
Le projet E-ELT (European Extremely Large Telescope)

J.-G. Cuby (LAM / OAMP)

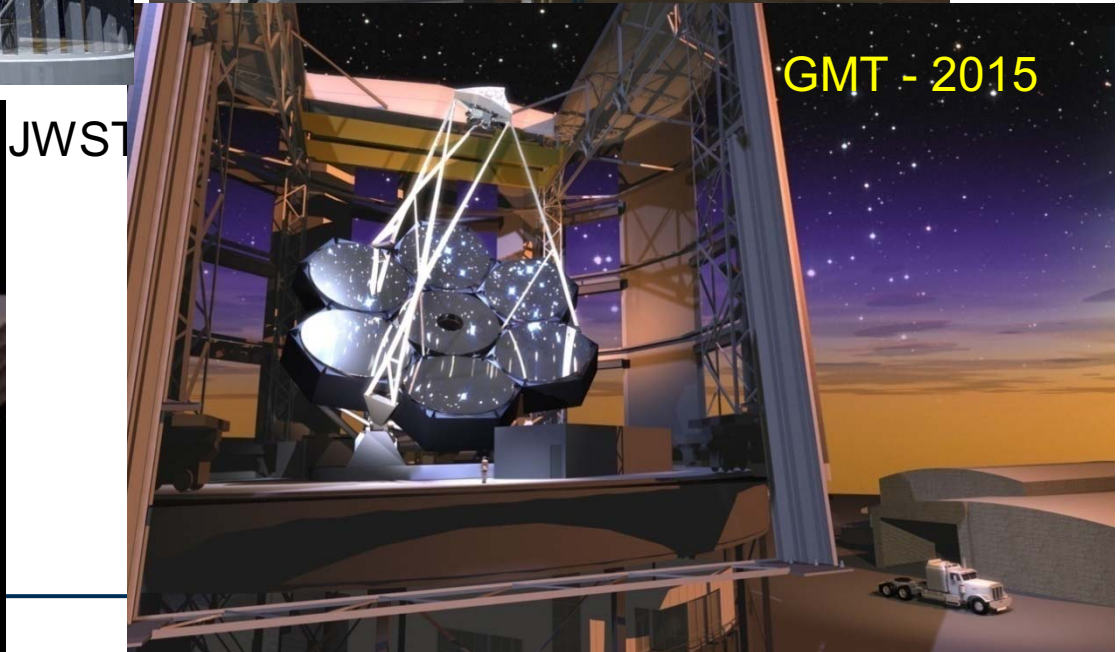
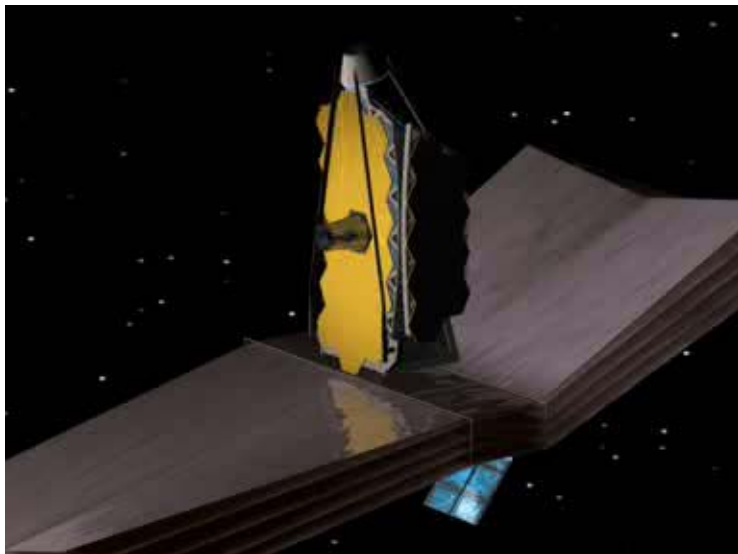
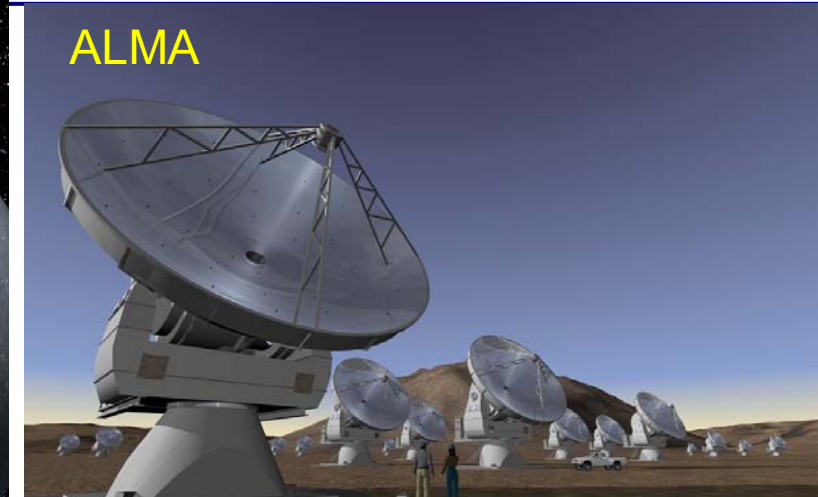
Plan de l'exposé

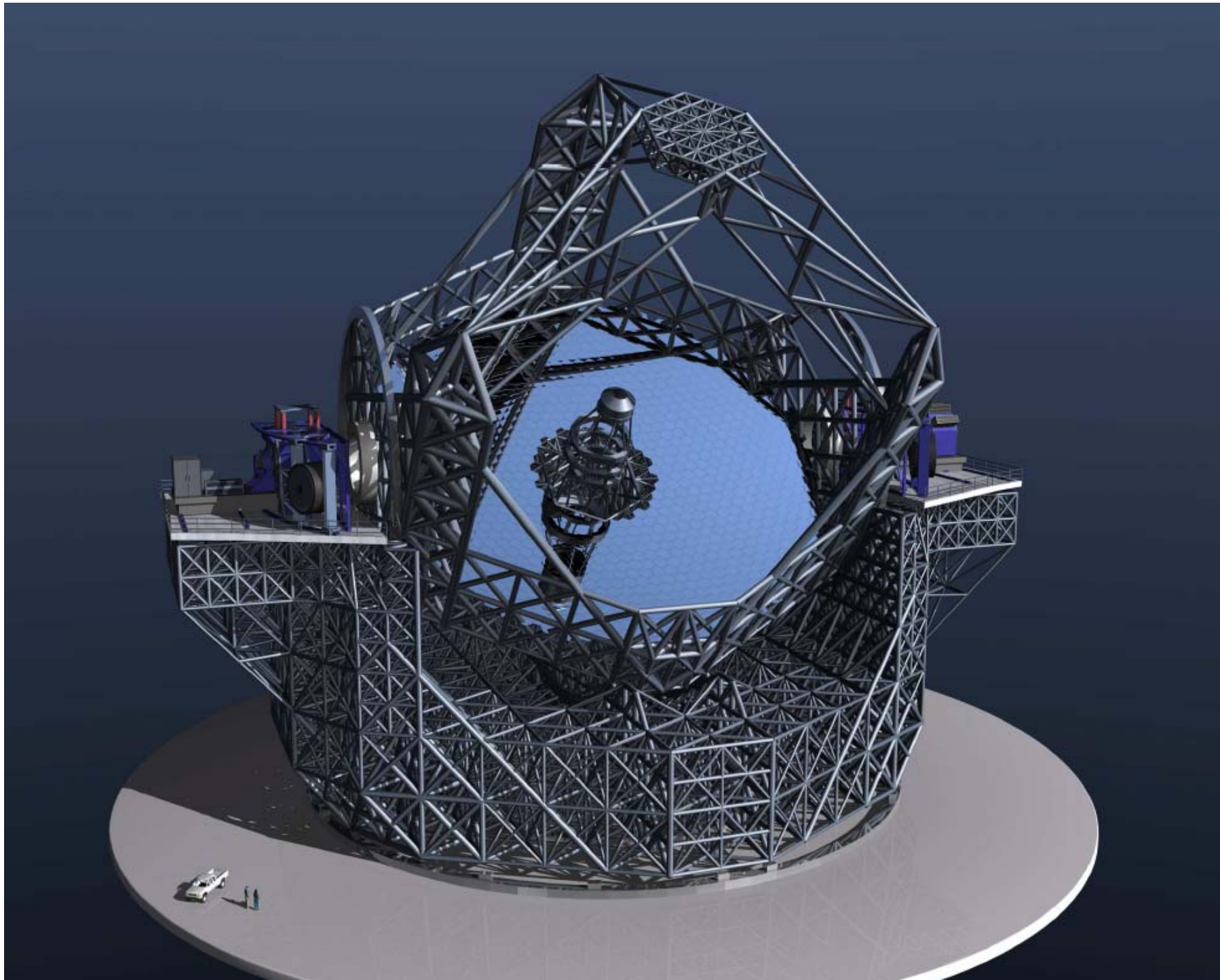
- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- Exemples de programmes scientifiques
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

Plan de l'exposé

- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- Exemples de programmes scientifiques
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

Pourquoi un ELT ?

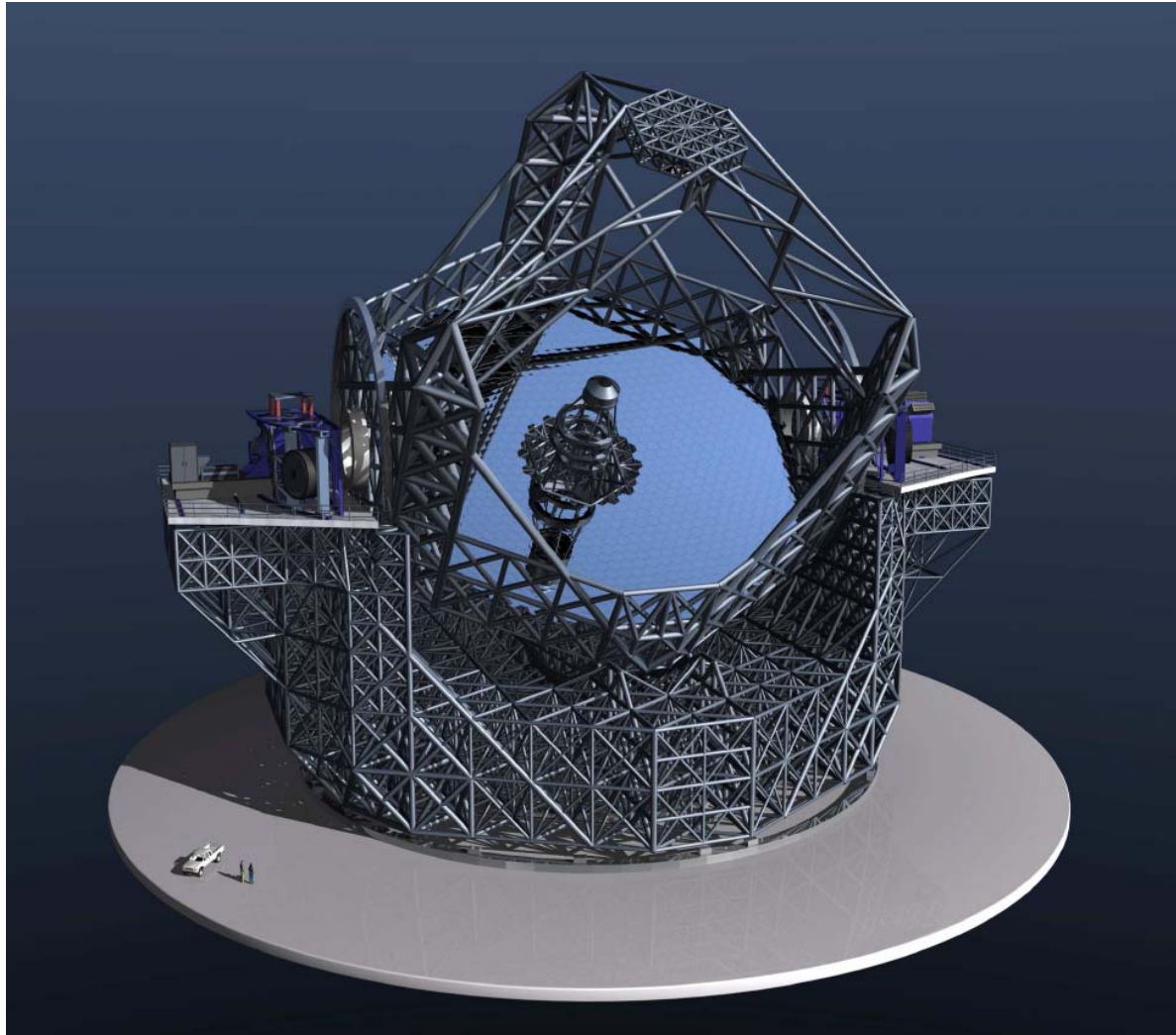




Plan de l'exposé

- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- Exemples de programmes scientifiques
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

The European Extremely Large Telescope



E-ELT design

November 2006

M1 42m segmenté

M2 6m monolithique, actif

M4, M5 adaptatif

1300 m² de verre (M1)

Calendrier:

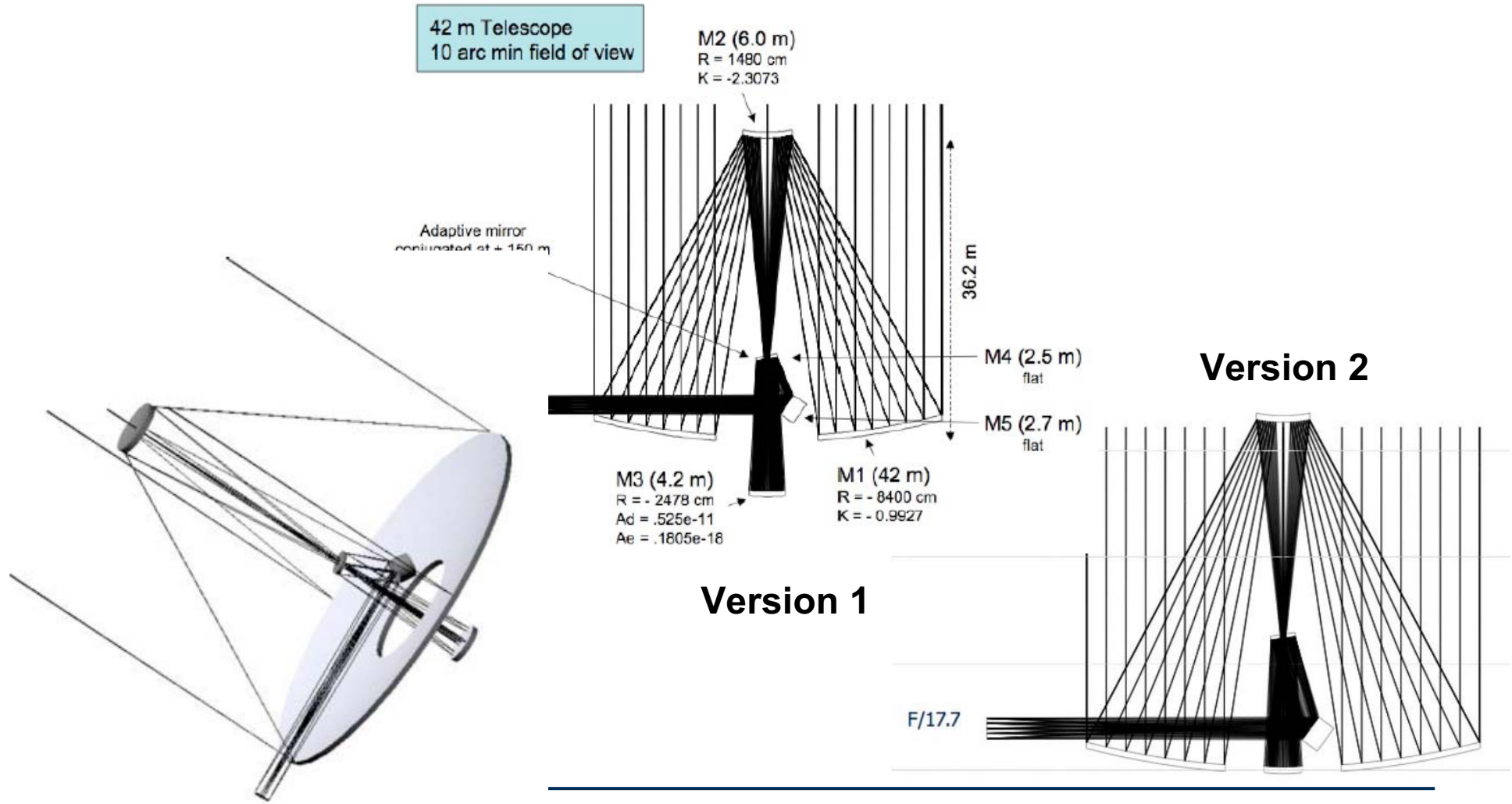
2007-2009 Phase B

2010-2017 Construction

Coût ~ 1000 M€

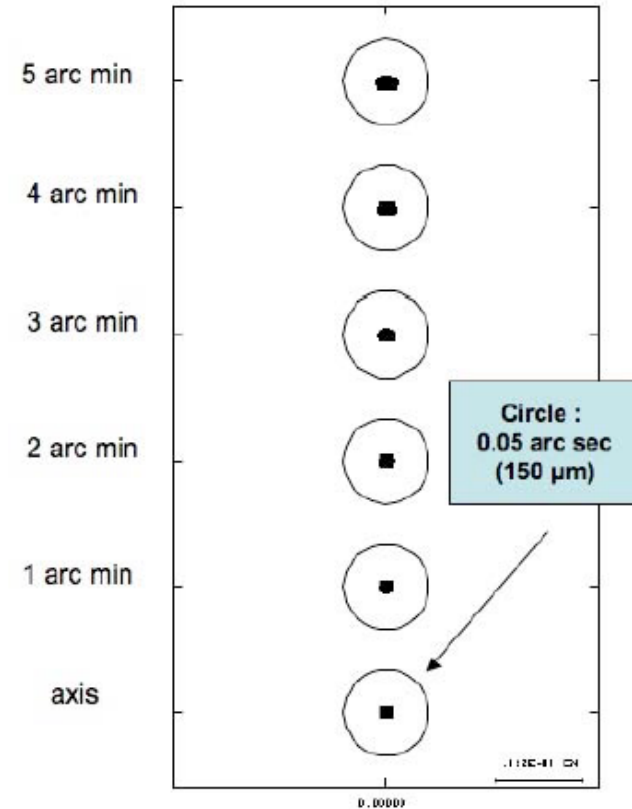
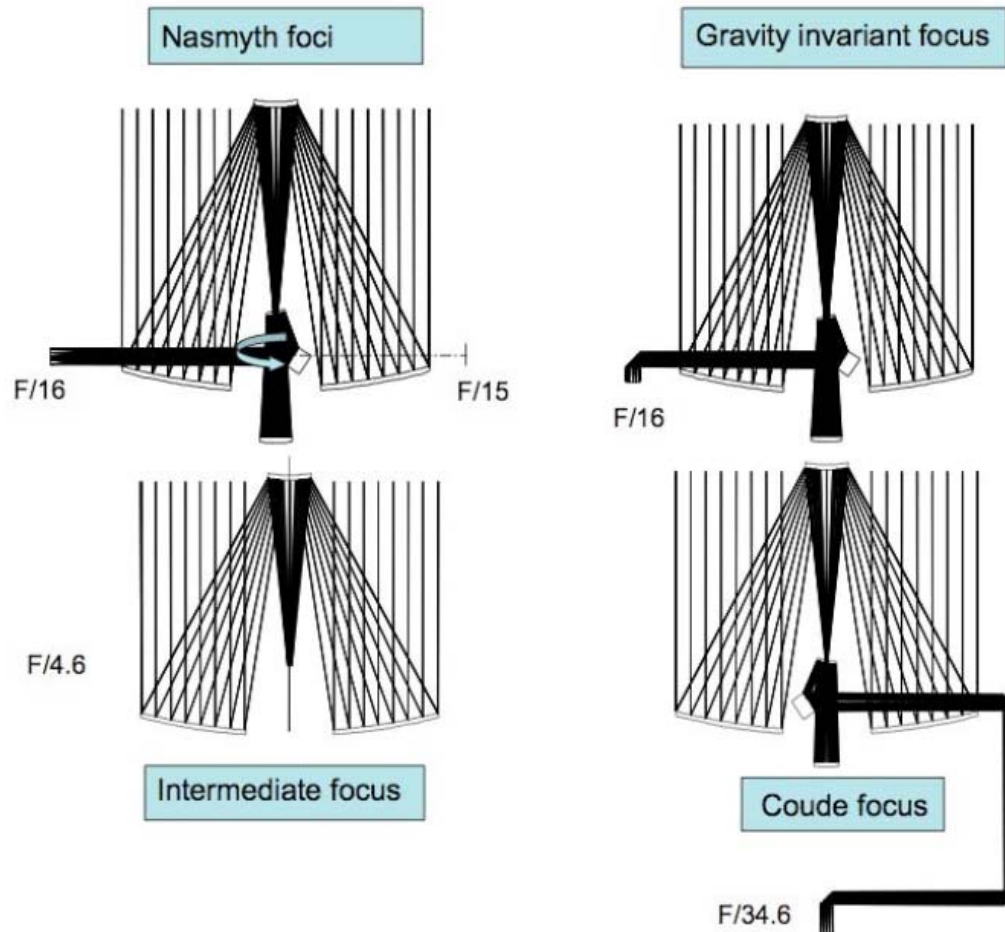
Décision 2010

Le Télescope

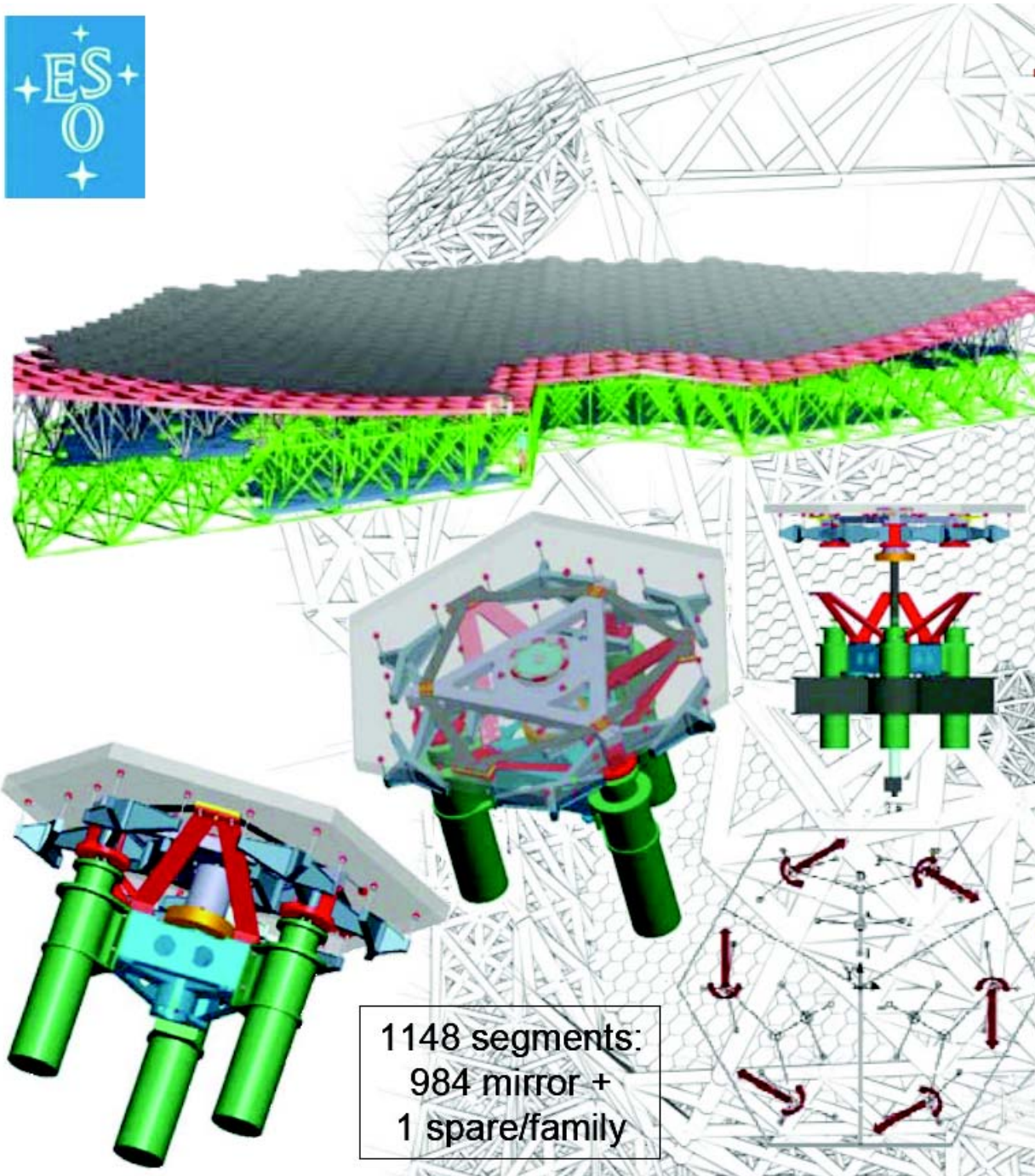


Le Télescope

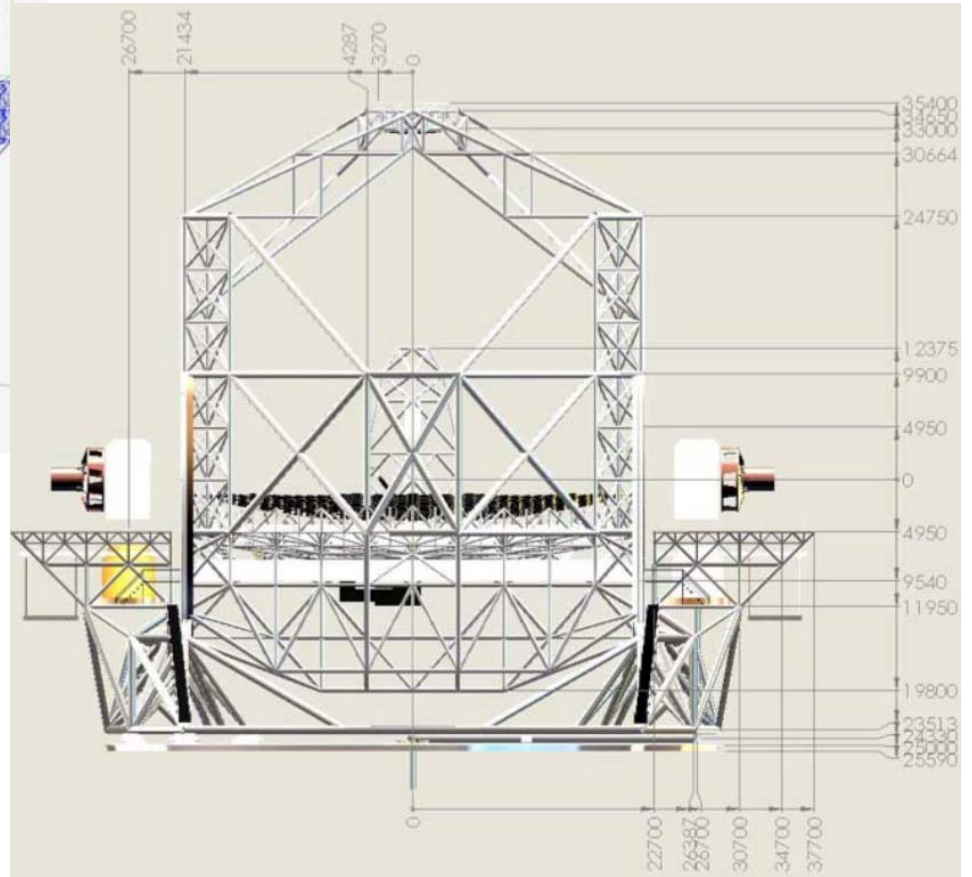
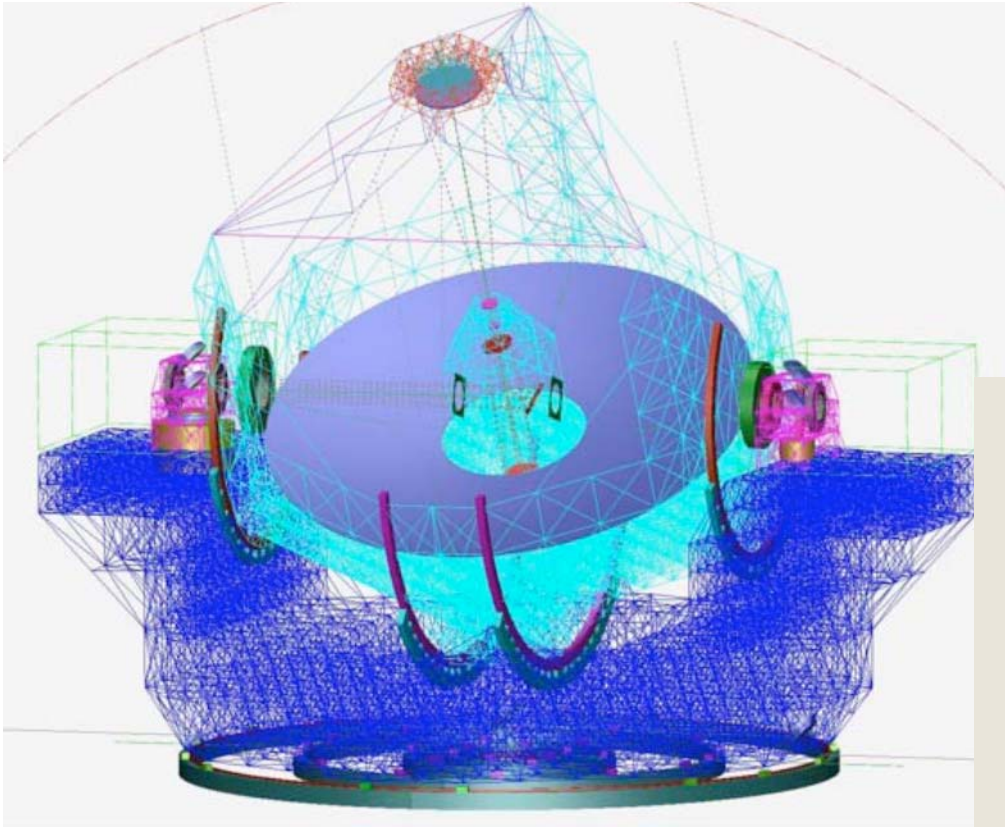
Foyers



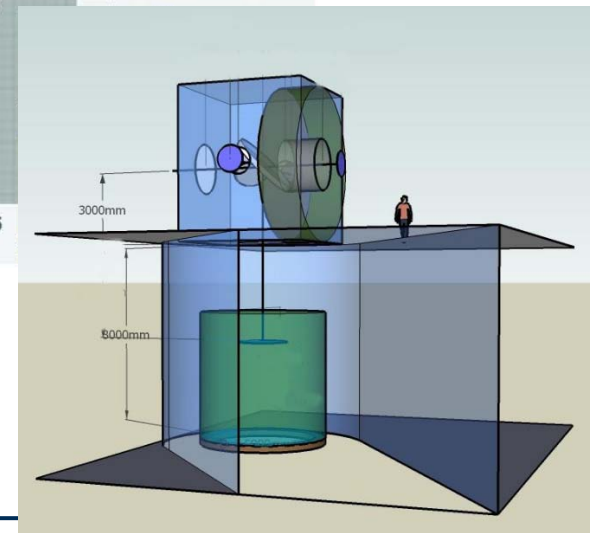
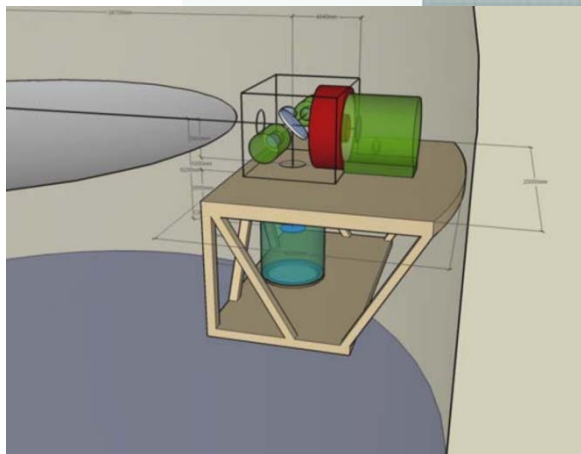
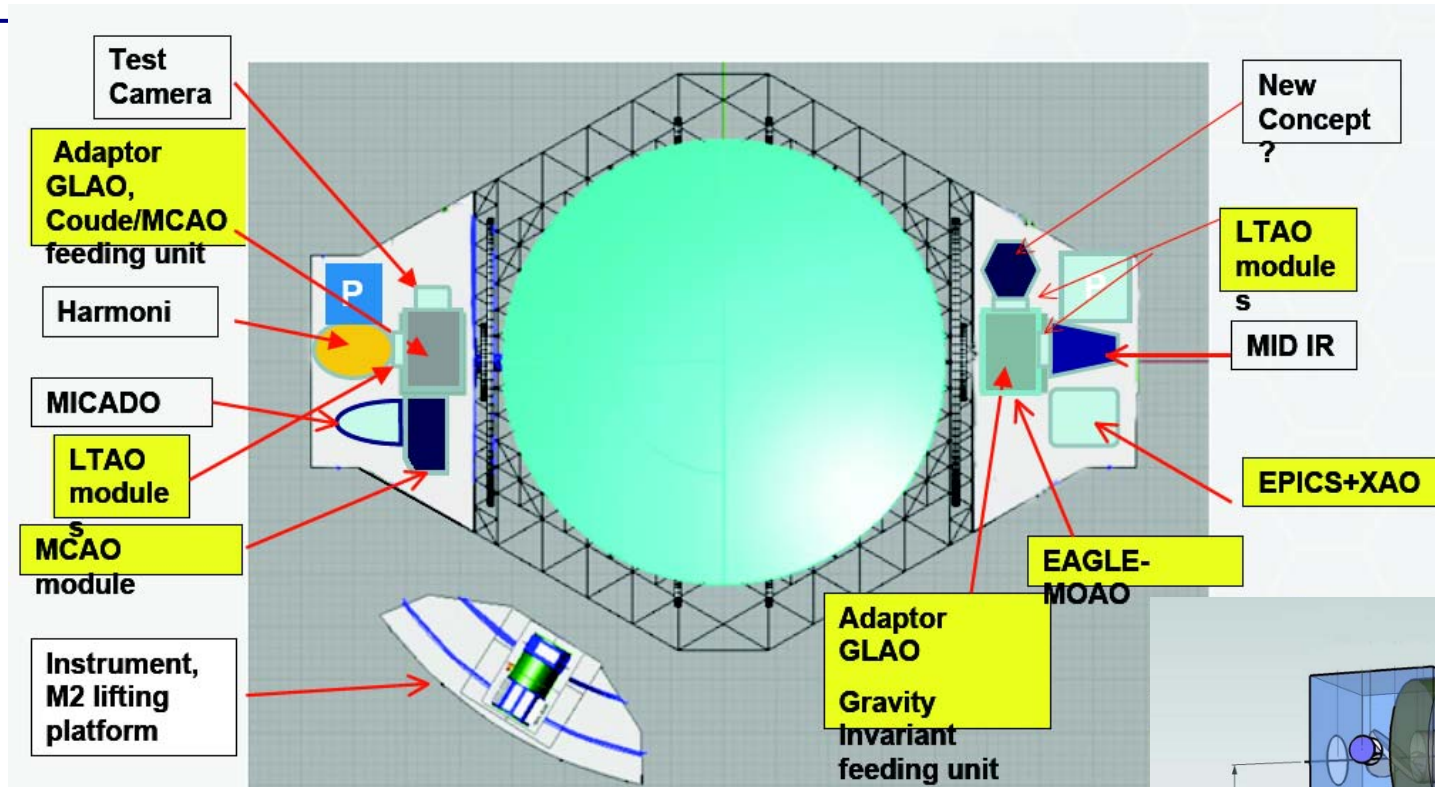
The telescope image quality.

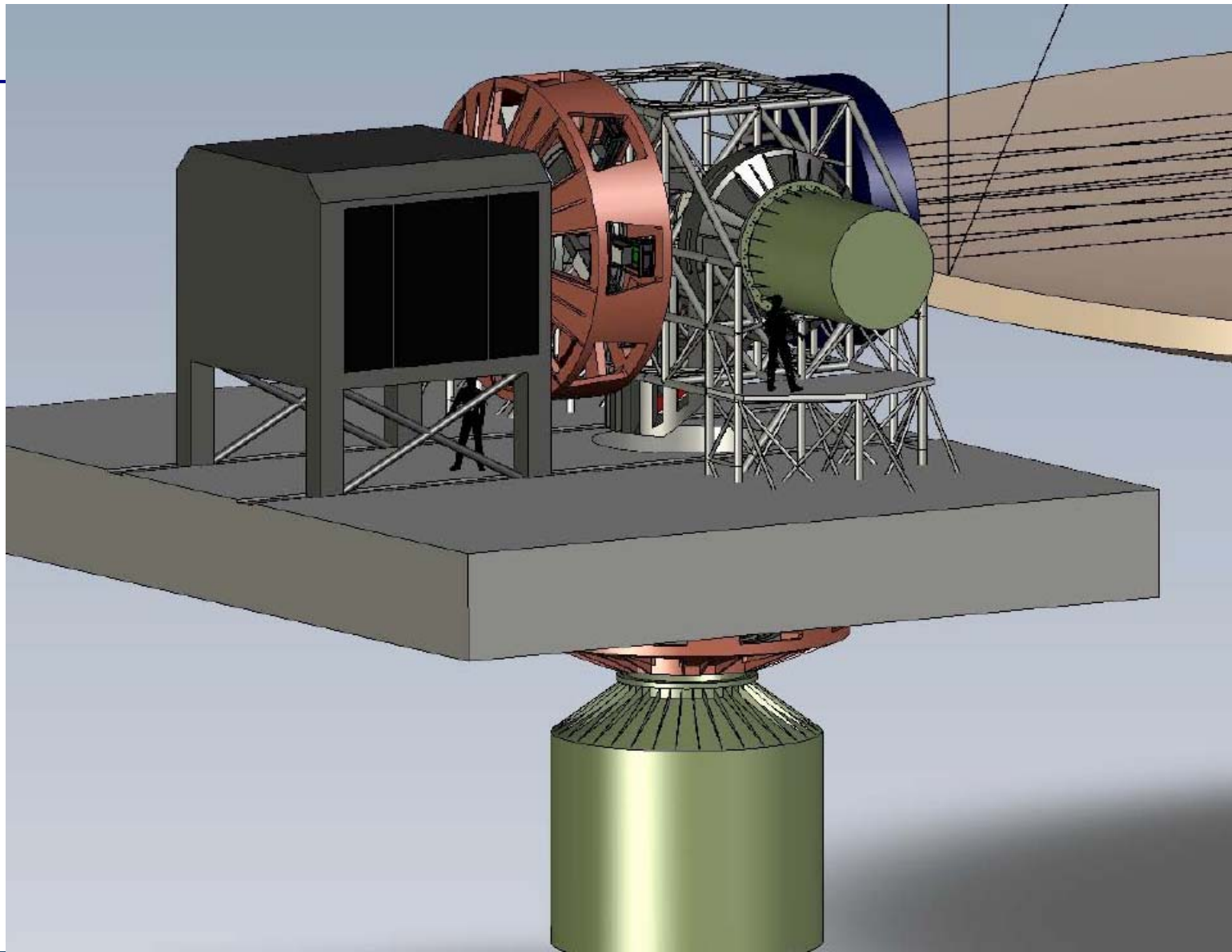


1148 segments:
984 mirror +
1 spare/family



Plateformes Nasmyth



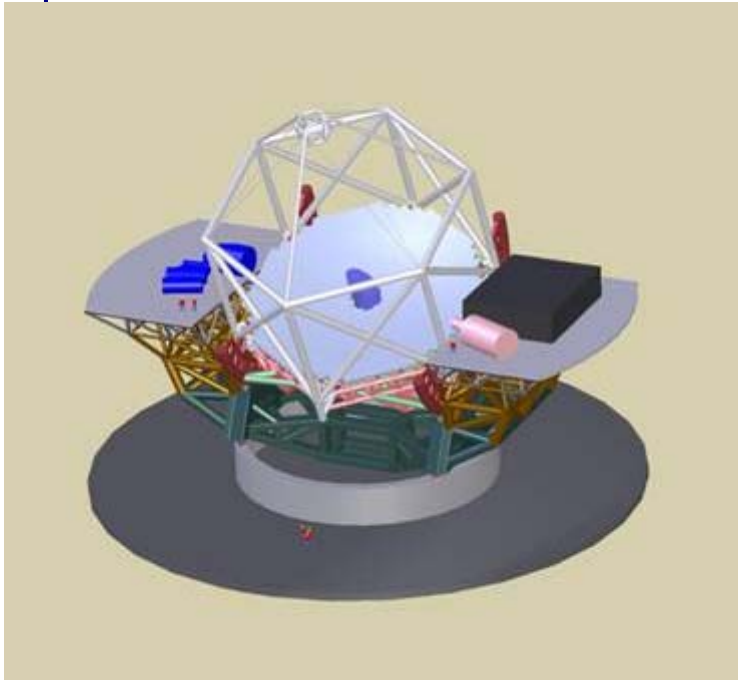




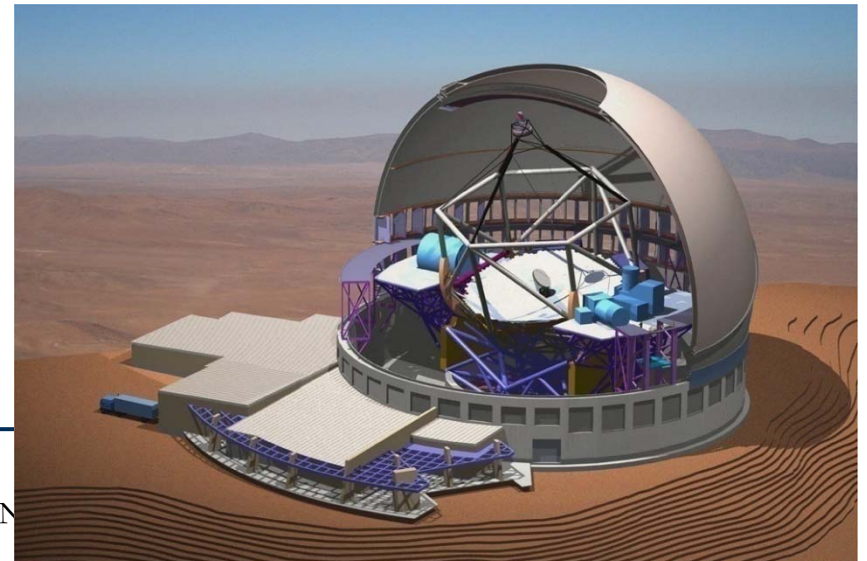
Plan de l'exposé

- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- Exemples de programmes scientifiques
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

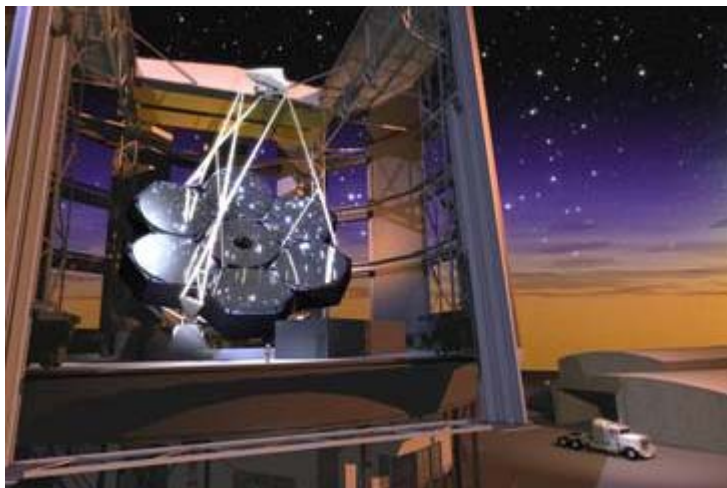
TMT



- Caltech + Univ. Californie + Canada
 - Japon (?)
- 30 mètres de diamètre
- Phase B
- 2015
- ~ 600 - 800 M\$
 - 200 M\$ + 100 M\$ acquis
 - 2 sites pre-sélectionnés (Hawaii, Chili)

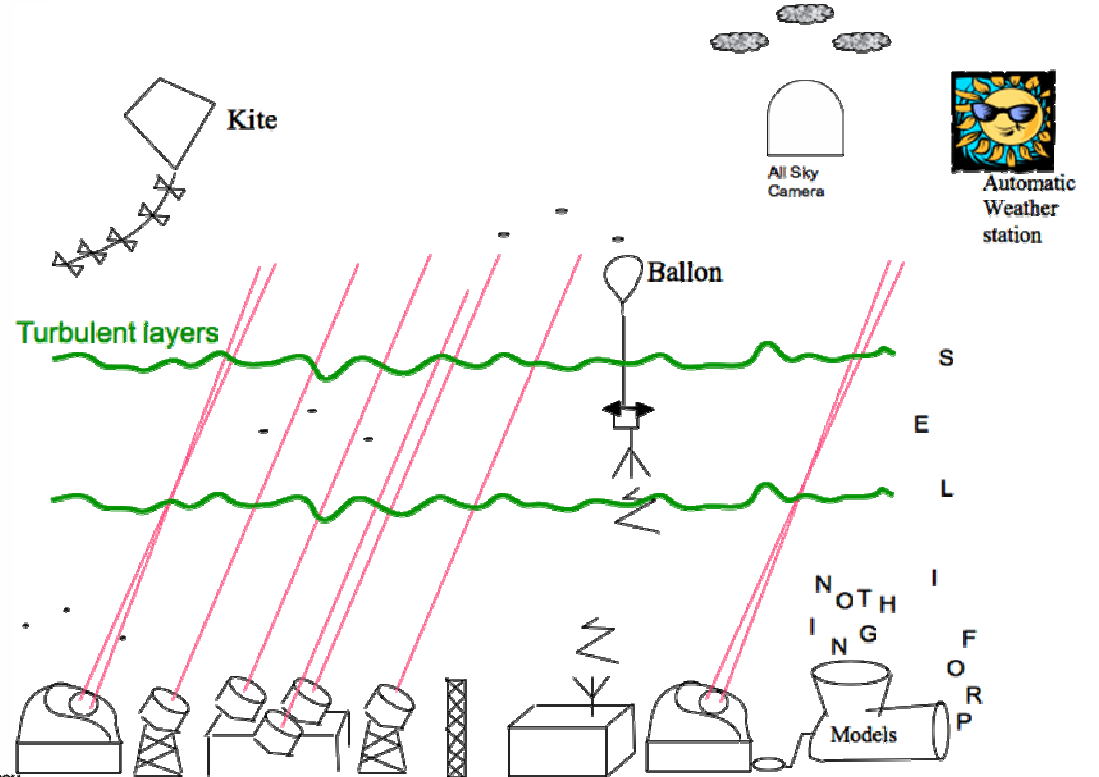


GMT

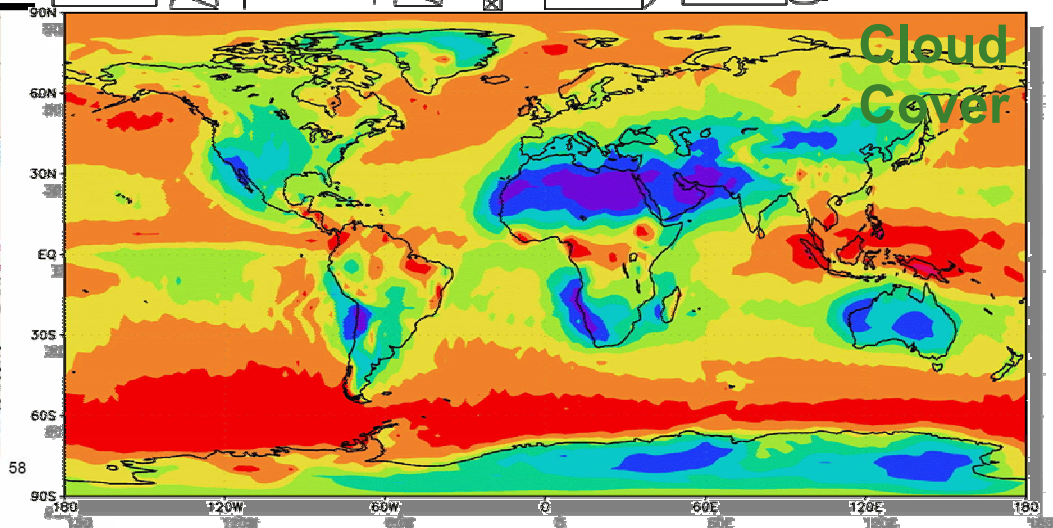
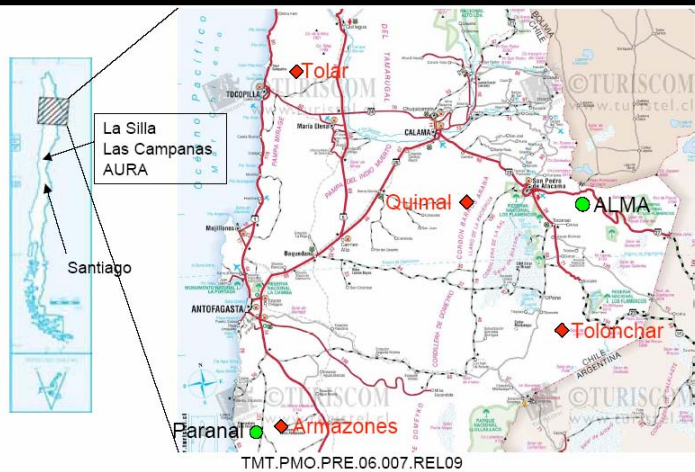




SITES



Chile Site Locations



Plan de l'exposé

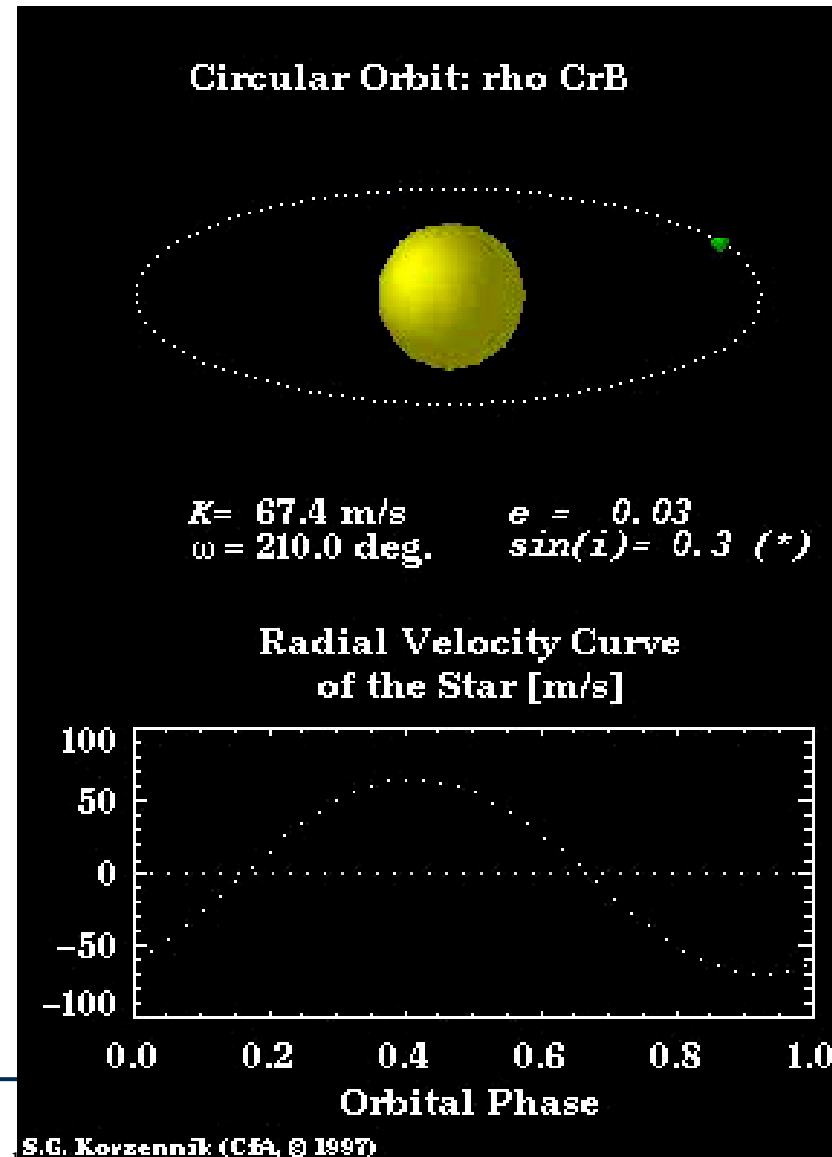
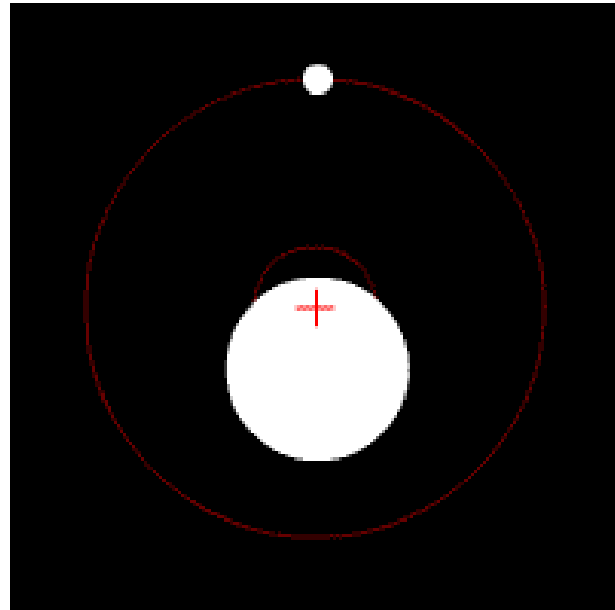
- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- **Exemples de programmes scientifiques**
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

Les exoplanètes

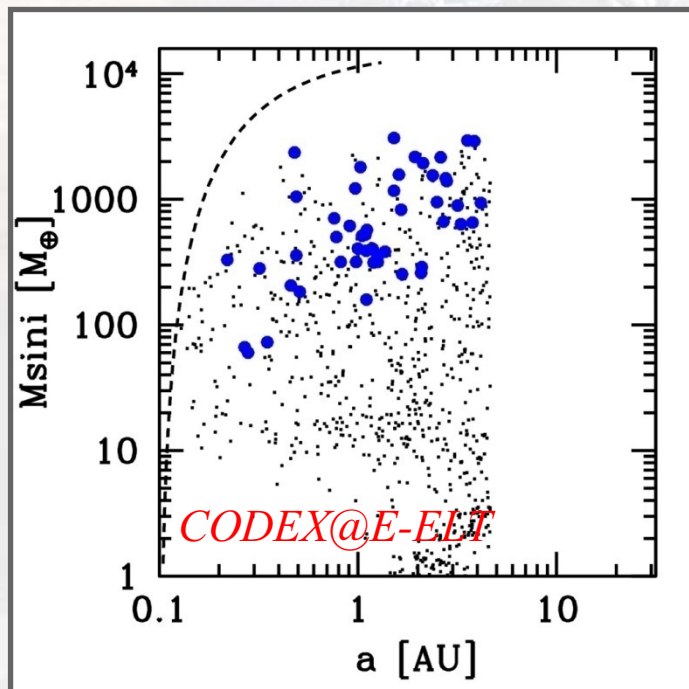
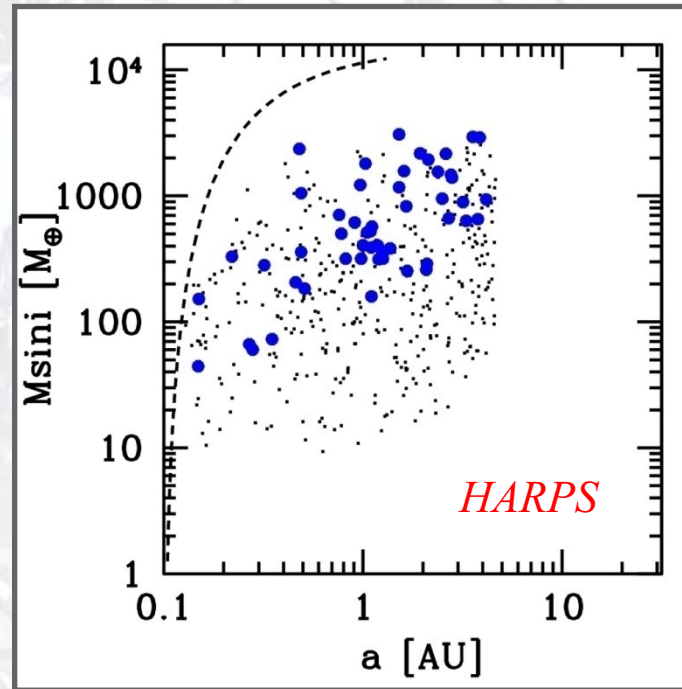
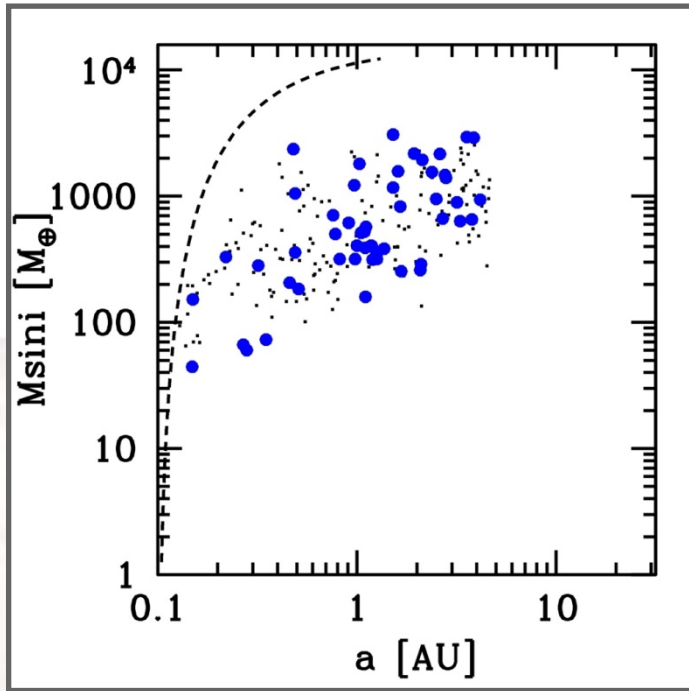
- Méthodes de détection des planètes extra-solaires
 - Les vitesses radiales
 - La détection directe

 - Les transits – Espace (Corot)
 - Astrometrie
 - “Micro-lensing”

Exoplanètes: vitesses radiales



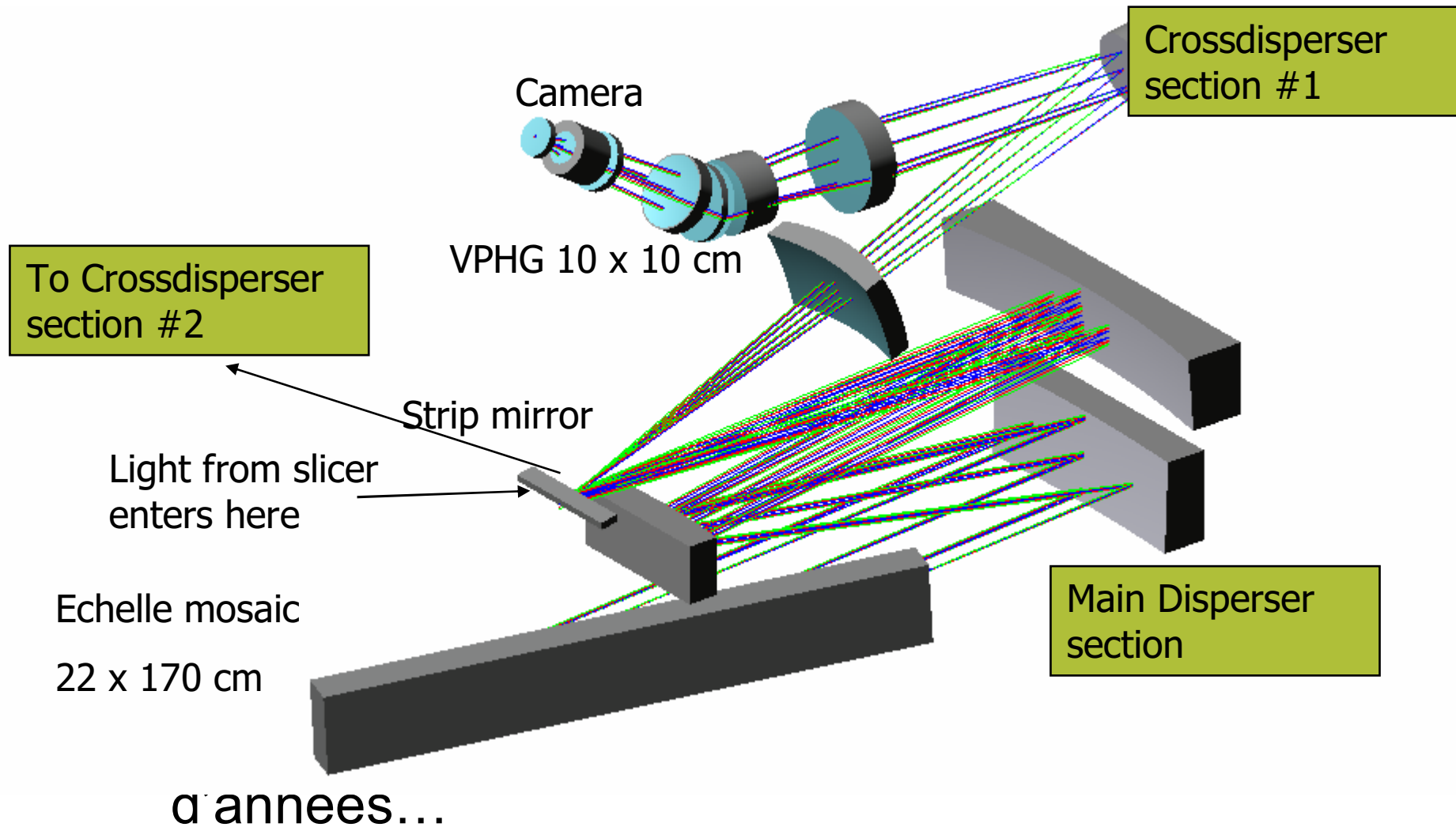
Vitesse radiales: précision



- Précision 1 m/s:
→ essentiellement des Neptunes
- Précision 0.1 m/s
→ quasiment toutes les planètes

Courtesy W. Benz

CODEX @ E-ELT





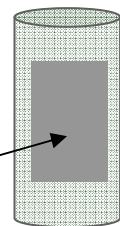
CODEX laboratory floor plan

Underground hall 20 x 30 m; height 8 m

1 K

Instrument room 10 x 20 m; height 5 m

0.1 K

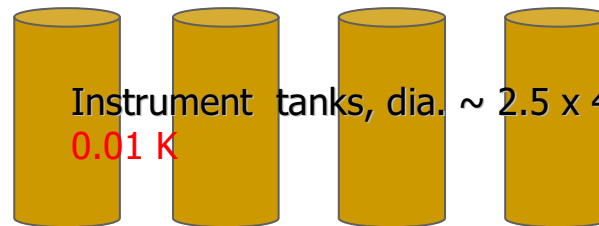


Optical bench and detector

0.001 K

Instrument tanks, dia. $\sim 2.5 \times 4$ m,

0.01 K

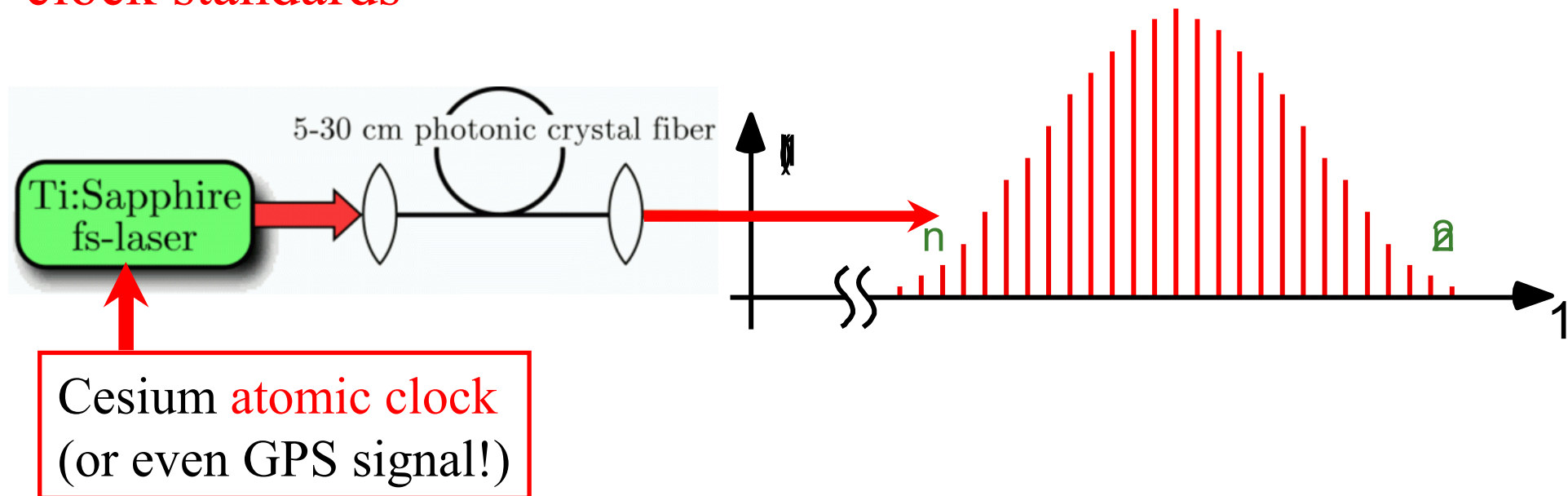


Control room and aux. equipment (laser)

1 K

Calibration Unit: Frequency COMB

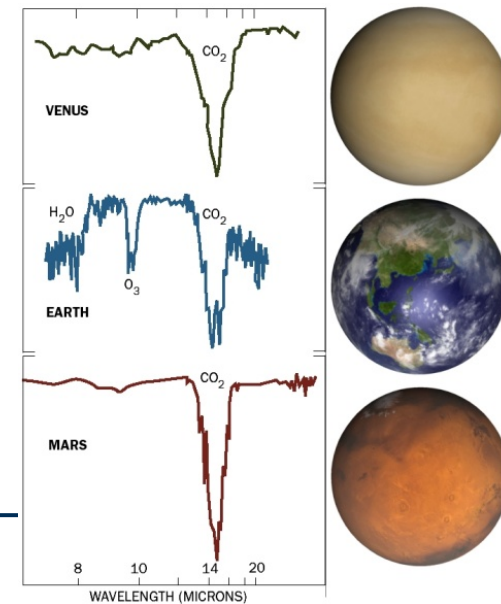
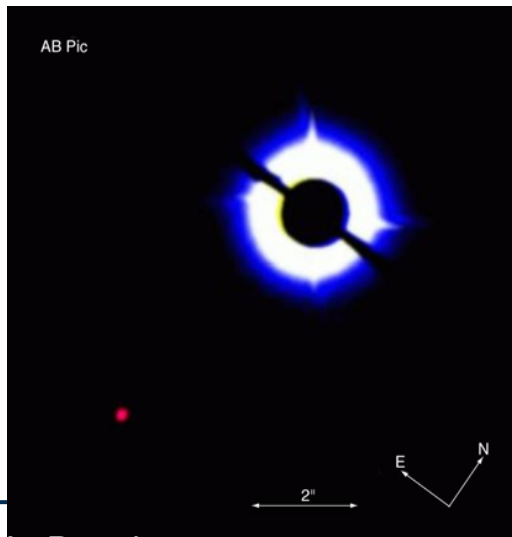
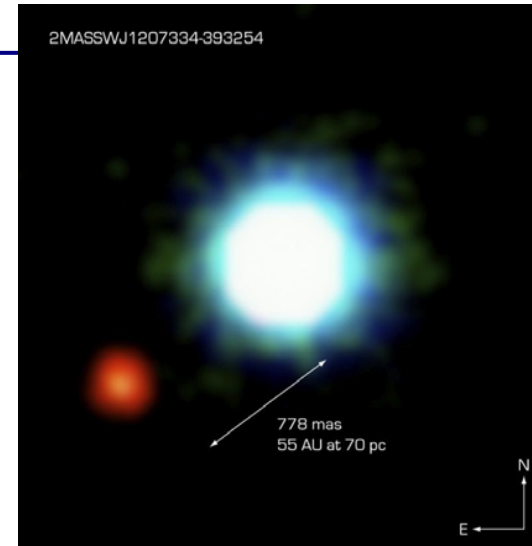
❖ Metrology labs recently revolutionized by introduction of femtosecond-pulsed, self-referenced lasers driven by atomic clock standards



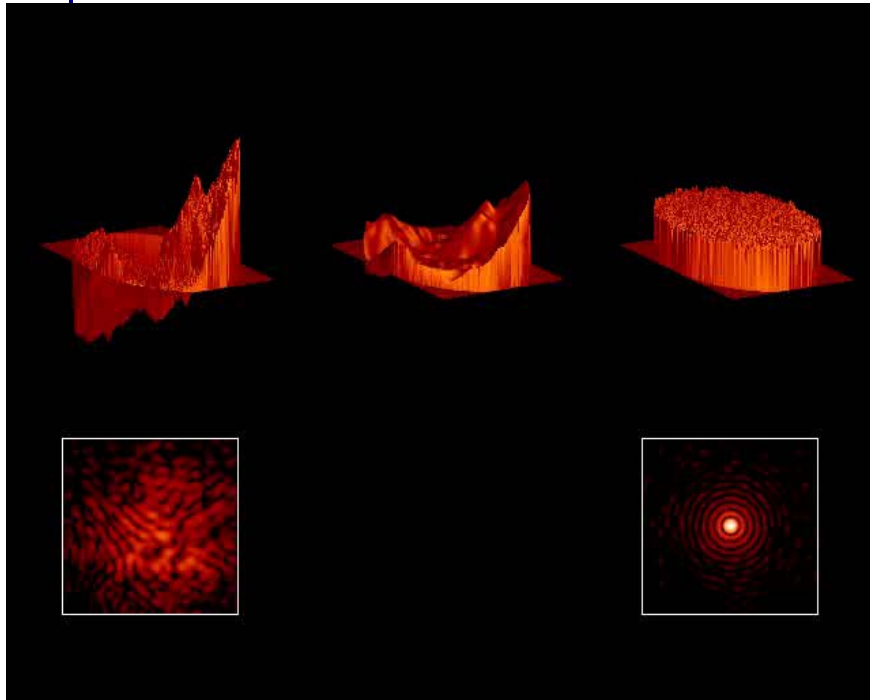
❖ Result is a **reproducible, stable** “comb” of **evenly spaced** lines whose **frequencies are known *a priori*** to better than **1 in 10^{15}**

Exoplanètes: détection directe

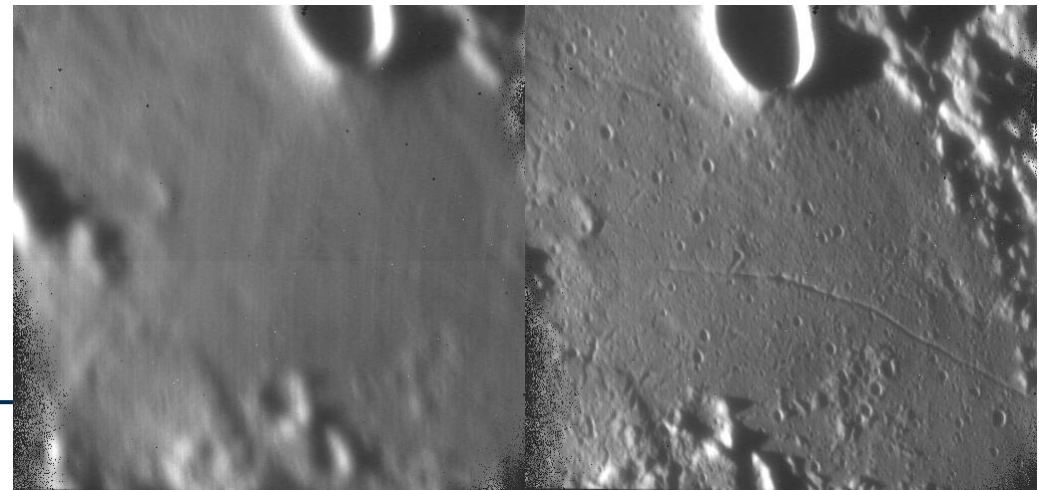
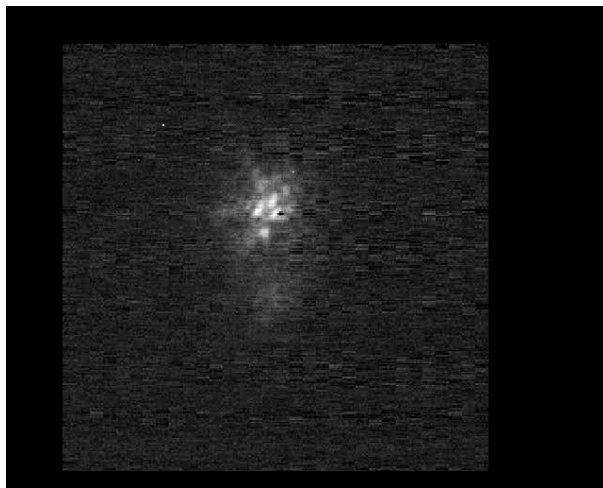
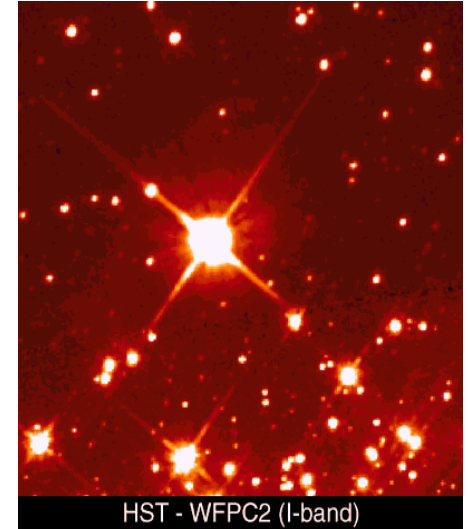
- ❑ Télescopes 8-m: planètes plusieurs fois la masse de Jupiter
- ❑ ELT permettra de faire des images et des spectres d'étoiles géantes gazeuses, voire d'étoiles rocheuses s'approchant d'un type terrestre...
- ❑ Nécessite une correction très fine des perturbations induites par l'atmosphère: optique adaptative



Optique Adaptative

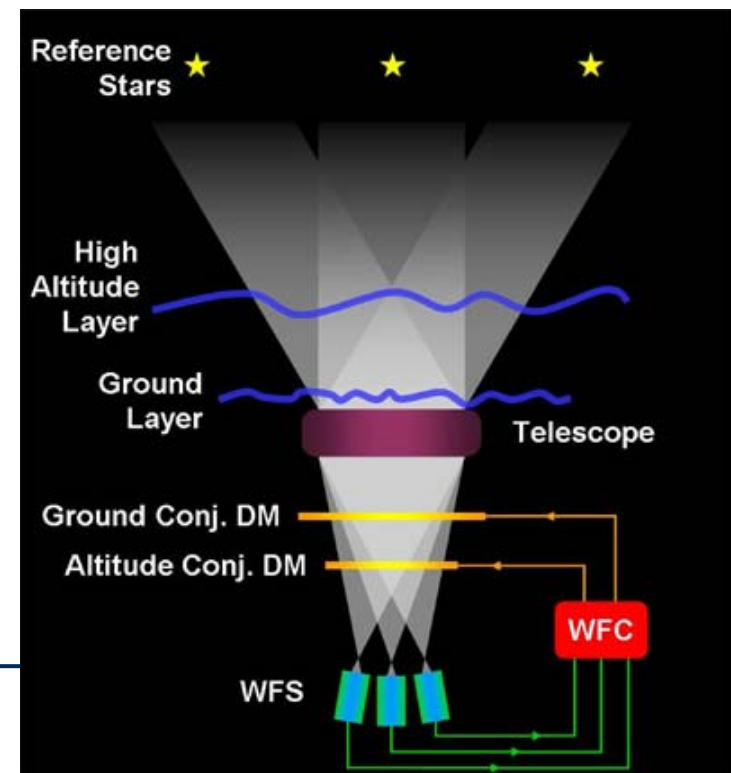


- Correction temps réel de la dégradation des images due à la turbulence
- Intégrée au télescope et aux instruments



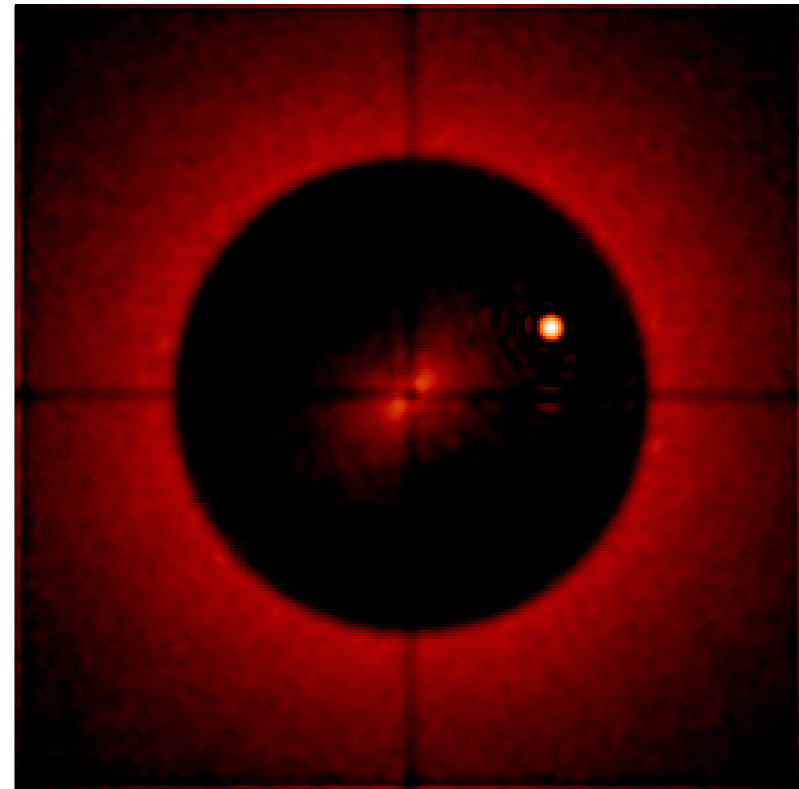
Optique Adaptative

- Etoiles laser pour une couverture complète du ciel
- Jusqu'à 9 étoiles laser pour une reconstruction tomographique de la turbulence atmosphérique
- Jusqu'à 2 ou 3 miroirs adaptatifs conjugués à différentes altitudes (couches turbulentes)

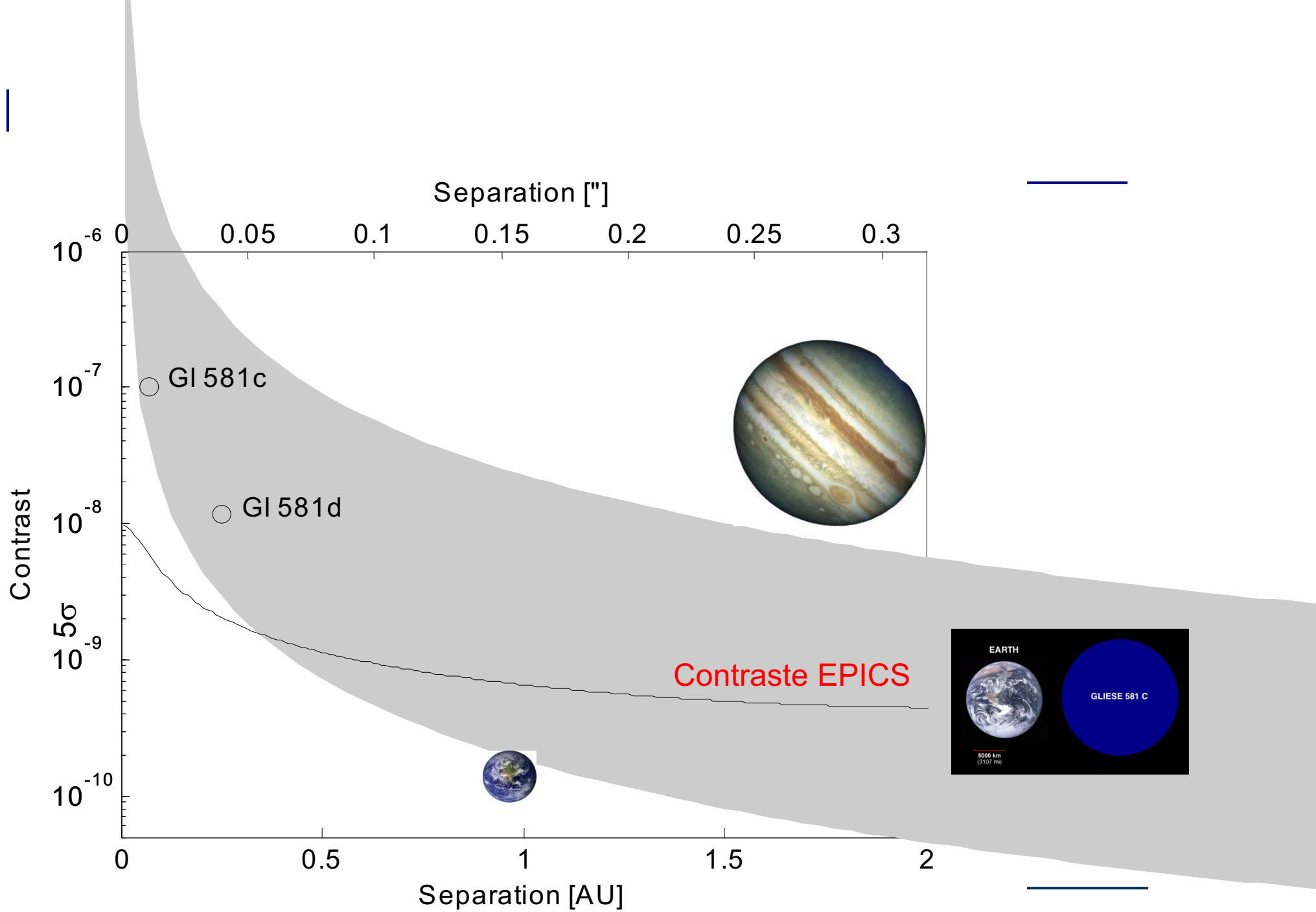


Exoplanètes: détection directe

- L'optique adaptative ne suffit pas. Il faut ensuite supprimer l'image de l'étoile (coronagraphie) et chasser les effets résiduels



Courtesy J. L. Beuzit

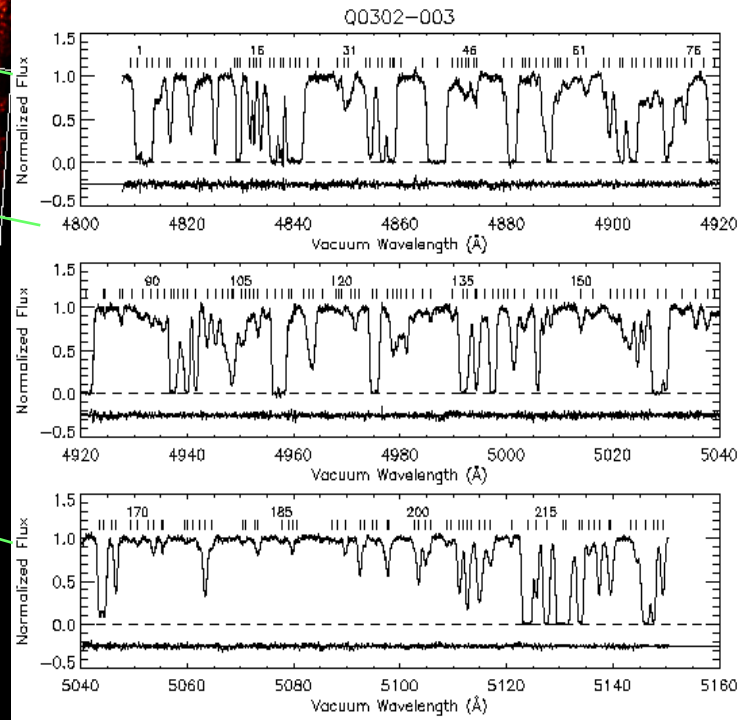
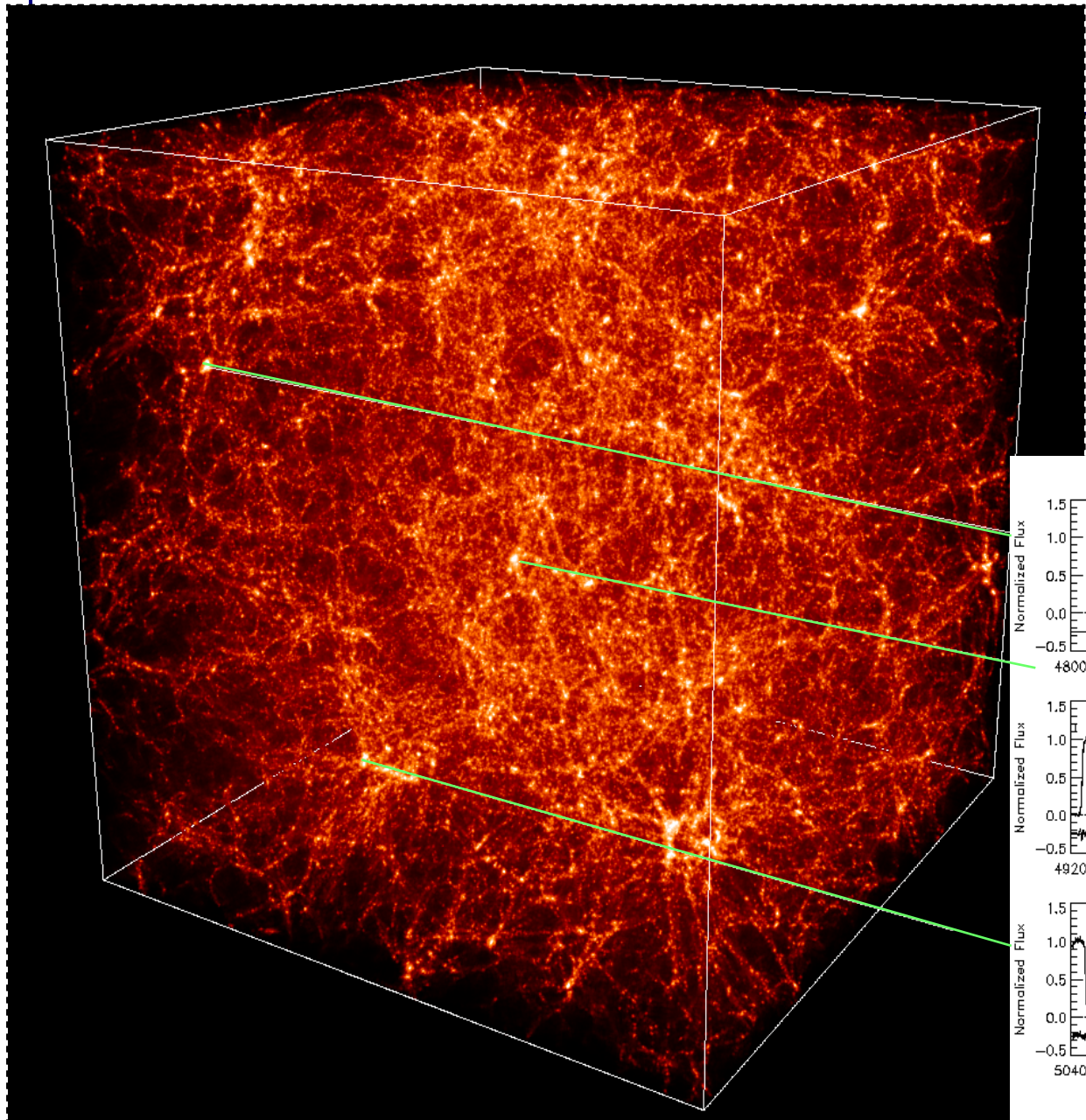


Plan de l'exposé

- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- **Exemples de programmes scientifiques**
 - Exoplanètes
 - **Expansion de l'Univers**
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

Mesure directe de l'expansion de l'Univers

- L'Univers est en expansion, et cette expansion s'accélère sous l'effet d'une mystérieuse énergie noire
- Mais mesures indirectes
 - Rayonnement cosmologique
 - Supernovae
- Une mesure directe consisterait à mesurer la vitesse d'expansion à deux époques différentes

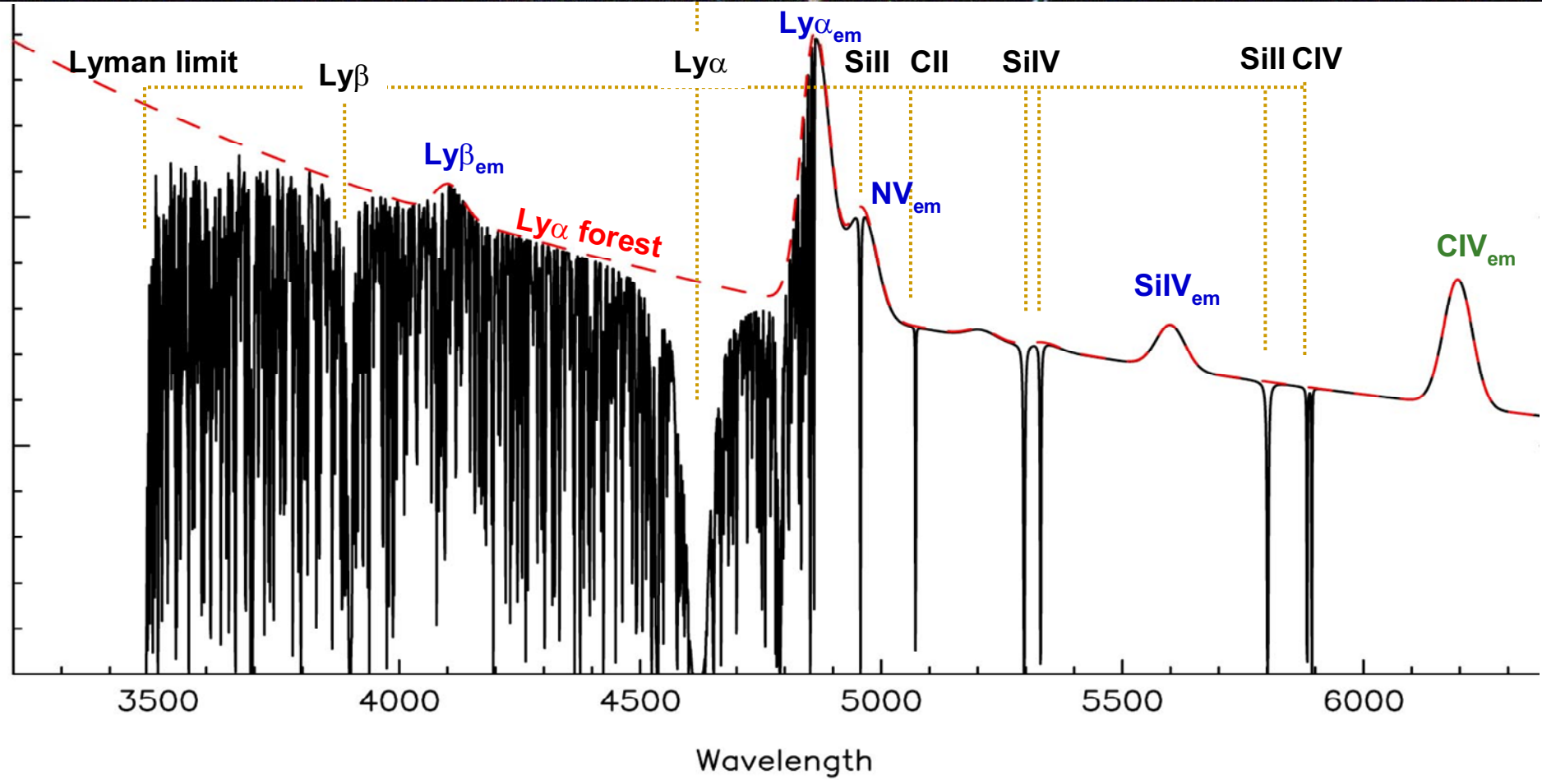
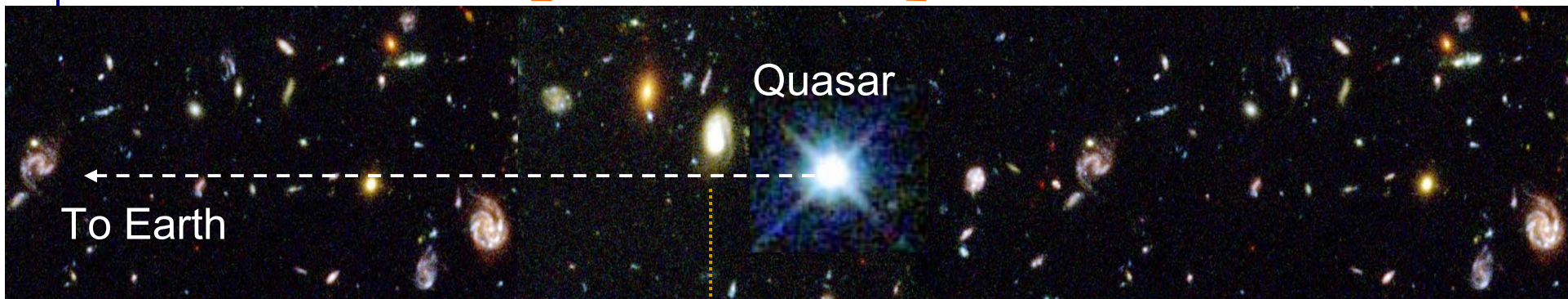


3 juin 2008

Collège de France - Nice

33

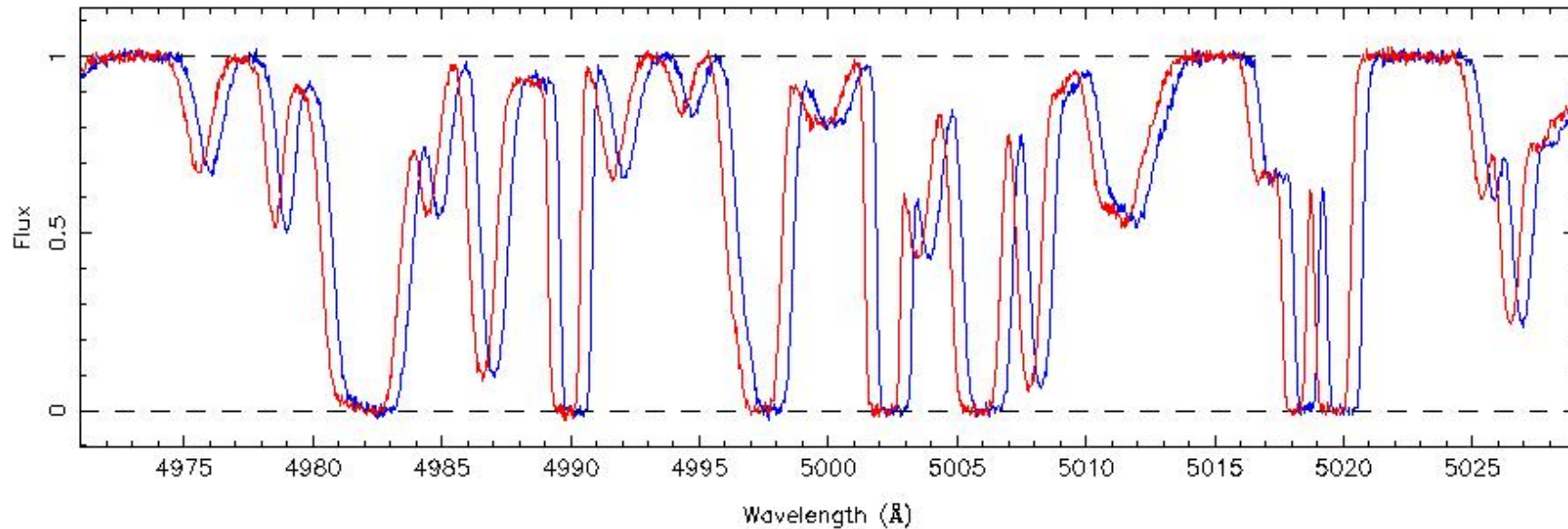
Raies d'absorption des quasars



Mesure directe de l'accélération de l'Univers

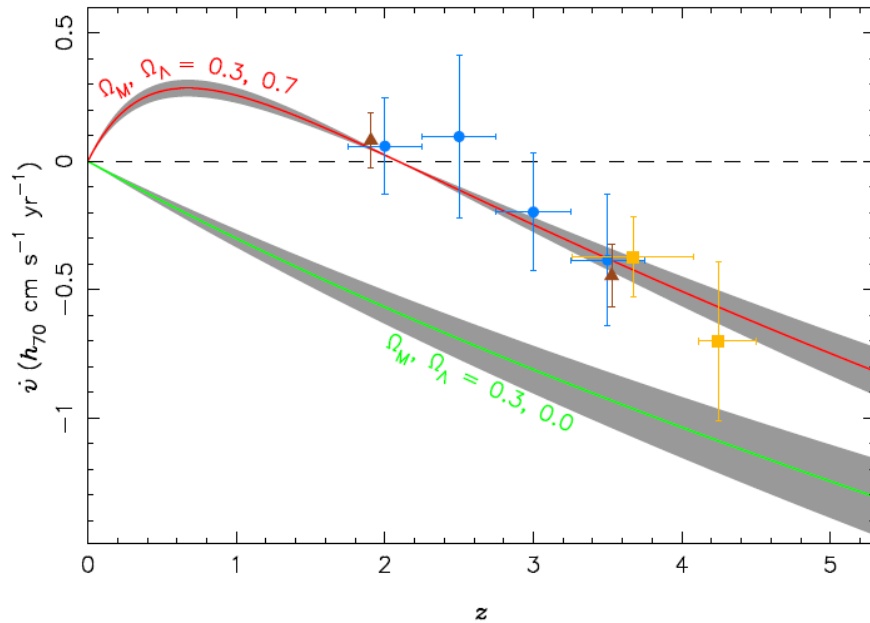
Un signal fort ...

Mais sur 10^7 ans !!!

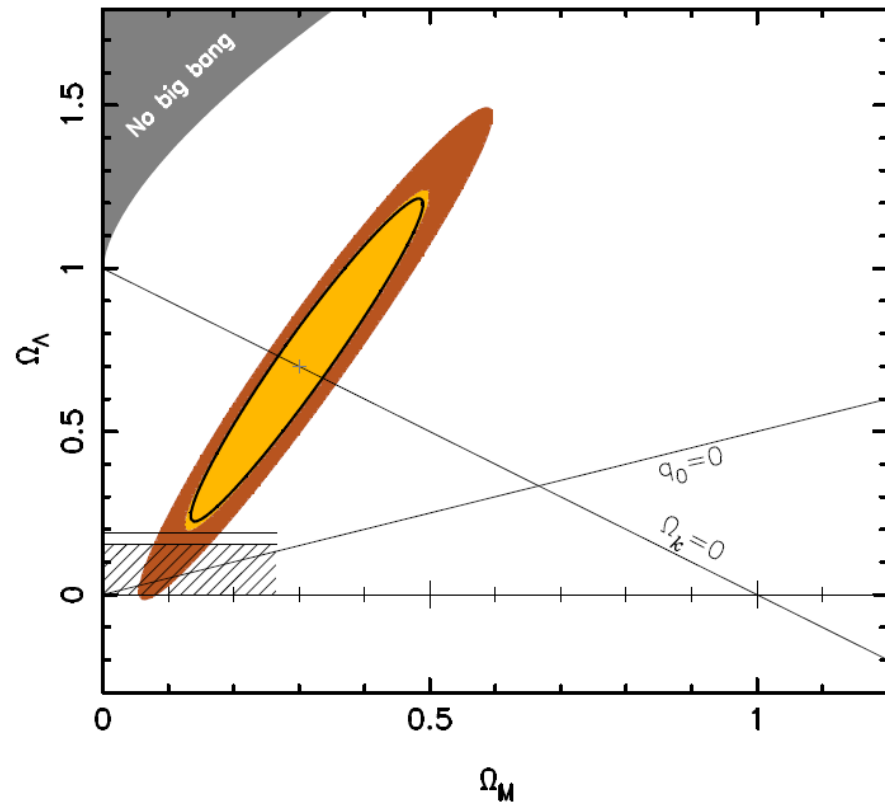


Effet mesurable avec un spectrographe haute résolution spectrale de quelques cm/s de précision en 10-20 ans → où l'on retrouve CODEX !

Mesure directe de l'accélération de l'Univers: CODEX



- Contraintes apportées au bout de 2000 heures d'observations d'un échantillon de quelques dizaines de quasars sur 20 ans.

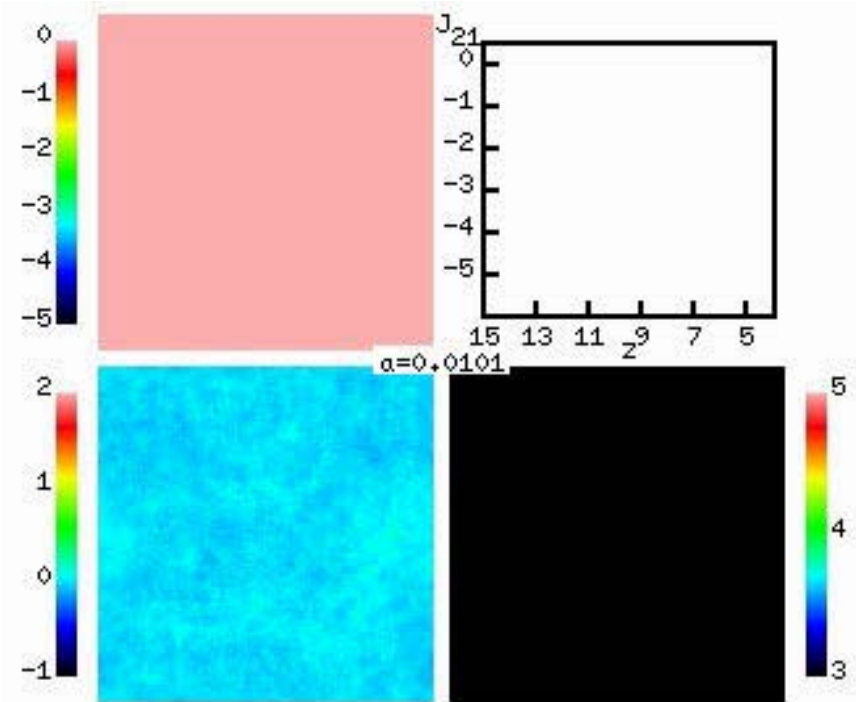
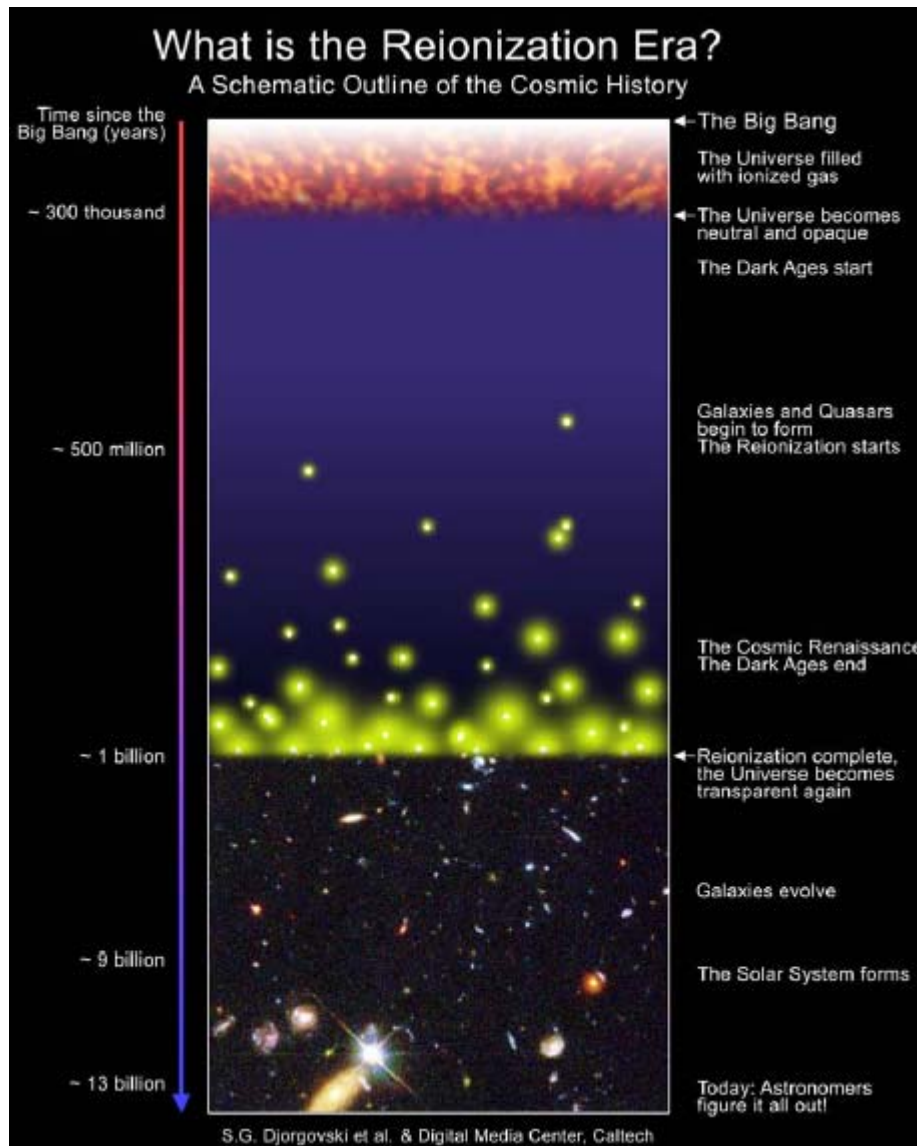


Plan de l'exposé

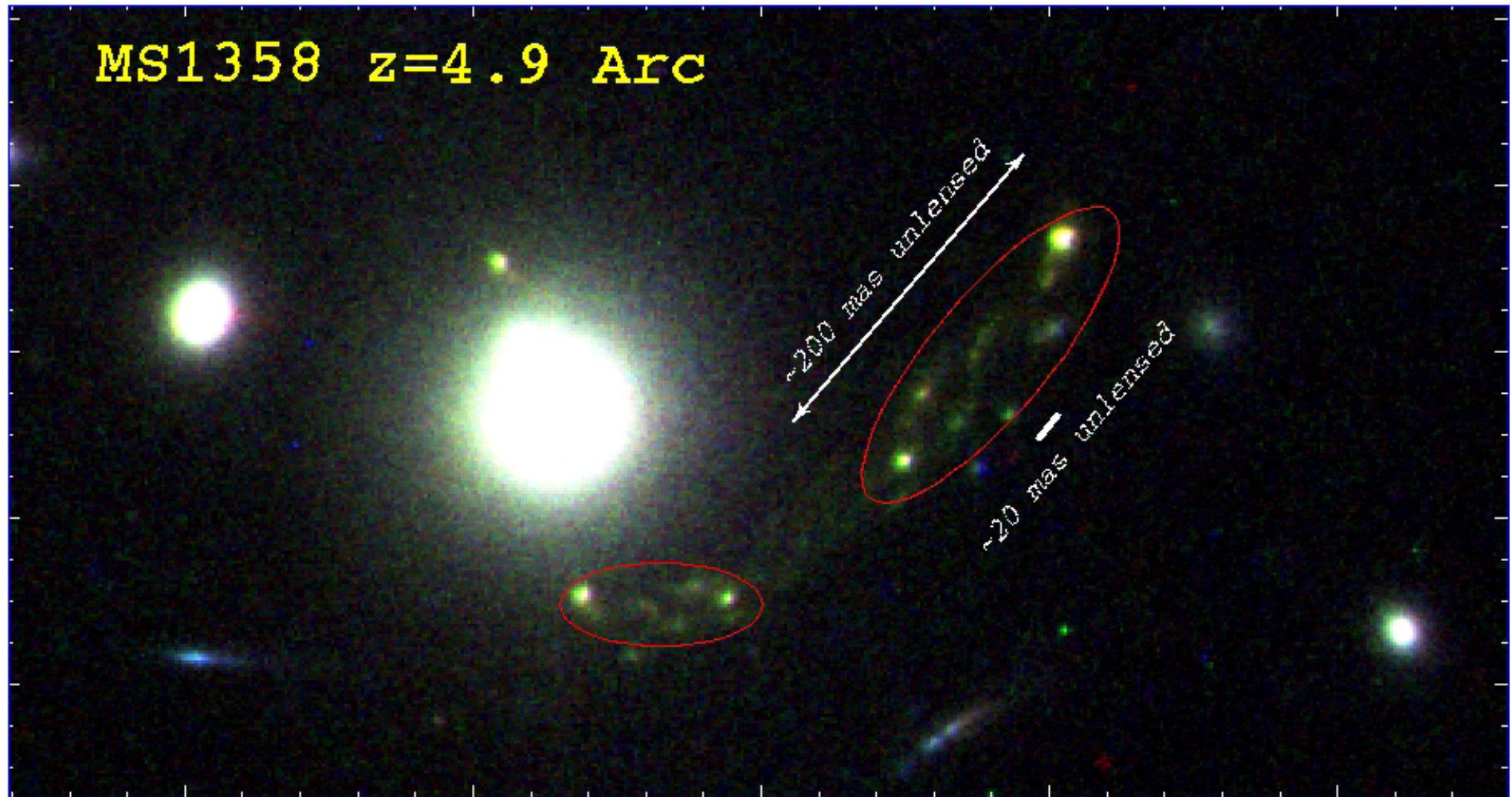
- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- **Exemples de programmes scientifiques**
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - **Evolution des galaxies**
- Perspectives

Premières galaxies dans l'Univers

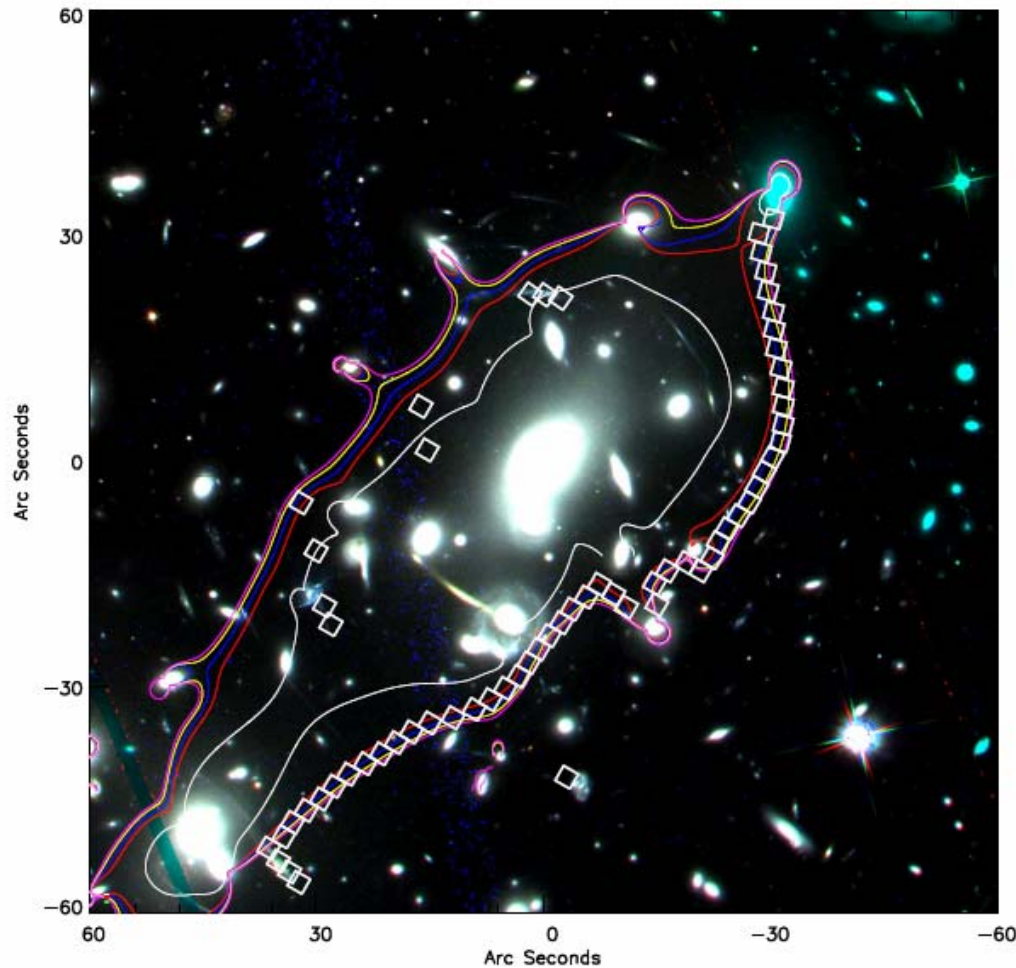
- Quelles sont les premières galaxies ?
- Quand et comment l'Univers a-t-il été "ré-ionisé" ?
- Comment les galaxies ont-elles évolué ?



Un exemple de galaxie très lointaine



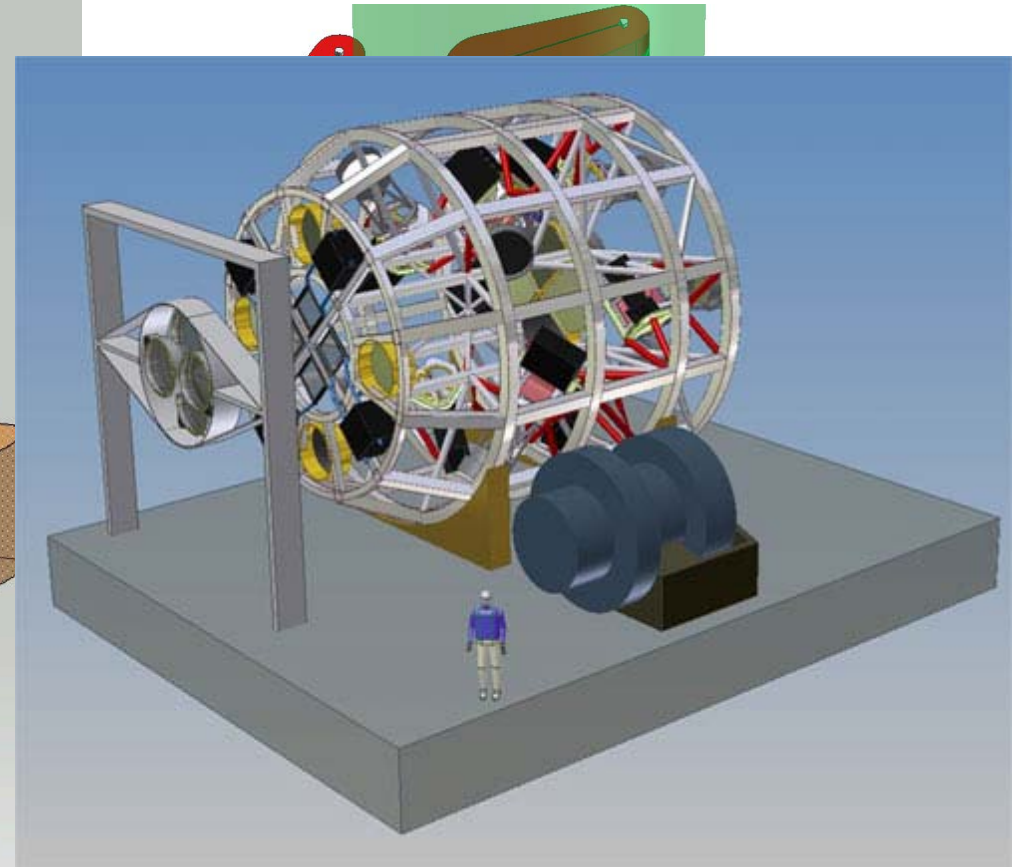
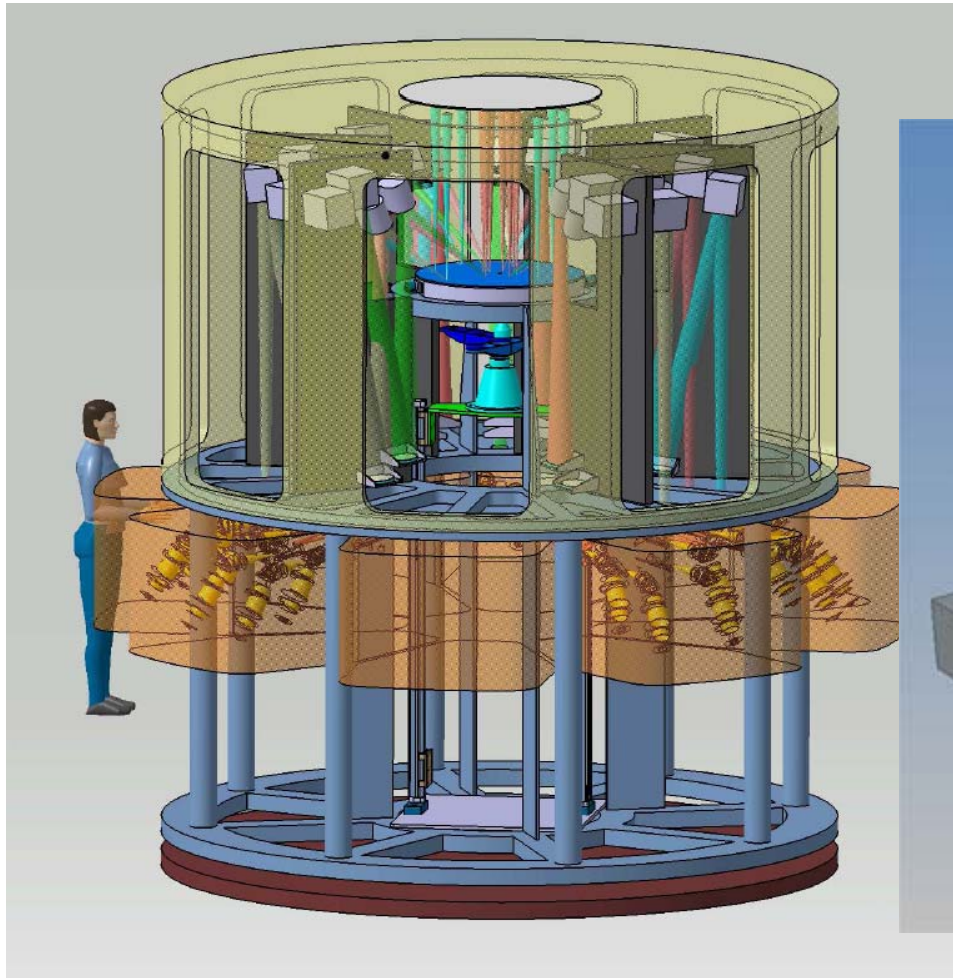
Utilisation de l'amplification gravitationnelle



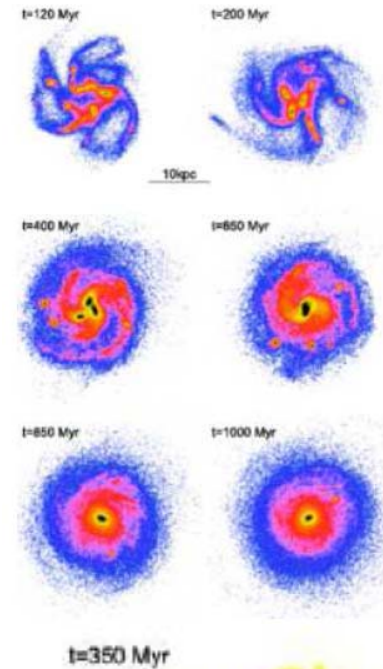
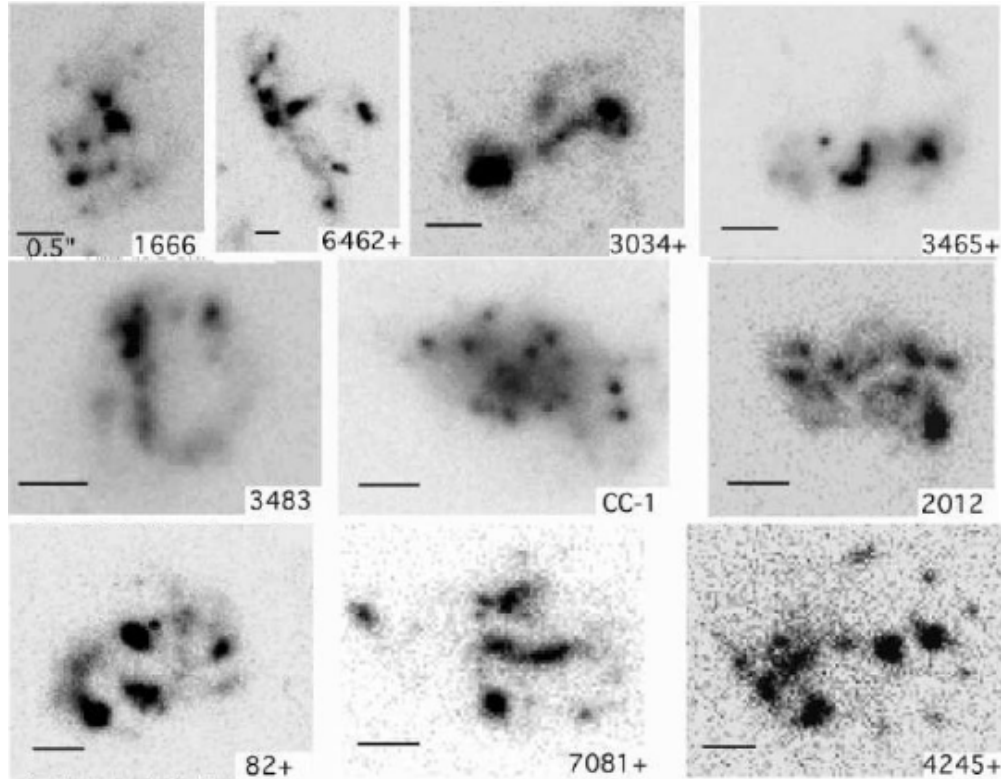
A2218
Lignes critiques
 $z=2, 5, 10$ & 20

Carrés montrent disposition possible des canaux d'un spectrographe multi-champ (multi-IFU)

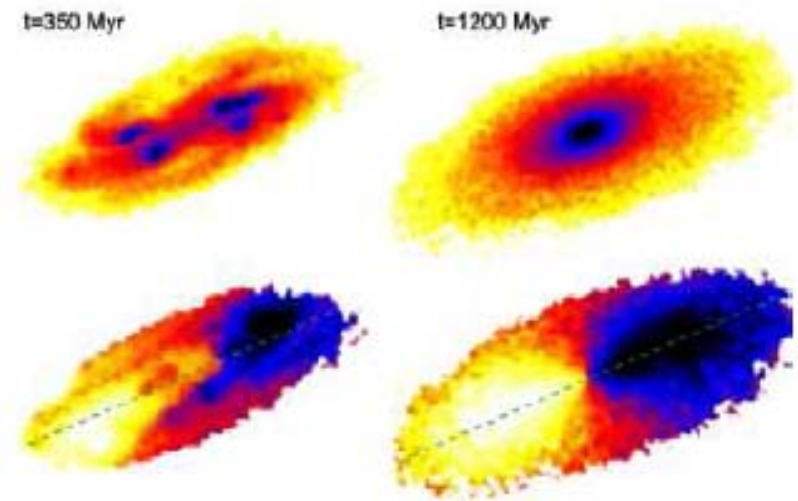
EAGLE: spectrographe multi-objet IR



Formation des galaxies à grand redshift



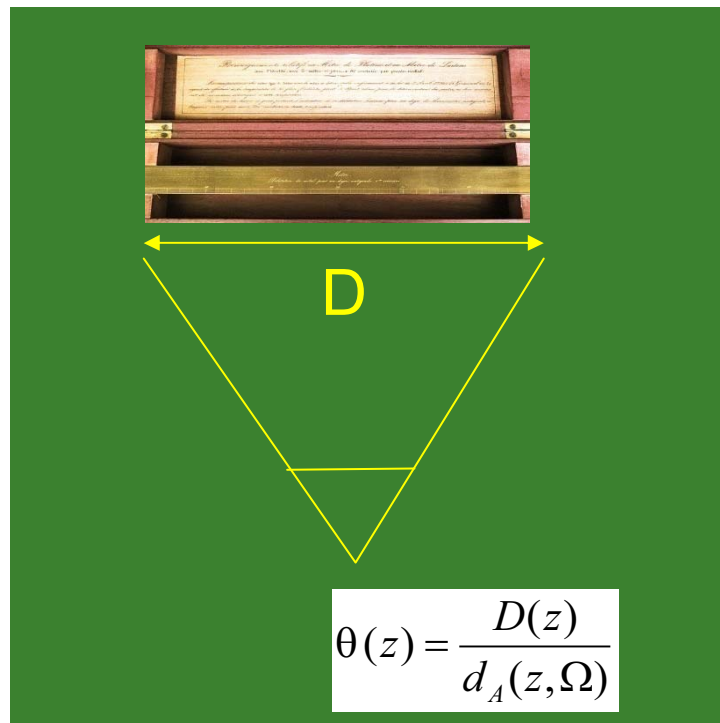
Bournaud,
Elmegreen &
Elmegreen, 2007



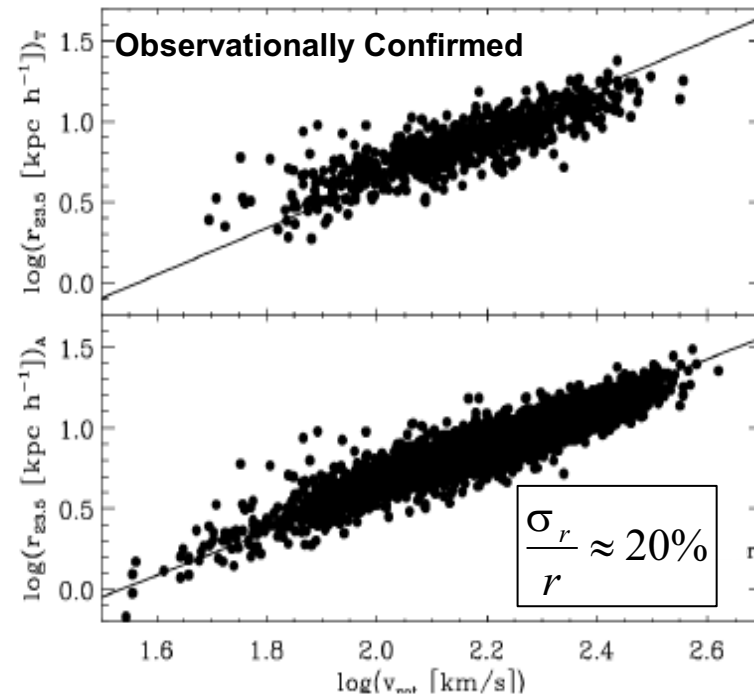
Elmegreen & Elmegreen, 2005

The angular diameter cosmological test

Galaxy Diameter derived from rotation curves as a function of redshift: test the Angular diameter vs z relation



$$D \propto V$$



- Marinoni, Saintonge, Giovanelli et al. 2007 A&A , 478, 41
- Saintonge, Master, Marinoni et al. 2007 A&A, 478, 57
- Marinoni, Saintonge Contini et al. 2007 A&A , 478, 71

EAGLE COSMOLOGICAL POTENTIAL

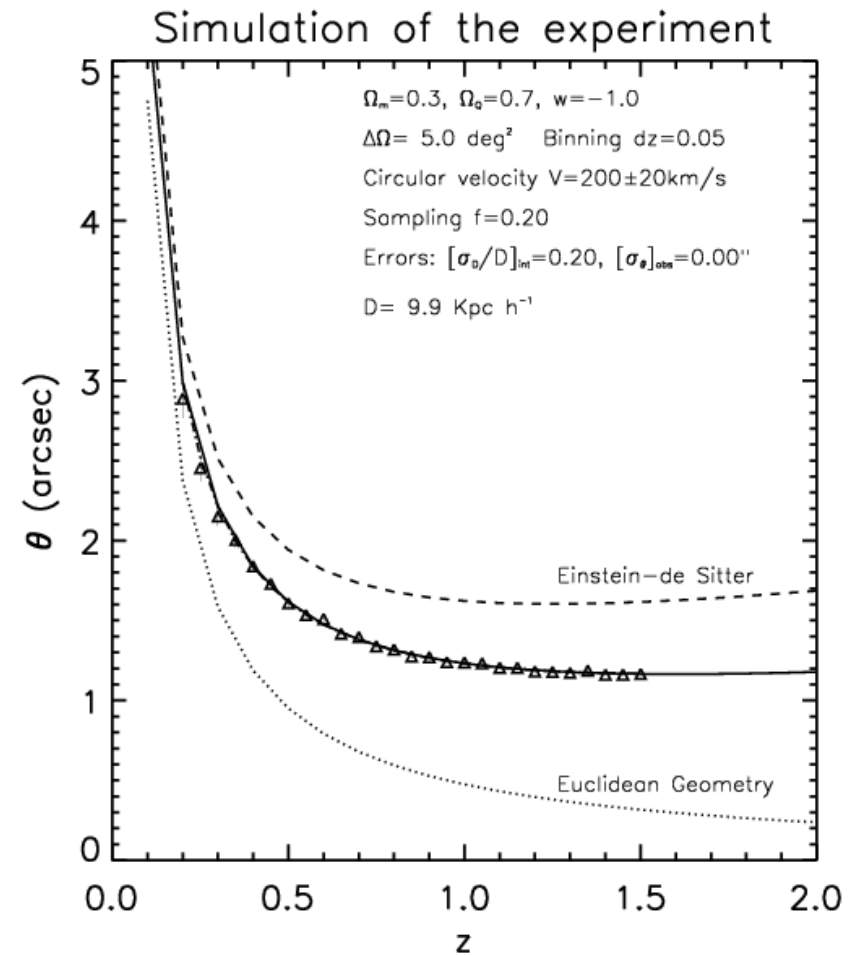
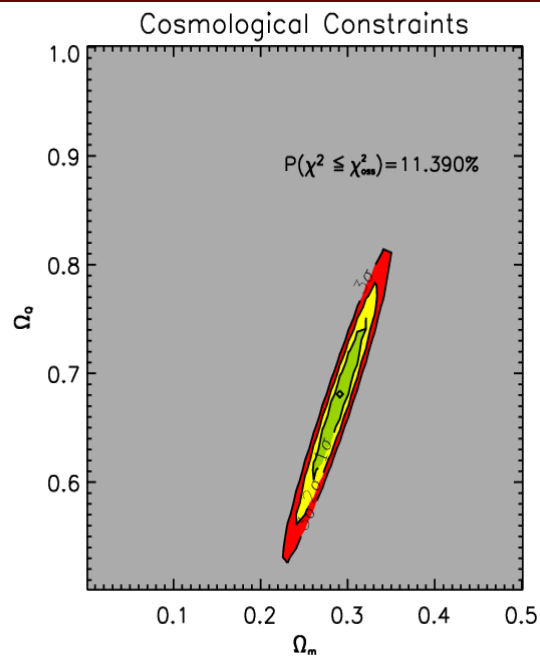
- Surface Covered : 5 deg²

500 Tel. Pointings, 125 Nights

- # of discs with $V=200\text{km/s}$: ~ 1650

$\sim 1/5$ of all the galaxies in the range $0.2 < z < 1.5$

- Object sizes $\sim 1.5''$



Plan de l'exposé

- Les projets d'ELT
 - L'E-ELT
 - Les projets américains
- Exemples de programmes scientifiques
 - Exoplanètes
 - Expansion de l'Univers
 - Evolution des galaxies
- Perspectives

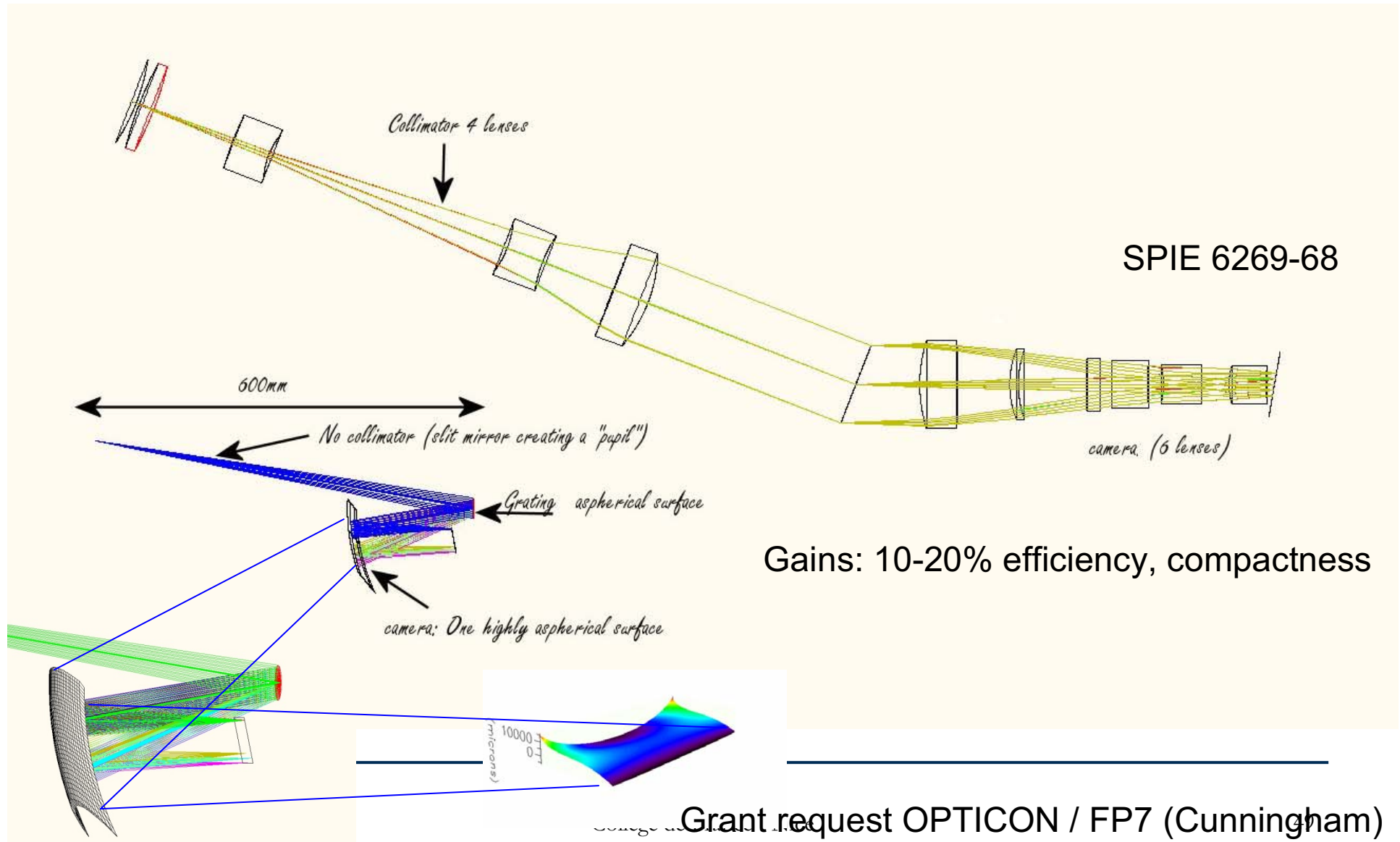
Pourquoi s'en préoccuper ?

- Les ELTs seront là pour longtemps
 - Facteur 10 (diamètre) en une génération !
 - La clef: “upgradeability”
 - Approche TMT: ne pas sacrifier le diamètre dans un contexte budgétaire serré
 - Les ELTs seront sans doute “upgrades” plus que tout autre télescope auparavant
 - Quels sont les domaines où l'on peut anticiper des avancées significatives ?
-

“Upgrades”

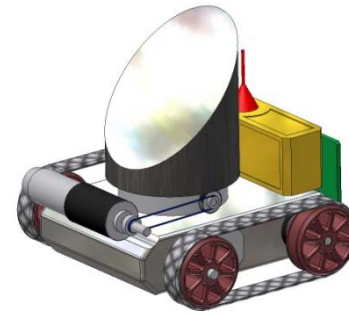
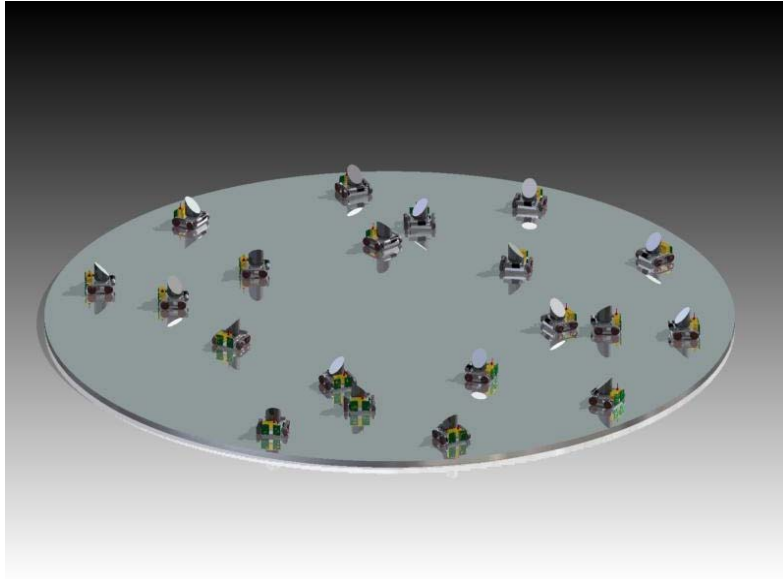
- Optique Adaptative
 - AO extrême (XAO)
 - AO grand champ
 - Instrumentation
 - Less surfaces, higher efficiency
 - Optique intégrée, photonique
 - Reduced background: OH suppression
 - Couplage à autres télescopes
-

Less optical surfaces, higher efficiency

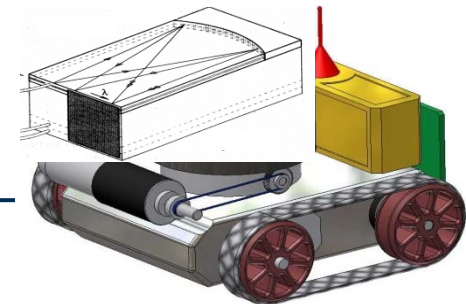
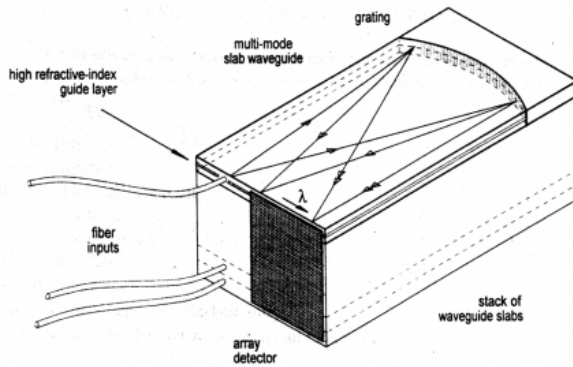


Gains: 10-20% efficiency, compactness

Optique intégrée, miniaturisation



Crédits UKATC



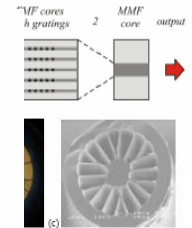
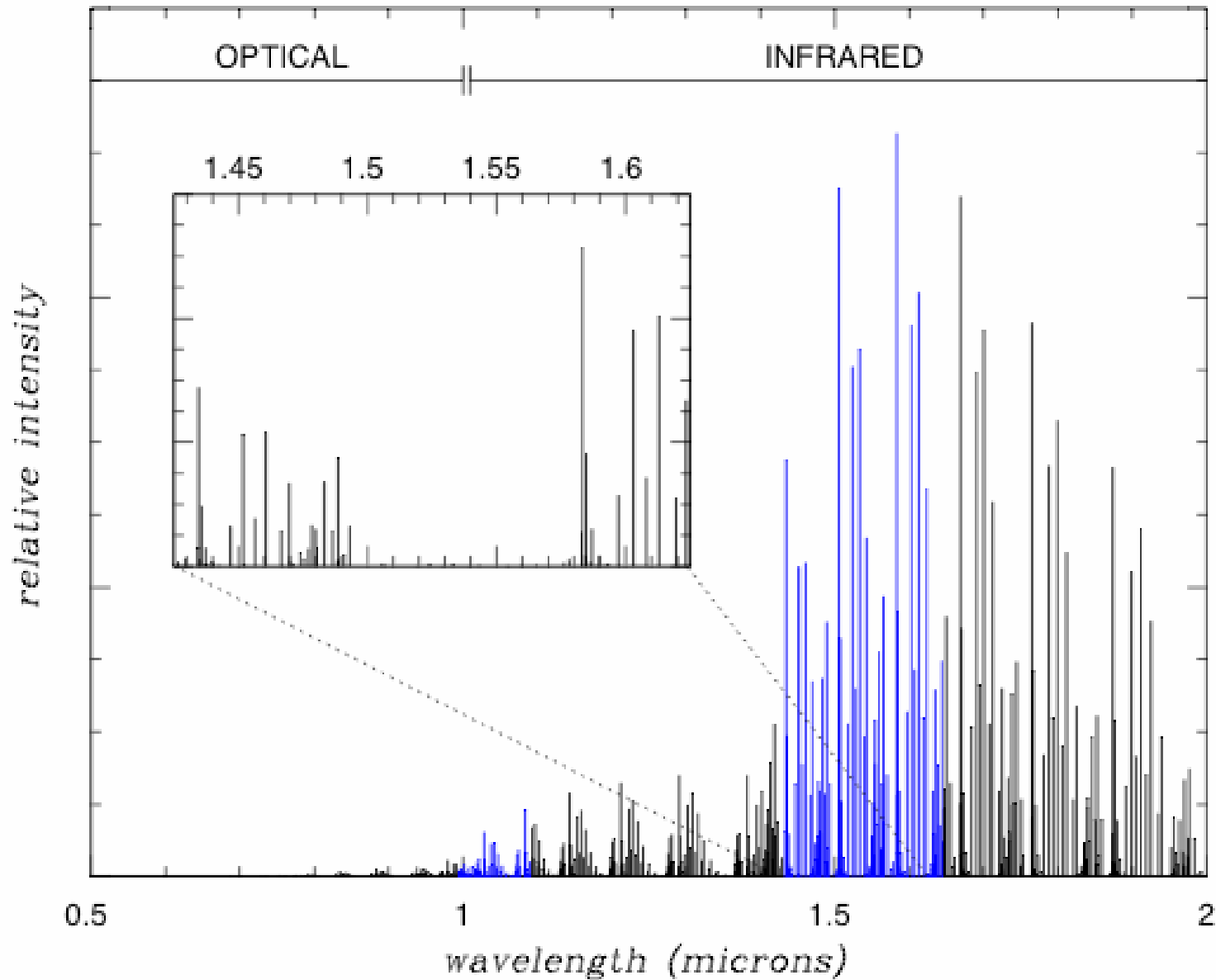
Suppression des raies de OH

- Fibre
 - F
 - S
 - T
 - T

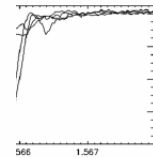
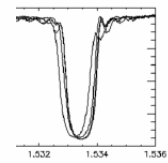
- Filtre
 - L
 - N
 - F
 - E

- Fabr
 - L
 - N
 - E
 - E

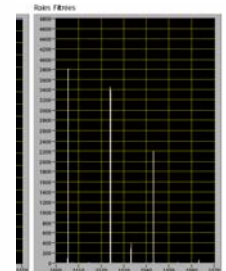
3 ju



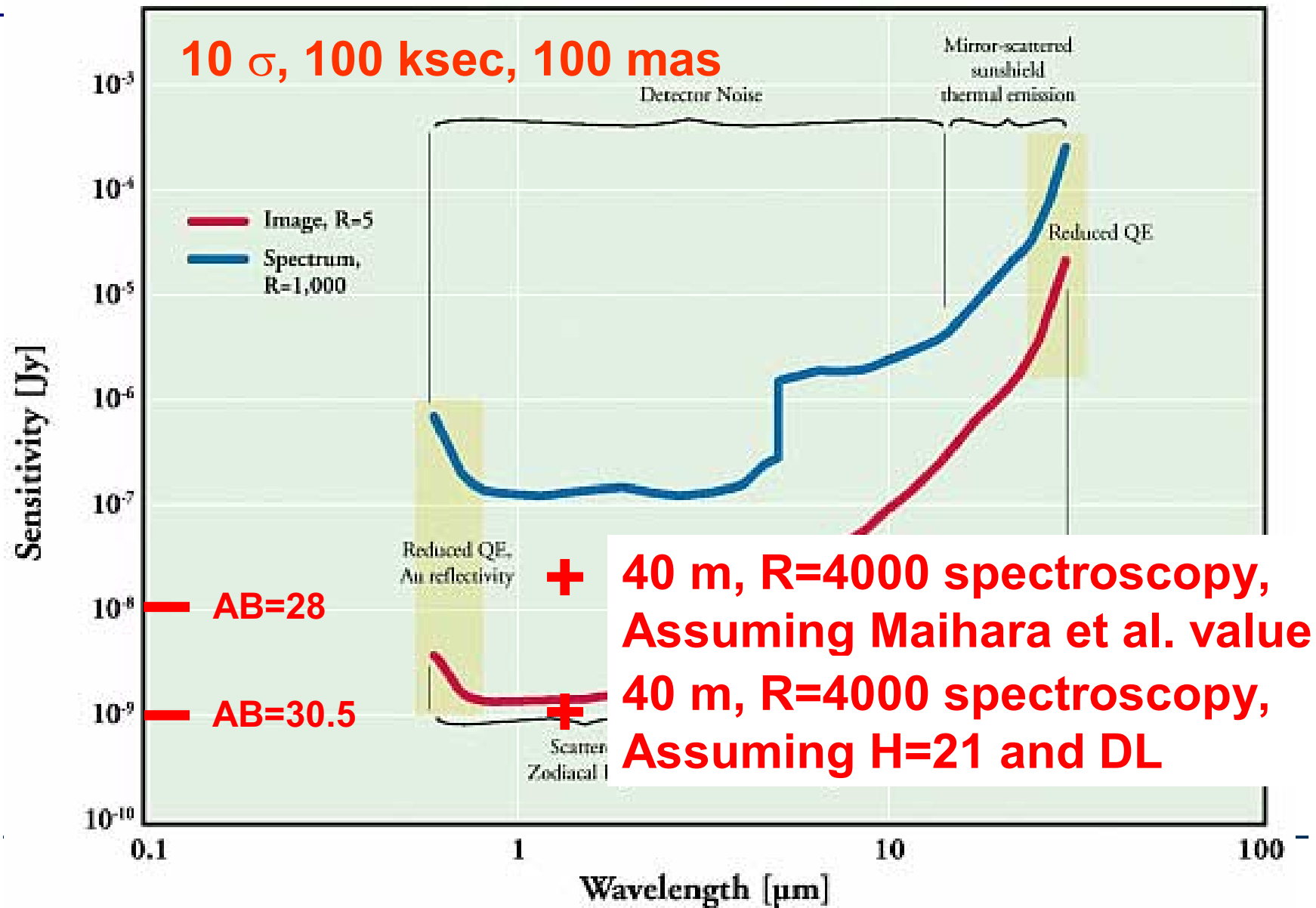
et al.

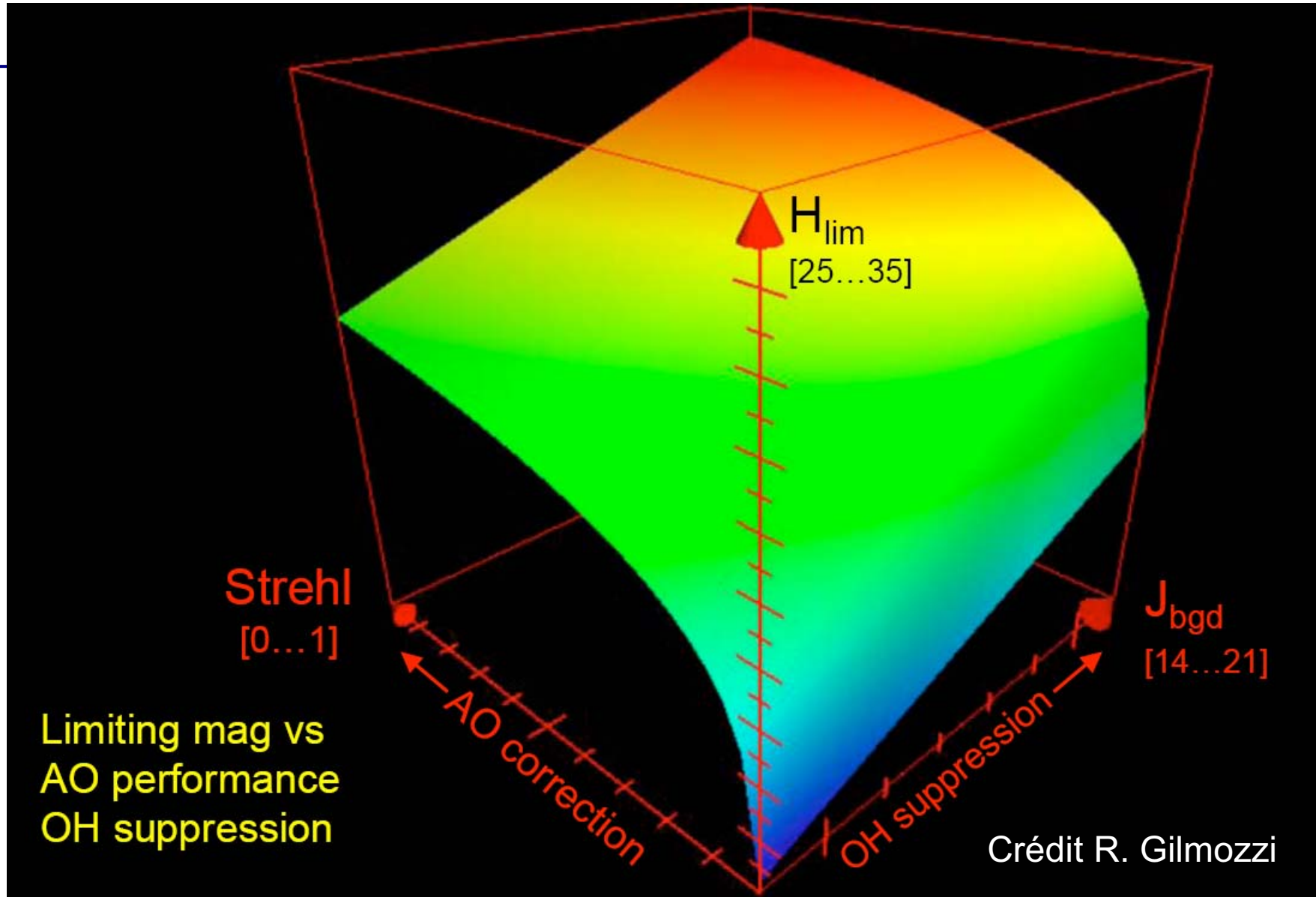


al.



Comparison JWST





Couplage à autres télescopes

