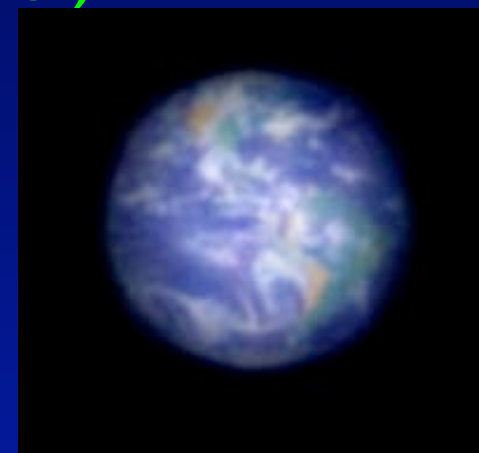


cette année:

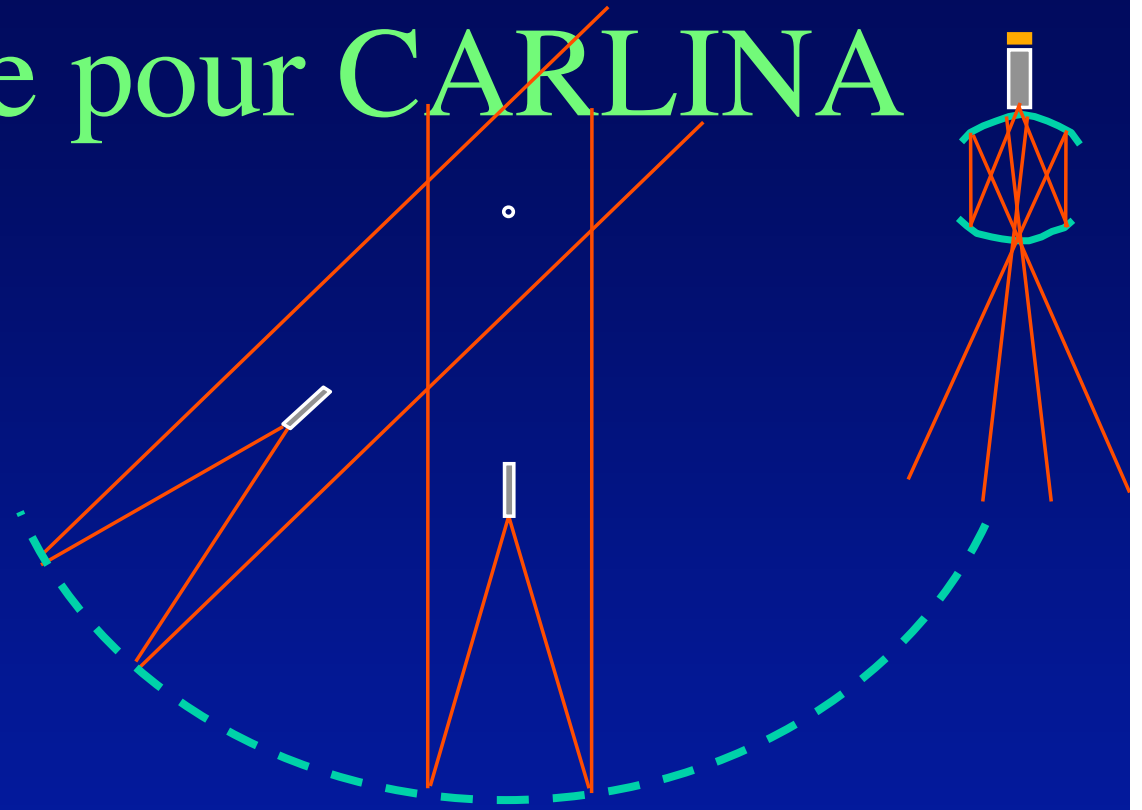
Exo-planètes, étoiles et galaxies : progrès de l'observation (suite)



- Les mardis jusqu 'au 24 Avril
- Sauf les 27 Février, 10 Avril, 17 Avril (vacances)
- Pages web en préparation sur www.college-de-France.fr
- Contiendront les fichiers des présentations

Aujourd'hui:

Optique adaptative pour CARLINA



Séminaire à 15h15: Gérard Rousset , ONERA

“De l'optique adaptative classique à l'optique adaptative multiconjuguée”

Radio-télescope d'Arécibo (Porto Rico)

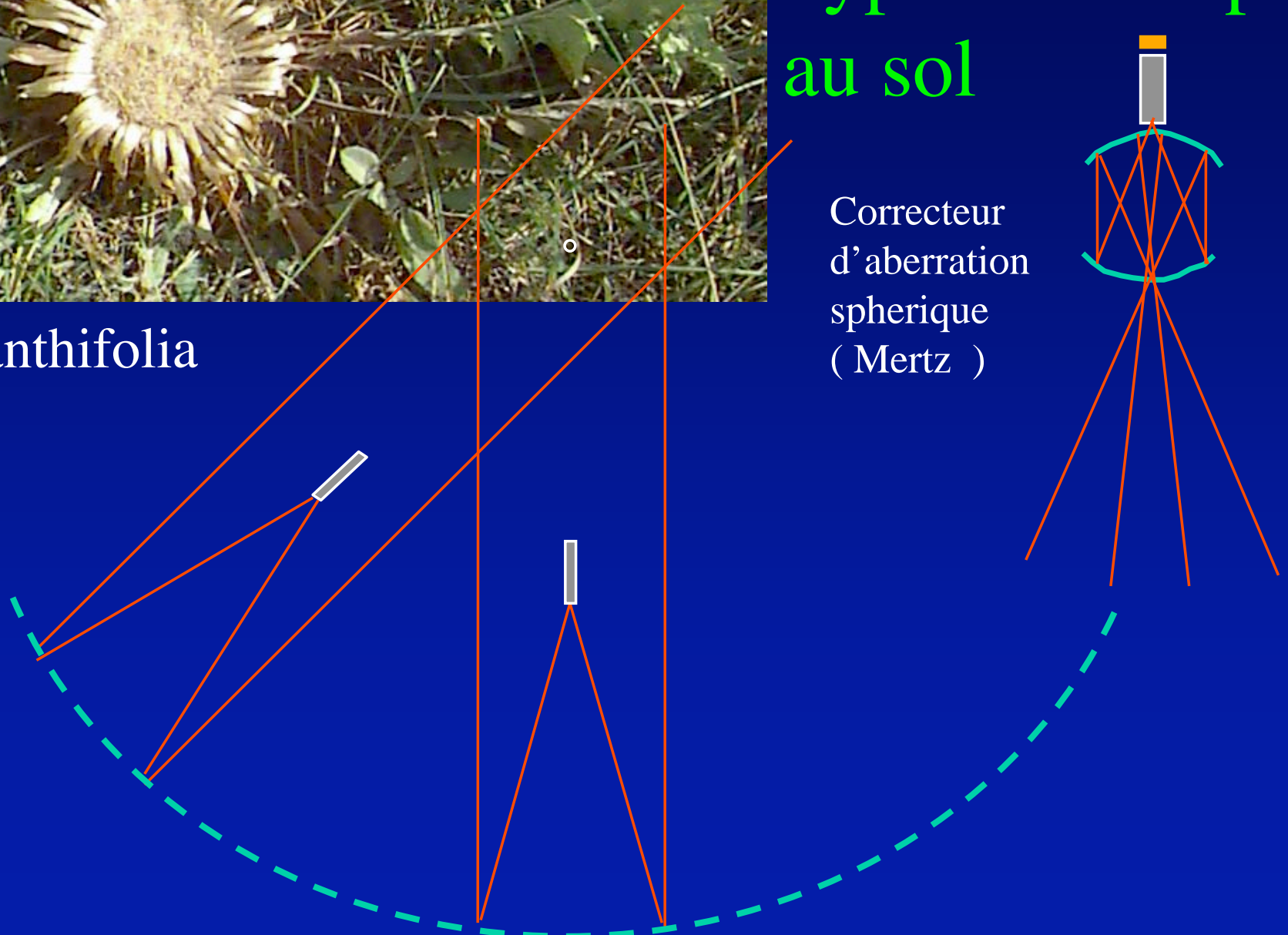




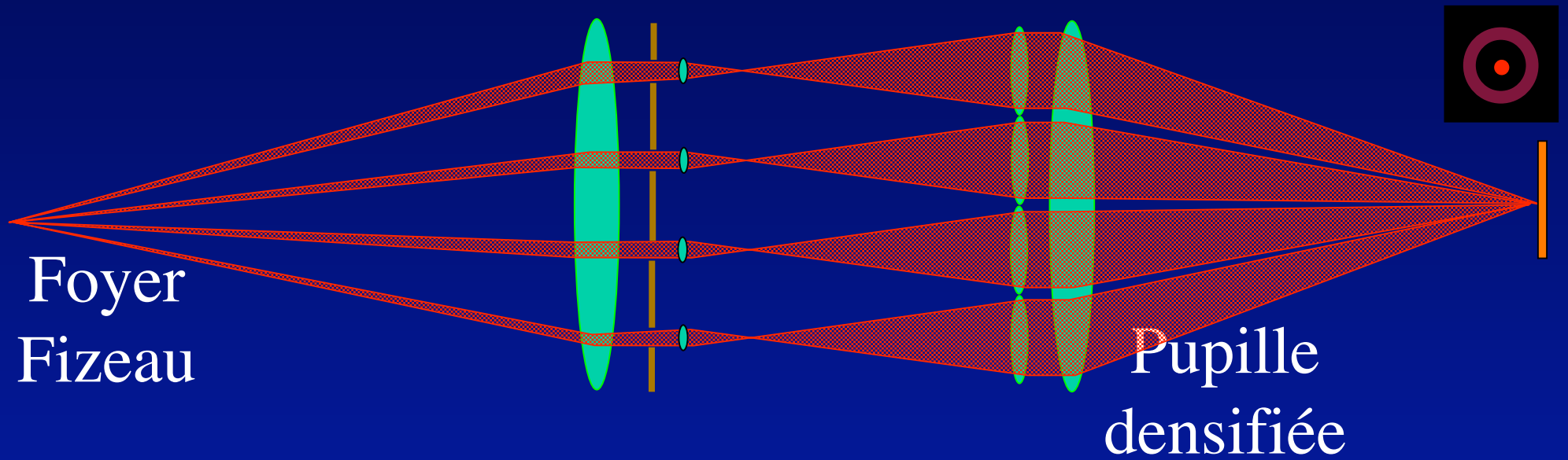
Carlina acanthifolia

CARLINA, un hyper-telescope au sol

Correcteur d'aberration spherique (Mertz)



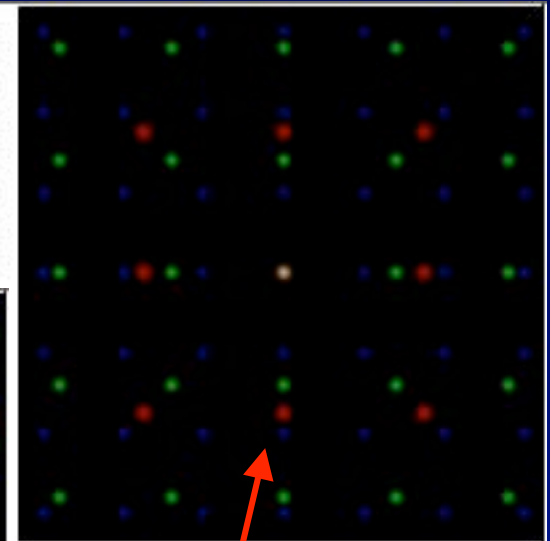
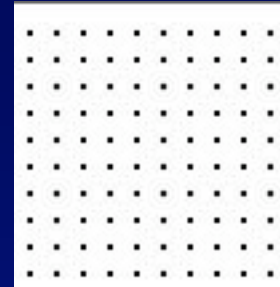
Densifieur de pupille



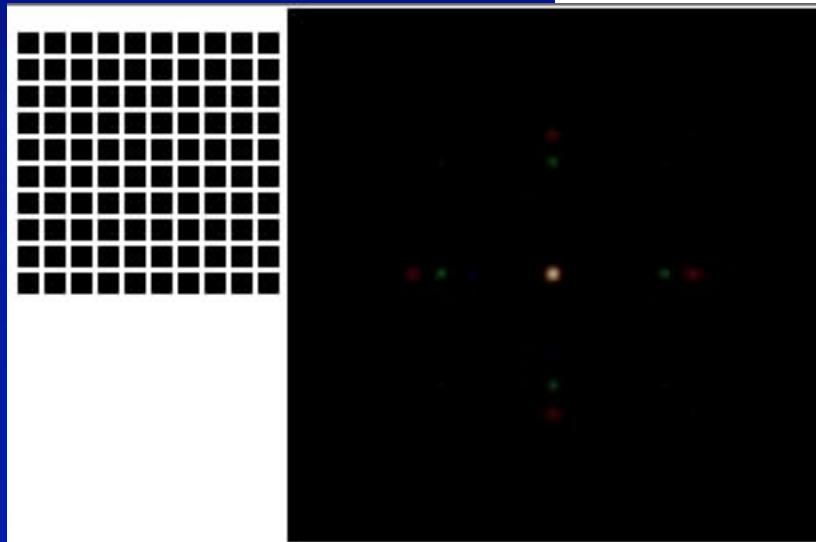
- Addition cohérente des sous-images

Figures de diffraction calculées (3 couleurs)

Ouverture périodique 10x10, diluée



Périodique lacunaire

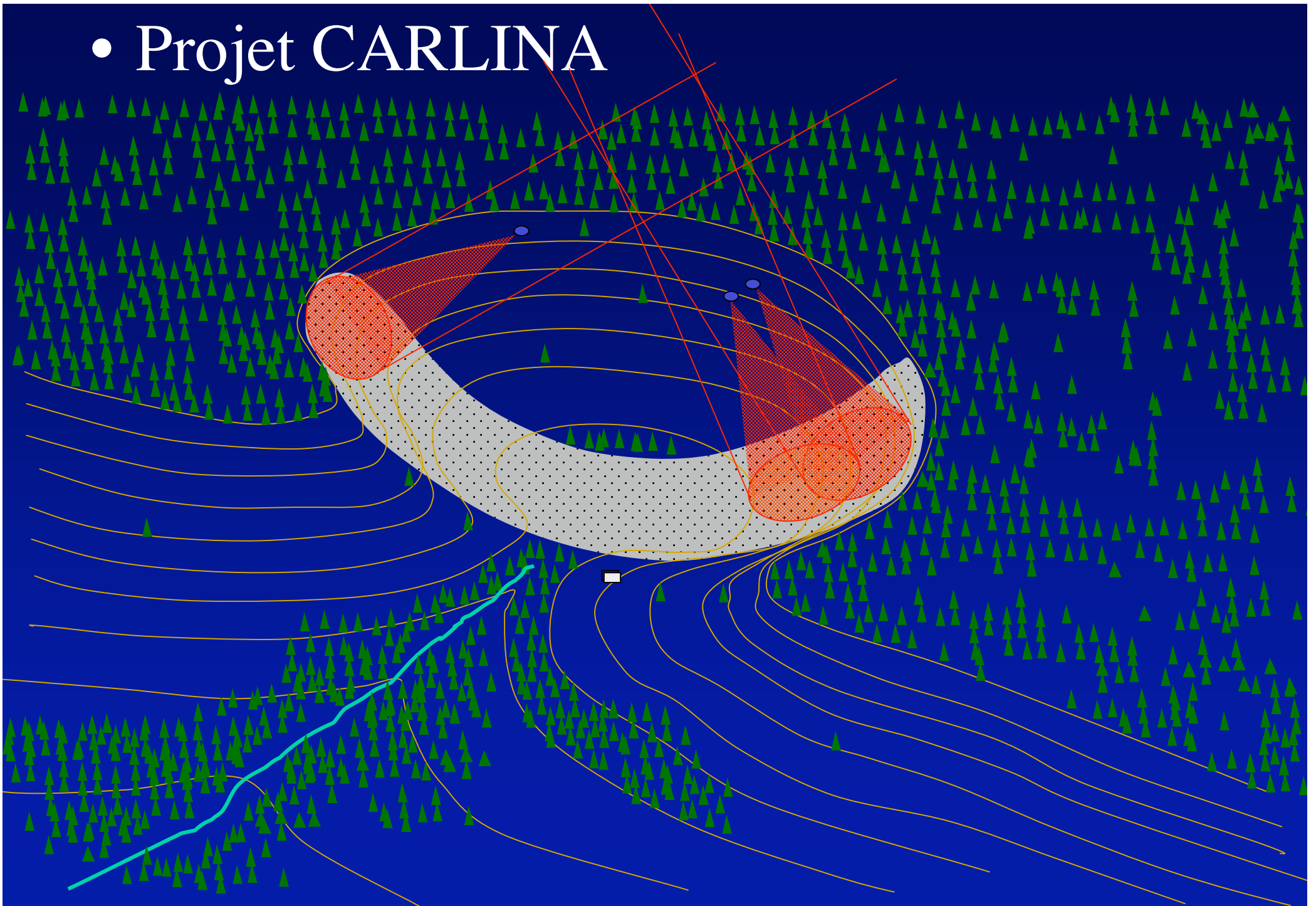


Ouverture dense

Ordres diffractés par le réseau:
pics dispersés

One-kilometer hyper-telescope

- Projet CARLINA



Positionnement grossier des miroirs

- Image d'une étoile brillante
- Paire ou triplet d'ouvertures: centrer les franges blanches
- Ajuster de proche en proche
- Prolonger en observant d'autres étoiles
- Sphéricité de M1 atteignable : quelques microns si le sol est stable

Positionnement grossier des miroirs avec un laser au centre de courbure

- Egalisation des distances par :
 - Impulsions (précision 1 mm ou mieux)
 - Franges blanches (précision 1 micron)
- Nécessite un support au centre de courbure
(ballon ?)

Correction adaptative de la turbulence sur une étoile brillante

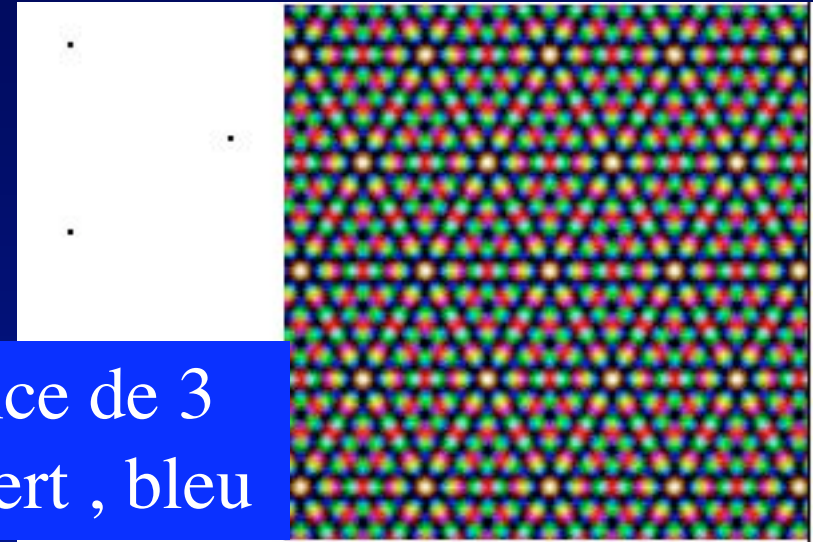
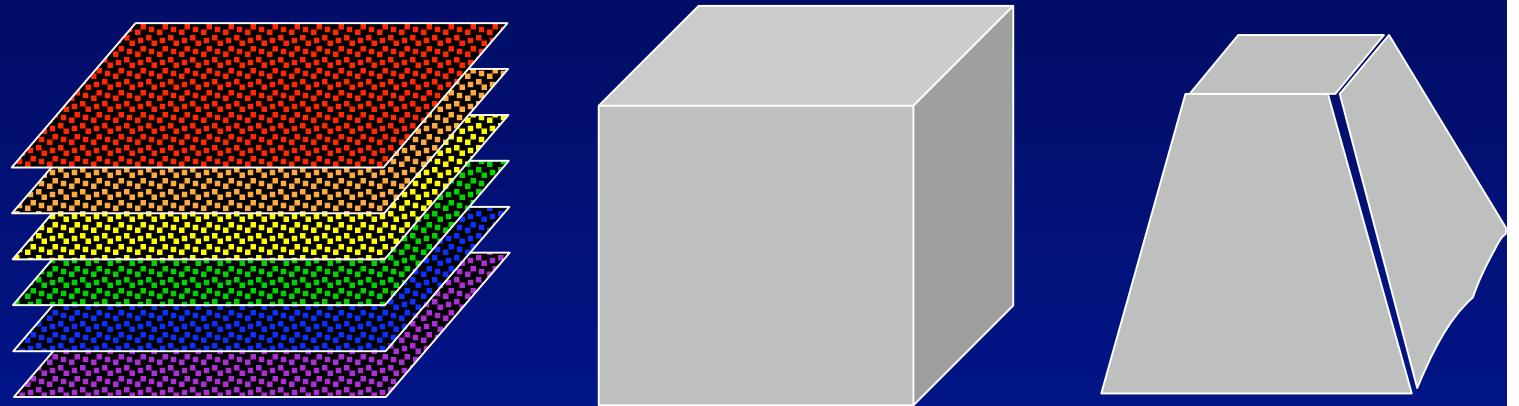


Figure d'interférence de 3 points , en rouge, vert , bleu

- Franges de triplets observées en parallèle (Pedretti et al. 1999)
- $N(N-1)(N-2)/6$ triplets possibles pour N ouvertures
- Hiérarchie de triplets , comme les triangles d 'un support de miroir

Correction adaptative de turbulence sur une étoile brillante

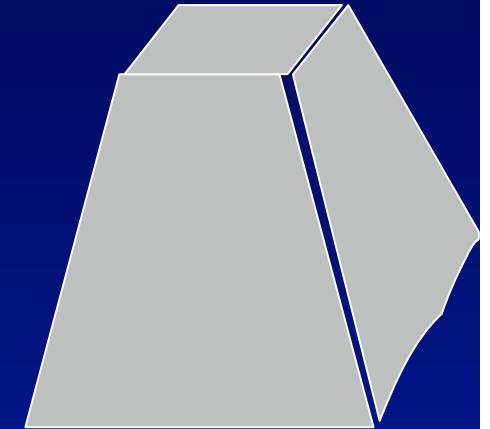
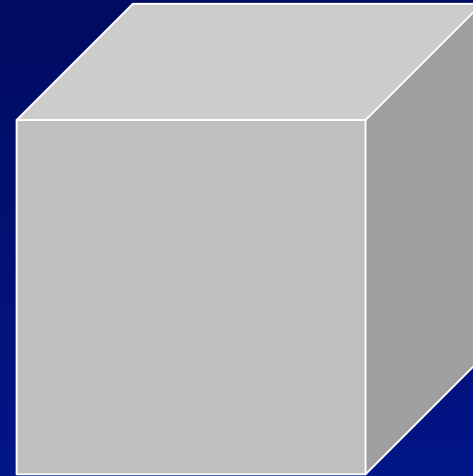
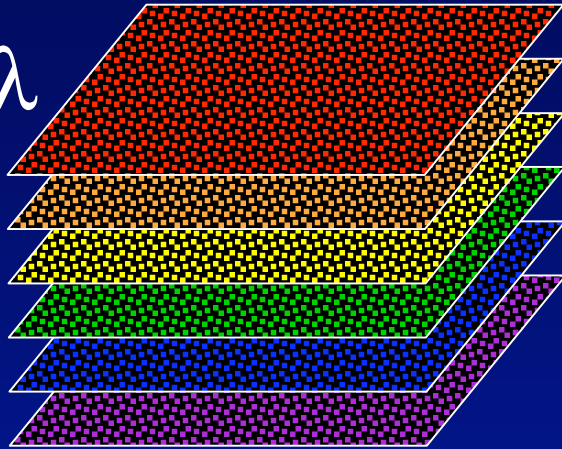
2 - utiliser l'image complète dispersée ?



- Image dispersée: cube x, y, λ
- Obtenue avec « montage marseillais » (Courtès et al.)
- Contribution d'un triplet: « nid d'abeilles conique »
- Distordre le cube en « tas de sable »
- \Rightarrow nid d'abeilles cylindrique, incliné

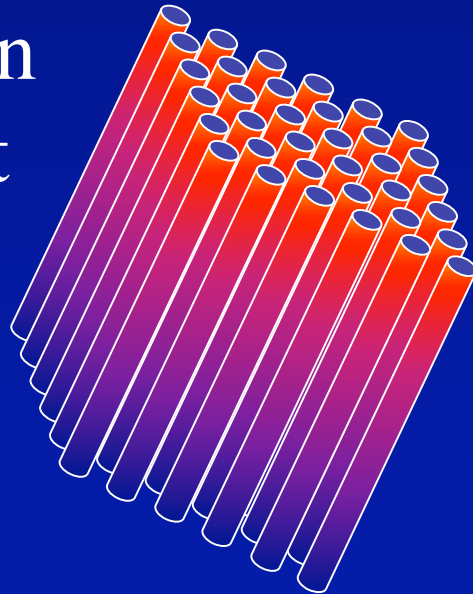
2 - utiliser l'image dispersée ?

Cube x, y, λ

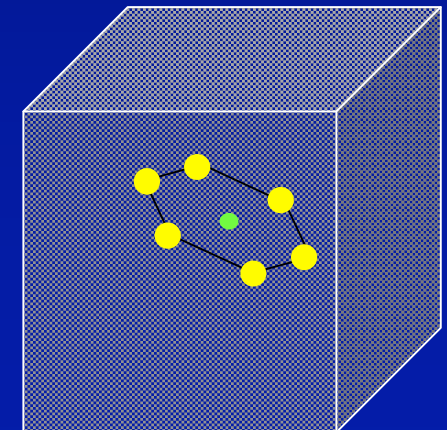


Cylindrification du
nid d'abeilles

Contribution
d'un triplet

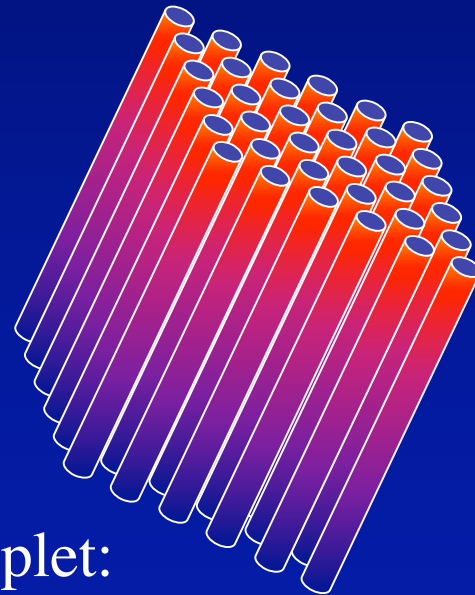
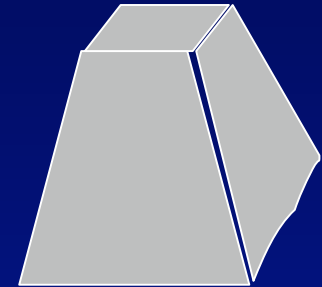
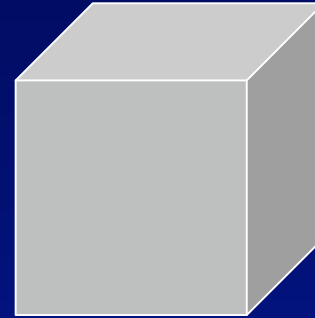
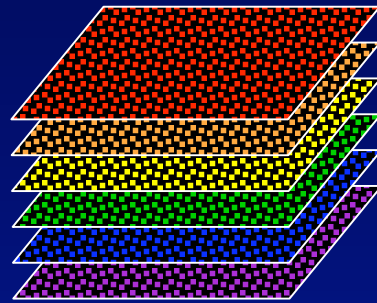


Transformation
de Fourier



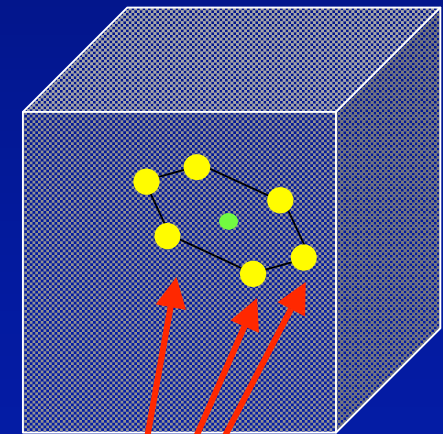
2 - utiliser l'image dispersée ?

Cube x, y, λ



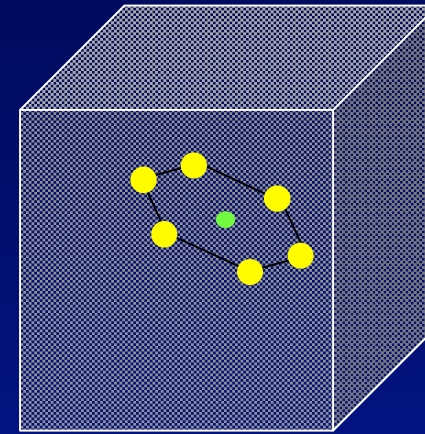
Contribution d'un triplet:
Erreurs de pente, de
translation

Transformation
de Fourier 3D



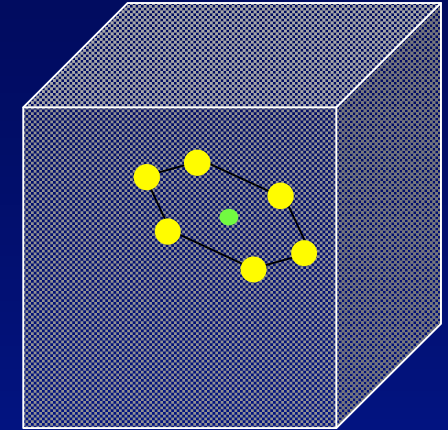
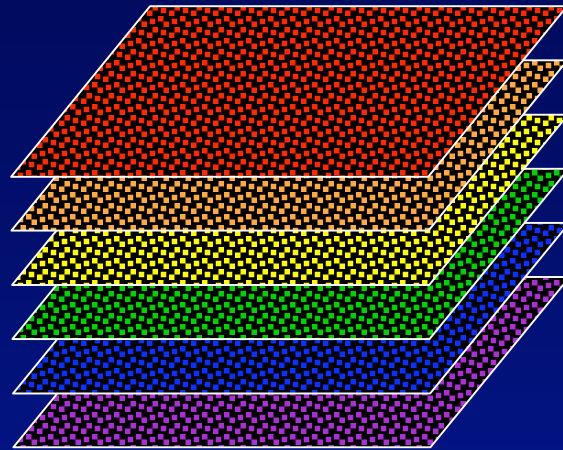
Pente
phases calculées

2 - utiliser l'image dispersée ?



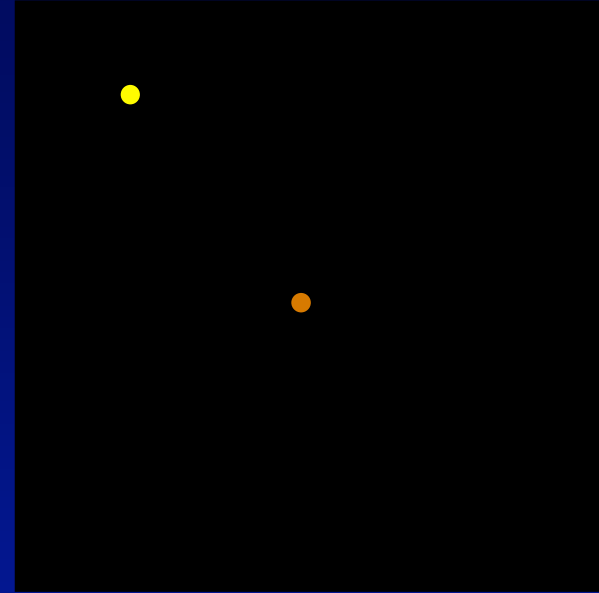
- $N(N-1)(N-2)/6$ triplets donnent autant d'hexagones (des milliards si $N=2000$!)
- Est-ce calculable ?
- Est-ce exploitable ?
 - Les redondances permettent d'identifier le triplet donnant tel hexagone
 - explorer les algorithmes (thèse entamée de V.Borkowski)

Combien de photons faut-il ?



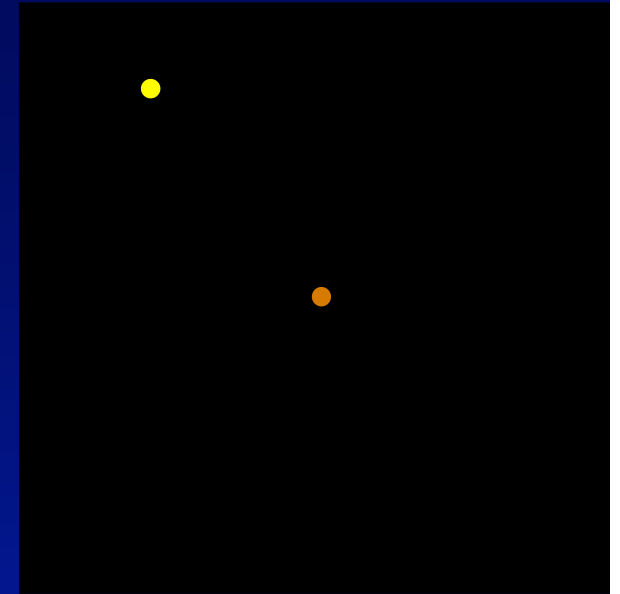
- Approximativement 1 photon par élément de l'image dispersée, dans chaque pose courte
- Soit k fois plus que pour l'analyse Shack-Hartmann dans un télescope ordinaire (k est le nombre d'éléments spectraux nécessaires, fonction de l'erreur sur l'onde)
- $K=10$ ou 100 après le réglage grossier
- Magnitude limite: $m_v = 15 - 2 = 13$ si $r_0 = 10$ cm ; $\tau_0 = 10$ ms
 $= 13 + 6 = 19$ si $r_0 = 2$ m

Y a-t-il assez d'étoiles utilisables ?



- Jusqu'à quelle distance d'une étoile brillante peut-on observer un objet faible en bénéficiant de la correction adaptative faite sur l'étoile brillante ?
 - 5 à 30 secondes d'arc selon les hautes couches turbulentes
 - Extensible en principe avec optique adaptative multi-conjuguée

Etoile artificielle par rétro-diffusion laser

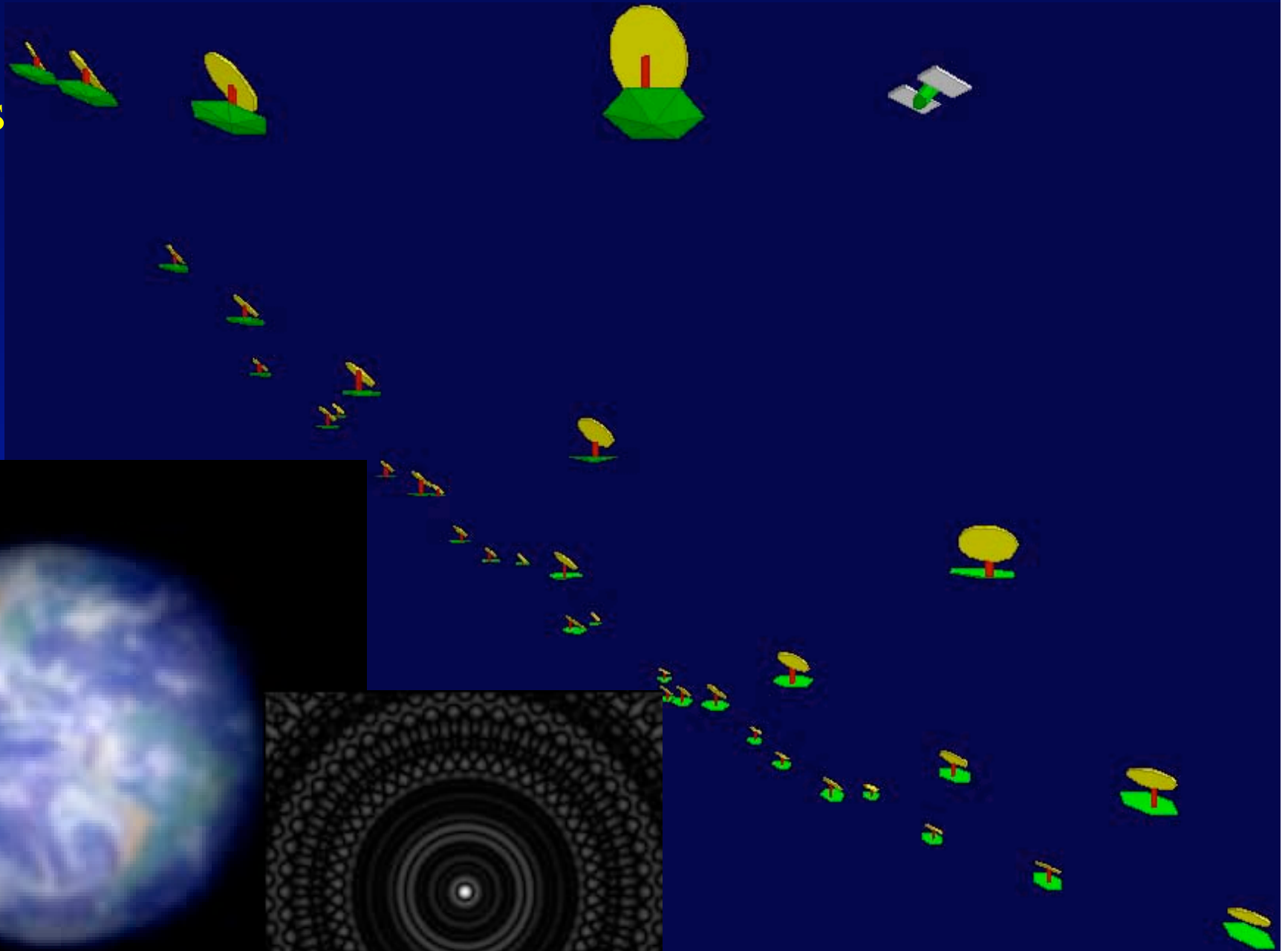


- Fonctionne à l'échelle d'un télescope
- Utilisable sur les éléments séparés
- La correction séparée revient à augmenter r_0
 - gain 6 magnitudes avec des éléments de 2m
 - 10 magnitudes avec des éléments de 10m

Dans 20 ans ?

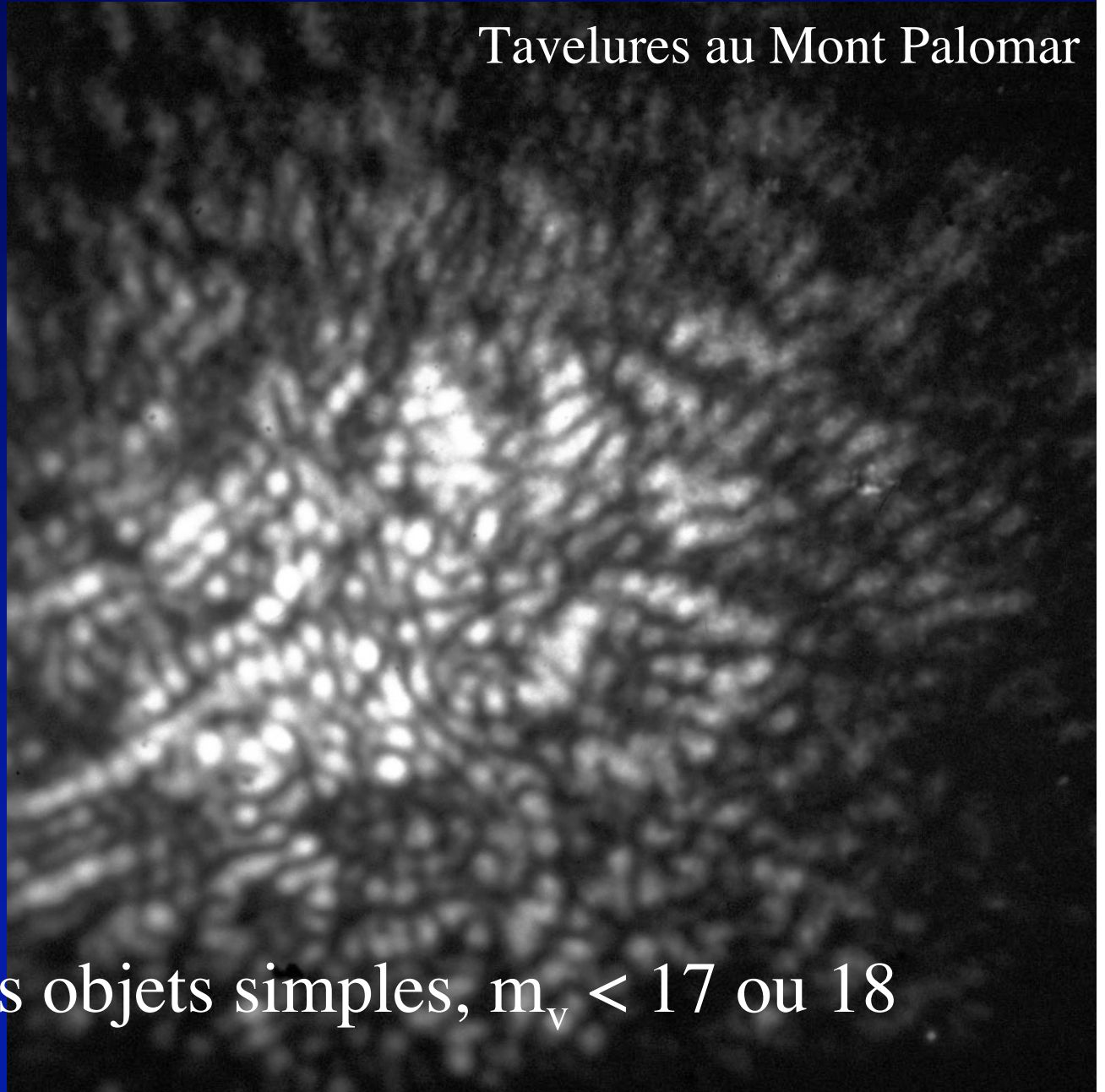
150 miroirs
de 3m
150 km

Terre à 3pc
Pose 30mn



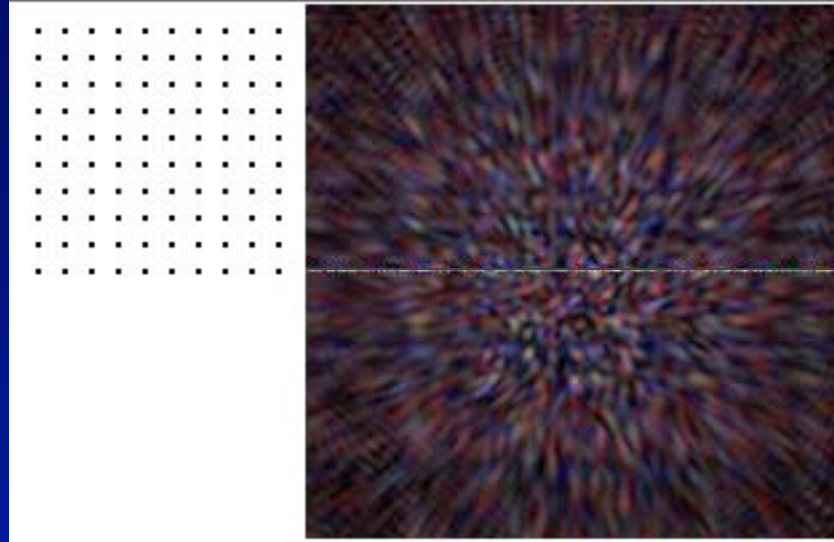
Tavelures

Tavelures au Mont Palomar



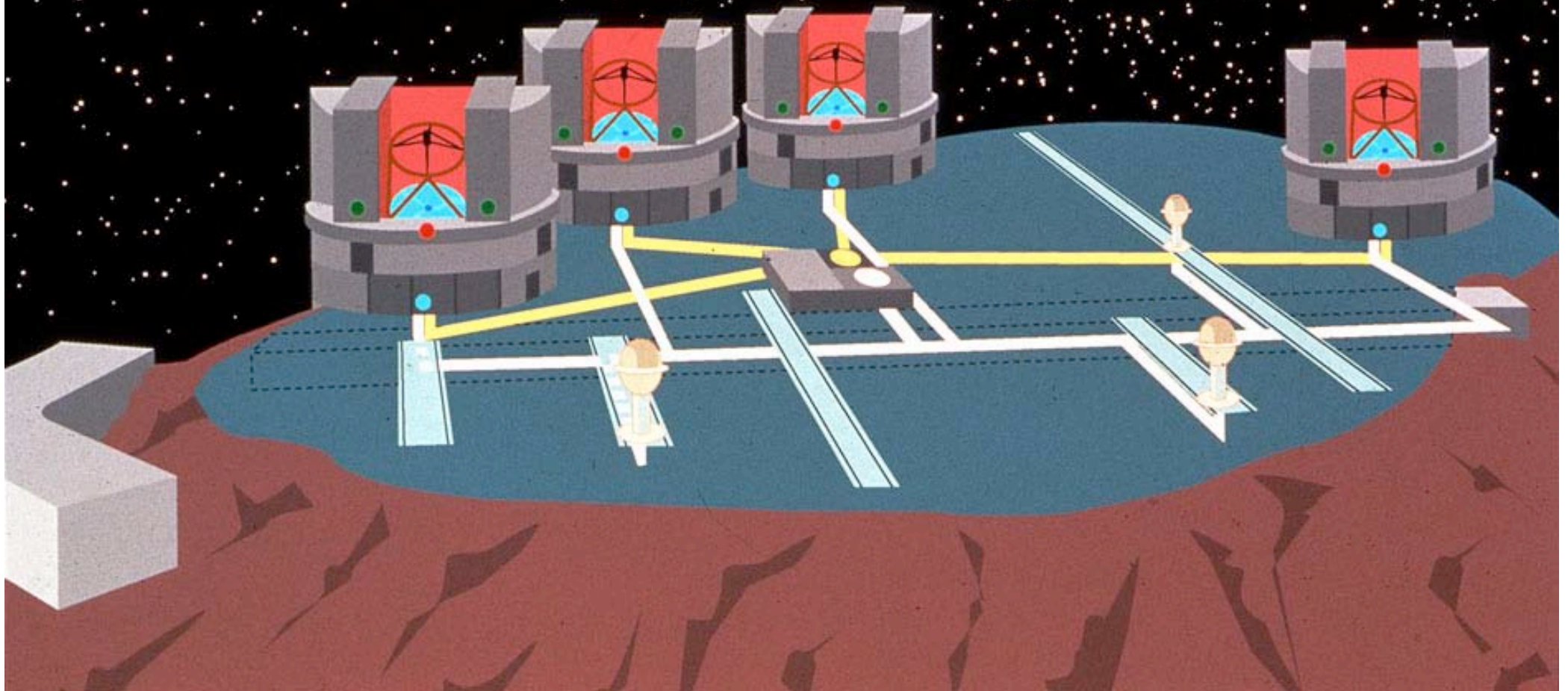
- Exploitable pour les objets simples, $m_v < 17$ ou 18

Figures de diffraction calculées



Ouverture non phasée (30 longueurs d'ondes)

Interféromètre VLT au Chili



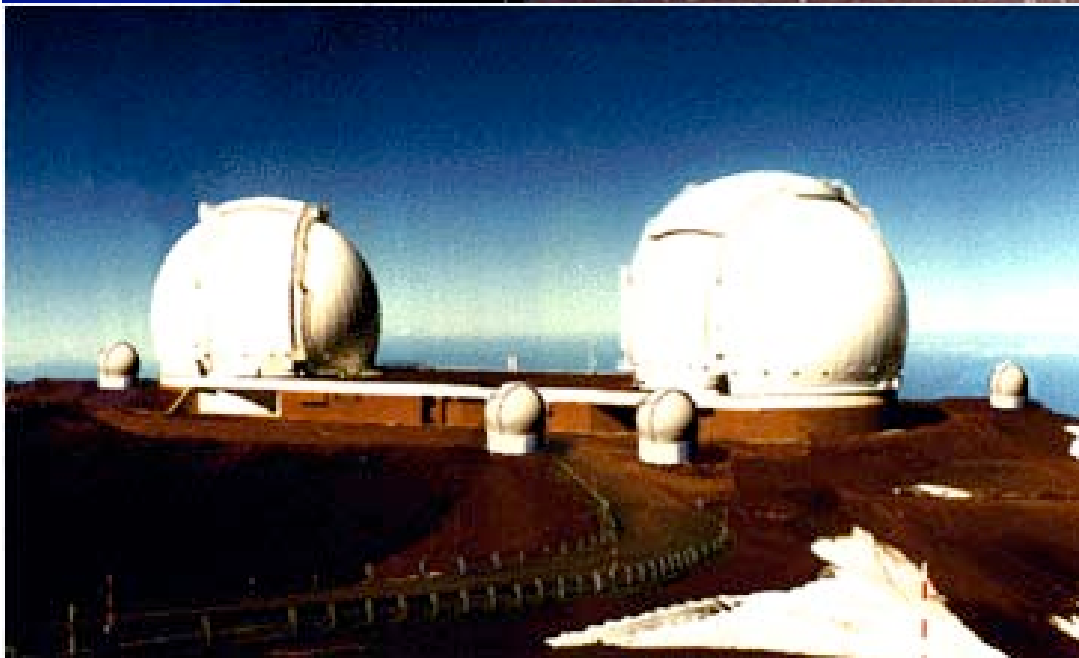
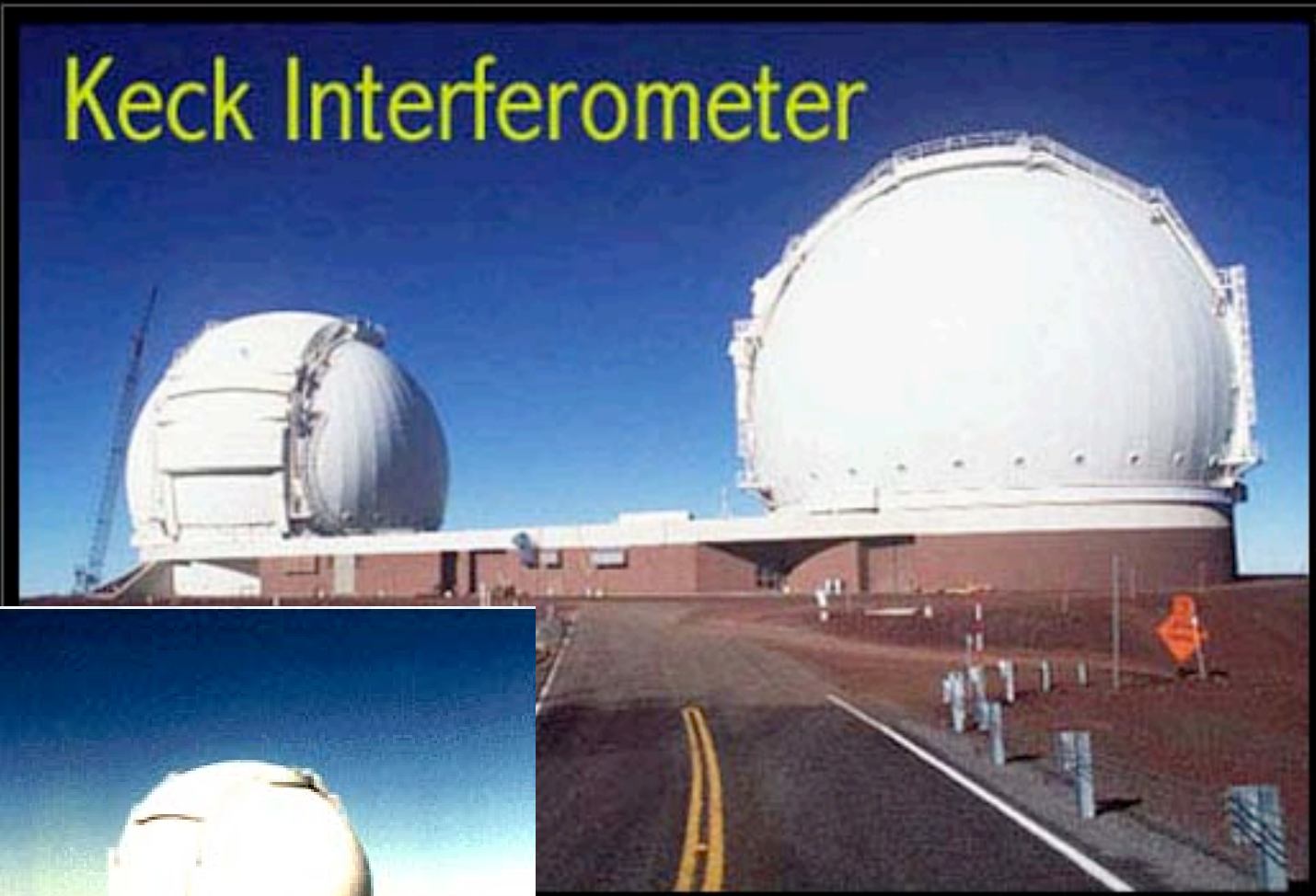
Interféromètre VLT au Chili



- 4x8m + 3x1.8m
- Bases 150m
300 TF

Interféromètre Keck à Hawaii

Keck Interferometer

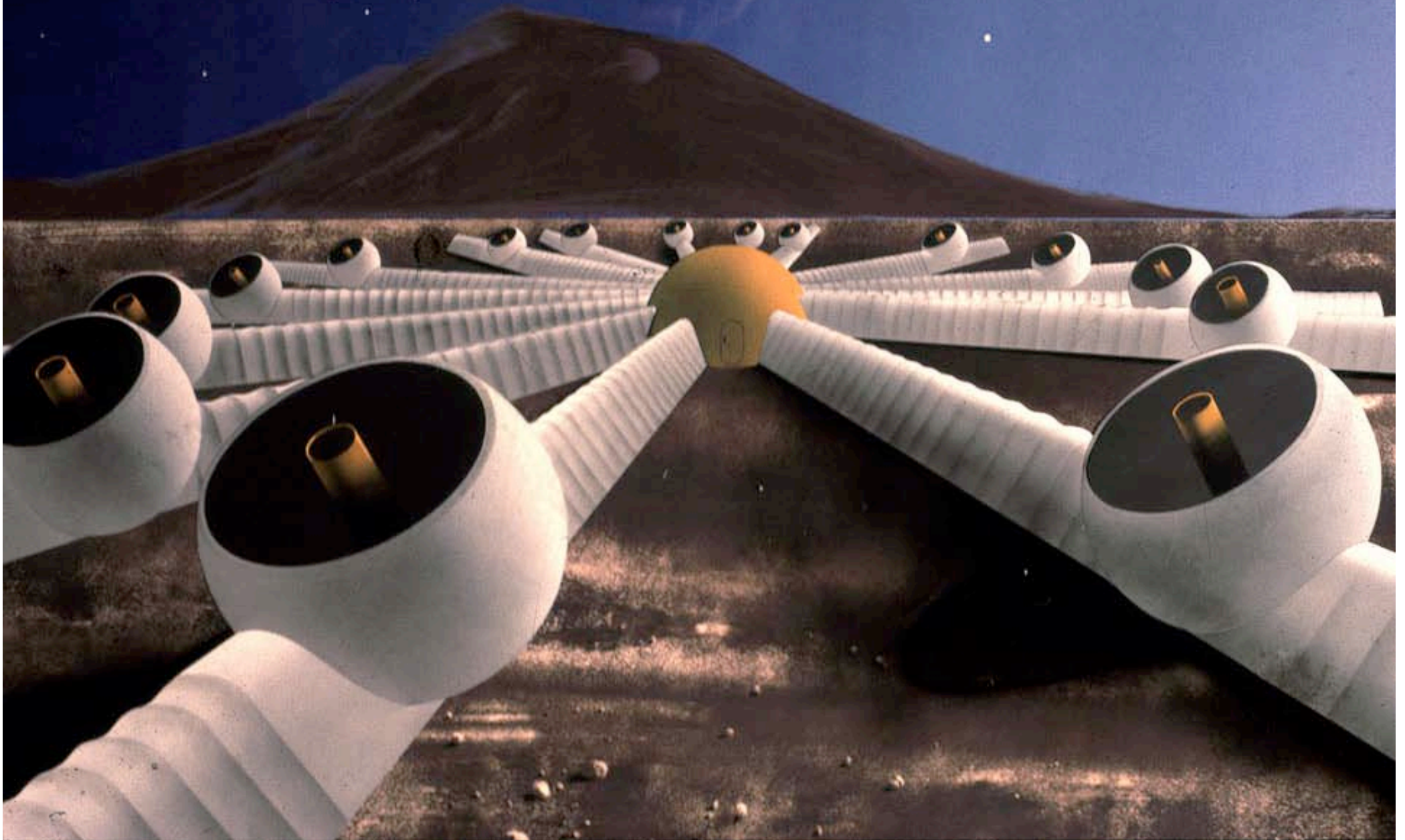


W.M. Keck Observatory
California Association for
Research in Astronomy



13

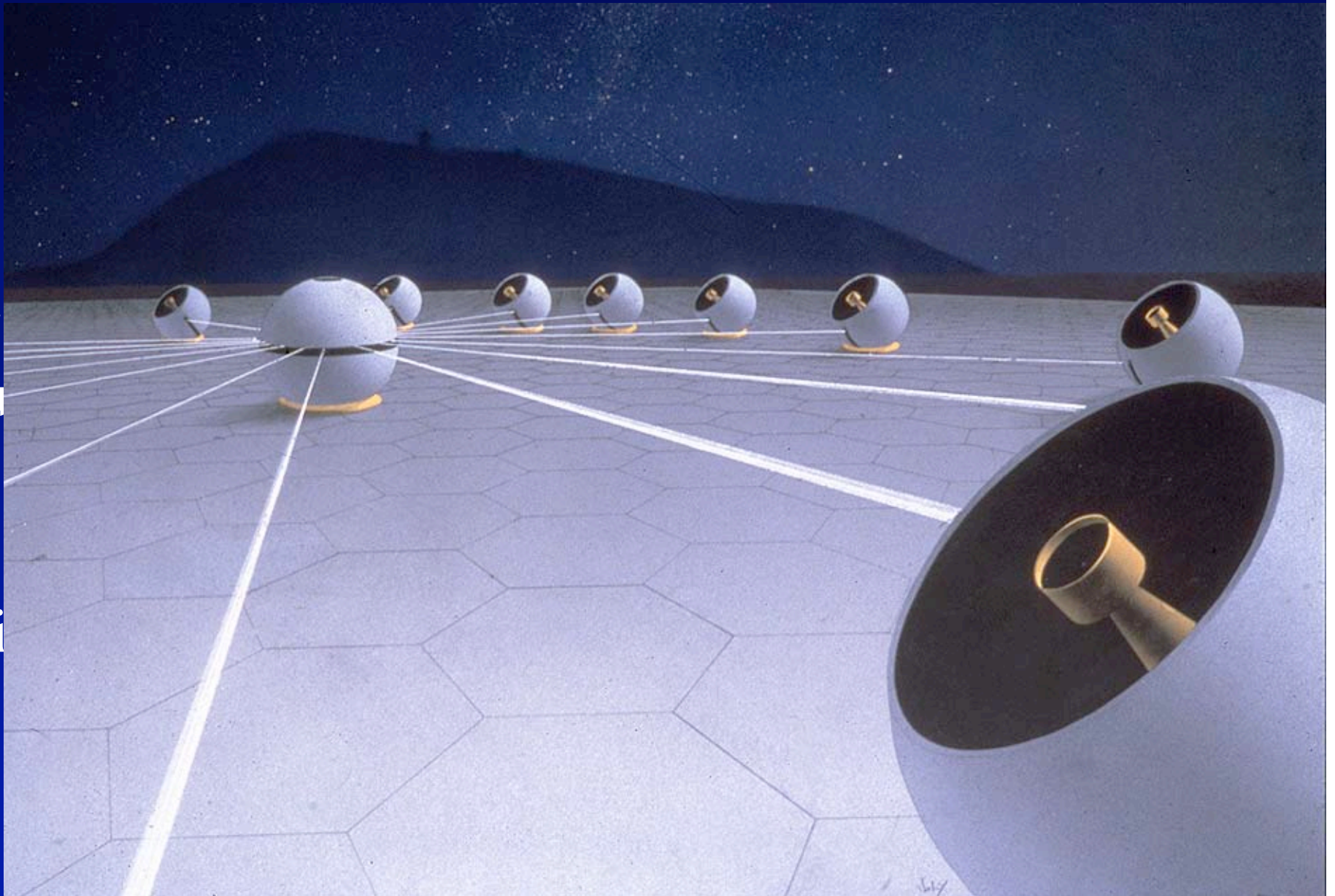
Optical Very Large Array version avec rails



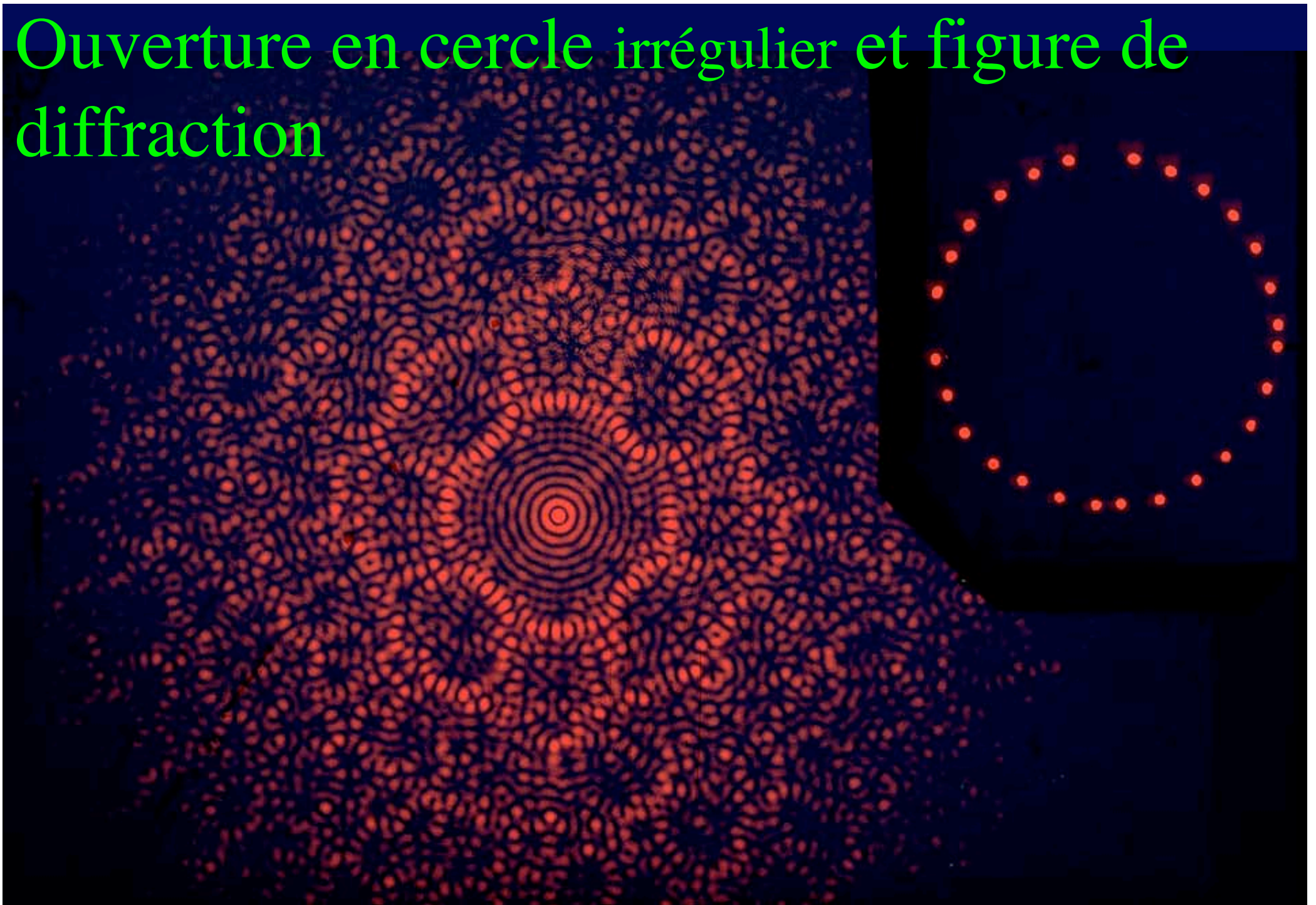
Optical Very Large Array, version avec roues

Foyer
Fizeau

• Additi



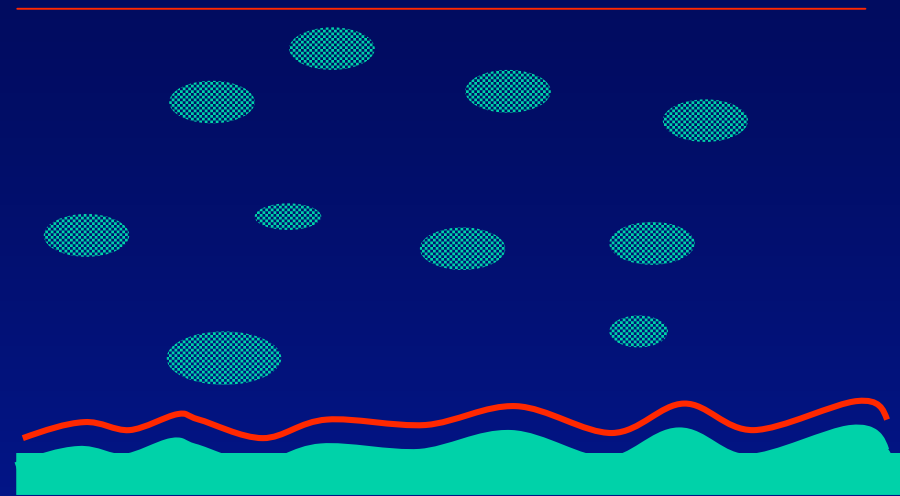
Ouverture en cercle irrégulier et figure de diffraction



Optique adaptative pour les futurs instruments au sol

- Devenu un accessoire essentiel
- Voies explorées:
 - étoile laser
 - étoiles naturelles multiples et multi-conjugaison

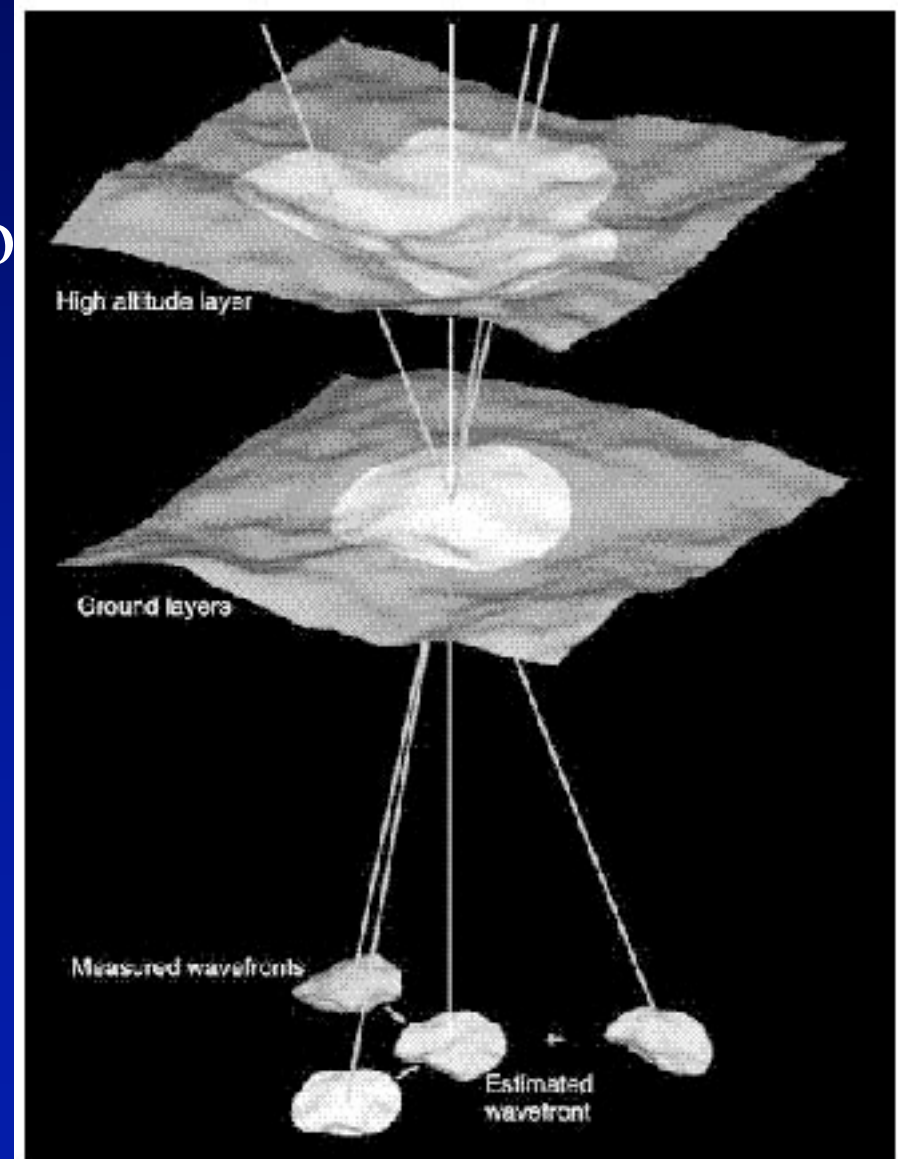
Principe de l'optique adaptative multi-conjuguée



- Le retour inverse de la lumière recrée une onde plane
- Corrige les ombres volantes
- Faisable en principe avec un miroir moulé sur l'onde
- Miroir séparé pour chaque étoile

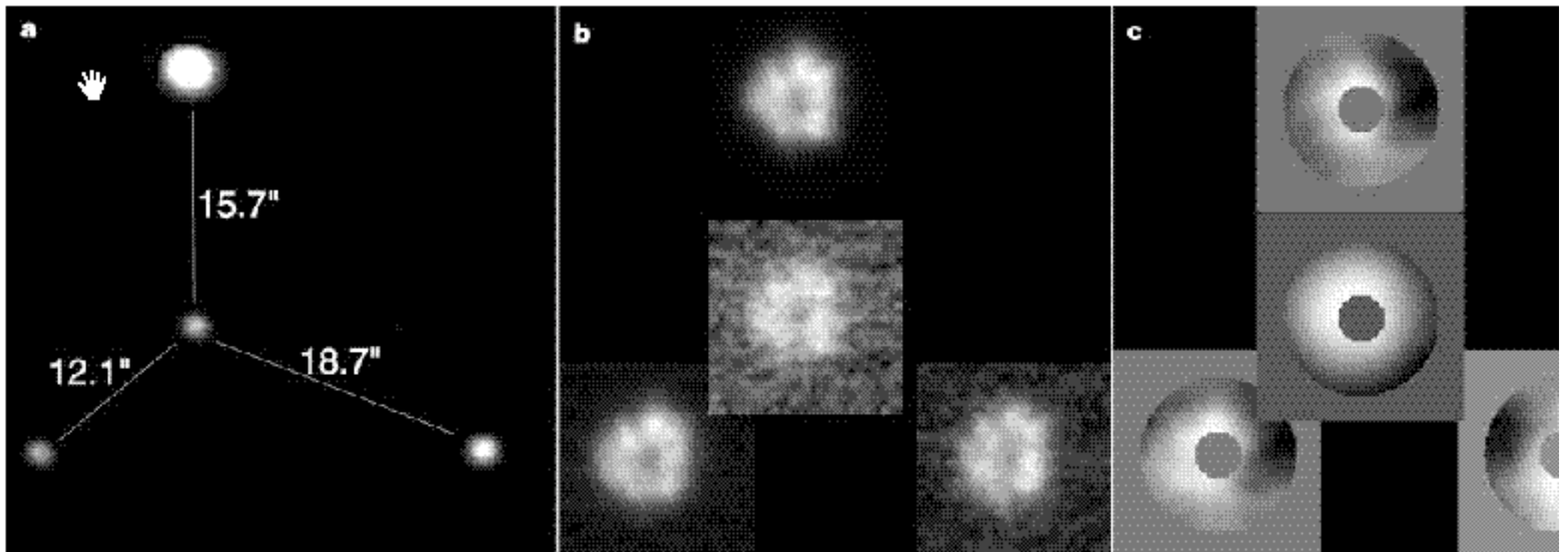
Etoiles guides à quelle distance ?

- Effets de bords importants si éto



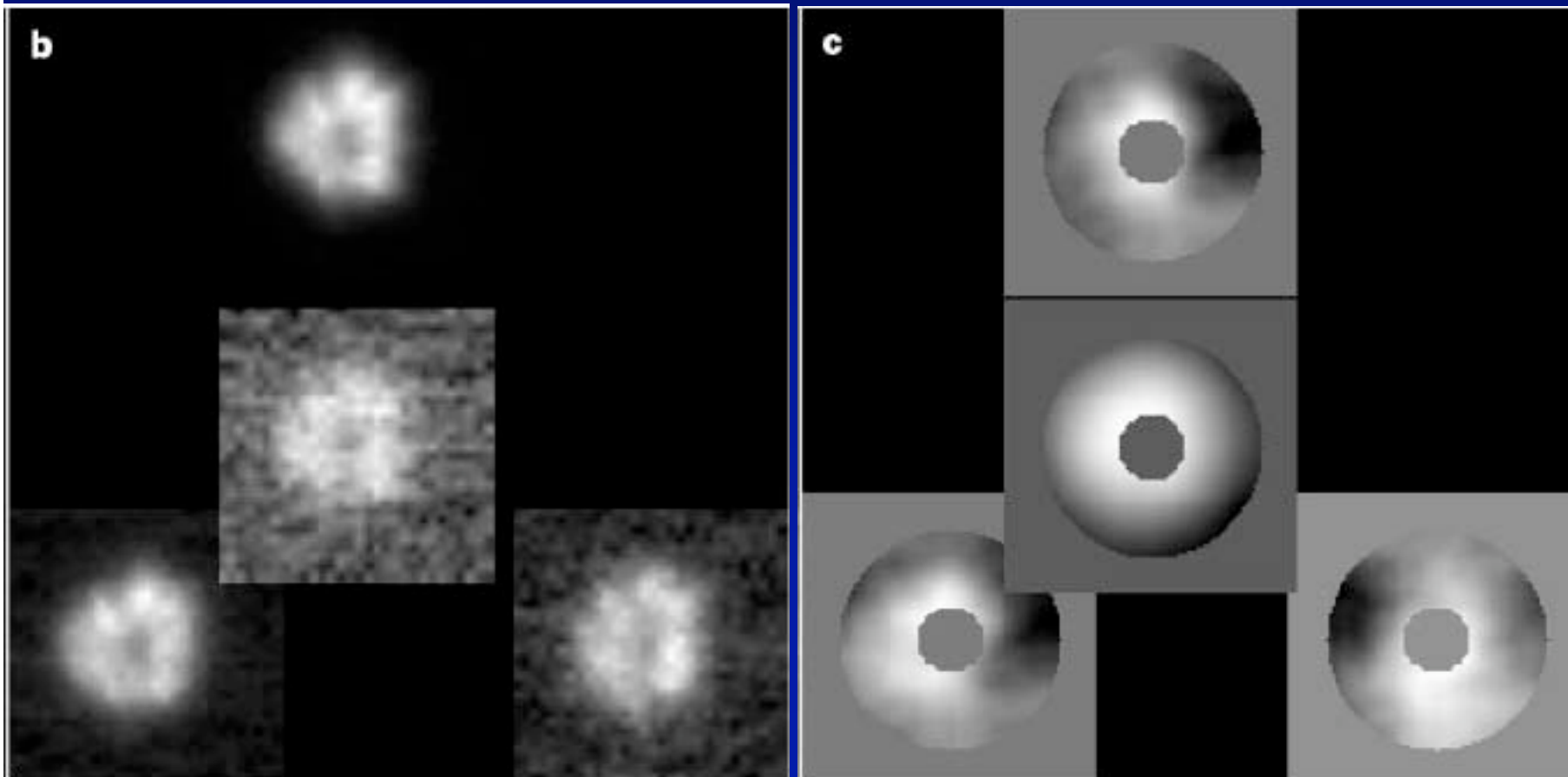
Optique adaptative: la voie des étoiles naturelles

- cartographie



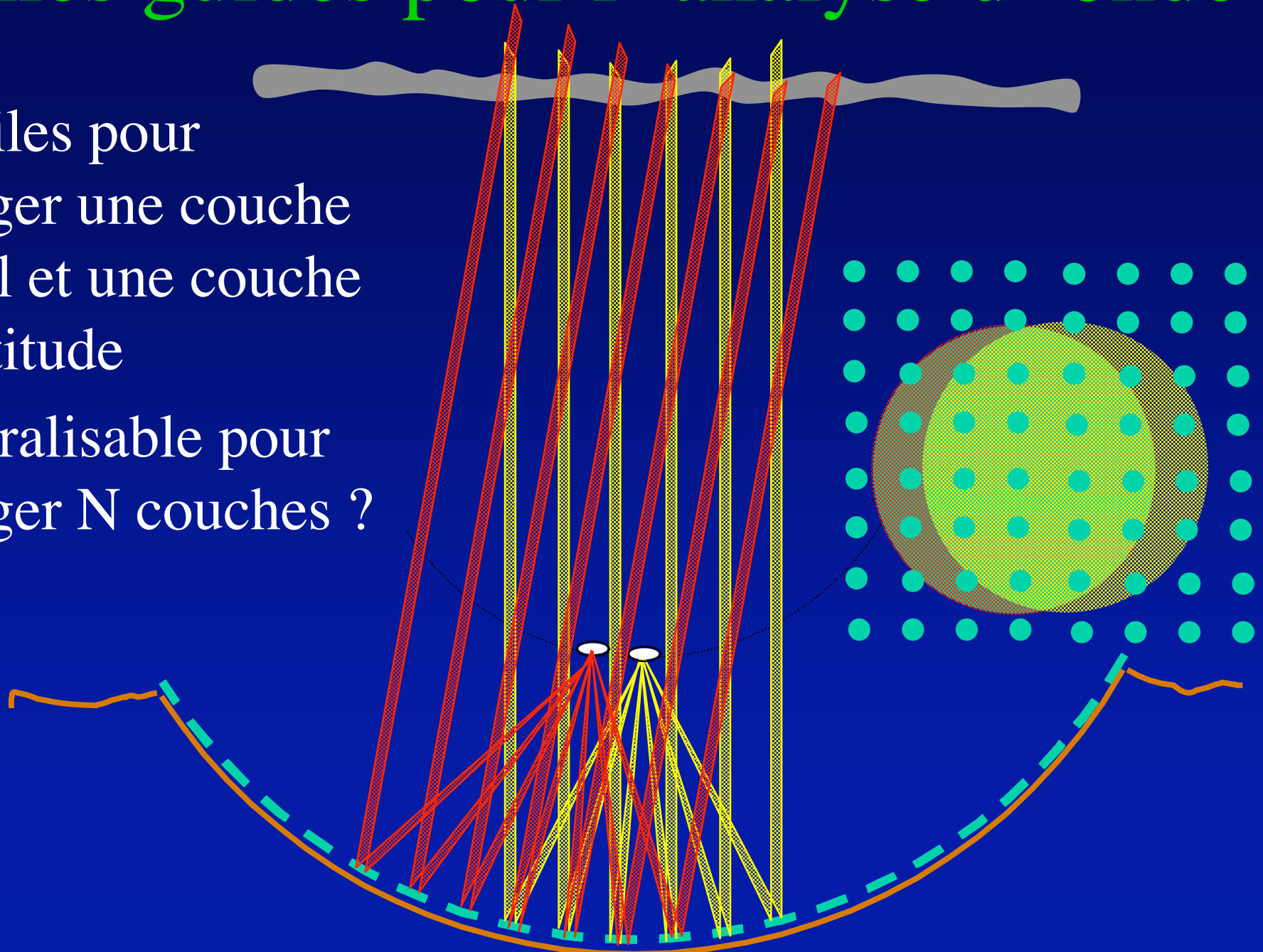
Optique adaptative pour 1km ? tomographie de 1 'atmosphère?

Ragazzoni et al. , Nature, 6 janvier 2000



Etoiles guides pour l'analyse d'onde

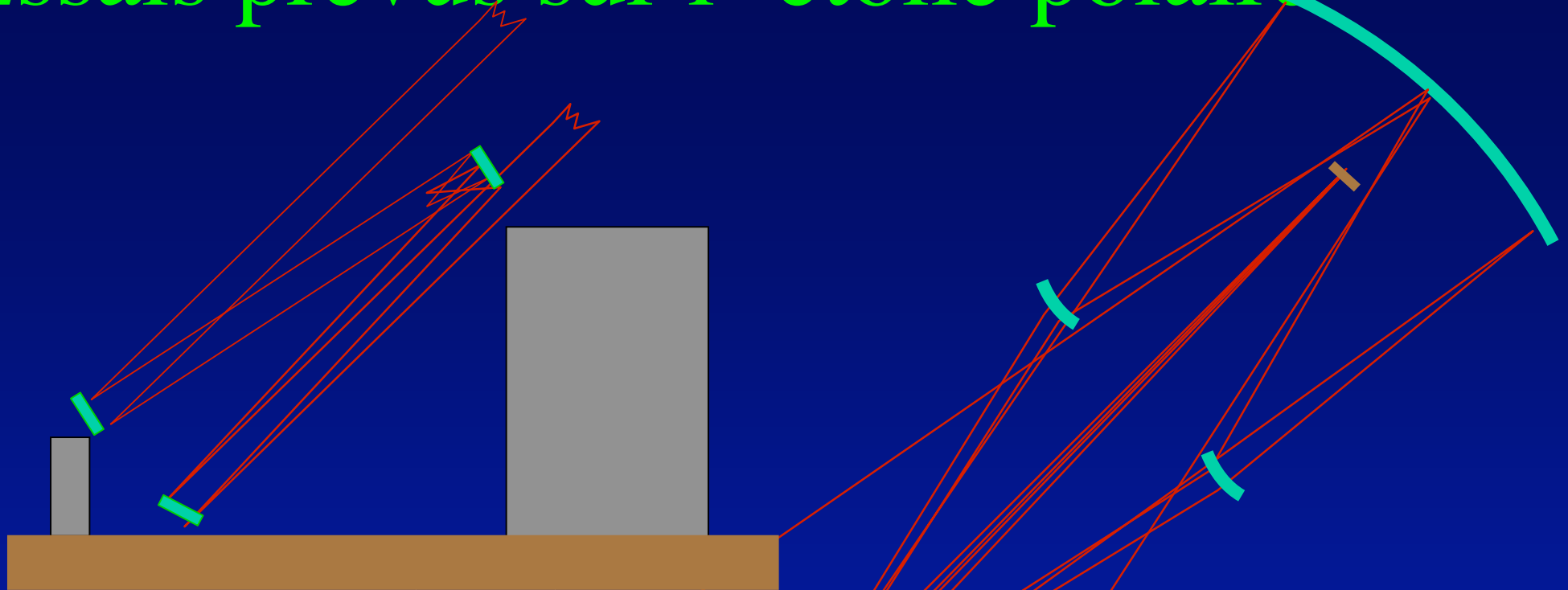
- 2 étoiles pour corriger une couche au sol et une couche en altitude
- Généralisable pour corriger N couches ?



Une stratégie de croissance progressive pour CARLINA

- Essais sur étoile Polaire (sans ballon), avec:
 - optique adaptative
 - bases croissantes
- Agrandir la configuration selon les progrès de l'optique adaptative.... et des versions spatiales

Essais prévus sur l'étoile polaire



- Essais sur étoile Polaire (sans ballon), avec:
 - optique adaptative
 - bases croissantes
- Agrandir la configuration selon les progrès de l'optique adaptative.... et des versions spatiales

Conclusions

- L'optique adaptative progressera-t-elle plus vite que l'interférométrie dans l'espace ?