



**Les Défis de l'Astrophysique  
et  
Les grandes Infrastructures au Sol**

**Société Royale des Sciences de Liège  
2 décembre 2008**

*G. Monnet, ESO*

# Défis Scientifiques et Infrastructures

## 1. Introduction

2. L'état de l'art: Paranal & ALMA

3. Vers une stratégie européenne

4. Conclusions

# Astronomie

Etude de tout ce qui est au delà de la Terre

Combine toutes les formes d'observation

- photons, particules, *ondes gravitationnelles*  
(photons Visible/IR, Radio,  $\gamma$ + accessibles au sol)
- Images: intensité; polarisation; spectres; séquences temps

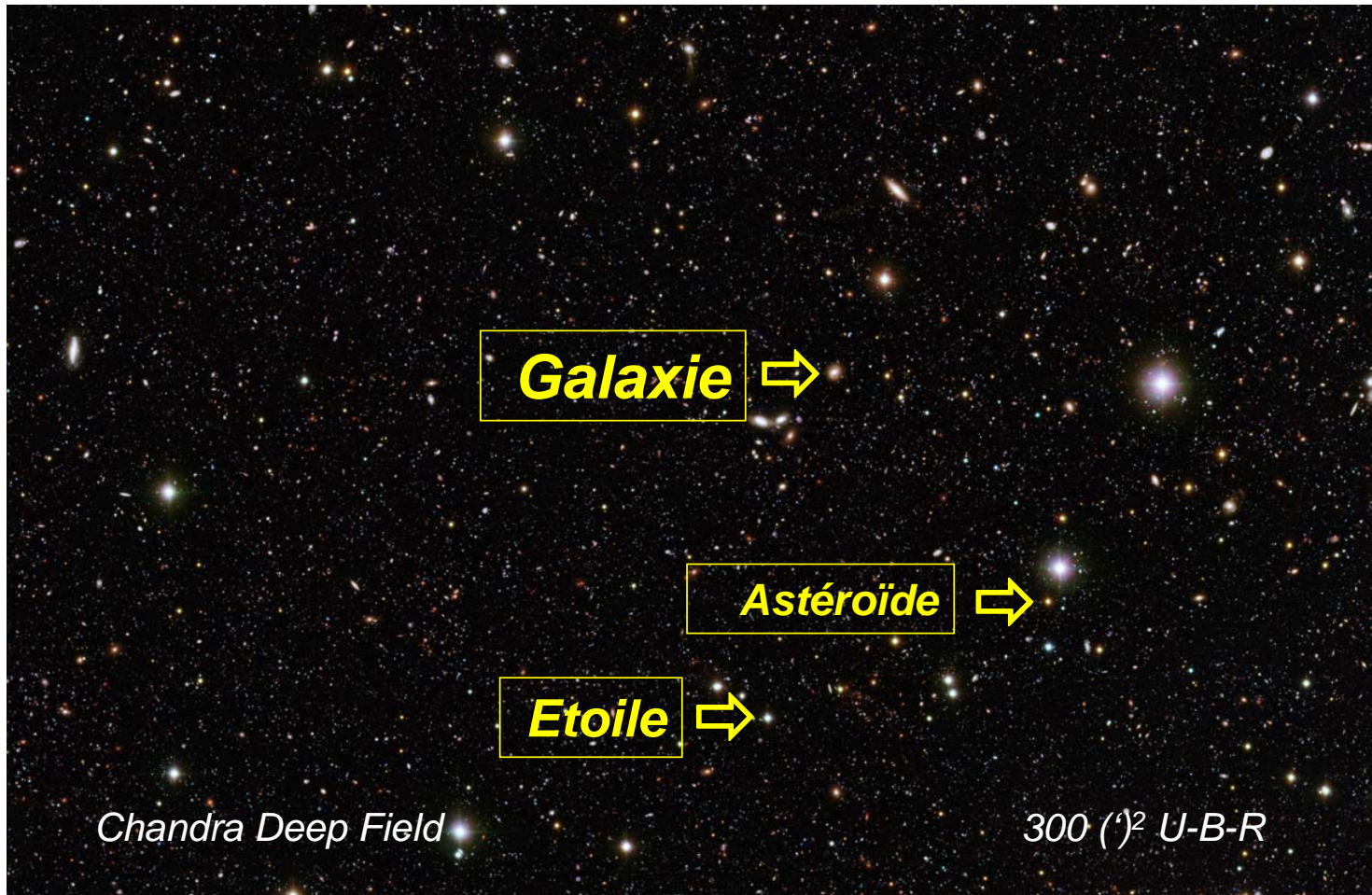


Objets lointains, donc petits et faibles

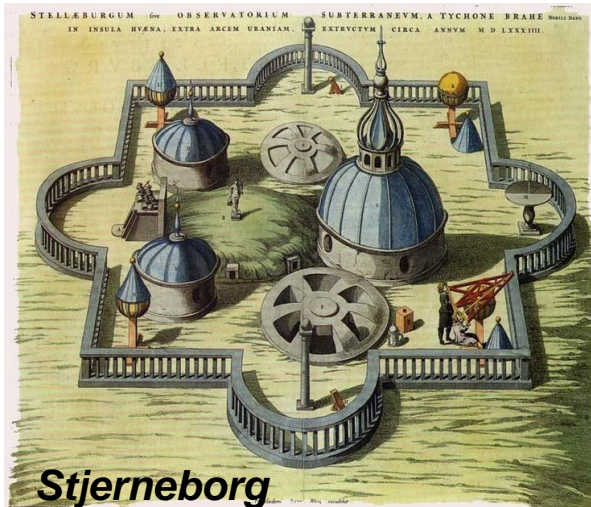
grands télescopes: sensibilité & résolution

Information très limitée → distance

# Astronomie



# Les Infrastructures Astrophysiques



## Observatoire Intégré

- Site/Instruments
- Opérations
- Traitement données
- Archivage données



## R&D de 'rupture'

- saut qualitatif
- saut en performance



# Le besoin d'infrastructures



Observatoire de La Silla  
1965<sup>+</sup>



Télescope de 3,6 m  
1975<sup>+</sup>



Télescope de 3,6 m  
1975<sup>+</sup>



HARPS  
2000<sup>+</sup>

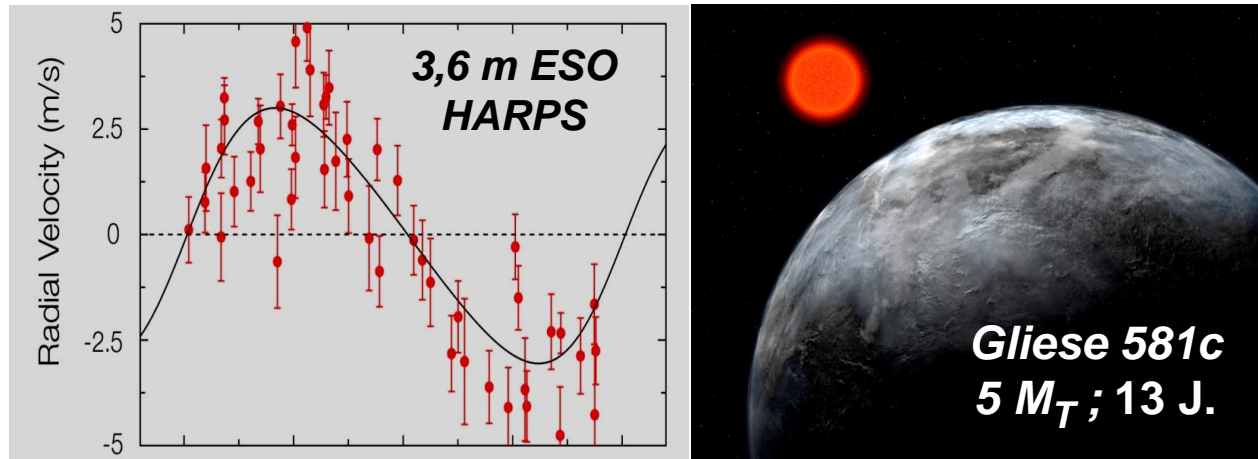
Les Grandes Infrastructures

6

Liège, 2 Décembre 2008



# Le besoin d'infrastructures



# Défis Scientifiques et Infrastructures

1. Introduction

**2. L'état de l'art: Paranal & ALMA**

3. Vers une stratégie européenne

4. Conclusions



# Technologie et Télescopes Optiques Sol

Collecteurs de plus en plus grands (flux; résolution)

Résolution spatiale de plus en plus pointue

- qualité intrinsèque obtenue par optique active
- agitation atmosphérique corrigée par optique adaptative

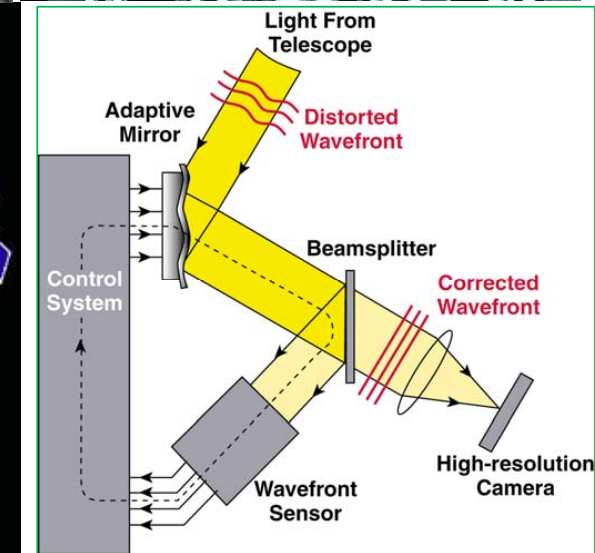
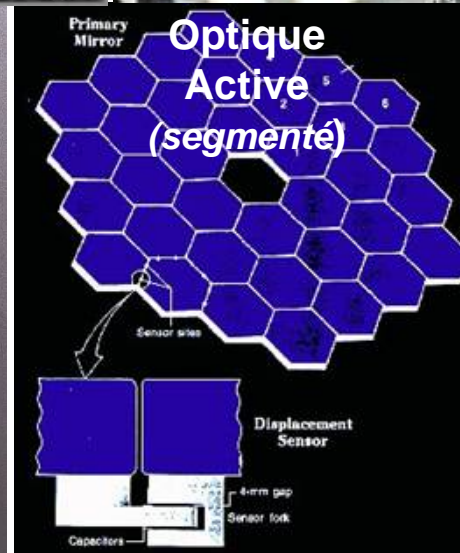
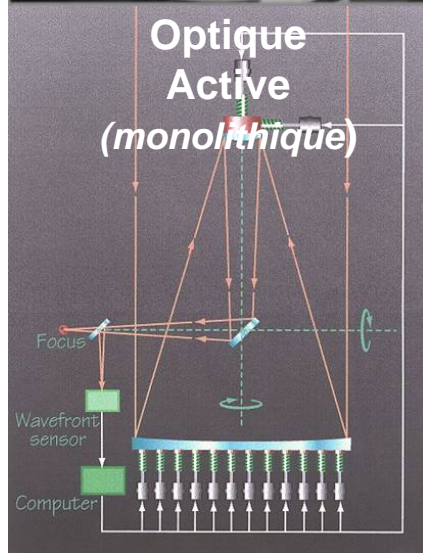
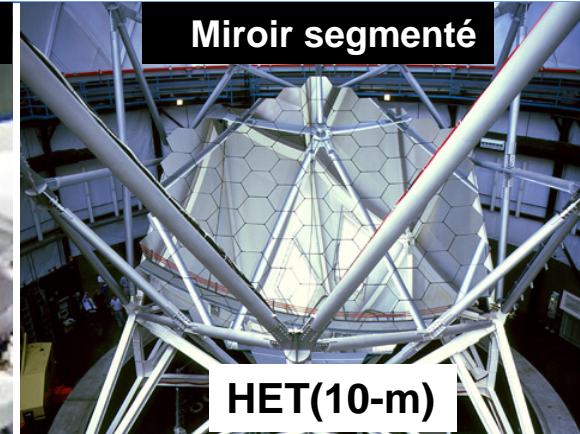
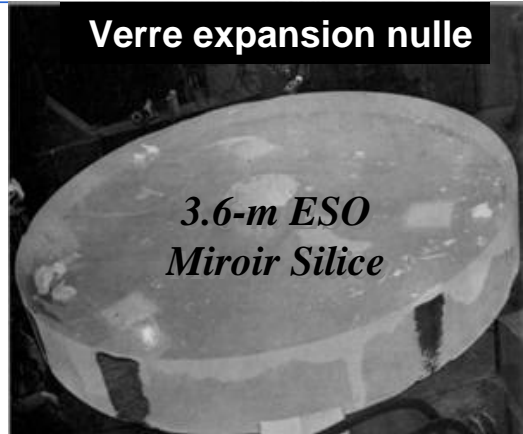
Détecteurs d'images de plus en plus sensibles

- Approchant la perfection (Q.E.~ 1; bruit quelques  $e^-$ )

Instruments focaux à haut multiplex

- grands relevés 500 fois plus rapides

# Technologie et Télescopes Optiques Sol

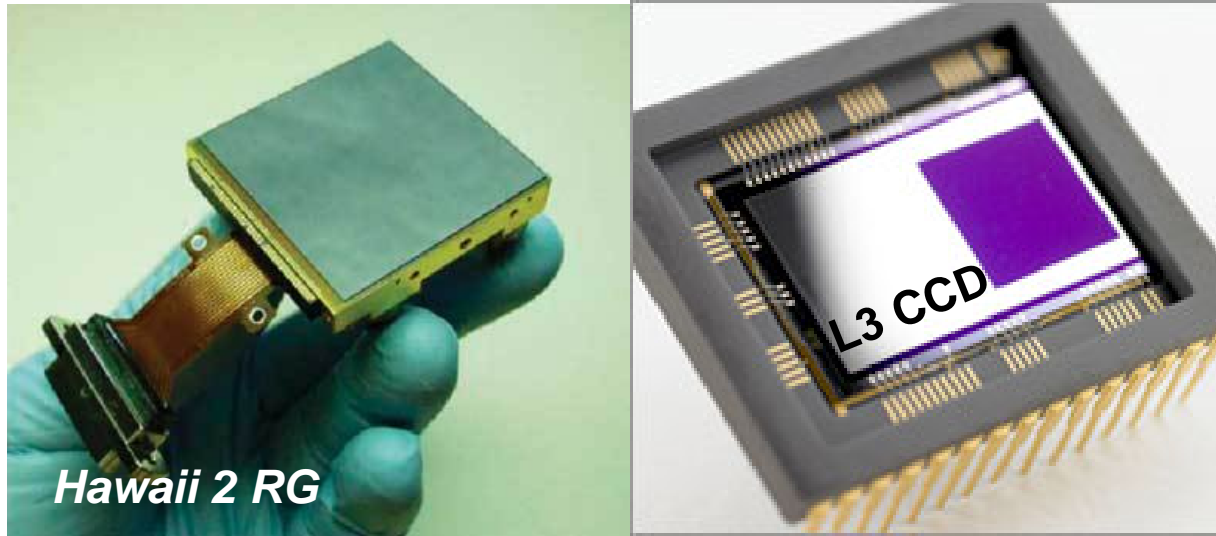


Les Grandes Infrastructures

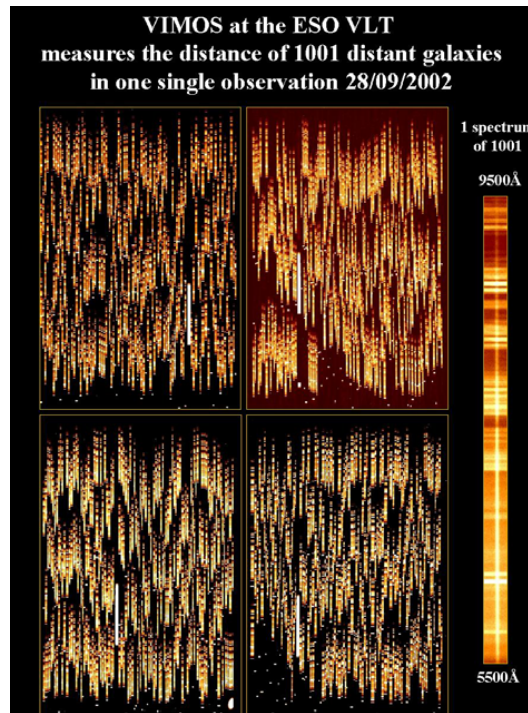
10

Liège, 2 Décembre 2008

# Technologie et Télescopes Optiques Sol



# Technologie et Télescopes Optiques Sol





# Un des grands Observatoires Optique





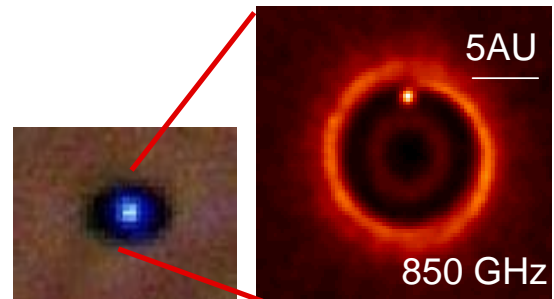
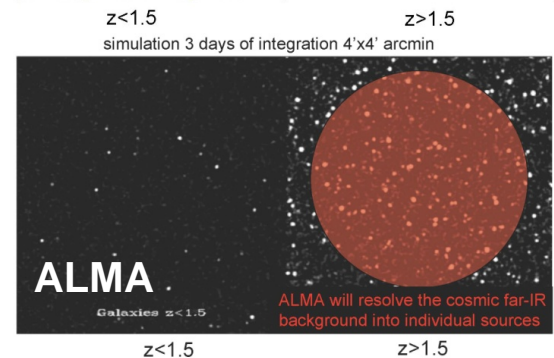
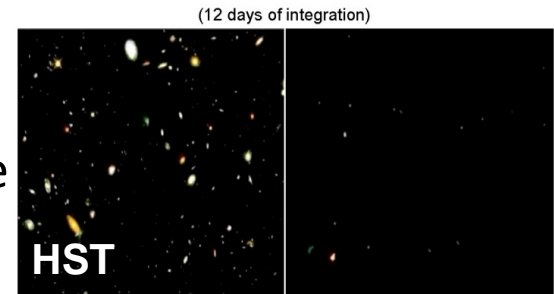
# ALMA

## Objectifs Scientifiques

- Détecter CO and [CII] dans une Voie Lactée à  $z=3$  en  $< 24$  Hr.
- Gaz et poussières dans les disques protoplanétaires
- Résolution spatiale comparable au HST, JWST et 8-10m avec AO

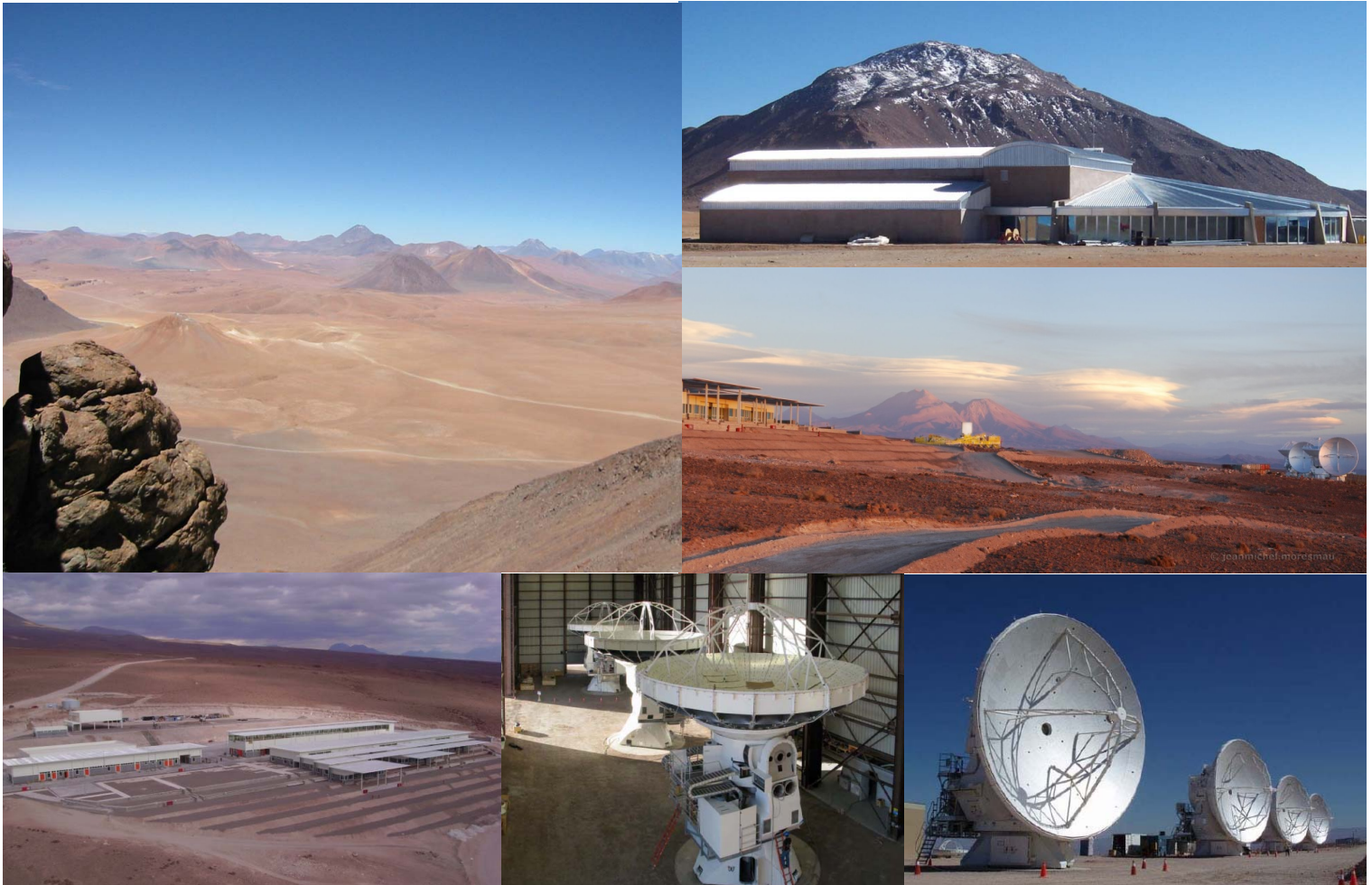
## n Spécifications

- 66 antennes (54x12m, 12x7m)
- 14 km base maximale ( $< 10$ mas)
- Couverture spectrale 0.3–10mm





# ALMA 2008



Les Grandes Infrastructures

# ALMA 2012



***Europe; Amérique du Nord; Asie de l'Est; Chili***



# Défis Scientifiques et Infrastructures

- 
1. Introduction
  2. L'état de l'art: Paranal & ALMA
  - 3. Vers une stratégie européenne**
  4. Conclusions



# Un Plan ambitieux pour l'Europe

## Astronomie européenne 2000 compétitive

- Sous forme de collaborations de types très variés (*européennes, multilatérales, mondiales, ...*)
- Avec moyens humains et matériels largement nationaux

## Nécessite maintenant une stratégie globale

- Couvrant toute l'astronomie, sol et espace
- ESA Cosmic Vision & Liste ESFRI projets sol émergents
- développée par les Agences de financement nationales avec la communauté astronomique (*Astronet*)
- Un outil pour les futurs choix et accords internationaux



# Astronet pour les Nuls

## A Science Vision for European Astronomy

*What is the origin and evolution of stars and planets?*

*How do galaxies form and evolve?*

*Do we understand the extremes of the Universe?*

*How do we fit in?*

## An Infrastructure Roadmap for European Astronomy

High energy, astroparticle & gravitational wave astrophysics

Ultraviolet, optical, infrared & radio astronomy

Sun, solar system missions, laboratory studies

Theory, computing facilities, virtual observatory

Education, recruitment & training, outreach



# Les domaines de pointe ... aujourd'hui

## Questions astrophysiques clés 2010-2025

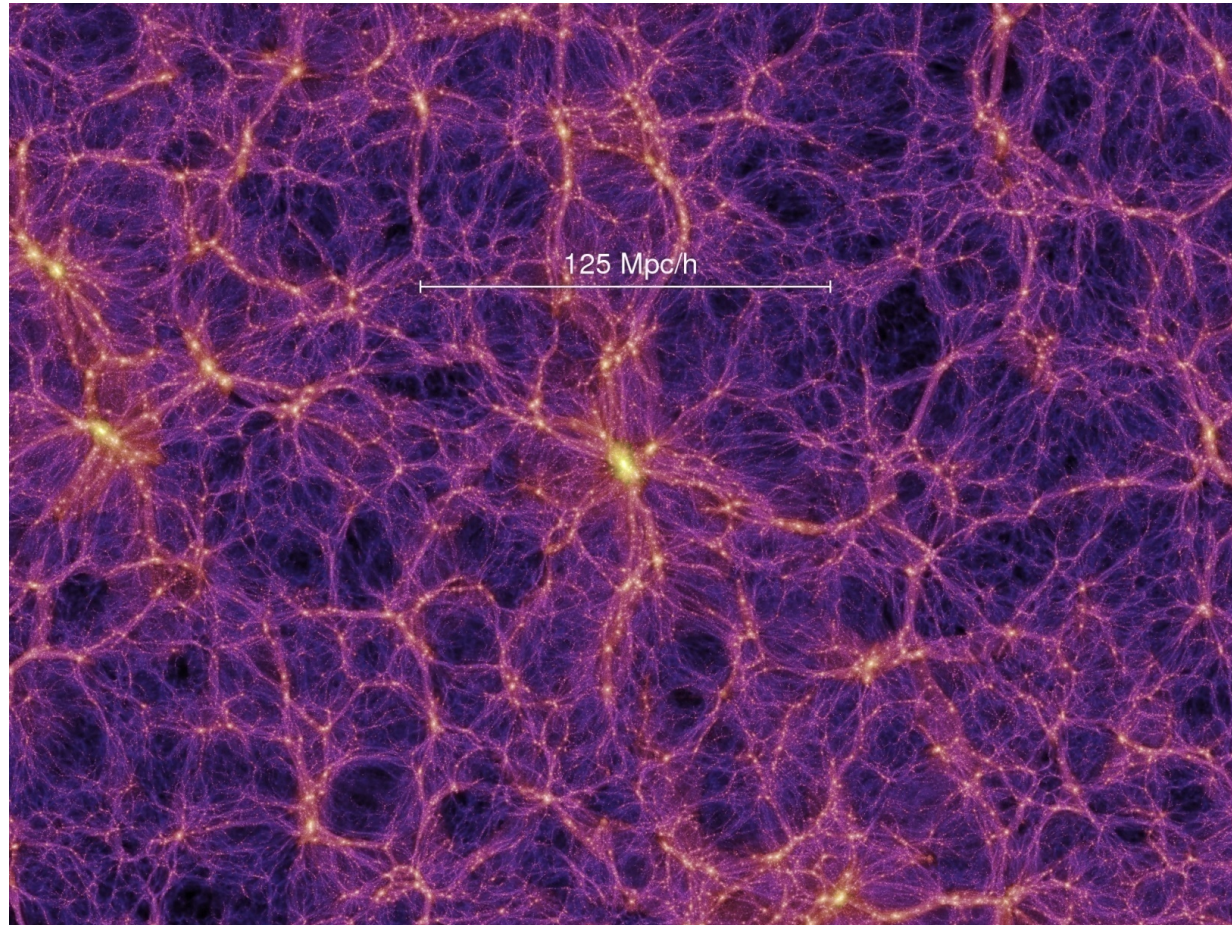
- lois physiques ultimes (énergie noire; dimensions cachées)
- nature de la matière noire
- physique des conditions extrêmes (GRBs, trous noirs)
- d'un Univers uniforme à un Univers structuré
- formation des étoiles/planètes et l'origine de la vie

- **Atomes → LHC**
- **Matière Noire → LHC, Détecteurs, Télescopes sol & espace**
- **Energie Noire → Théorie, Télescopes sol & espace**

*La prédiction est un art toujours difficile, mais qui devient carrément impossible si l'on a de plus la prétention de prédire le futur (Lao Tseu)*

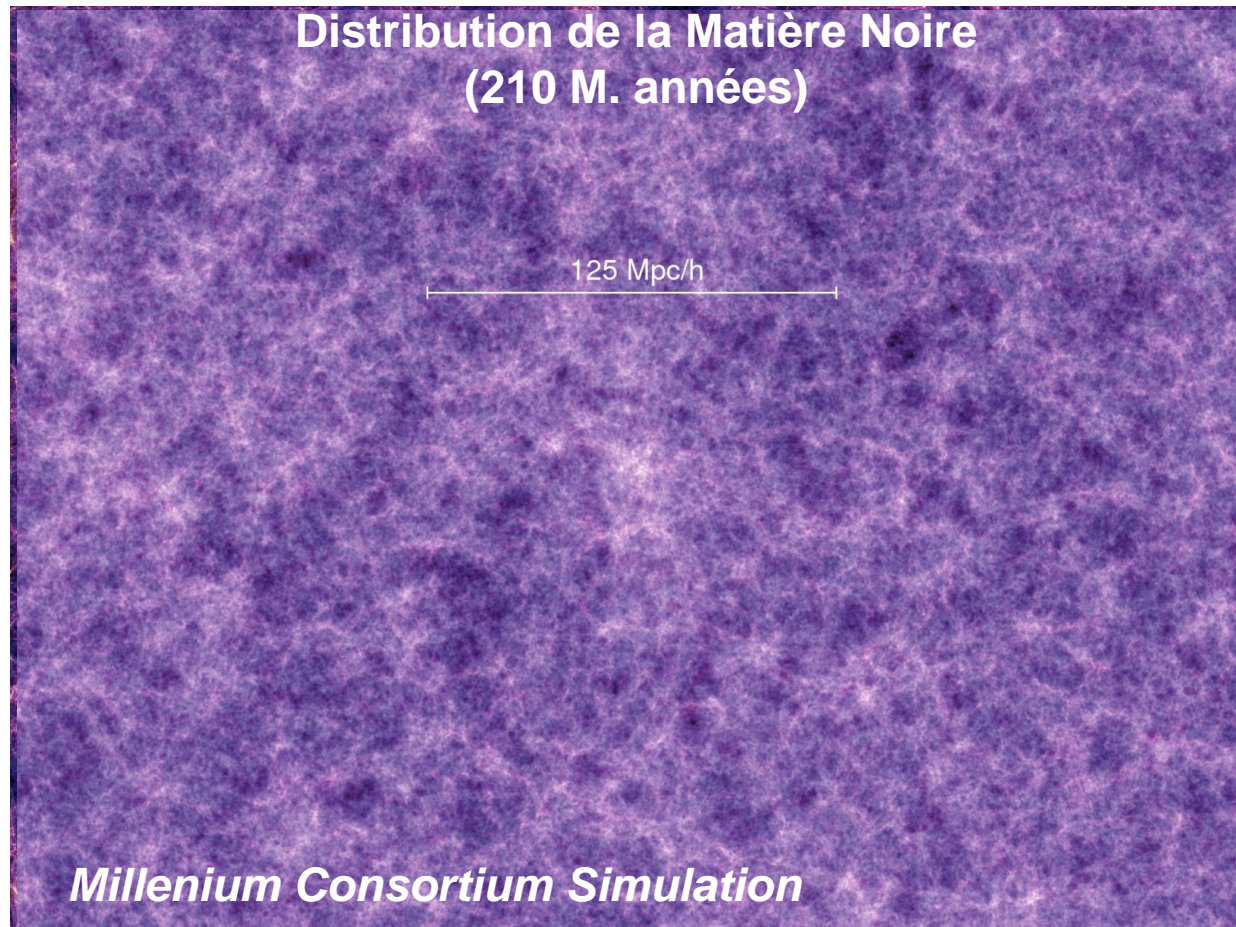


# Les domaines de pointe ... aujourd'hui



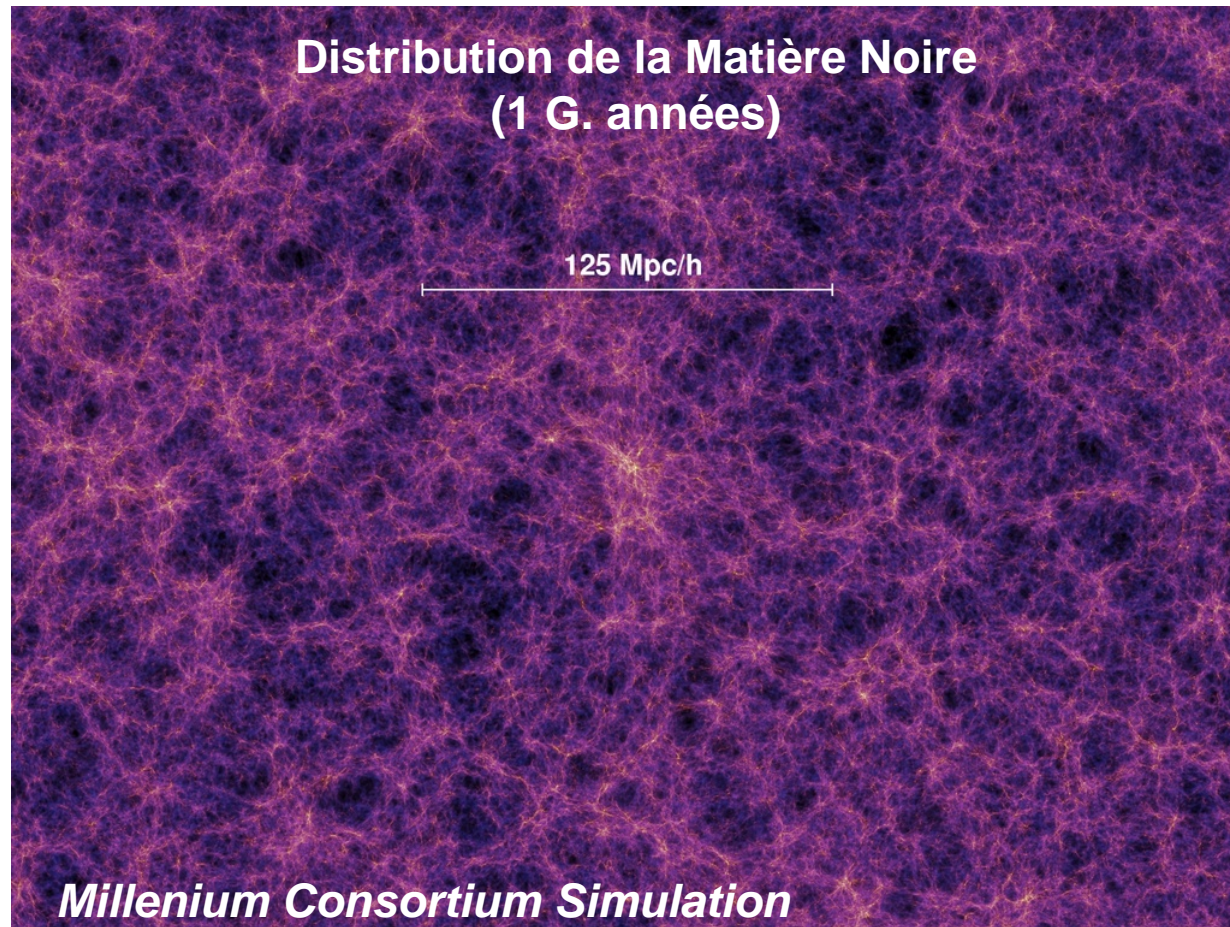


# Les domaines de pointe ... aujourd'hui



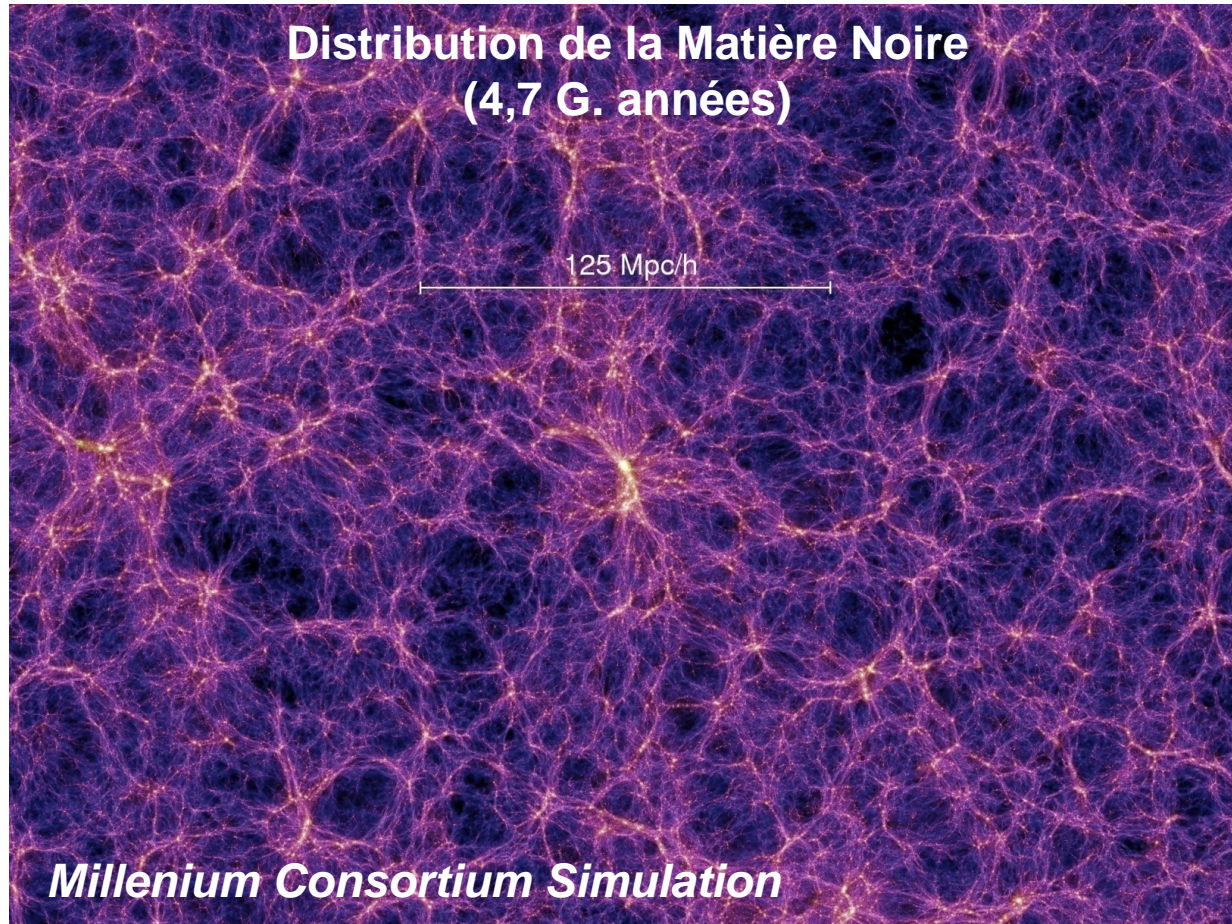


# Les domaines de pointe ... aujourd'hui





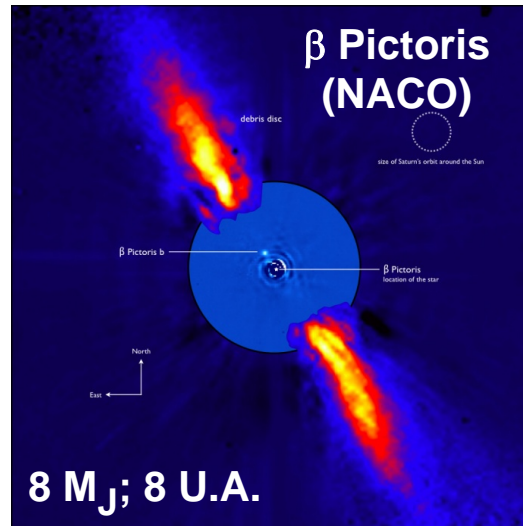
# Les domaines de pointe ... aujourd'hui





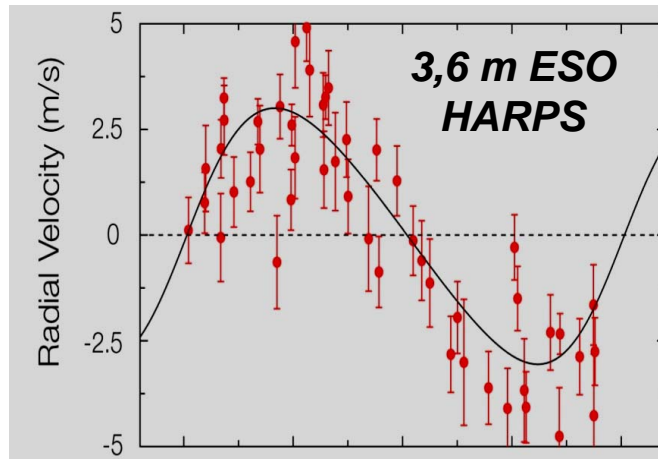


# Les domaines de pointe ... aujourd'hui



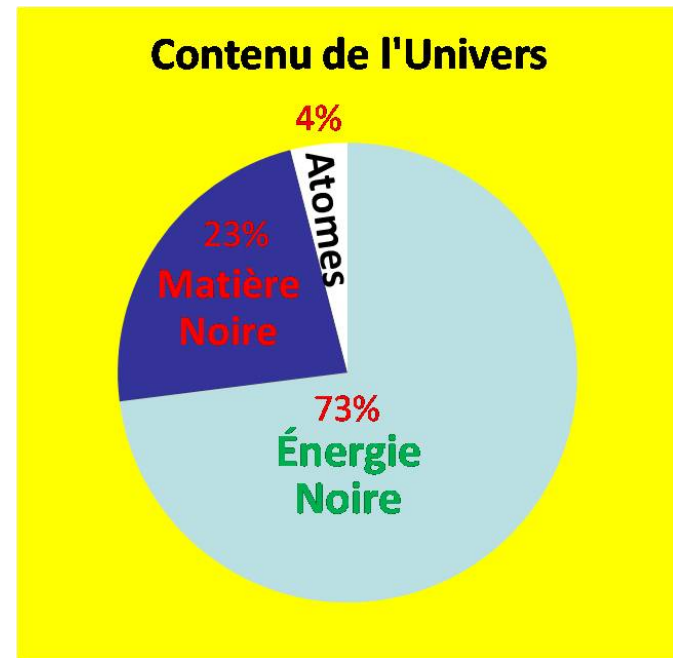
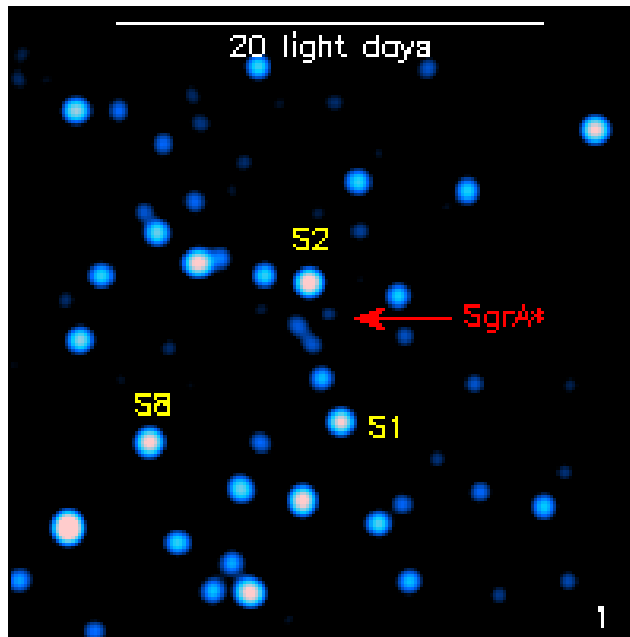


# Les domaines de pointe ... aujourd'hui





# Les domaines de pointe ... aujourd'hui





# Deux grands projets Sol émergents



## E-ELT

- 42-m V-IR
- mené par ESO + *Instituts*
- décision 2010<sup>+</sup>
- 1 G€ coût consolidé
- 25-m GMT; 30-m TMT



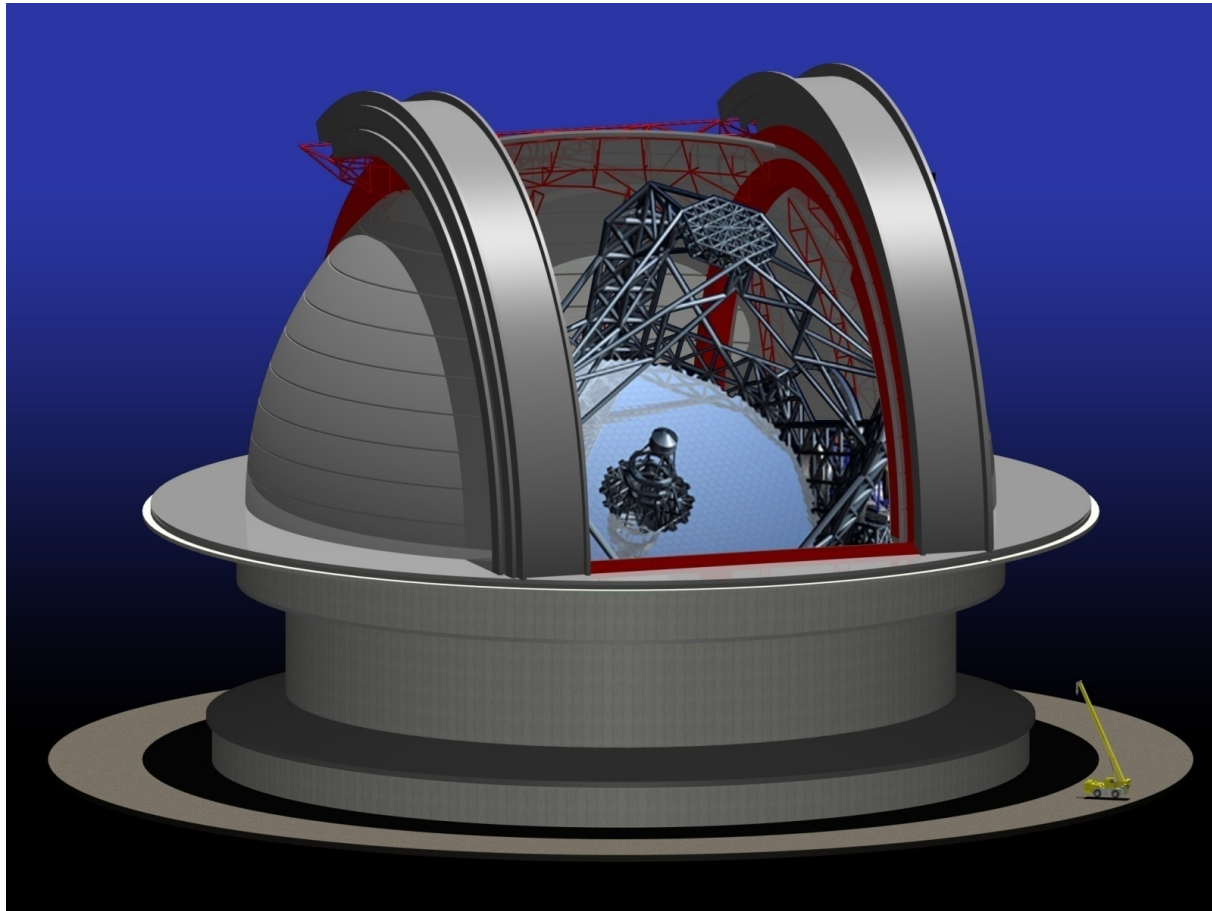
## SKA

- 1 km<sup>2</sup> ondes métriques
- Consortium mondial
- décision 2012<sup>+</sup>
- 1,4 G€ coût consolidé
- 7-9 précurseurs





# L'E-ELT (42-m optique/IR)





# R&D E-ELT



**~ 100 M€ sur 8 ans (2004-2011)**

- **plus de 70 Instituts de Recherche et Industries**
- **échanges très ouverts avec projets concurrents**
- **pays membres; ESO; CE**



# R&D E-ELT



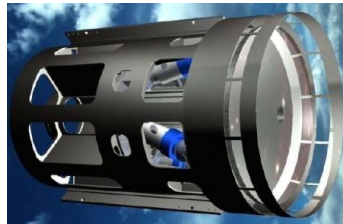


# R&D E-ELT

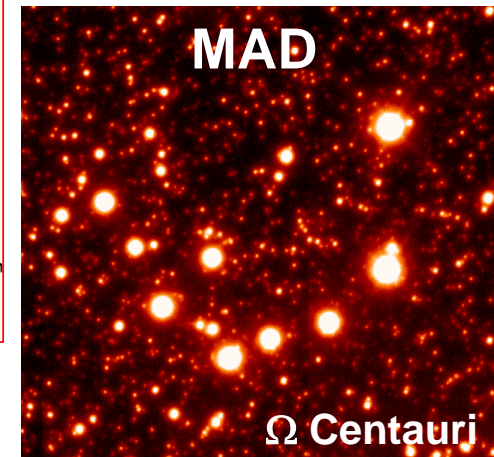
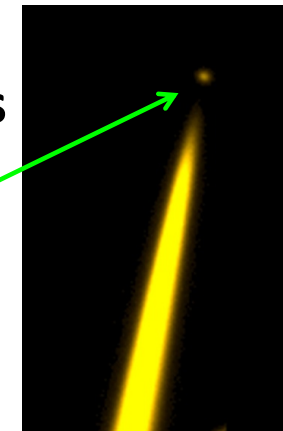
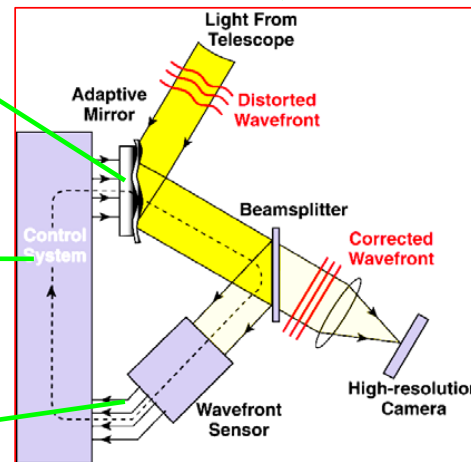


## n Couvre des niveaux très divers

➤ Prototypes; Bancs Tests; Précurseurs



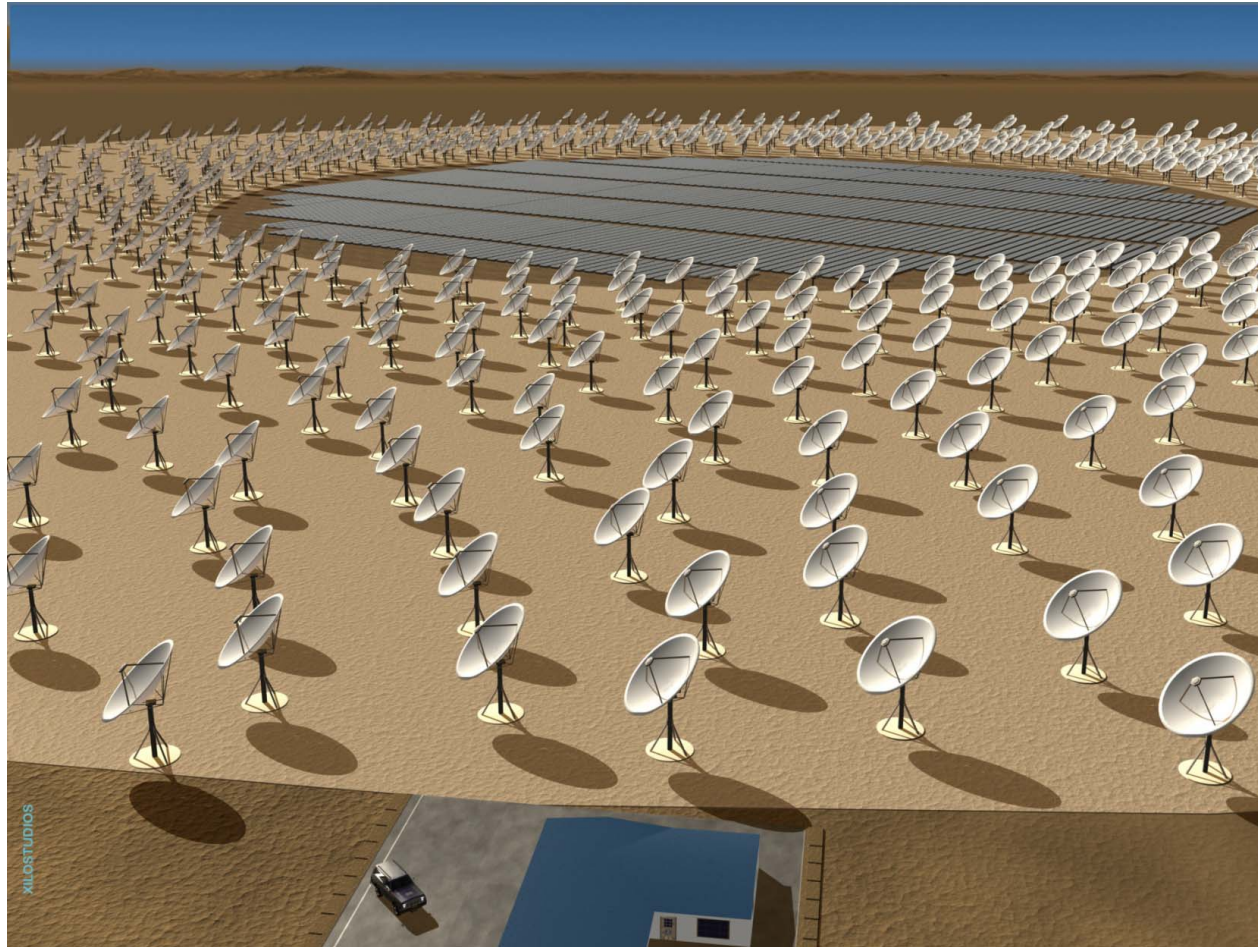
FRIM  
gain  $10^{6-8}$





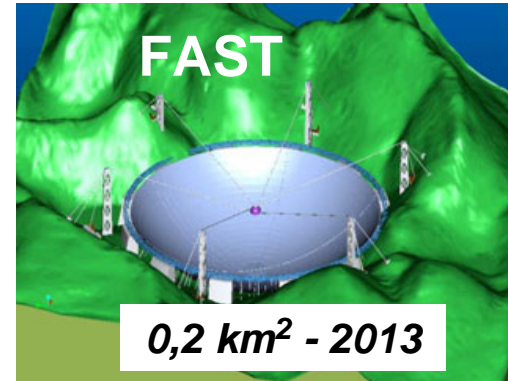
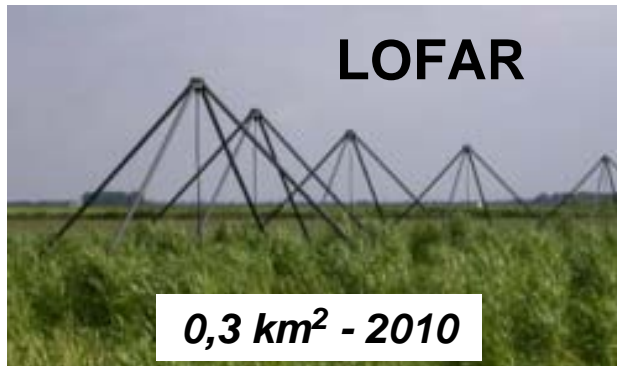


# SKA (1km<sup>2</sup> ondes métriques)





# R&D SKA (*Précurseurs*)



## Observatoires complets



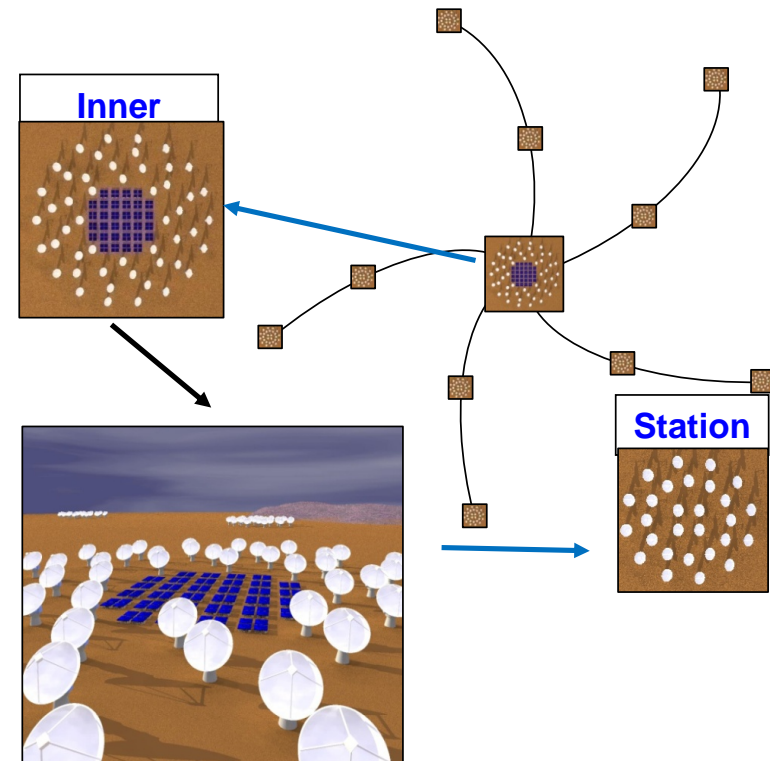


# R&D SKA



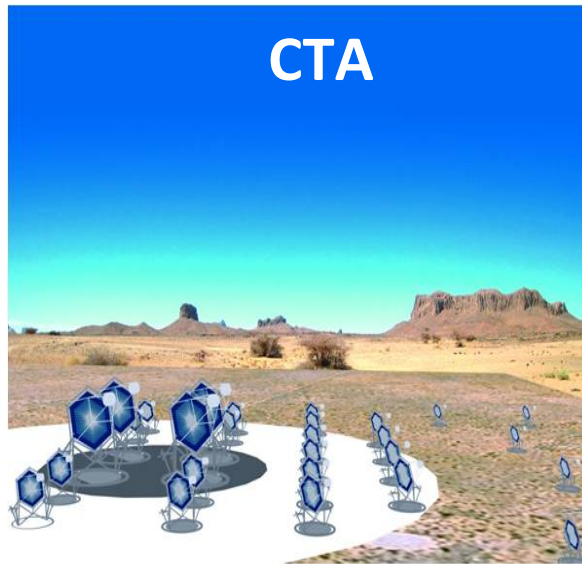
## SKA

- Antennes à prix cassés
- Multi-récepteurs
- Phasage électronique
- Transport fibre optique  
(Tb/s sur 400 km)
- A/D ultra-rapide
- Données temps réel  
(Peta-Flops)
- Archivage de masse
- Extraction des données

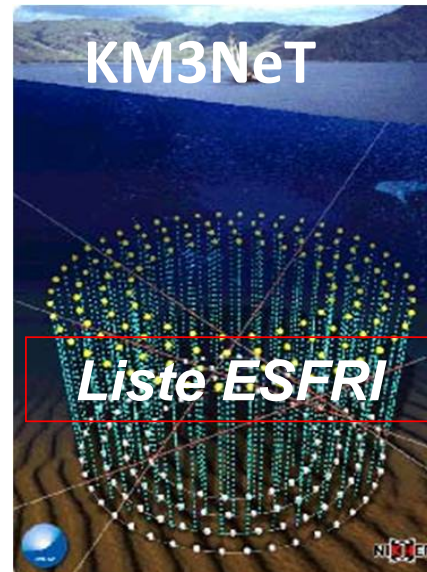




# Trois projets Sol taille moyenne



**CTA**



**KM3NeT**

*Liste ESFRI*



EUROPEAN  
SOLAR  
TELESCOPE

**EST**

**CTA**

- 1 Ha (rayons  $\gamma^+$ )
- Instituts Europe
- 150 M€; 2010<sup>+</sup>
- US?

**KM3NeT**

- km<sup>3</sup> (neutrinos)
- Instituts Europe
- 250 M€; 2010<sup>+</sup>
- IceCube

**EST**

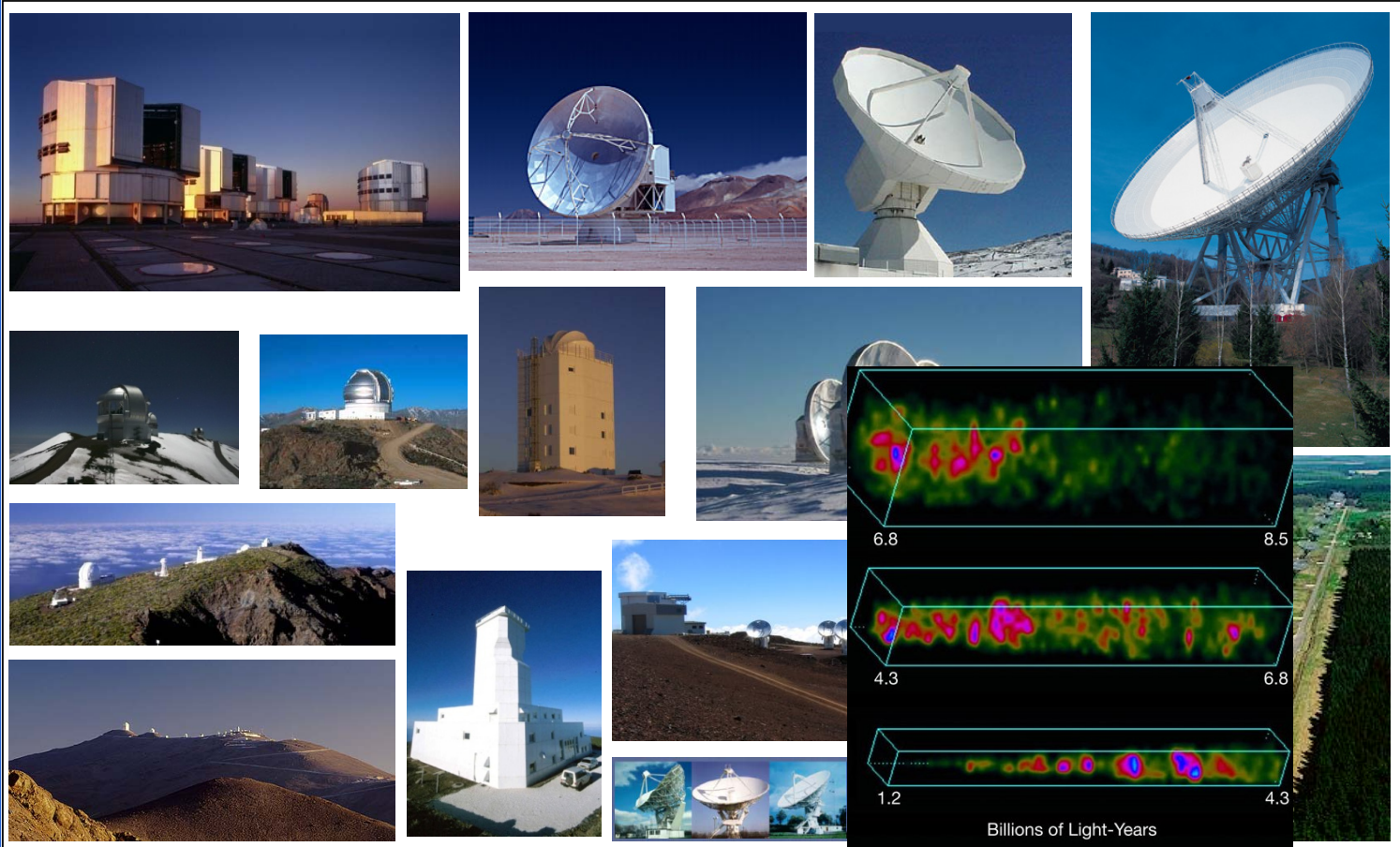
- 4-m V-IR
- Instituts Europe
- 80 M€; 2014<sup>+</sup>
- 4-m ATST

Les Grandes Infrastructures

Liège, 2 Décembre 2008



# Mais aussi ....



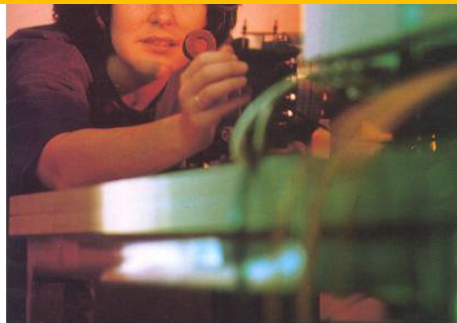


# Des Infrastructures Alternatives

**Laboratoire Logiciel  
Pan-Europe sans murs**

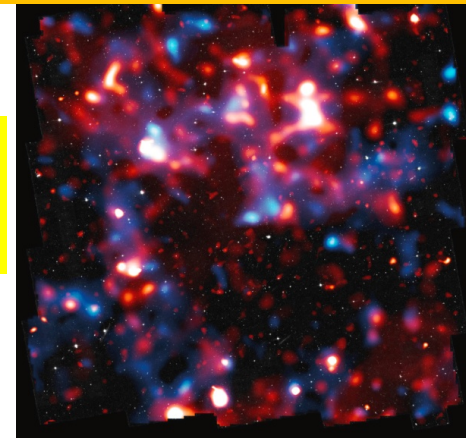


**Moyens Humains & Propagation de la Science**



**Observatoire  
Virtuel**

**Laboratoires  
Astrophysiques**



# Défis Scientifiques et Infrastructures

- 
1. Introduction
  2. L'état de l'art: Paranal & ALMA
  3. Vers une stratégie européenne
  - 4. Conclusions**

# Conclusions

**Résoudre les questions scientifiques clés  
et en établir de nouvelles nécessite**

**une utilisation/rationalisation des infrastructures  
existantes ou bientôt en opération;**

**de nouvelles infrastructures Sol en synergie avec les  
missions spatiales;**

**un effort parallèle théorique, simulations et mesures  
de laboratoire;**

**une recherche active de technologies de rupture.**



***Merci de votre attention***