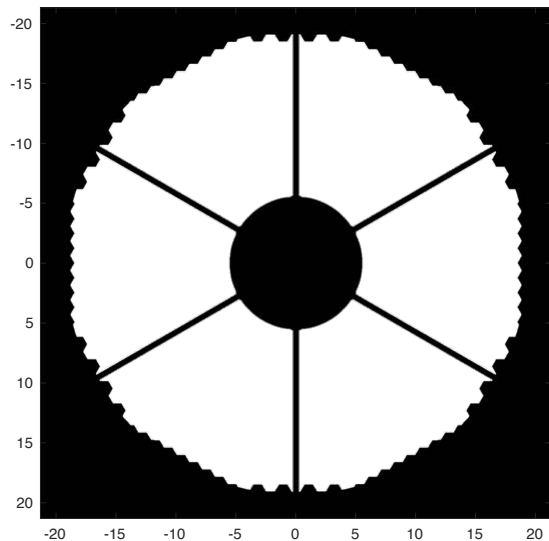
3 miroirs, anastigmat.

30% d'obstruction centrale.

Miroir primaire segmenté, actif.

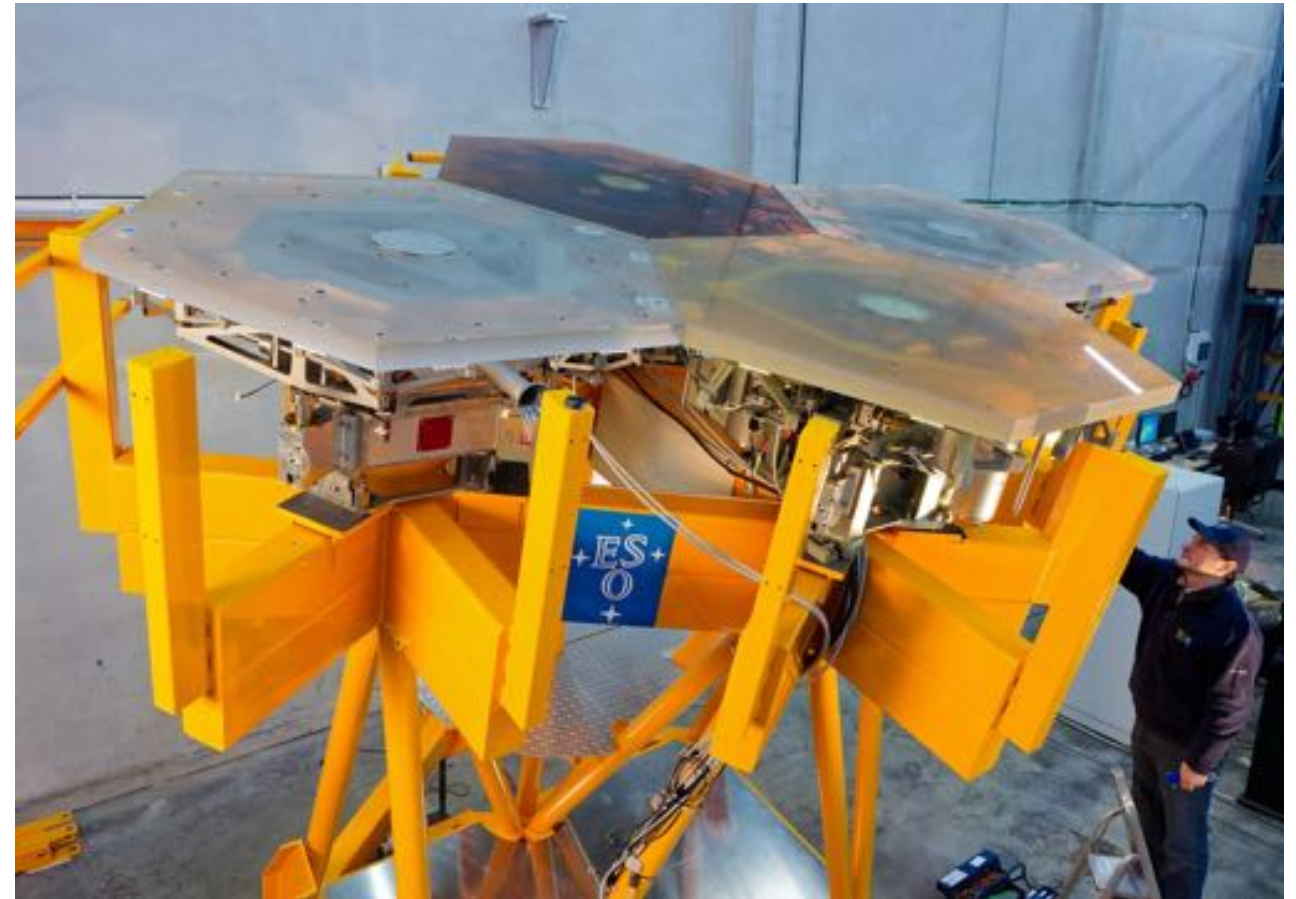
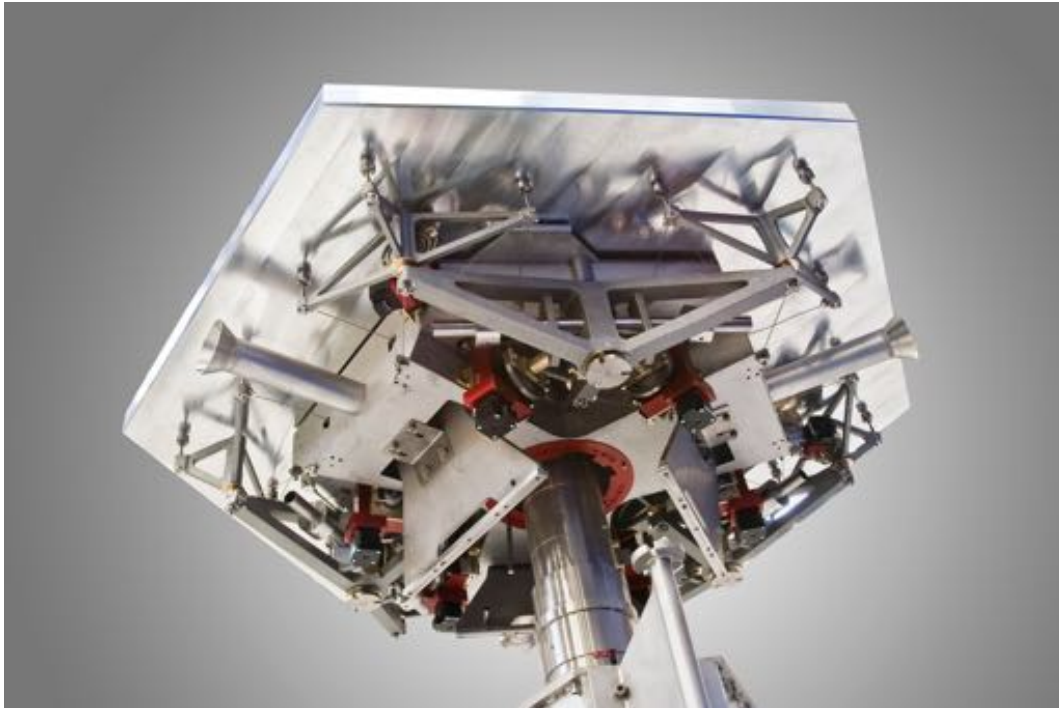
D'autres miroirs, actifs et adaptatifs.

Faisceau de sortie en  $f/17.5$



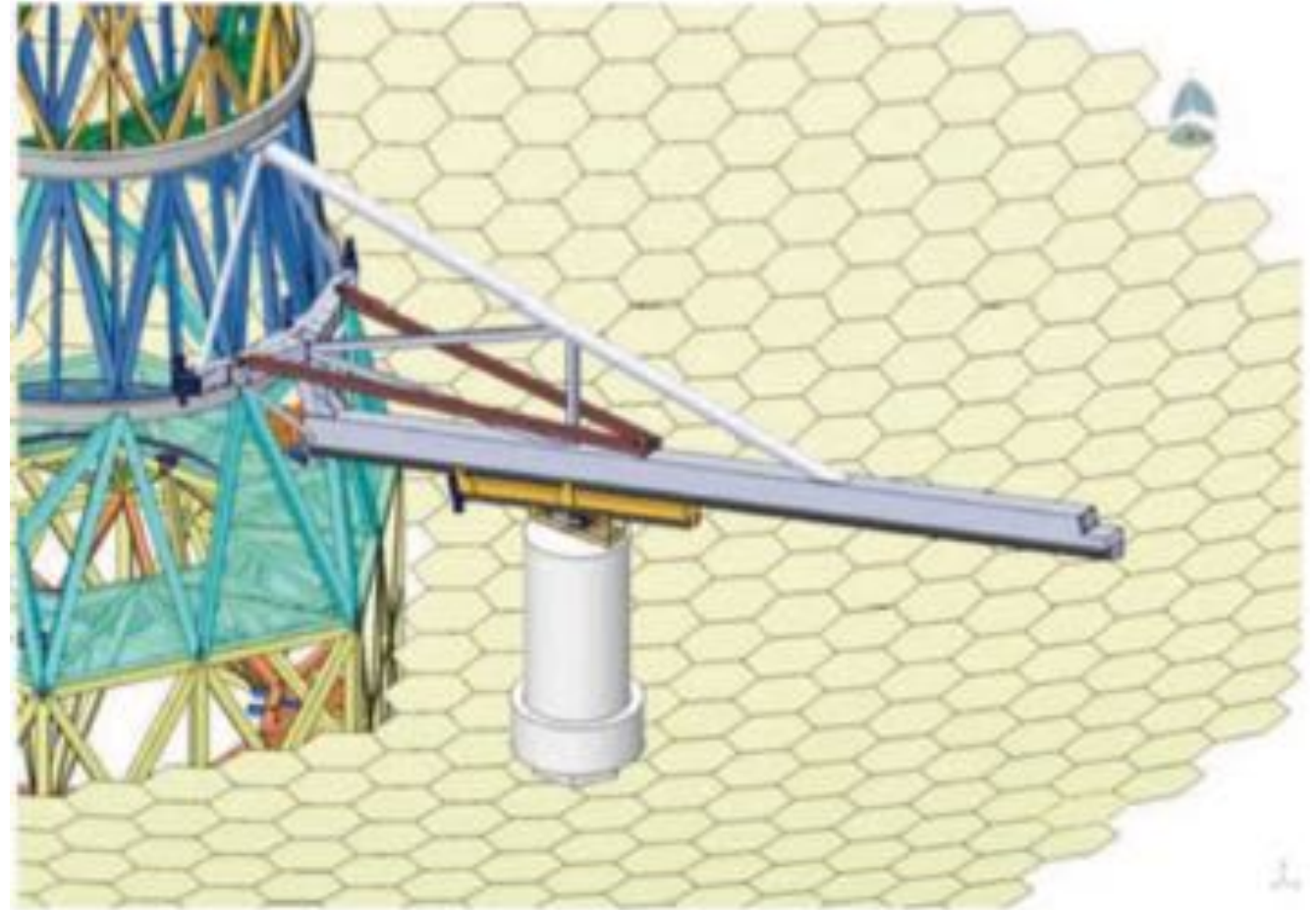
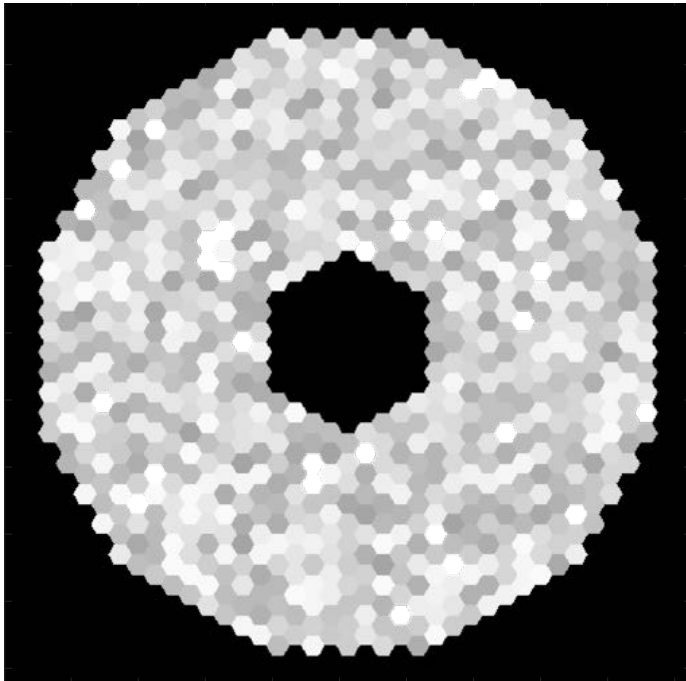
# Miroir primaire

798 segments contrôlés  
activement, individuellement,  
et les uns par rapport aux autres.



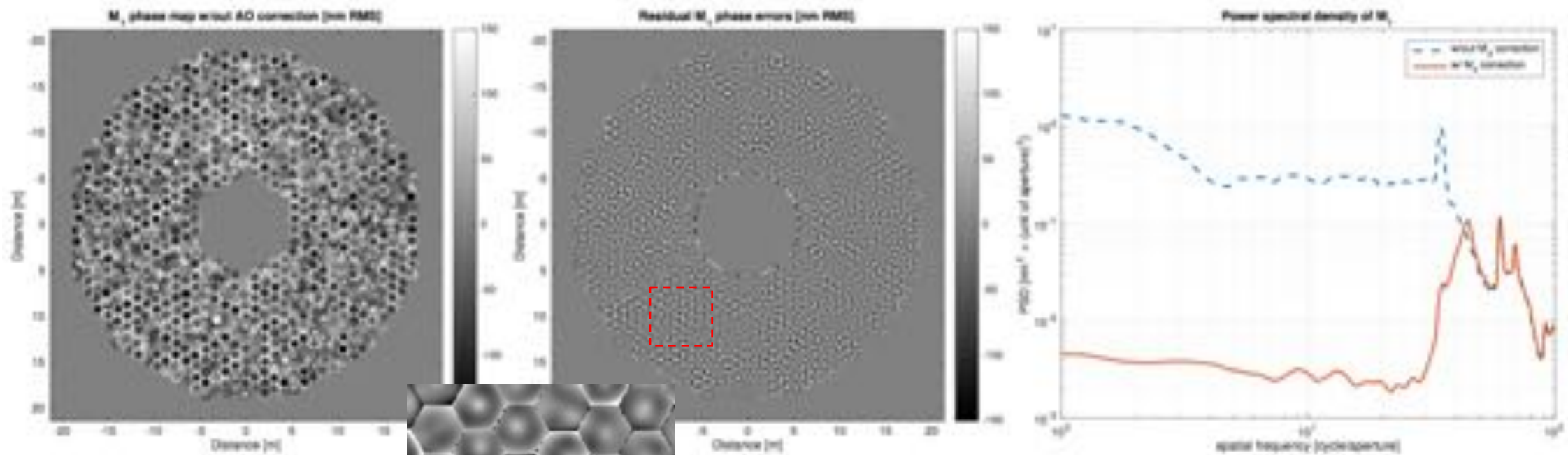
# Recoating

Chaque segment sera ré-aluminé  
tout les 18 mois.  
Une grue déployable sera utilisée  
pour l'enlèvement et l'insertion.



# Aberrations du primaire

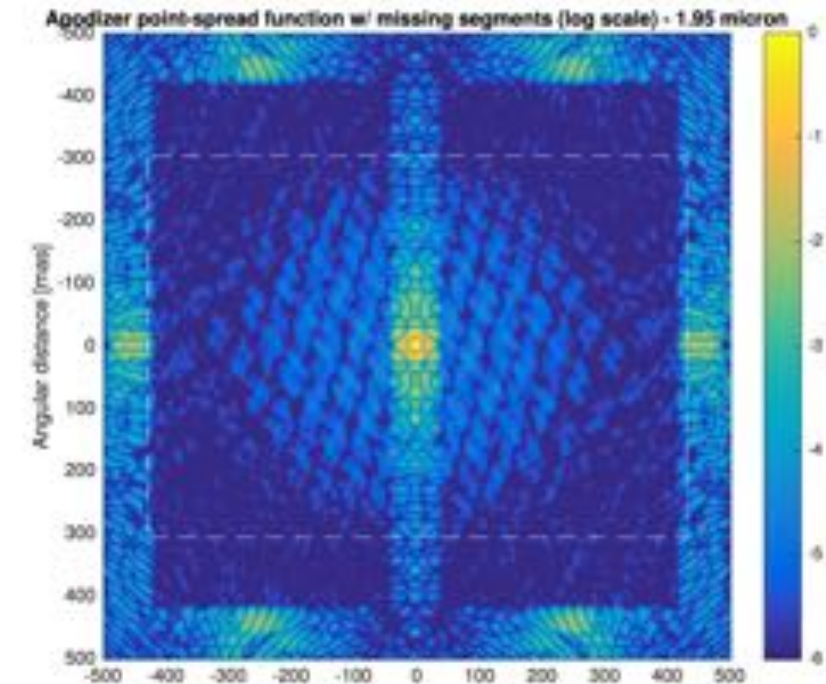
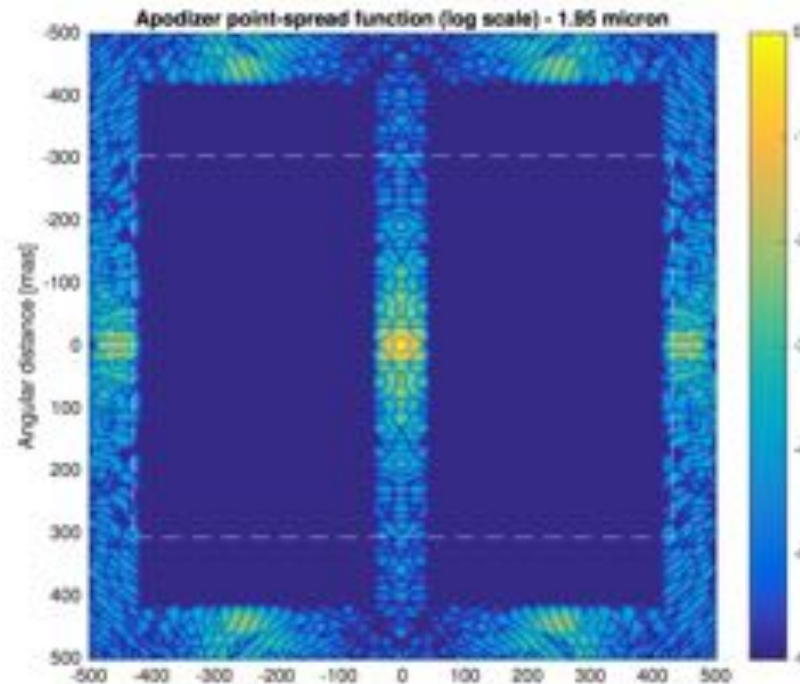
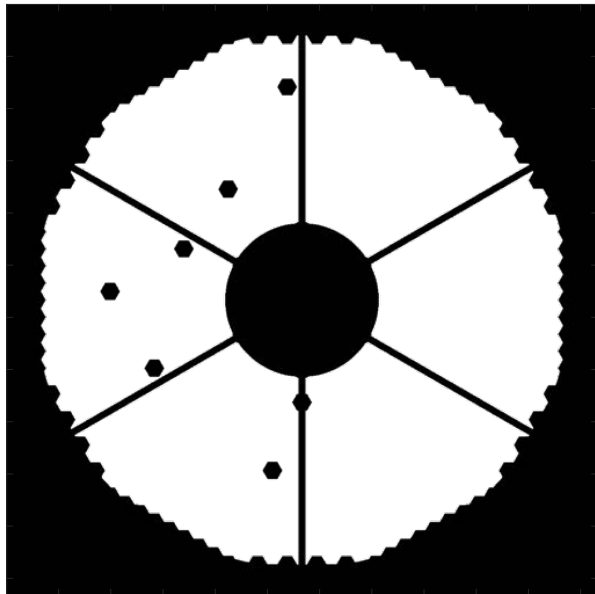
Résidus de cophasage (correction partielle par le  $M_4$ )



# Aberrations du primaire

En moyenne 7 à 10 segments absents chaque nuit

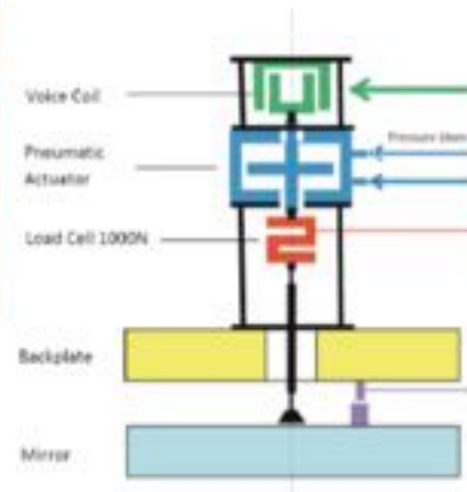
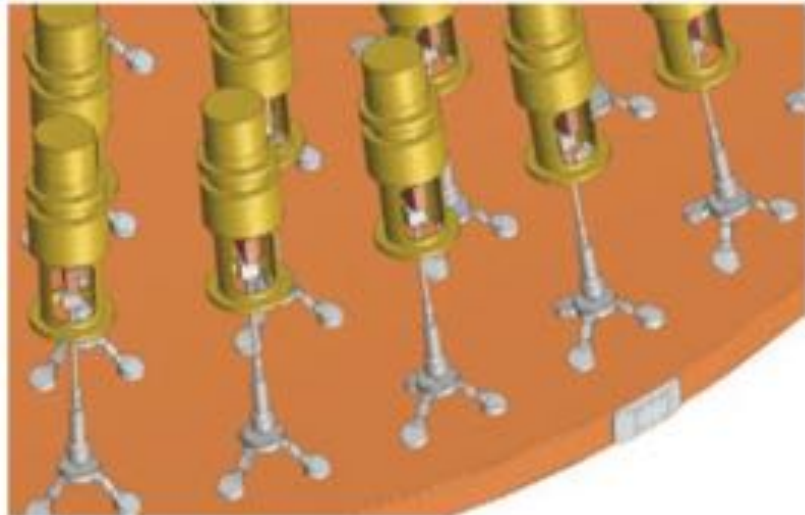
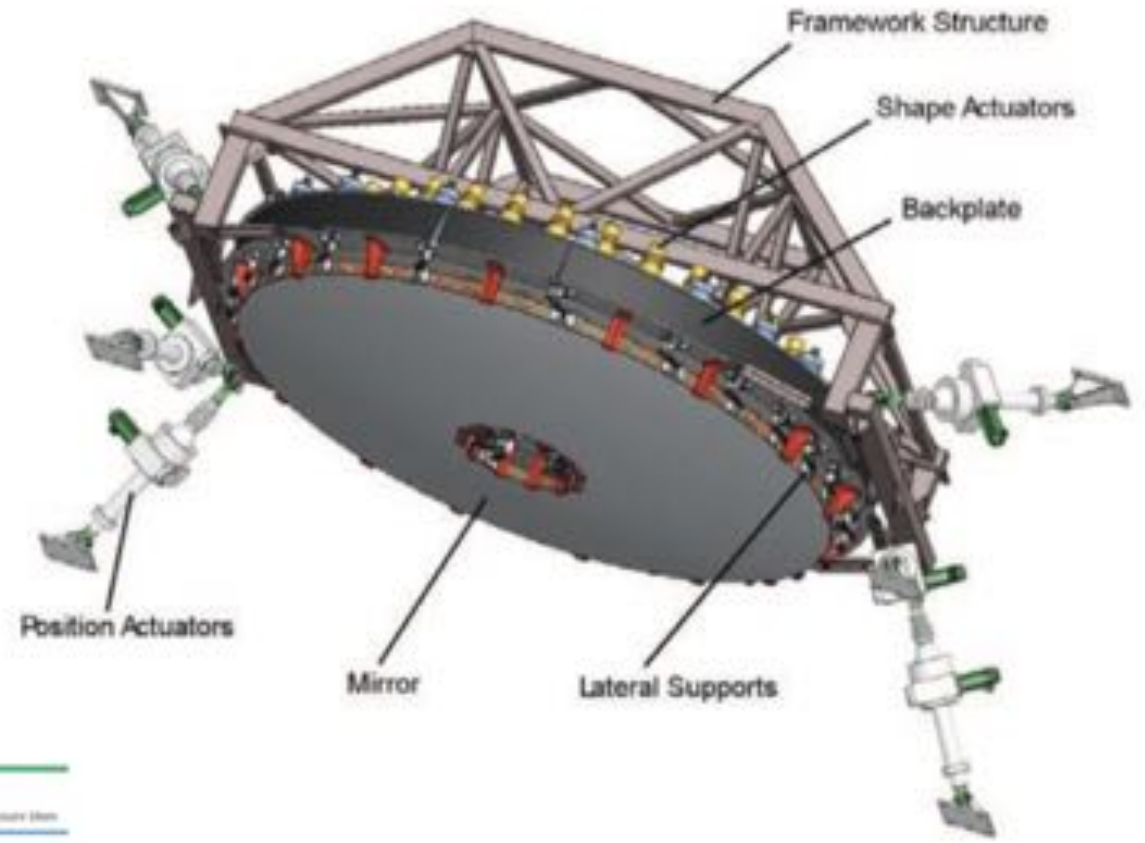
Impact sur des PSF coronographiques (échelle log)





# Secondaire actif

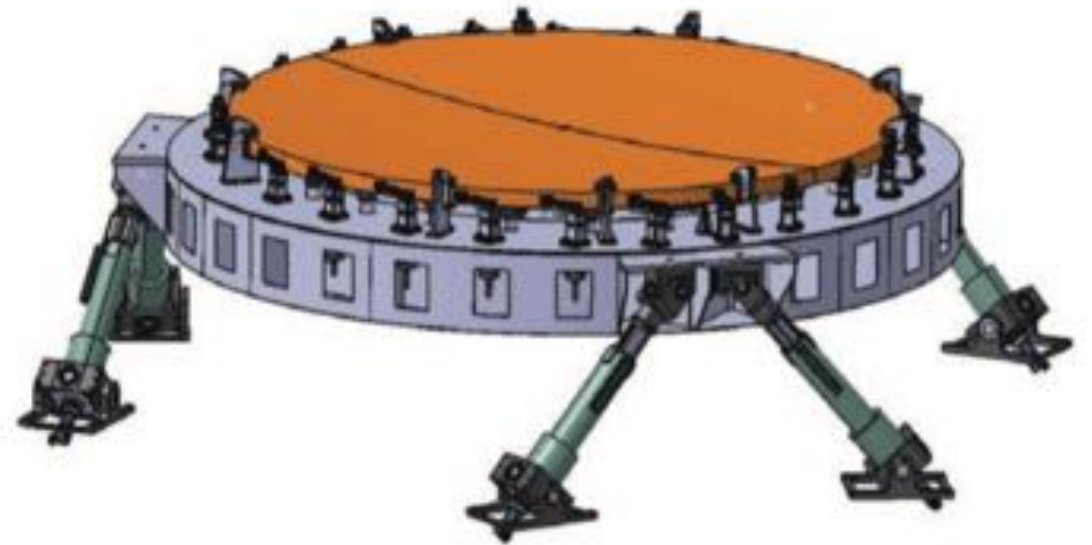
Miroir convexe de 4m  
 84 actuateurs pneumatiques  
 répartis sous le miroir.  
 Erreur maximale : 50 nm RMS



# Tertiaire actif

Miroir convexe de 3.75 m

Surface contrôlable pour corriger les aberrations de bas-ordres, et garantir une erreur résiduelle  $< 30$  nm RMS.

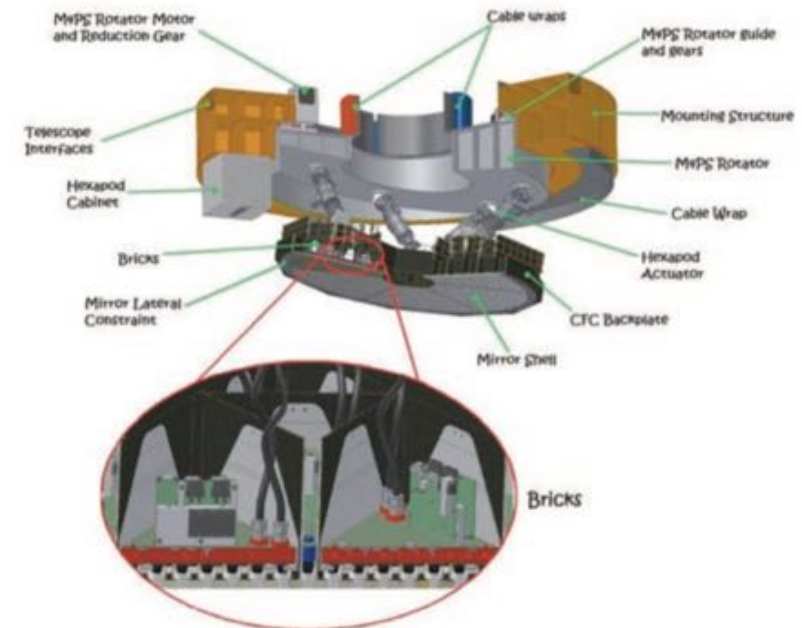
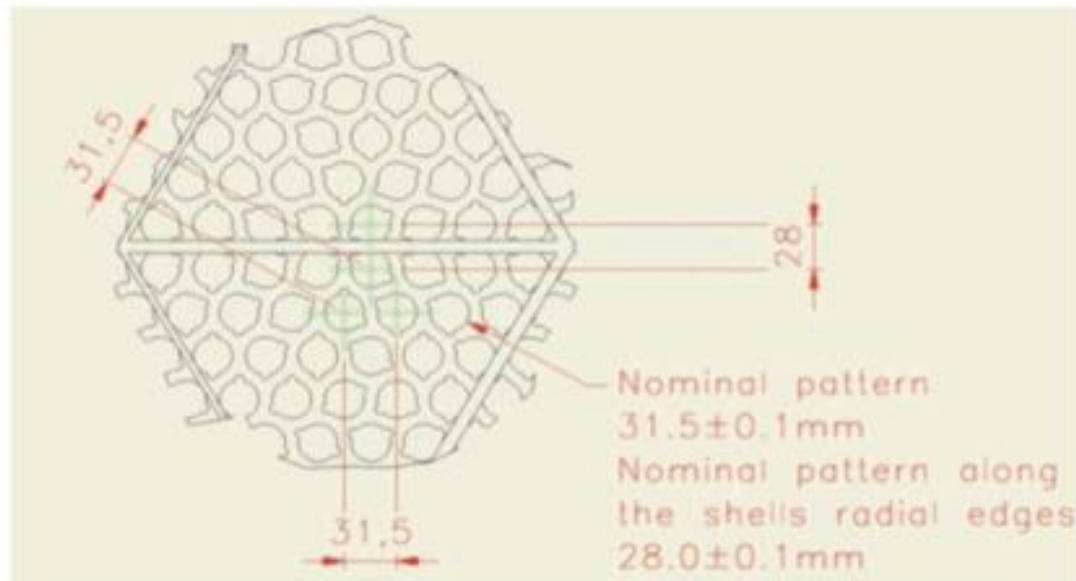


# Quaternaire adaptatif

Miroir adaptatif de 2.5 m

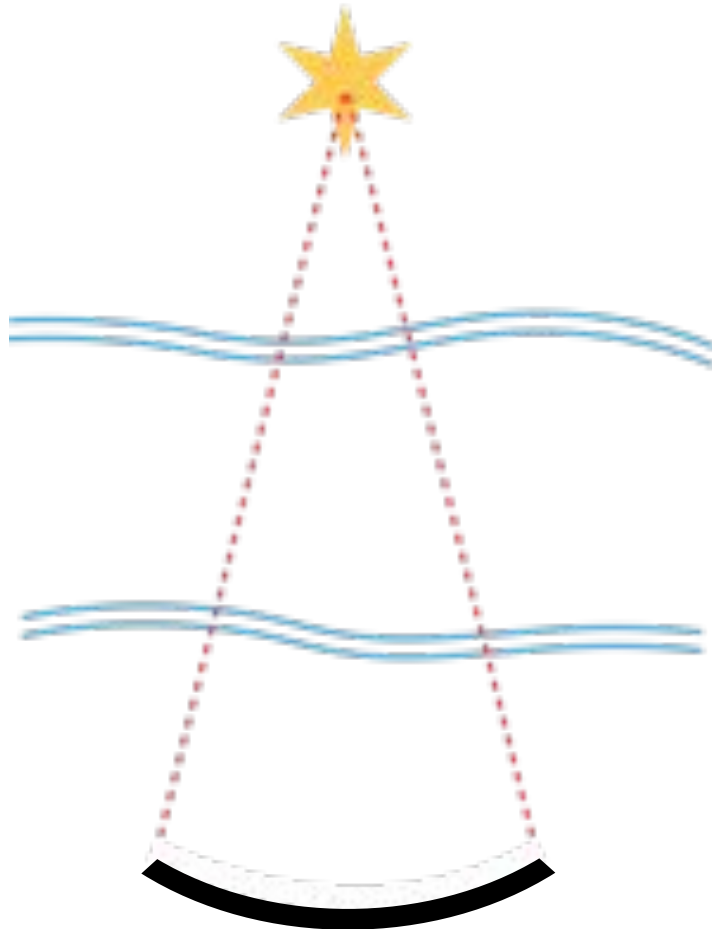
5800 actuateurs (50 cm sur ciel) fonctionnant à 1kHz.

Conçu pour obtenir une erreur globale de 120 nm RMS maximum, et atteindre 70% de Strehl pour un seeing moyen (0.85").

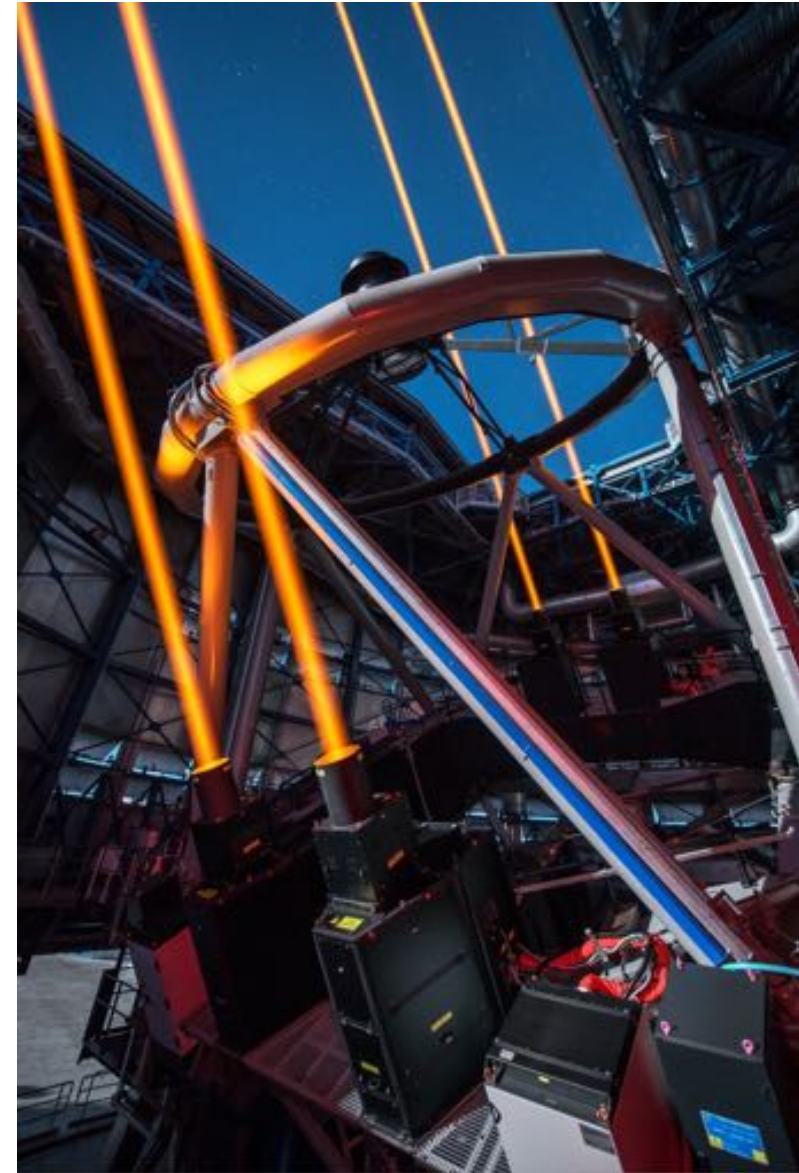
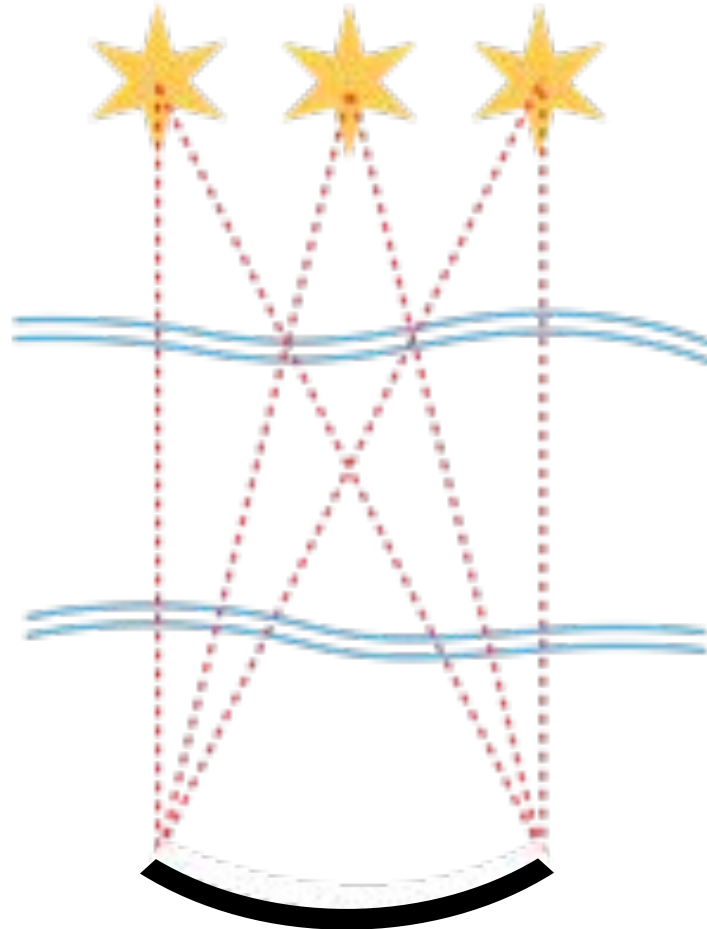


# Optique(s) adaptative(s)

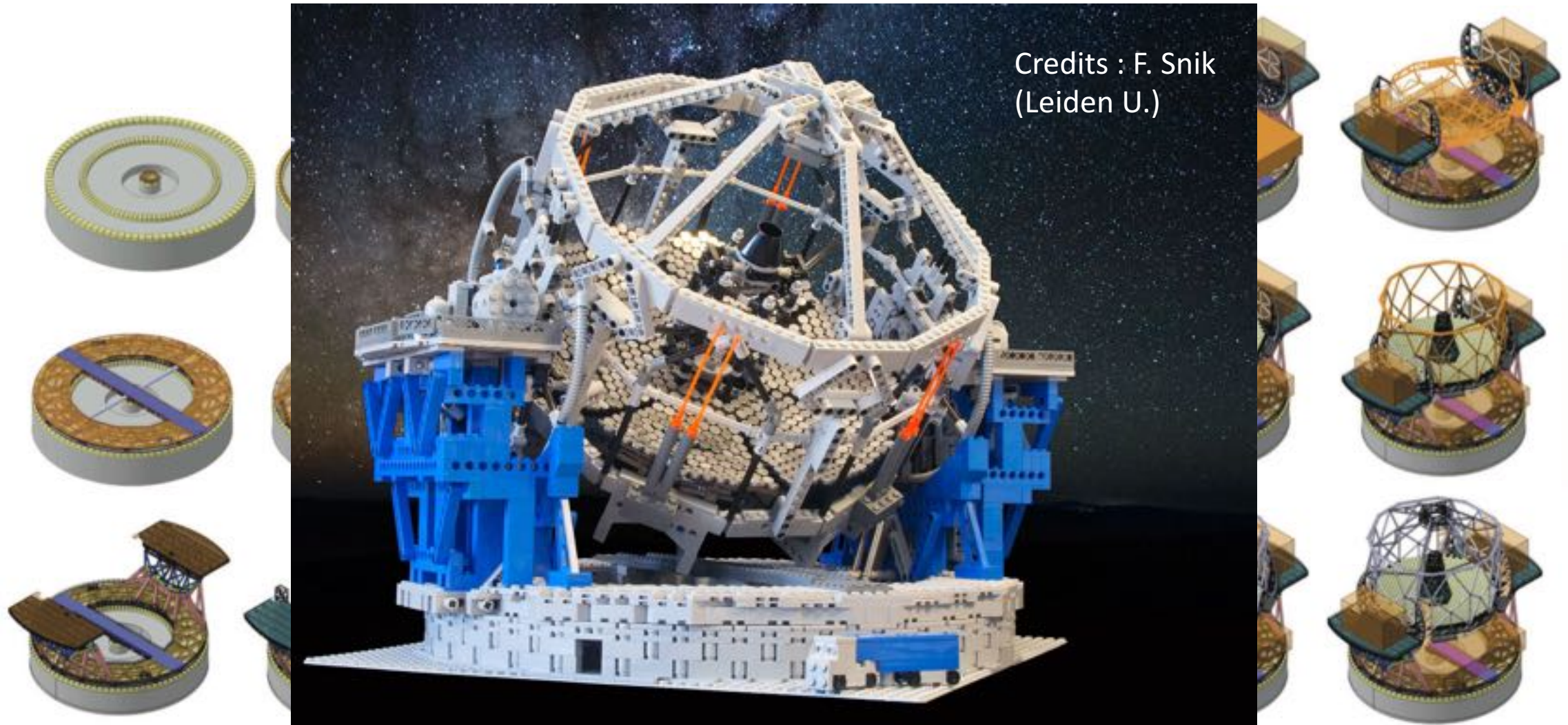
Correction d'un champ étroit



Correction d'un champ large



# L'E-ELT : schéma de construction

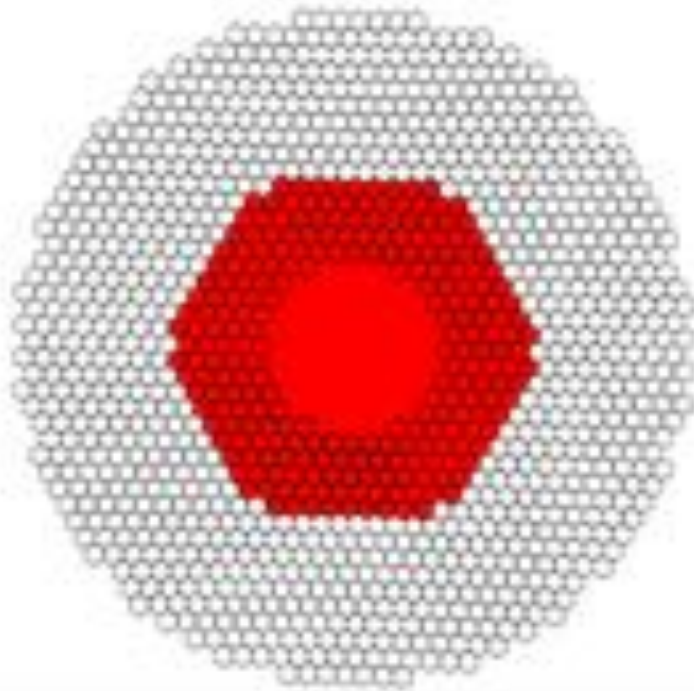


Credits : F. Snik  
(Leiden U.)

# Quelques incertitudes sur le projet

Budget complété à 90% à l'heure actuelle.

⇒ Possibilité d'une construction en 2 phase.



- 210 segments absents durant la première phase (60% d'obstruction centrale)
- 4 étoiles laser au lieu de 6

# Un projet bien sur les rails

## Quelques dates clés :

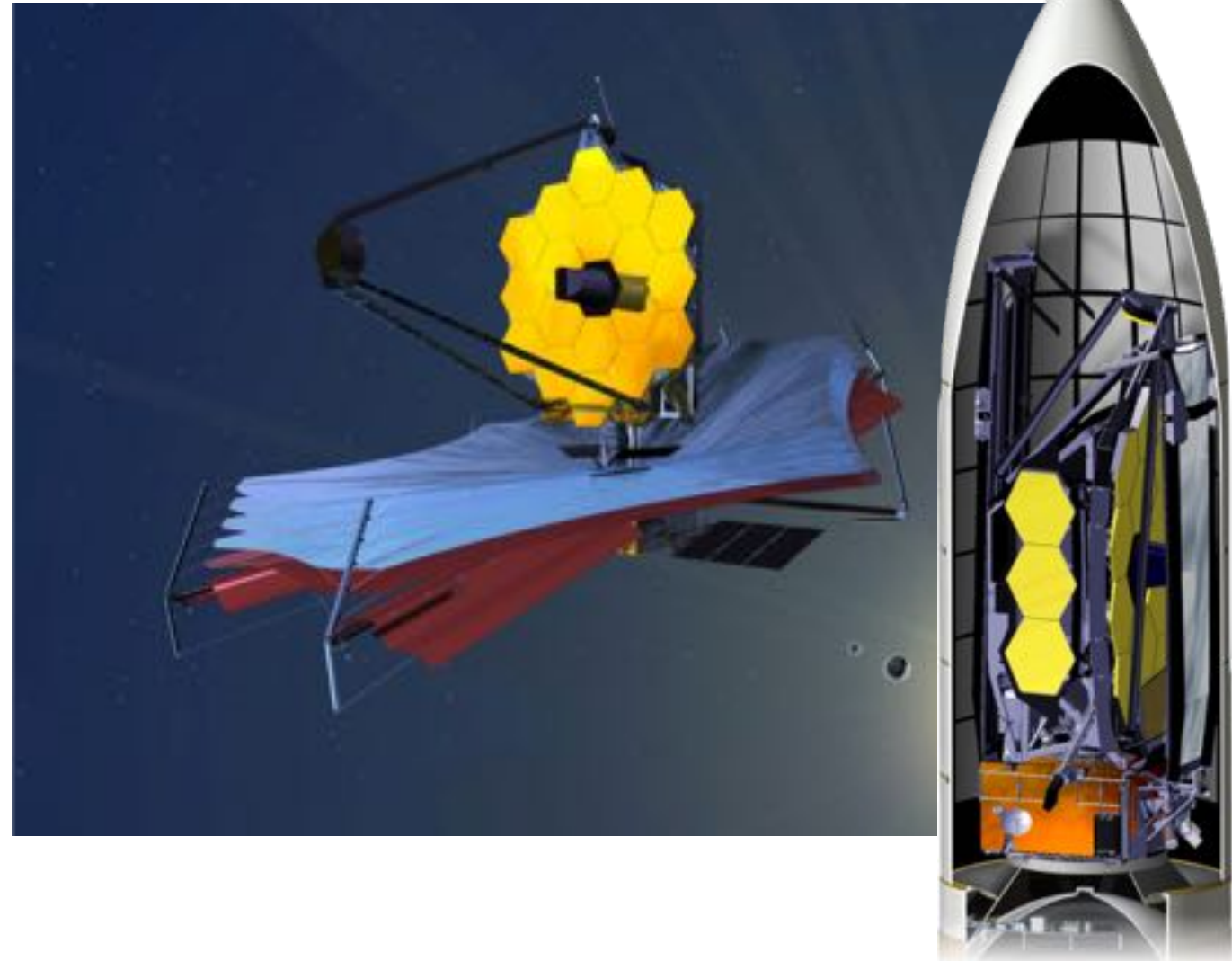
- 2010 : Sélection finale du site.
- 2011 : Design final approuvé.
- 2012 : Début de l'aménagement du site.
- 2014 : Lancement officiel de la construction.
- 2015 : Contrats signés pour le M2 et le M4.
- 2016 : Contrats signés pour le dôme et de la structure porteuse du télescope.
- 2024-2025 : Première lumière ?



# Et dans l'espace ?

## Futur proche :

- JWST, 6.5 m segmenté  
Spectro-Imageur Vis & IR  
Instrument généraliste.  
Lancement en 2018
- WFIRST-AFTA (2.4m, visible)  
Cosmologie & Exoplanètes  
Lancement en 2024 (?)





# Extremely large telescopes in space

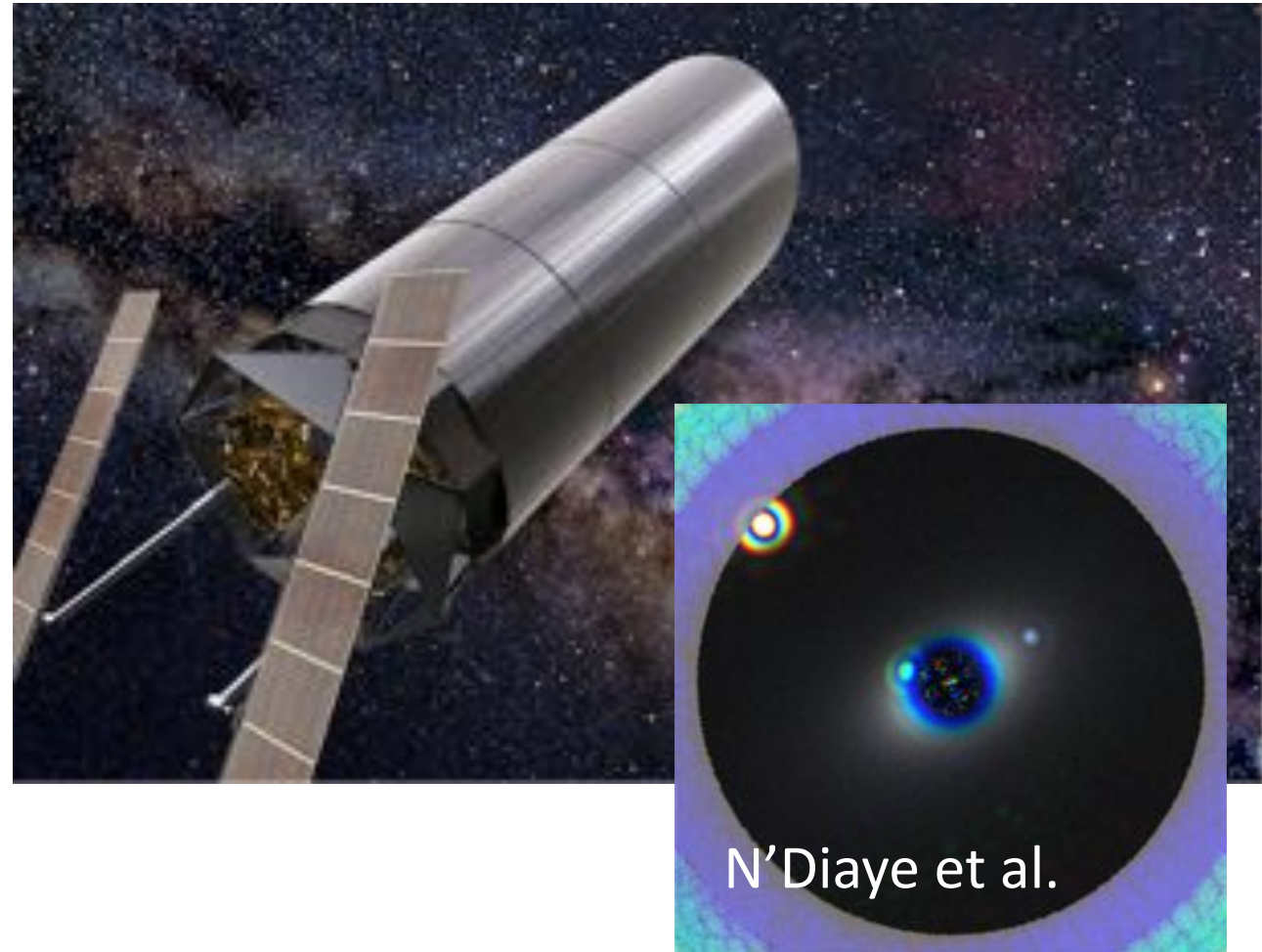
## À plus long terme :

Etude préparatoire en cours pour un futur grand observatoire spatial.

LUVVOIR, un possible télescope de 12-16 m segmenté à l'horizon 2040.

Un de ses objectifs : l'étude d'exoTerres.

Projet international : probable contribution européenne.



Merci