

Les très grands télescopes au sol...



Le besoin en extrêmement grands télescopes optiques

Extrêmement grands télescopes : ELT
 Ouvrir de nouvelles fenêtres en astrophysique :
 observer des objets plus faiblement lumineux ou plus lointains : *accroître la surface collectrice* Résoudre sur ces objets des structures plus fines pour en faire leur spectre et déterminer leur mouvement propre : *accroître le pouvoir séparateur*

25/06/2019

Pouvoir séparateur d'un télescope : la résolution angulaire

Image d'une étoile à la limite de la diffraction



Largeur angulaire : λ/D (λ longueur d'onde, D diamètre du télescope) c'est la séparation angulaire ultime pour distinguer deux sources



Pourquoi construire des télescopes optiques de diamètre ~ 30m ?

- > A la diffraction, comparés aux télescopes de 8m
 - Surface collectrice (D^2) x 16
 - Résolution angulaire (D) x 4
 - Sain en temps de pose $(D^4) \sim 256$
 - Sain $(D^3) \sim 64$ en contraste dans les images

Maturité de la technologie des très grands télescopes optiques à miroirs minces actifs complètement contrôlés par ordinateur

Pour quelle astrophysique ?

L'accélération de l'expansion de l'univers
La formation des premières étoiles et galaxies
Evolution des galaxies
Trous noirs supermassifs, noyaux actifs de galaxie
Les populations stellaires
Le Centre Galactique
Les exoplanètes
Le système solaire

25/06/2019

Système solaire

Petits corps, traces de la formation du système
Satellites des planètes géantes pour le suivi de leur surface et de l'atmosphère de Titan
Atmosphère des planètes géantes
Résolution : 40km à la surface de Jupiter à 5,2au (1au distance Terre-Soleil)



7

Exoplanètes/disques

Formation et évolution ; caractérisation des exoplanètes, composition de leur atmosphère, de leur surface ; caractérisation des disques, interaction planètes-disque

Résolution : 1au à 330 al



25/06/2019

Perrot et al. 2016



Centre Galactique

Lieu unique du test de la relativité générale en champ fort autour du trou noir supermassif Nouvelles étoiles faibles, plus proches du trou noir Sursauts infrarouges, accrétion de la matière Résolution : demi-journée lumière (100au)



Galaxies distantes

Évolution des galaxies distantes (>8G-al, z>1) Morphologie des galaxies, région de formation d'étoiles, bulbe, structure des disques

Population des galaxies compactes des amas à z>2Résolution : 700 al à z=2



UDF2188

UDF2127





Complémentarités

UDF2195

- Accroissement significatif des performances par rapport au 8-10m
- Avec JWST: images profondes versus spectroscopie à haute résolution
- Avec LSST/Euclid: relevé grand champ versus caractérisation détaillée de cibles
- Avec ALMA: (sub)millimétrique versus visible/IR
- Avec SKA: radio, univers froid versus univers lumineux







Les trois projets d'ELT

Deux projets aux USA et un en Europe
Entrée en opération en 2025-30



Thirty Meter Tel. TMT, 30m, Hawaii 2026 European ELT ELT, 39m, Chili 2025





13

25/06/2019

L'ELT (européen)





- European Southern Observatory
- à Cerro Armazones au Chili
- Diamètre : 39m
- Surface collectrice $\sim 1000 \text{m}^2$
- ▶ Nasmyth focus F/17.5
- Champ de vue 10'x10'
- Résolution angulaire : 0,01" @ 2μm
- M1 : 798 segments asphériques hors-axe hexagonaux de 1,45m à cophaser à < 50nm rms</p>

Train optique de l'ELT à 5 miroirs





- ▶ M1 : 39m, actif
- M2 : 4,2m asphérique, convexe, actif
- M3 : 3,8m asphérique, concave, actif
- M4 : 2,4m plan, adaptatif 500Hz, 5300 actionneurs, 6 pétales
- M5 : 2,7m plan, 2-axes adaptatifs 10Hz



Turbulence atmosphérique

Image d'une étoile par un télescope au sol

Théorique (diffraction)

Dégradée par la turbulence (speckles)

Nr

17



Diffraction : 0,04" (a) 2μ m, D=10m Turbulence : 0,8" (a) 2μ m, r_o= 50cm

25/06/2019



25/06/2019



Mesure et correction des ddm atmosphériques du front d'onde

25/06/2019



Miroir déformable





Course mécanique ~10µm, bande passante ≥kHz

25/06/2019

Analyseur de front d'onde

(Shack-Hartmann)

Front d'onde turbulent



Nombre de points de mesure ~ $(D/r_o)^2$ ~5000 sur l'ELT Autre analyseur « pyramide » : voir poster d'Arielle Bertrou ^{25/06/2019}

Etoile guide Laser



 Créer une source suffisamment brillante et dans la bonne direction
 Diffusion par les atomes de Sodium de la mésosphère à 90km
 Laser CW de ~10W à 589nm (raie D2b)

21

Centre galactique au VLT



Image corrigée par AO (résidus de ddm de 150nm)

25/06/2019



Image brouillée par la turbulence

Simulation de correction pour l'ELT

Optique adaptative de première lumière de l'instrument MICADO



