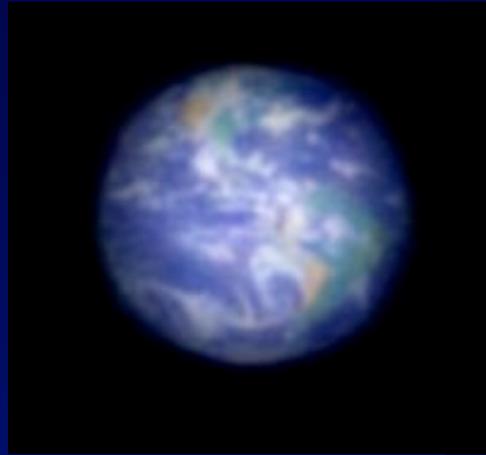


Exo-planètes, étoiles et galaxies : progrès de l'observation



- Cours à Paris les mardis à partir du 12 Février
- 3 cours & séminaires à Nice le 29 Mai
- Détails sur www.college-de-france.fr/chaieres/chaire11/lise.html
- les fichiers des projections y seront affichés

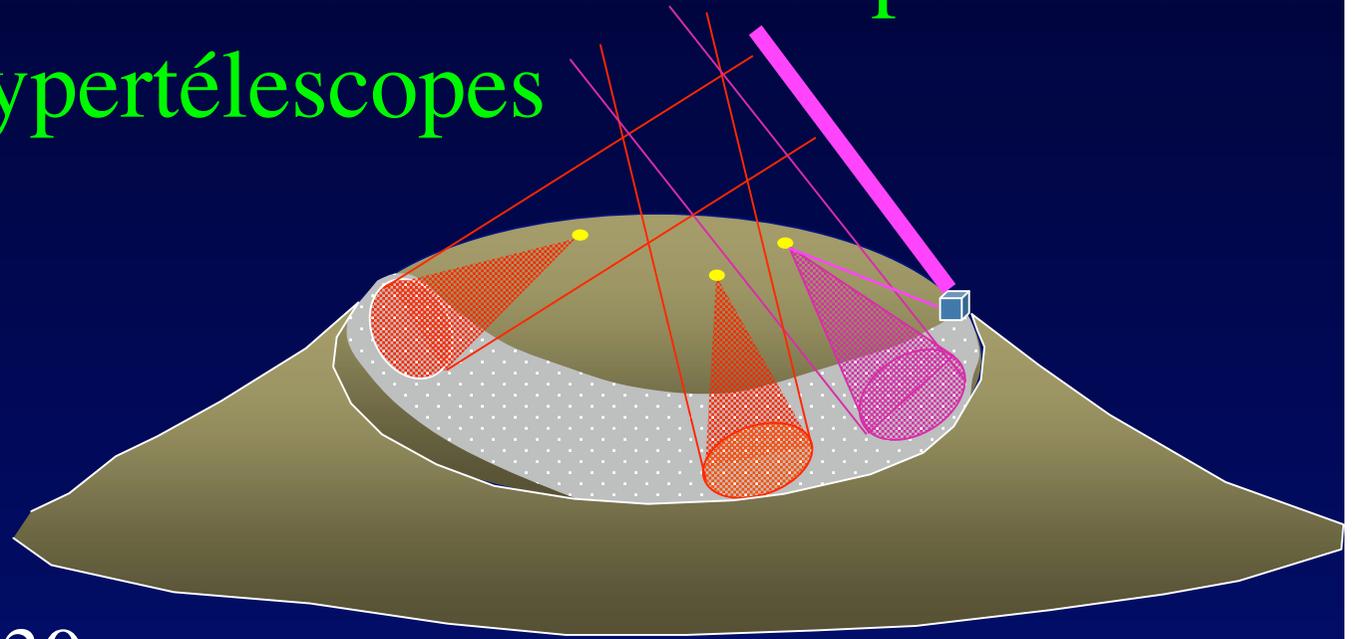
Calendrier 2008

- 11 Mars : Faisabilité d'une Etoile Guide Laser pour mettre en phase les hypertélescopes
 - Séminaire: M.Aurière, OMP "Imagerie magnétique de la surface des étoiles: intérêt des géantes rouges "
- 18 Mars: Faisabilité d'une "Etoile Guide Laser" pour mettre en phase les hypertélescopes
 - Séminaire: H. Le Coroller , OAMP
- 25 Mars **"Propositions d'hypertélescopes pour l'espace: Stellar Imager et Luciola"**
 - Séminaire: Guy Perrin Obs. Paris-Meudon
- 1er Avril **« propositions d'hypertélescopes pour l'espace: piégeage par laser »**
 - Séminaire: Didier Pelat, " Arithmétique, interférométrie, et recherche de la vie extraterrestre"
- **3 cours et séminaires sont aussi prévus a Nice le 29 Mai**

Fichiers (pdf) de projections des cours 2006-07 bientôt téléchargeables sur :
www.college-de-france.fr

Aujourd'hui:

Faisabilité d'une Etoile Guide Laser pour mettre en phase les hypertélescopes



Séminaire à 17h30:

Michel Aurière, Observatoire Midi-Pyrénées

" Imagerie magnétique de la surface des étoiles: intérêt des géantes rouges "

Grandes énigmes:

Matière sombre

- la rotation des galaxies, leur effet de lentille gravitationnelle sur des sources d'arrière plan, ne correspondent pas à l'effet gravitationnel de la matière observée
- Il semble y avoir de la masse invisible
- mais sous quelle forme ?

Masse cachée

Matière émissive X



Grandes énigmes:

Energie sombre

- Observations récentes de supernovae:
 - expansion accélérée de l'Univers ?
- Répulsion par "dark energy" ?

Hubble Space Telescope Ultra Deep Field

Prévision de collisions



Impact d'astéroïde sur Terre-NASA

Grandes énigmes:

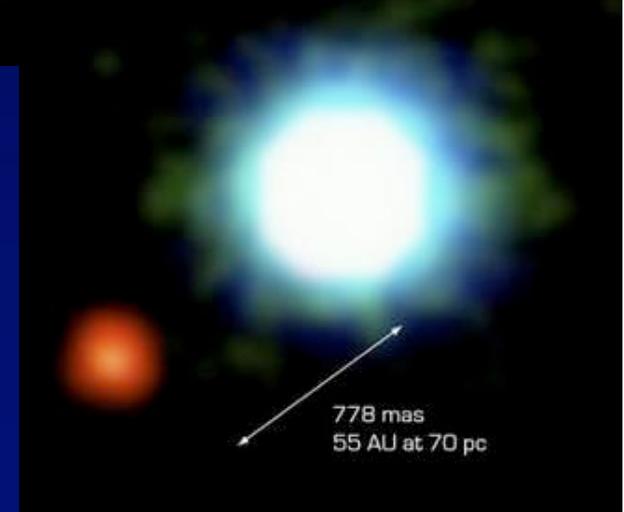
La vie dans l'Univers

- Existe-t-elle ailleurs ?
- Sous quelles formes ?
- Pourrons-nous la détecter ?
- 277 exo-planètes déjà détectées



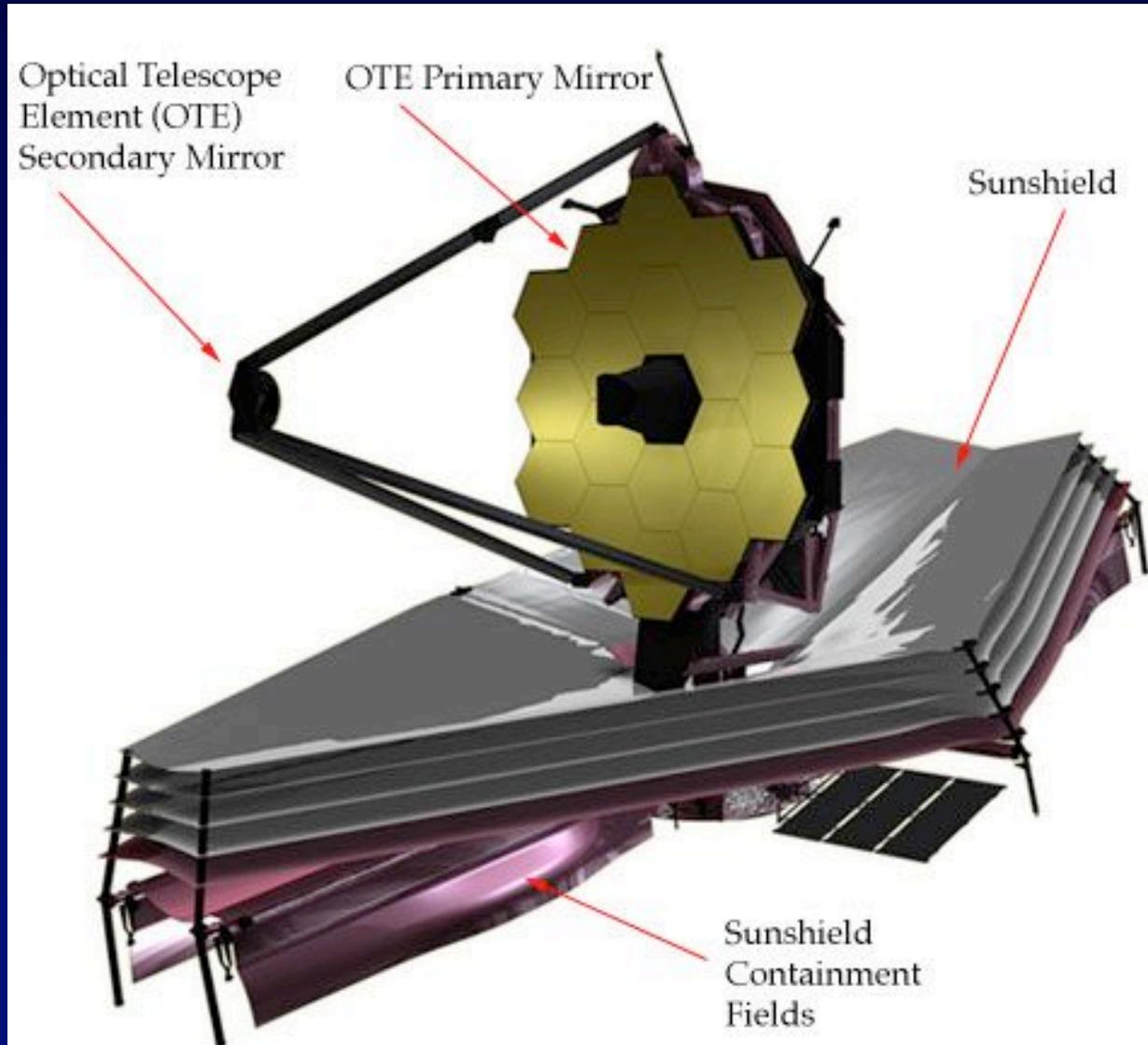
Jupiter Aurora
Hubble Space Telescope • STIS

NASA and J. Clarke (University of Michigan) • STScI

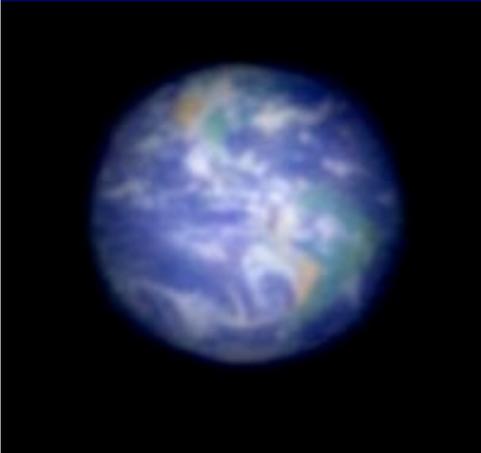


Successeur de Hubble

Equipé de coronographe exo-planétaire



Vers la recherche de vie



- Voir ainsi une Terre à 10 années lumière ? Et sa végétation ?
- C'est possible avec un hypertélescope de 100km:
 - 100 miroirs de 3m
 - ou 10 000 de 30cm
 - ou un million de 3cm, piégés par laser ?

•

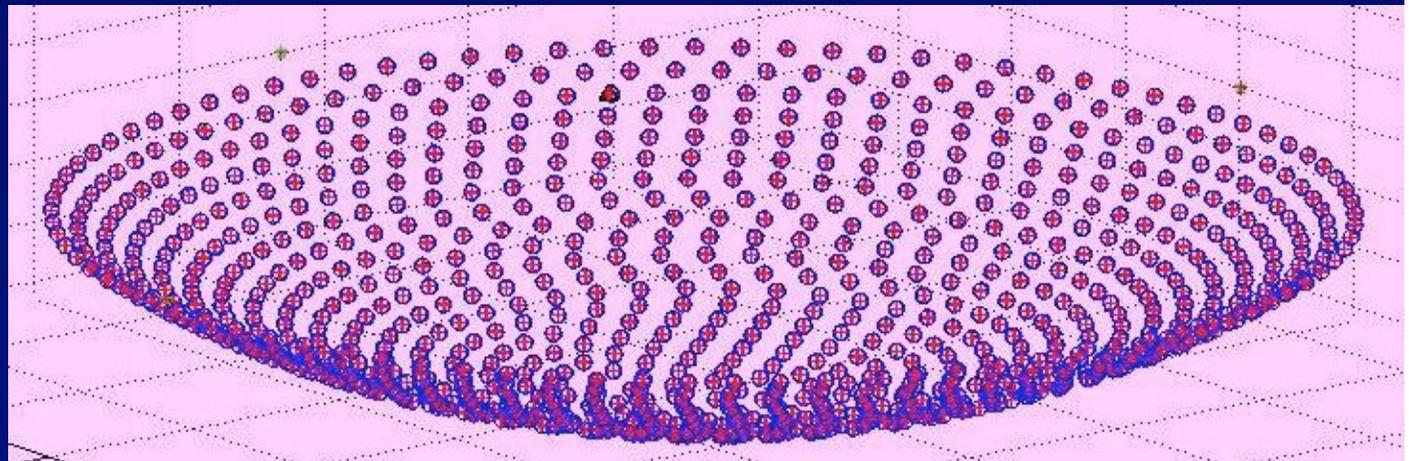
Les hypertélescopes vont s'attaquer aux galaxies lointaines

- Les interféromètres permettent de mieux voir des étoiles brillantes
- Il s'agit maintenant d'en faire des images...
- ... et d'étendre aux objets faibles



Une nouvelle famille d'interféromètres: les hypertélescopes

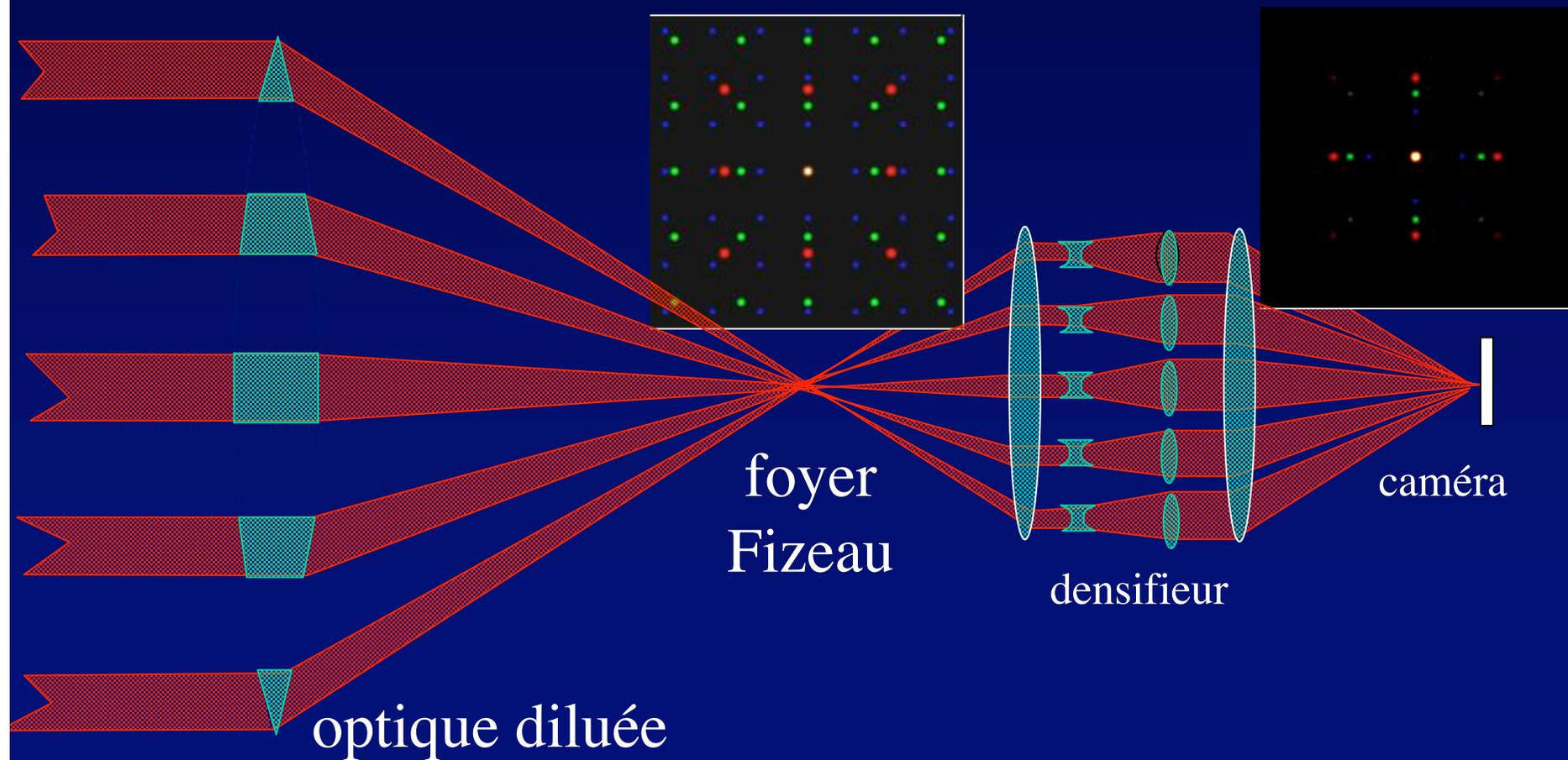
- Nombreuses ouvertures, petites ou grandes
- Permet l'imagerie directe
- ... et la coronographie
- Vastes perspectives au sol et dans l'espace



Principe de l'hypertélescope

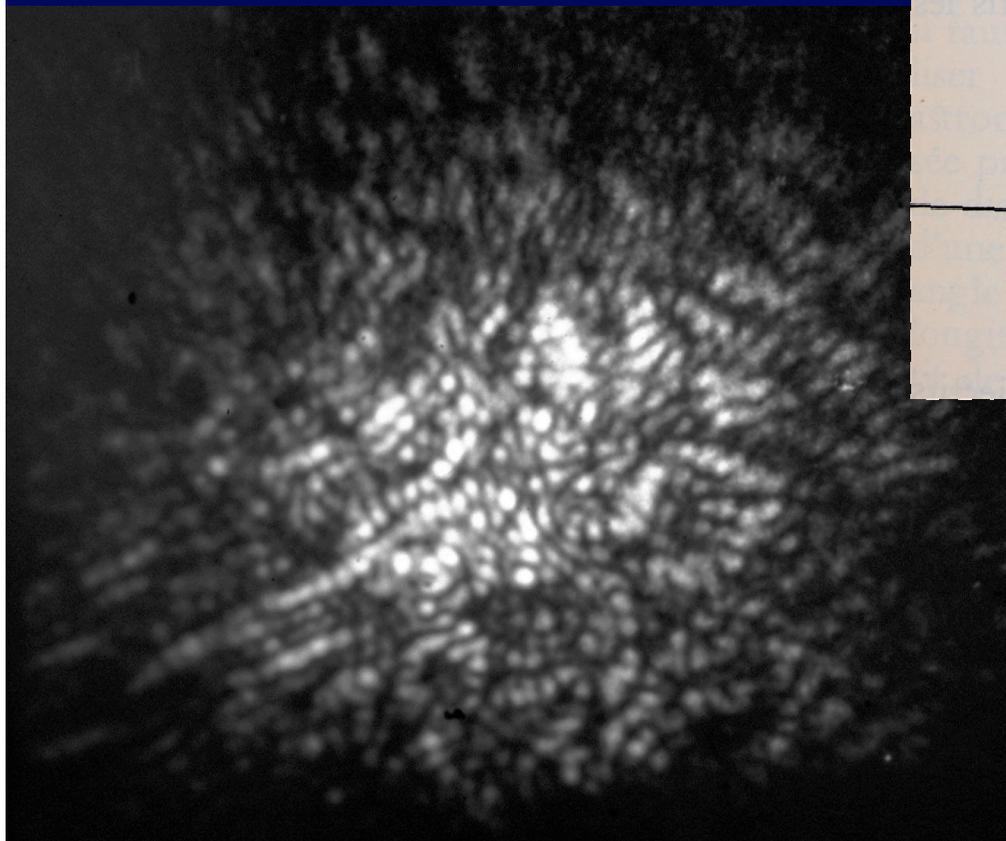
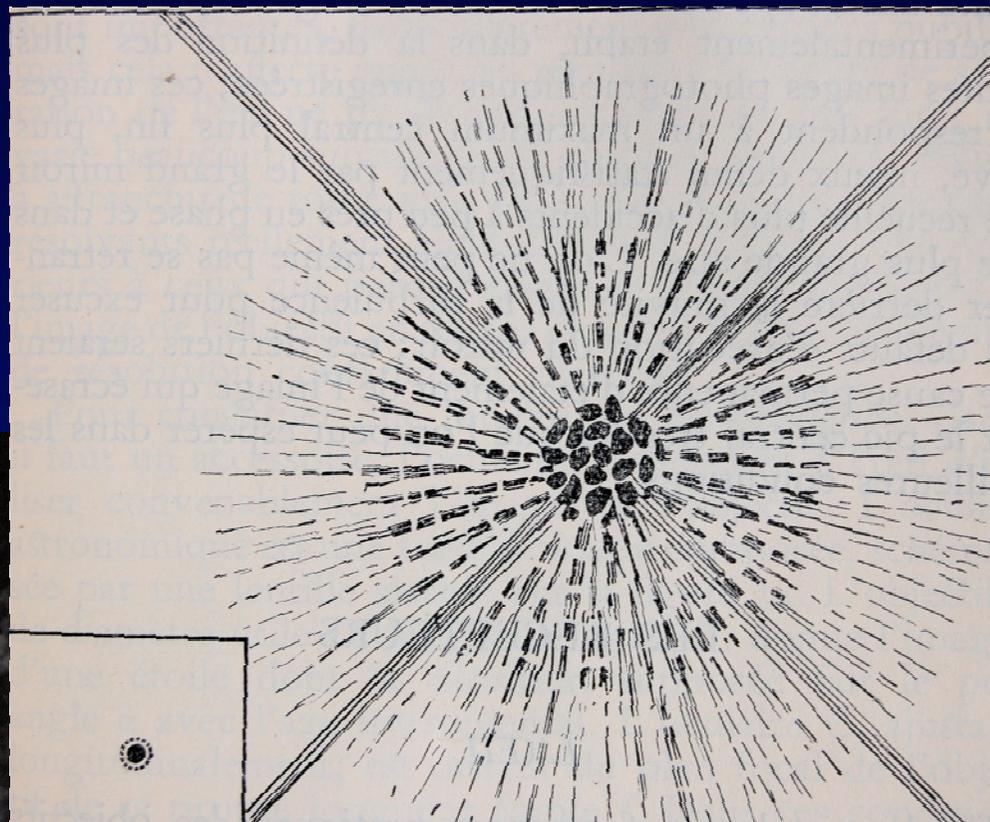
ou « interféromètre imageur multi-ouverture à pupille densifiée »

(Labeyrie A&A, 1996)



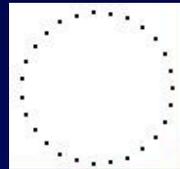
Vibrations en phase:

J. Texereau, La construction
du télescope d'amateur →

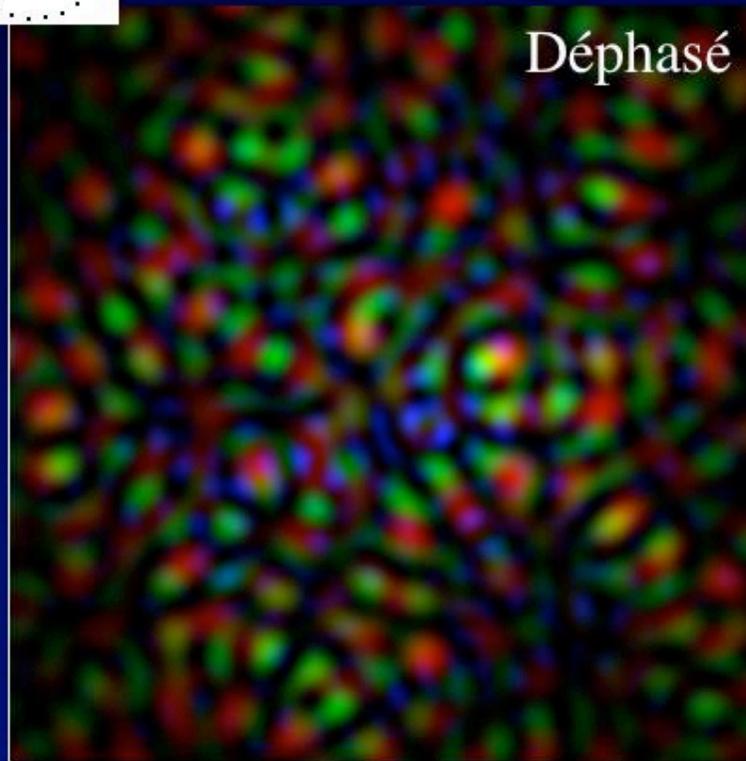


Mettre en phase les interféromètres

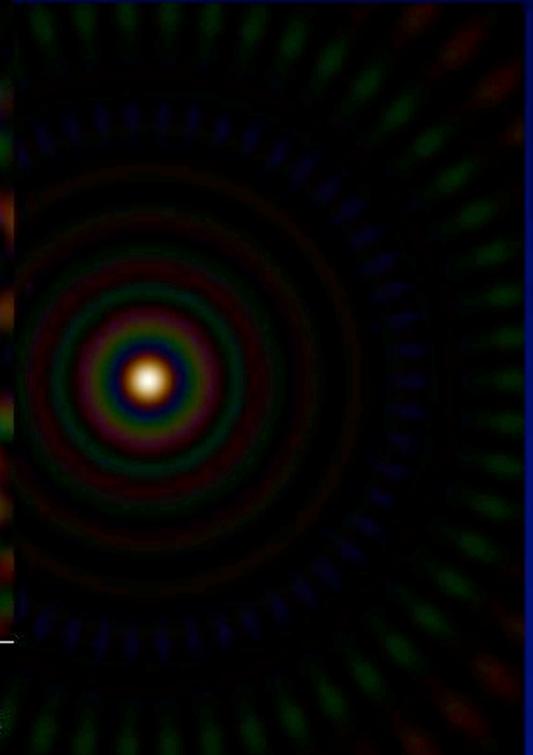
- ... en présence de turbulence



27 ouvertures en cercle



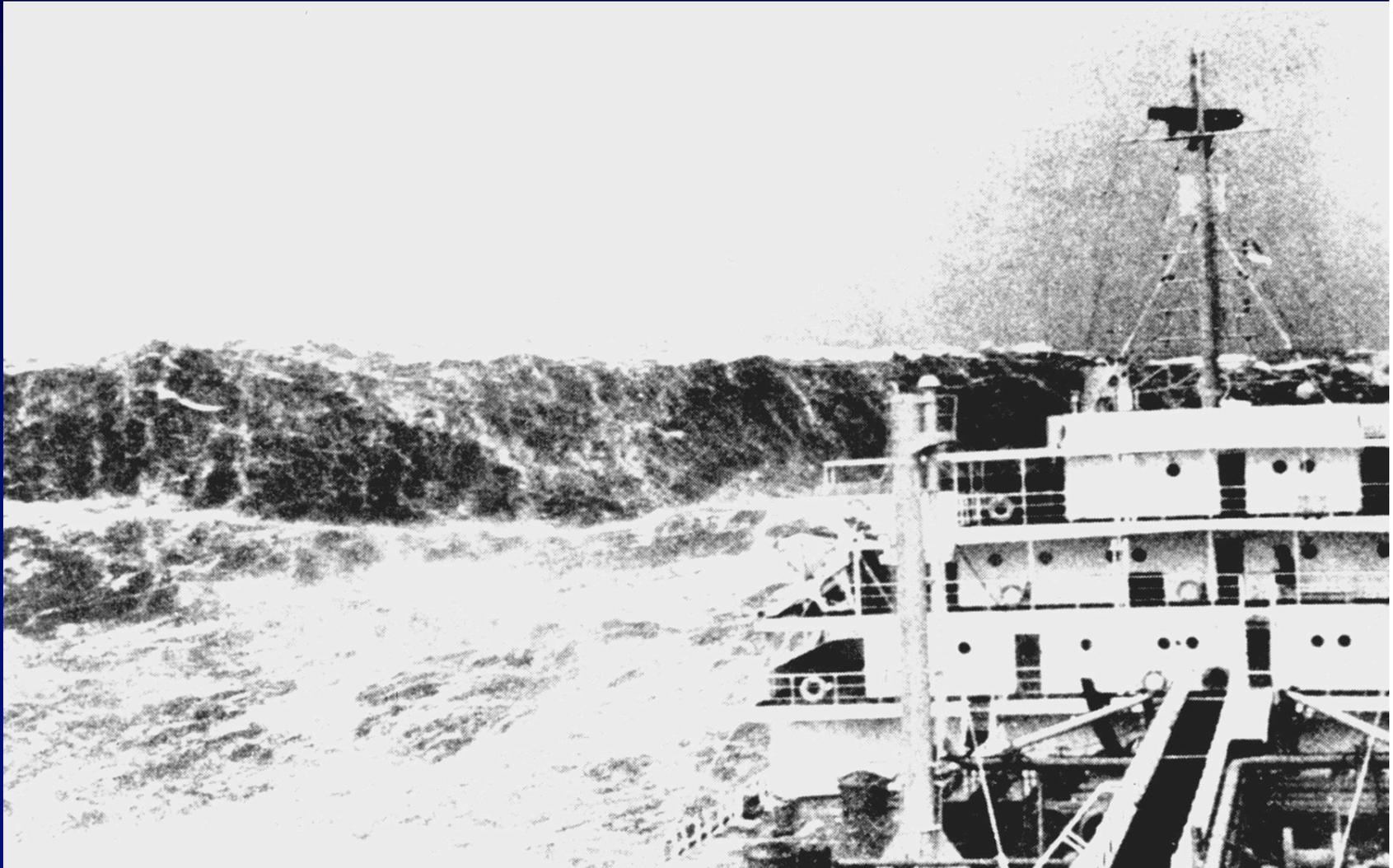
Déphasé



En phase

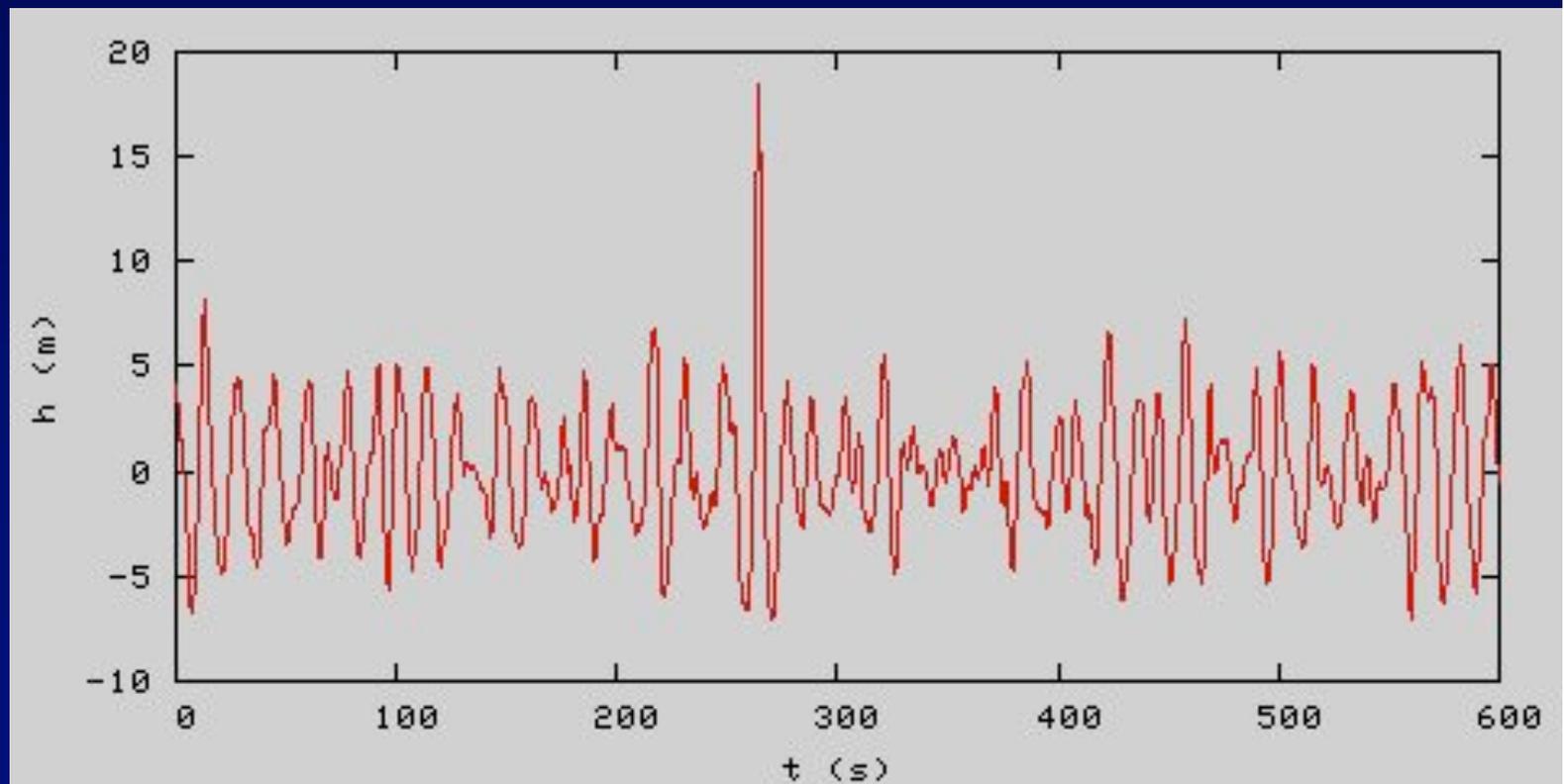
Vibrations en phase:

la vague monstre



La vague monstre

- Enregistrée sur une plate-forme pétrolière Mer du Nord (1/1/1995)



Simulations d'imagerie hypertélescope

objet

ouverture

fonction
d'étalement

image

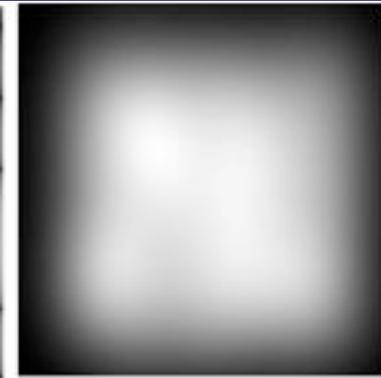
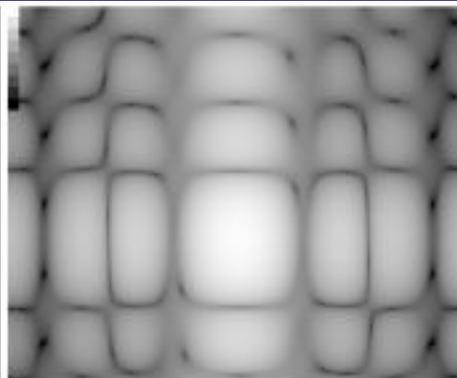
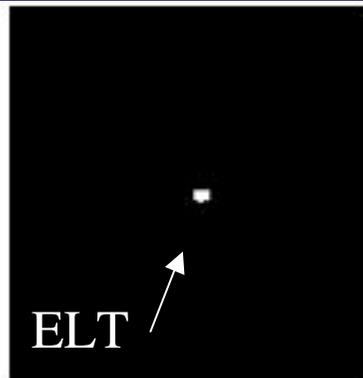
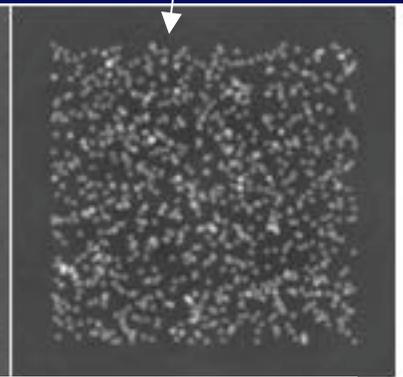
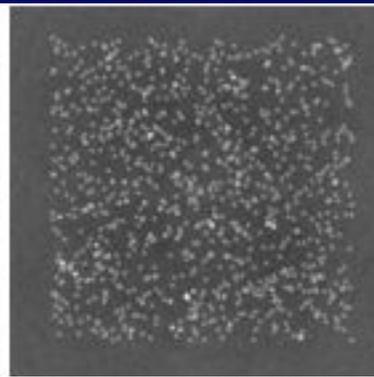
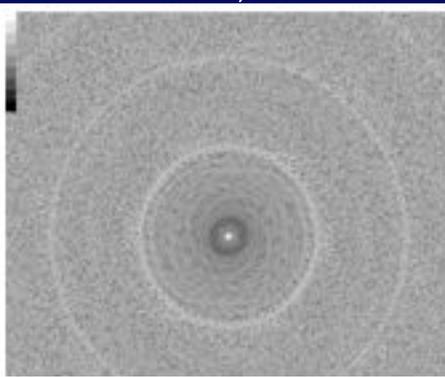
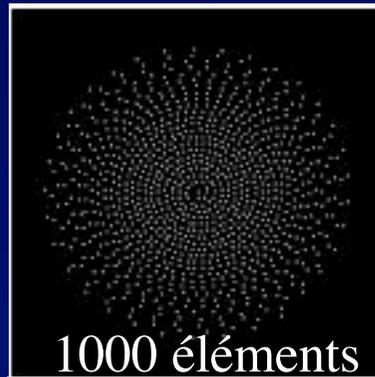
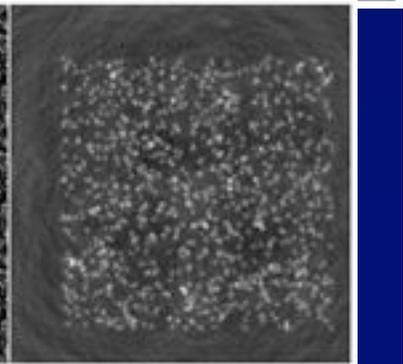
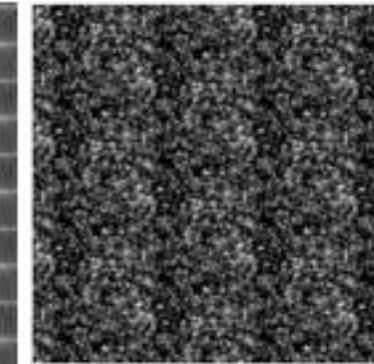
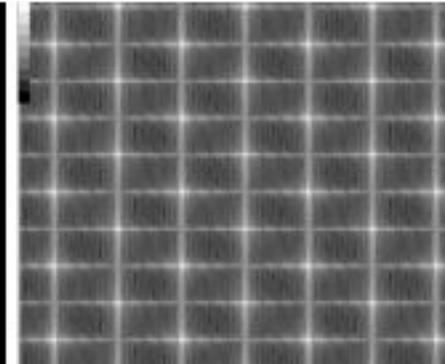
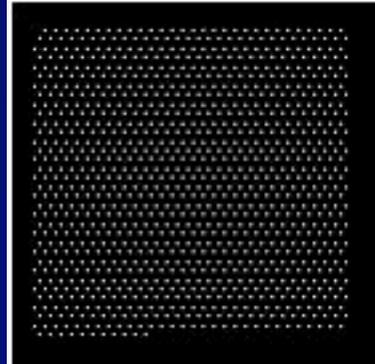


Image avec
rotation

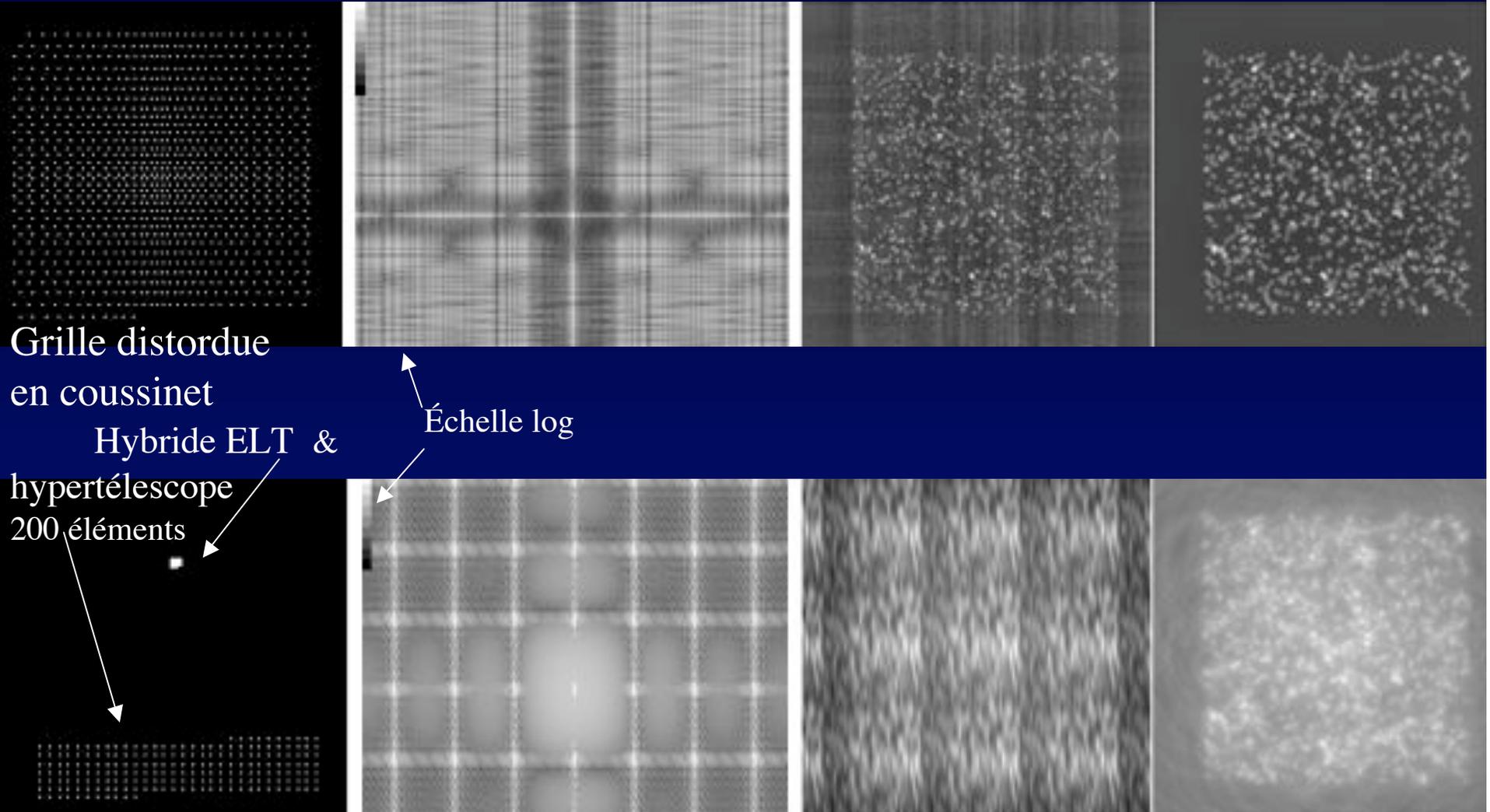
spirale



grille



Simulations d'imagerie hypertélescope (suite)



- la rotation d'ouverture améliore l'image en lissant les pieds
- le couplage ELT & hypertélescope est un peu moins bon

Miroirs portés par des câbles ?



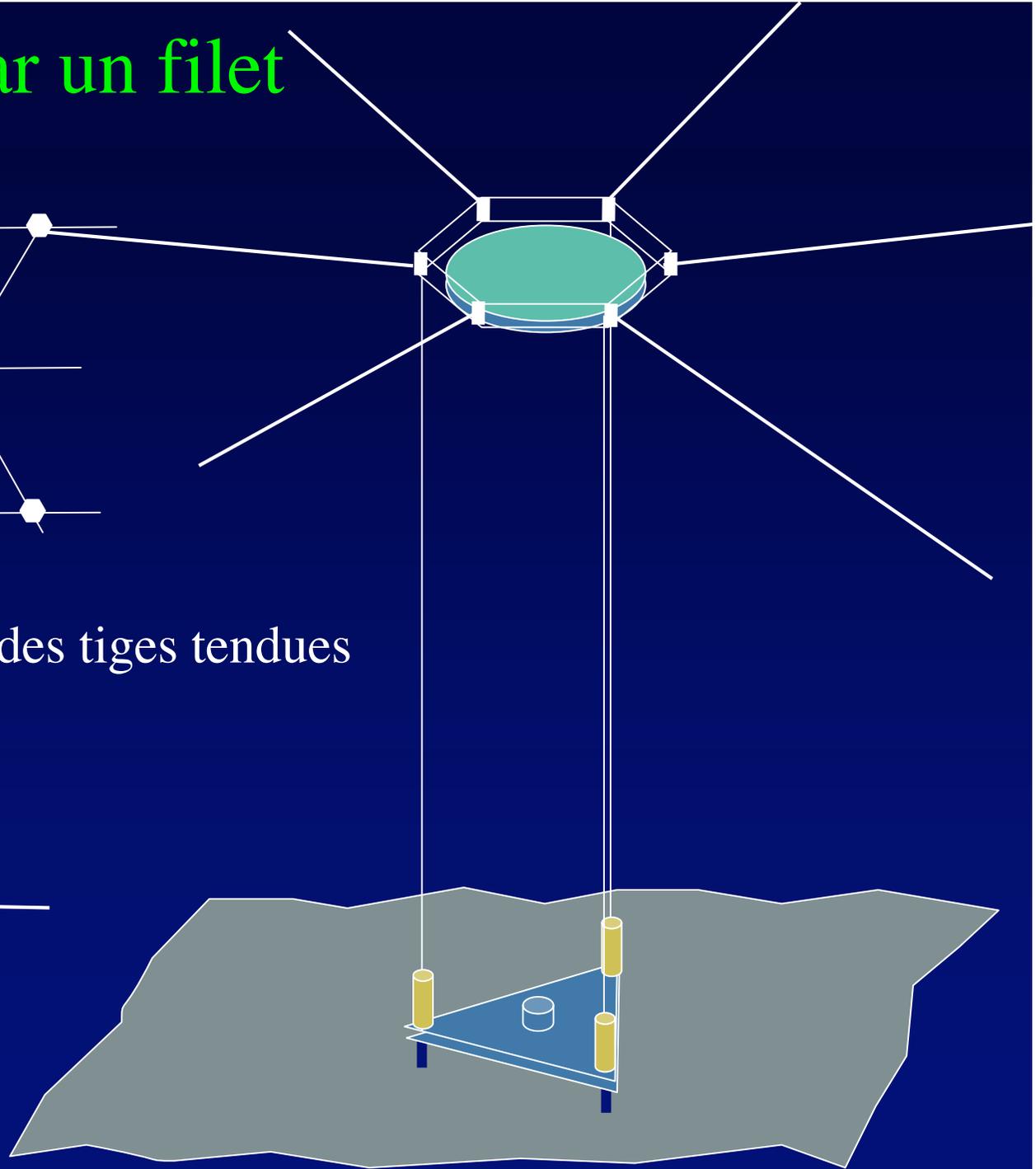
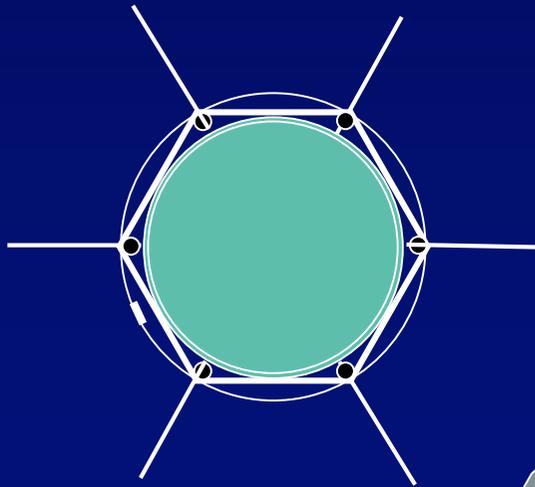
- C'est le cas du radiotélescope d'Arécibo (330m)
- S'affranchit de la topographie
- Utilisable en optique ?



Miroirs portés par un filet



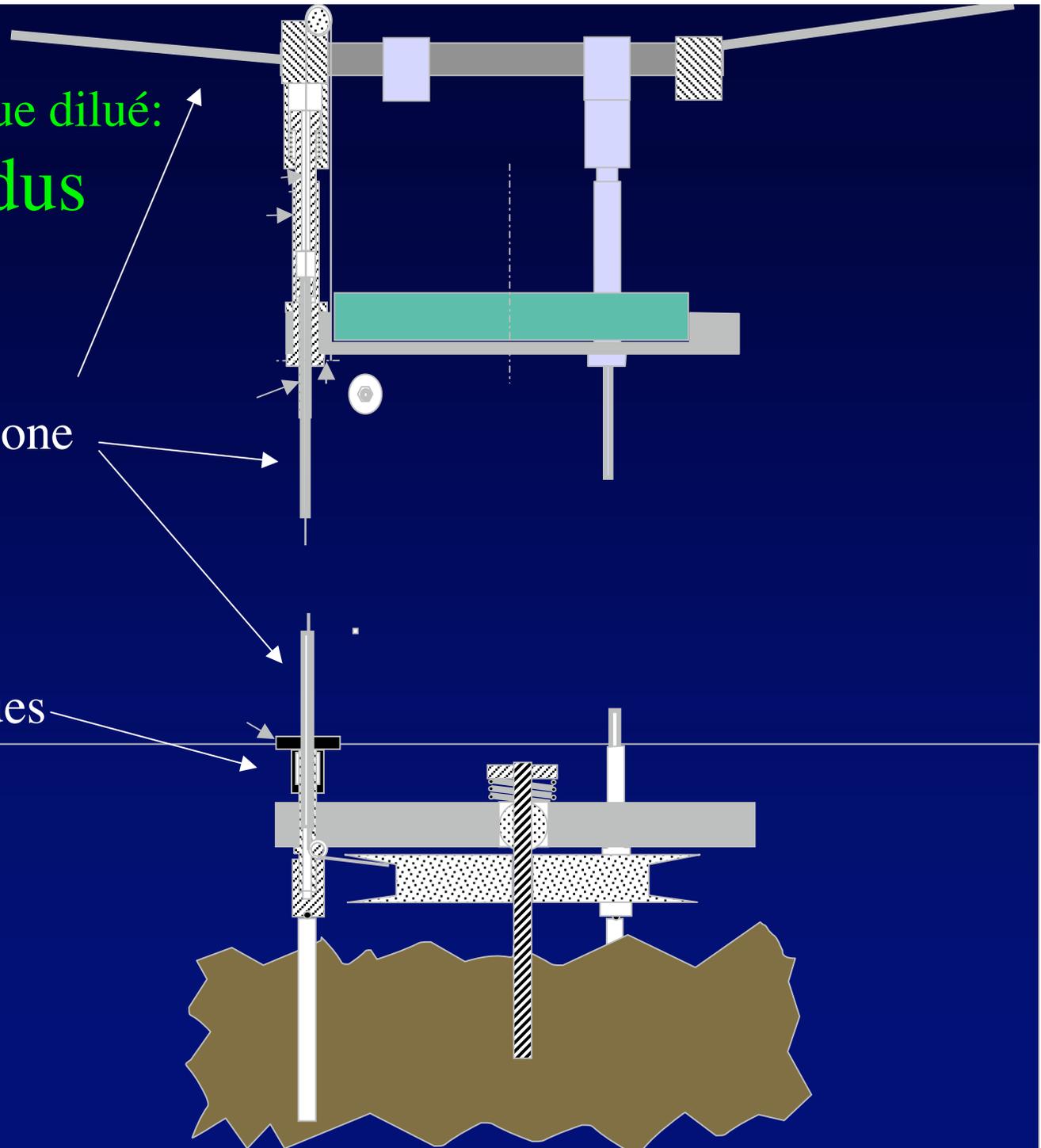
- Hauteur définie par des tiges tendues



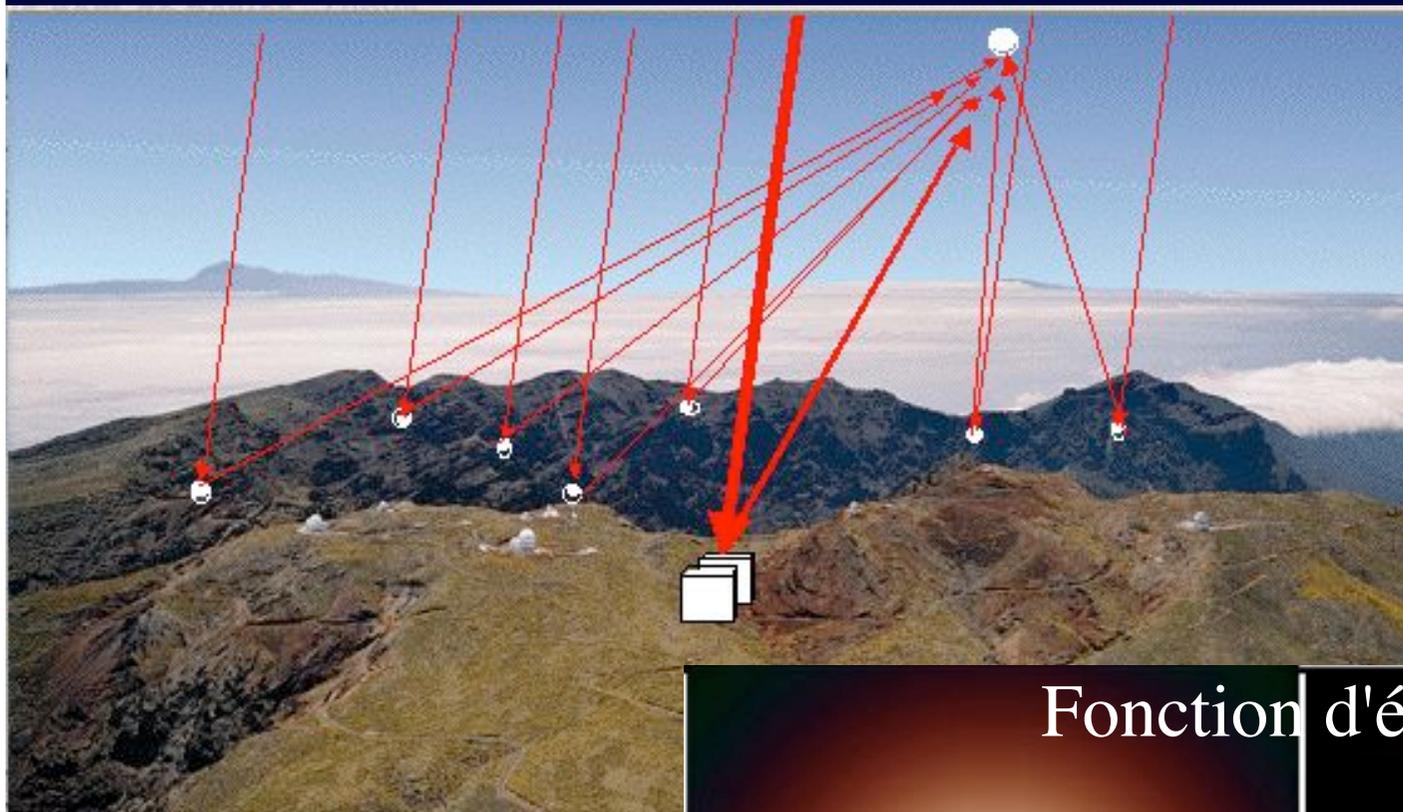
Version Arécibo optique dilué:
miroirs suspendus

Tiges en carbone

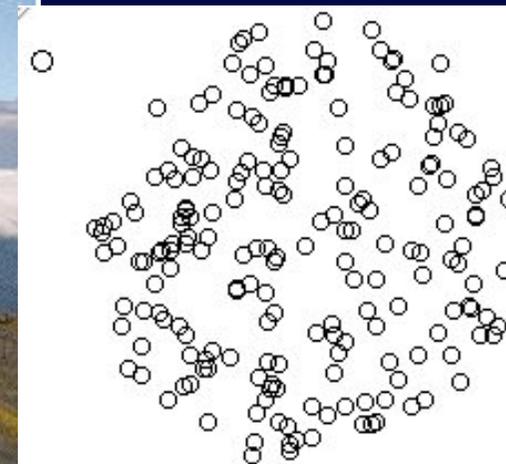
Vis micrométriques



Une synergie intéressante: ELT et hypertélescope couplés



Densification de pupille
inégale: 1 et 40



- ELT de 50m + hypertélescope 1km,
à 200 ouvertures de 1m
- pic rétréci et intensifié x 17

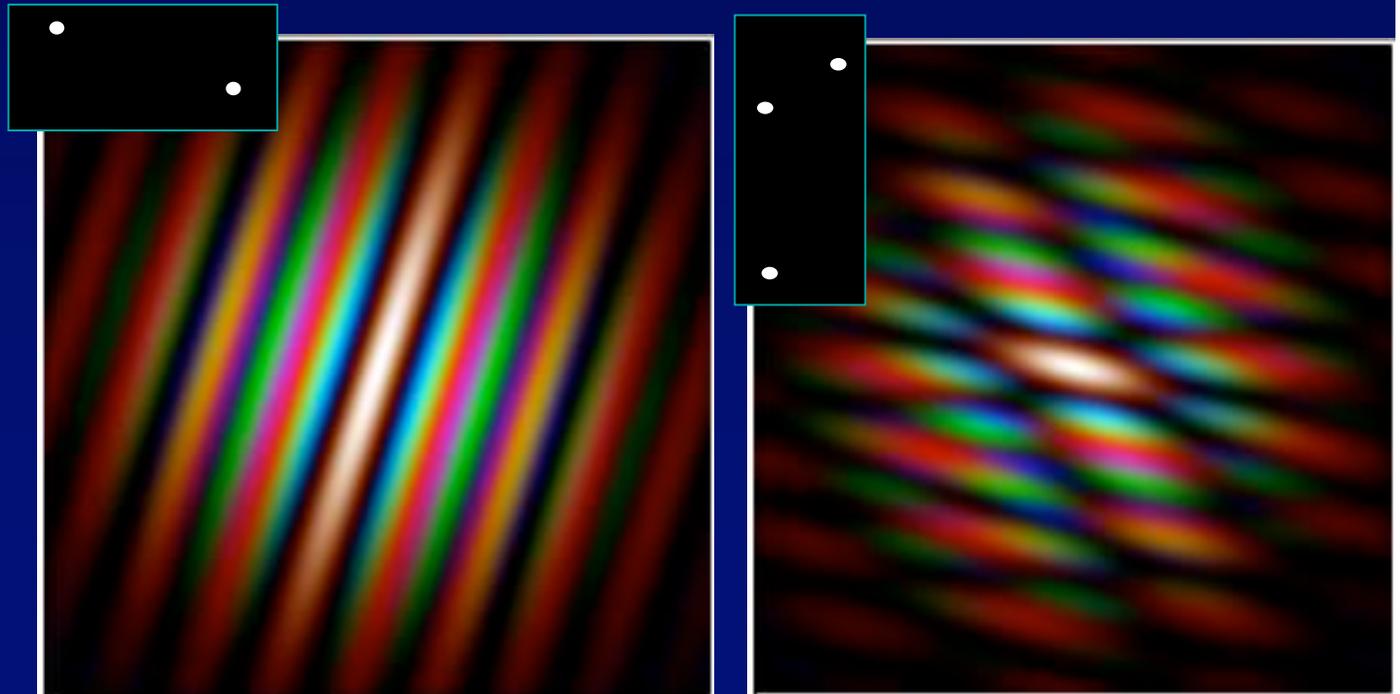
Fonction d'étalement

ELT seul

ELT couplé

Synthèse d'ouverture

- Paires ou triplets
- Déformation de la base ou rotation
- Image par synthèse de Fourier

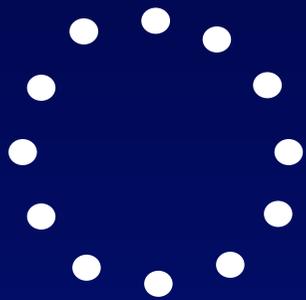


Comparaison

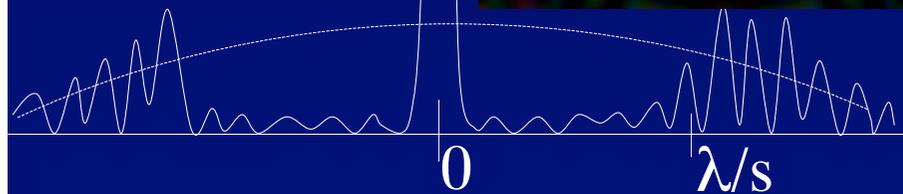
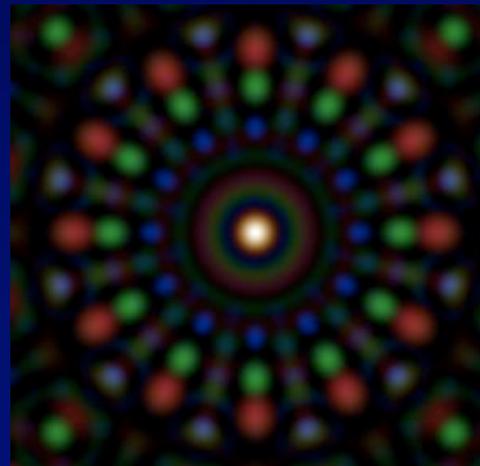
"tout-en-un"

cohérent

- Gain pic/fond
- Gain bruit de photons

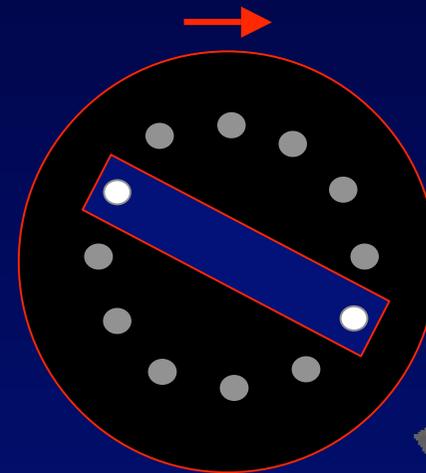


A



synthèse d'ouverture

incohérente



B

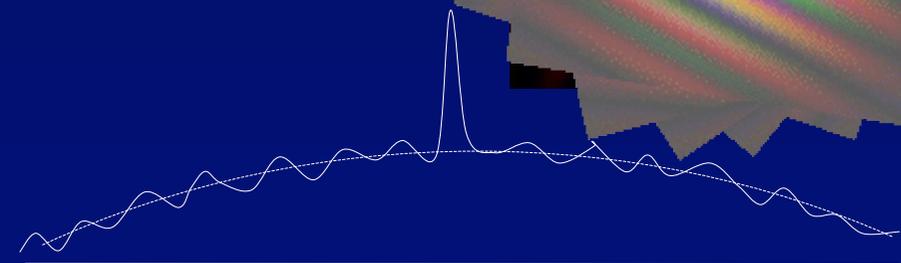
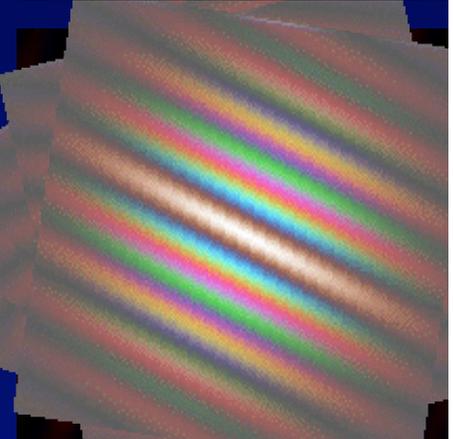
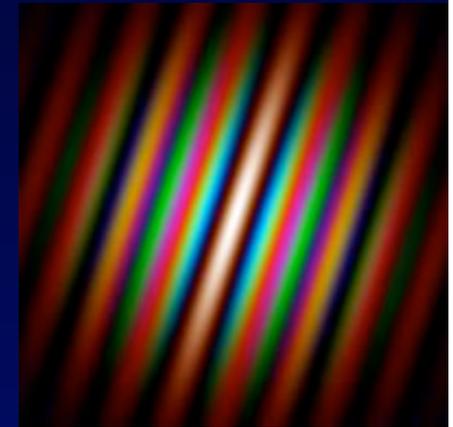
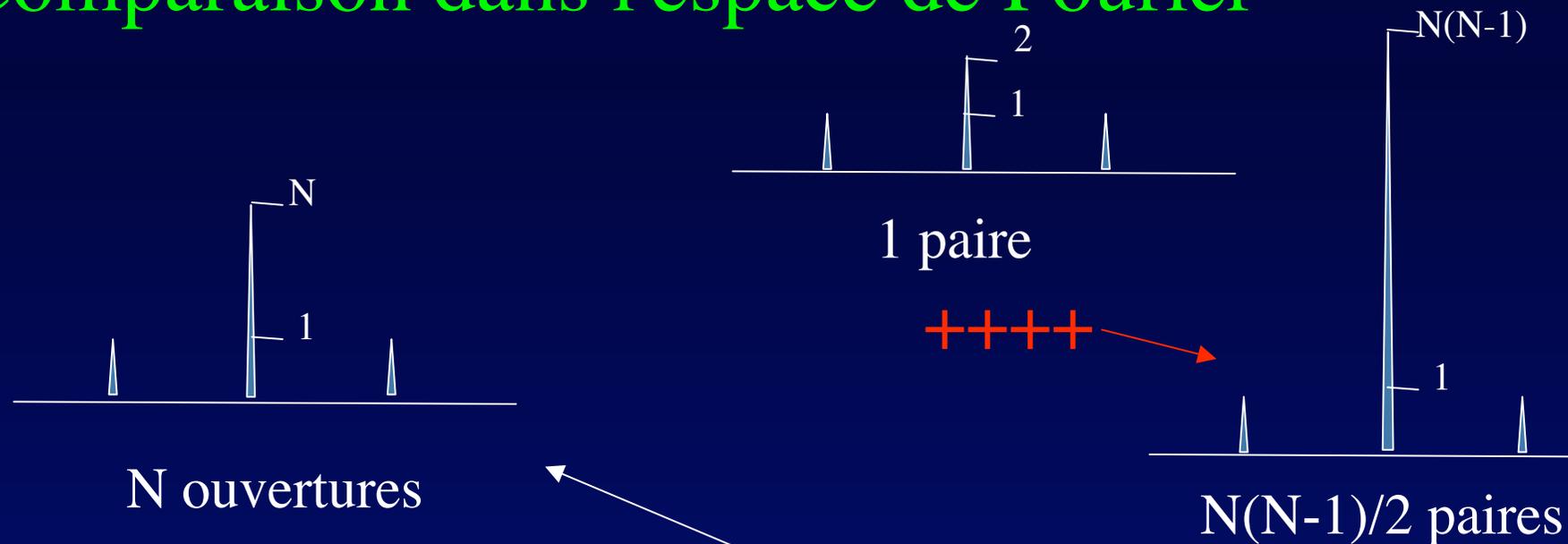


Image intégrée

Comparaison dans l'espace de Fourier



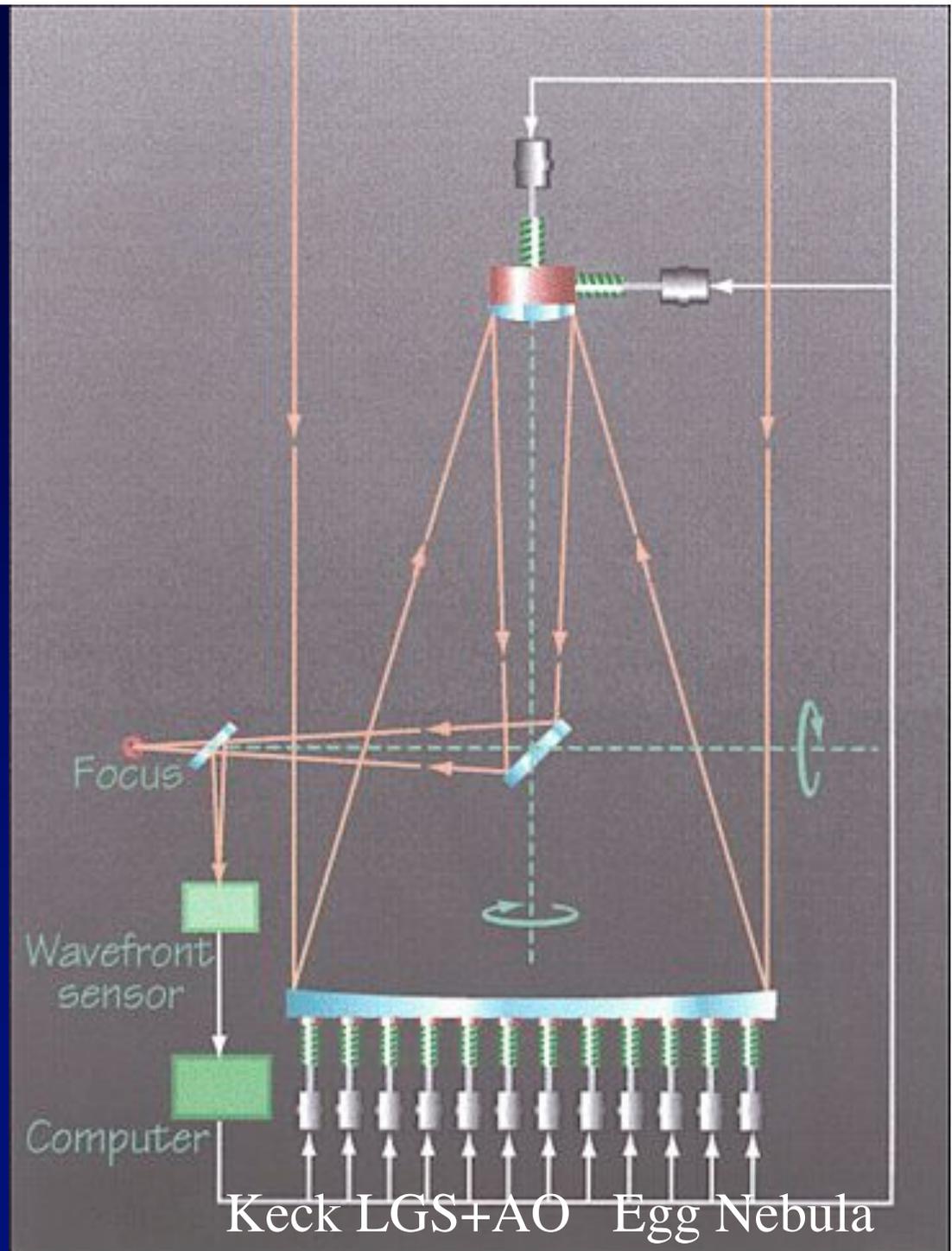
- Comparer l'auto-corrélation de N ouvertures...
- ... à la somme des auto-corrélations de paires ou triplets:
 - pic central $\times N/2$, noyant l'image dans un halo
- et multiplier par la TF de l'objet
- puis revenir dans l'espace image: contraste atténué...
-dégradant le rapport signal/(bruit de photons)

Comparaison hypertélescope et synthèse d'ouverture:

Signal et bruit de photons

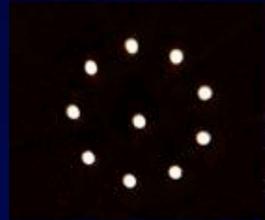
- Hypertélescope : $\text{signal/bruit}_h = (\mathbf{N} P_t / k_d)^{1/2}$
- Synthèse d'ouverture: $\text{signal/bruit}_p = 2 (P_t / \mathbf{N})^{1/2}$
- Gain en dynamique de l'hypertélescope
 $= (1/2) \mathbf{N} (k_d)^{-1/2}$ k_d est l'atténuation du fond dans le champ propre

Optique adaptative



Senseur de piston à « tavelures dispersées »

(Labeyrie, Borkowski, Martinache, 2005)



9+1 ouvertures
non redondantes

Tavelures dispersées

$$\Delta_{\max} = 0,35 \text{ mm}$$

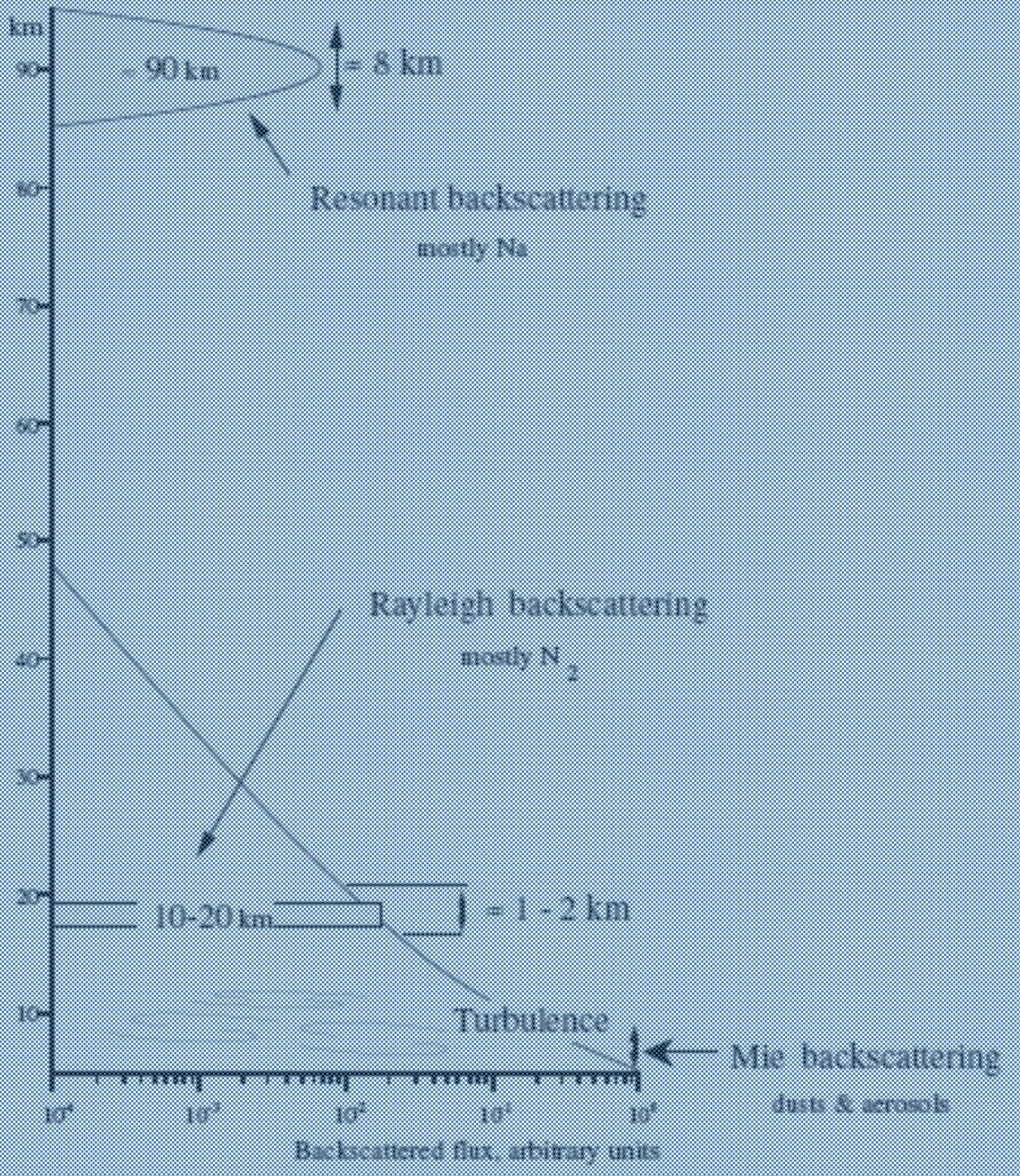
Mise en phase adaptative sur les objets faibles:

Etoile guide laser

- Fonctionne sur quelques télescopes (Keck, VLT)
- Anime l'optique adaptative en l'absence d'étoile brillante
- Inutilisable pour relayer les phases des ouvertures diluées....
- ...Quoique:
... version modifiée "Hypertelescope Laser Guide Star"

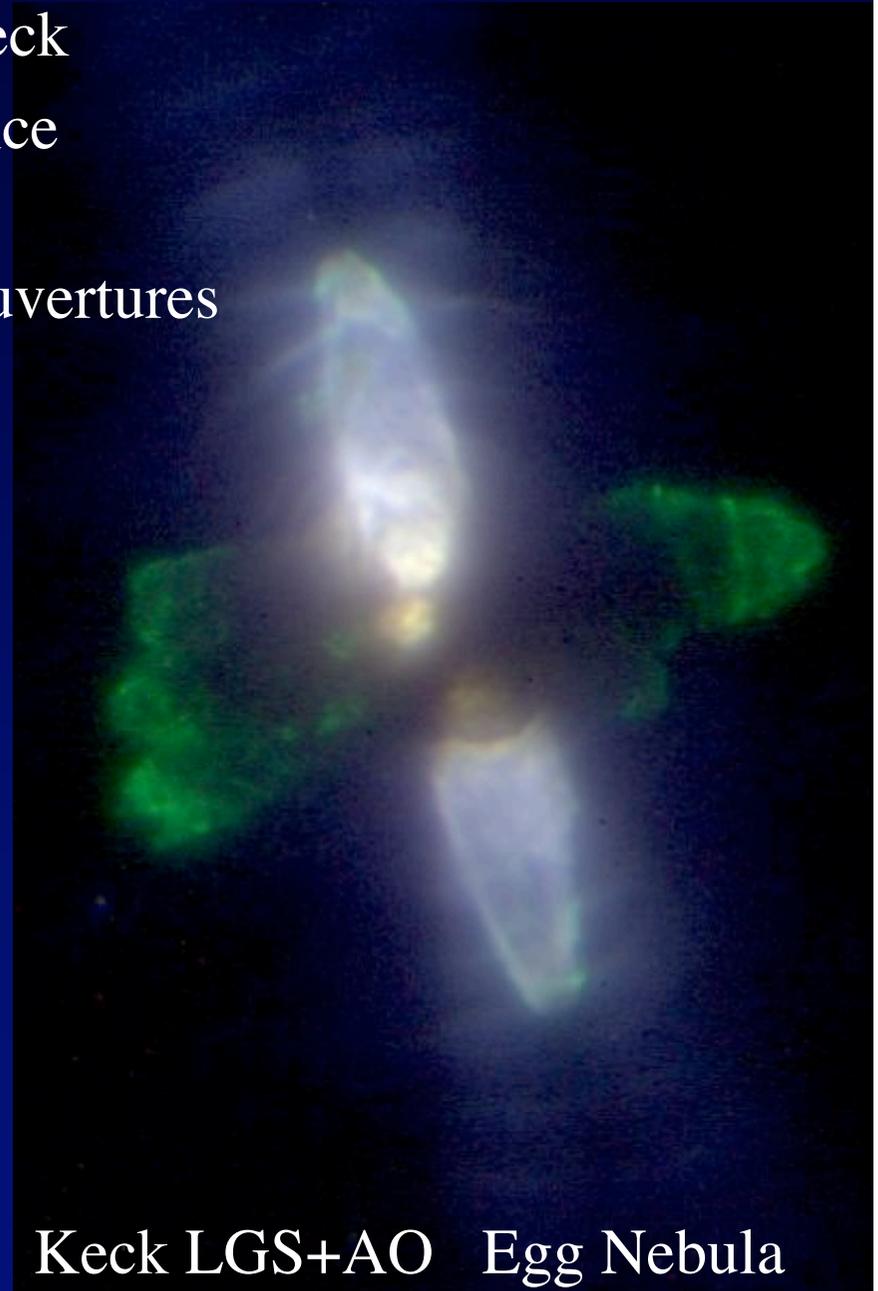


Rétro-diffusion par l'atmosphère



Etoile guide laser

- Fonctionne sur des télescopes, sur Keck
- Anime l'optique adaptative en l'absence d'étoile brillante
- Inutilisable pour relier les phases d'ouvertures diluées.... Quoique ...

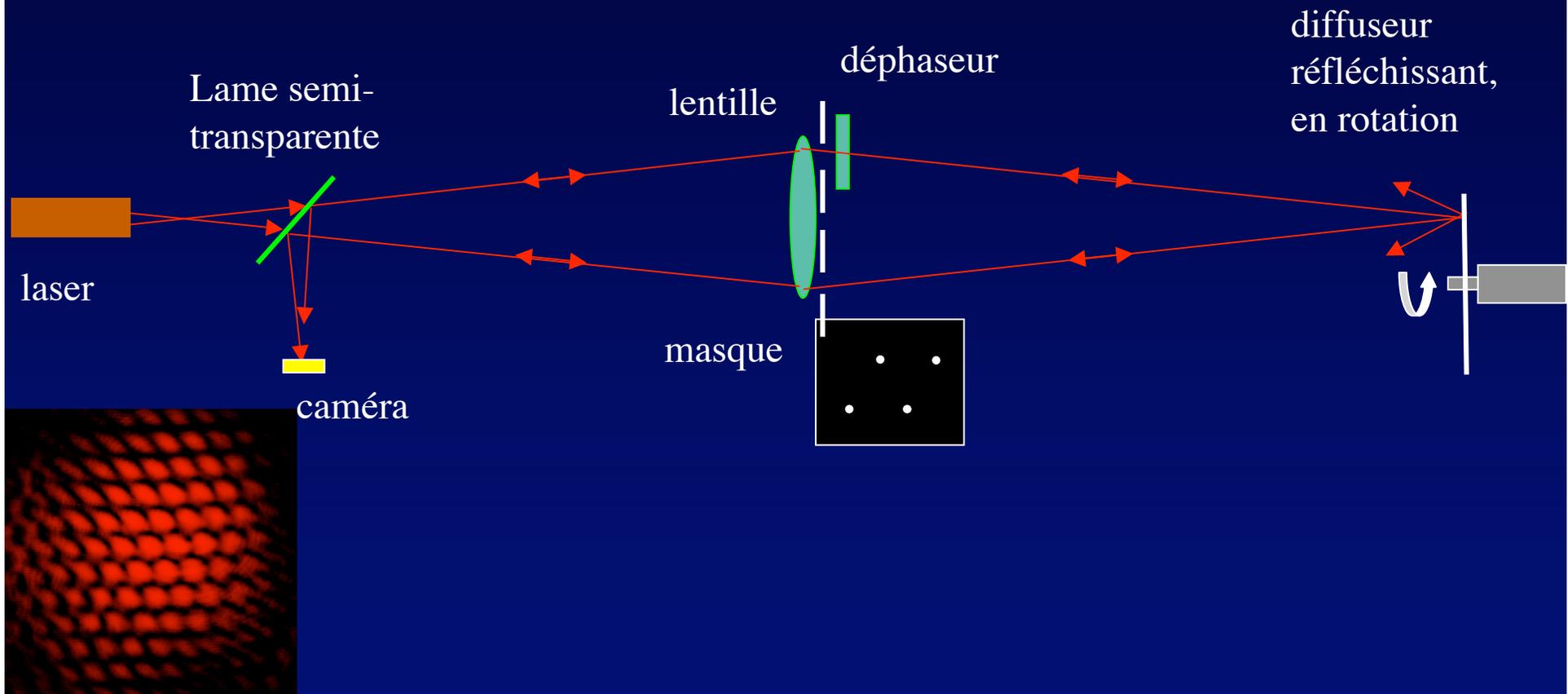


Etoile guide laser:

modifiable pour hypertélescopes ?

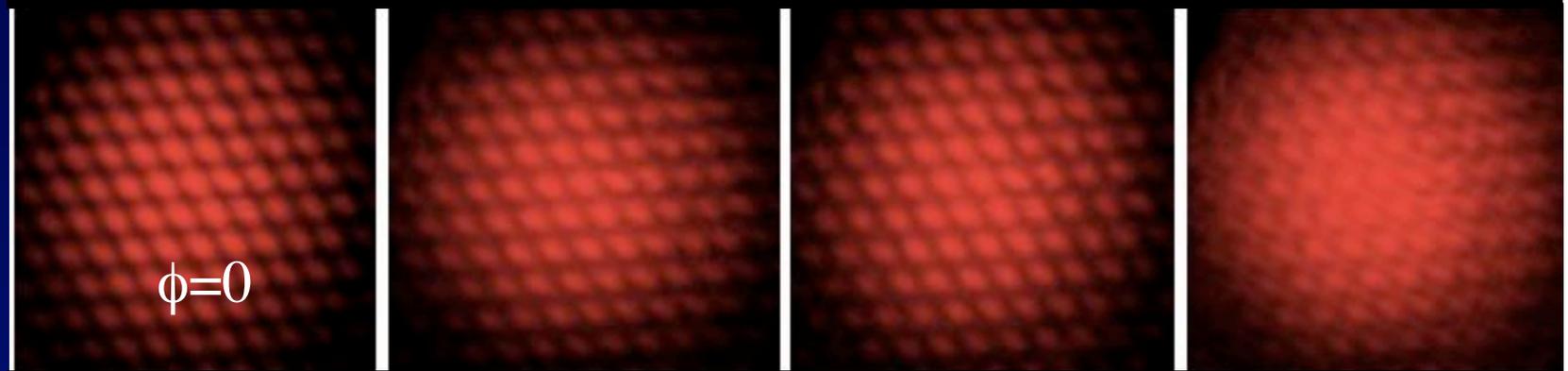
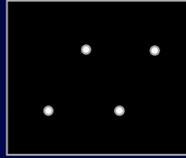
- Fonctionne sur des télescopes, sur Keck
- Anime l'optique adaptative en l'absence d'étoile brillante
- Inutilisable pour relier les phases des ouvertures diluées.... Quoique ...

Etoile guide laser pour hypertélescopes: simulateur en laboratoire

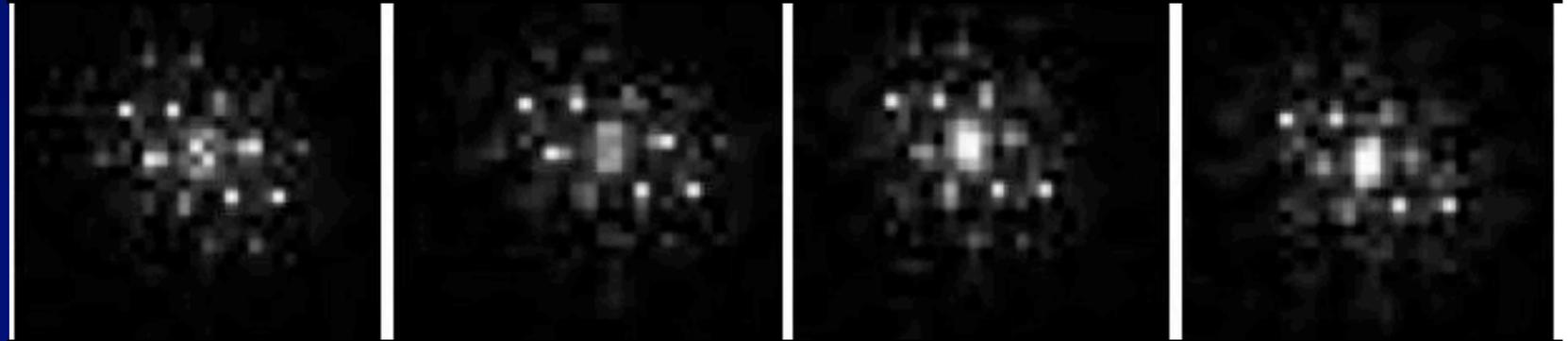


Etoile guide laser pour hypertélescopes: simulation au laboratoire

4 ouvertures
poses longues



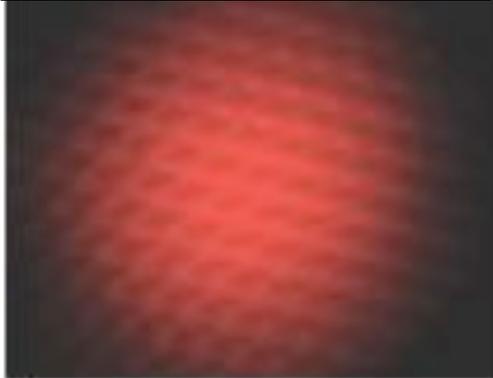
Transformées
de Fourier



Etoile guide laser pour hypertélescopes: autre exemple avec 6+1 ouvertures



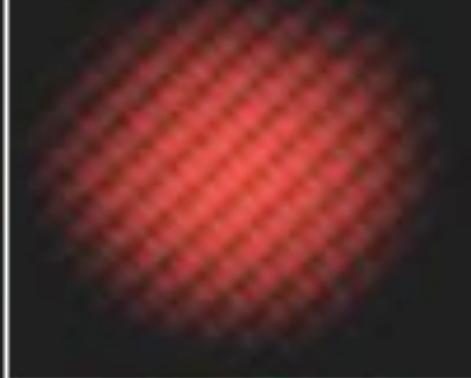
déphasé, rotation



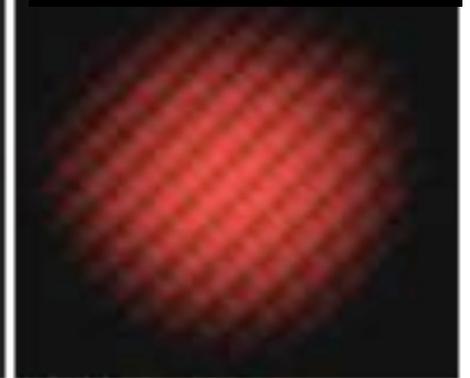
déphasé, rotation



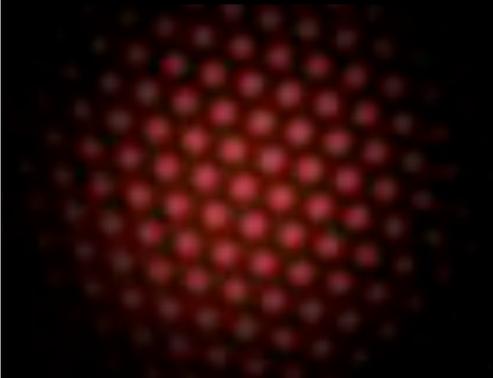
déphasé, rotation



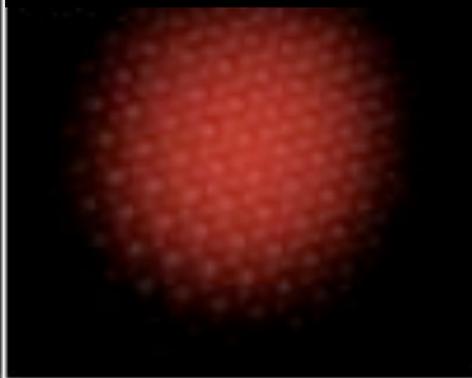
déphasé, rotation



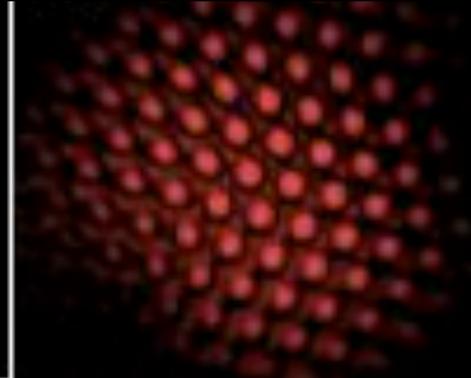
défocalisé, rotation



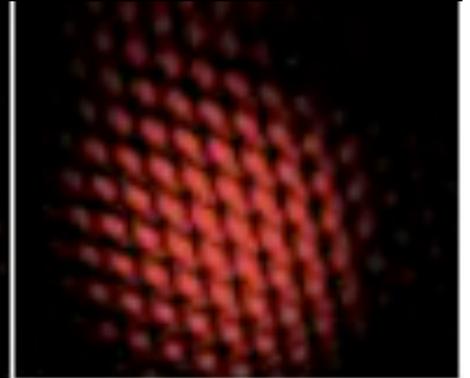
cophasé, rotation



cophasé, fixe

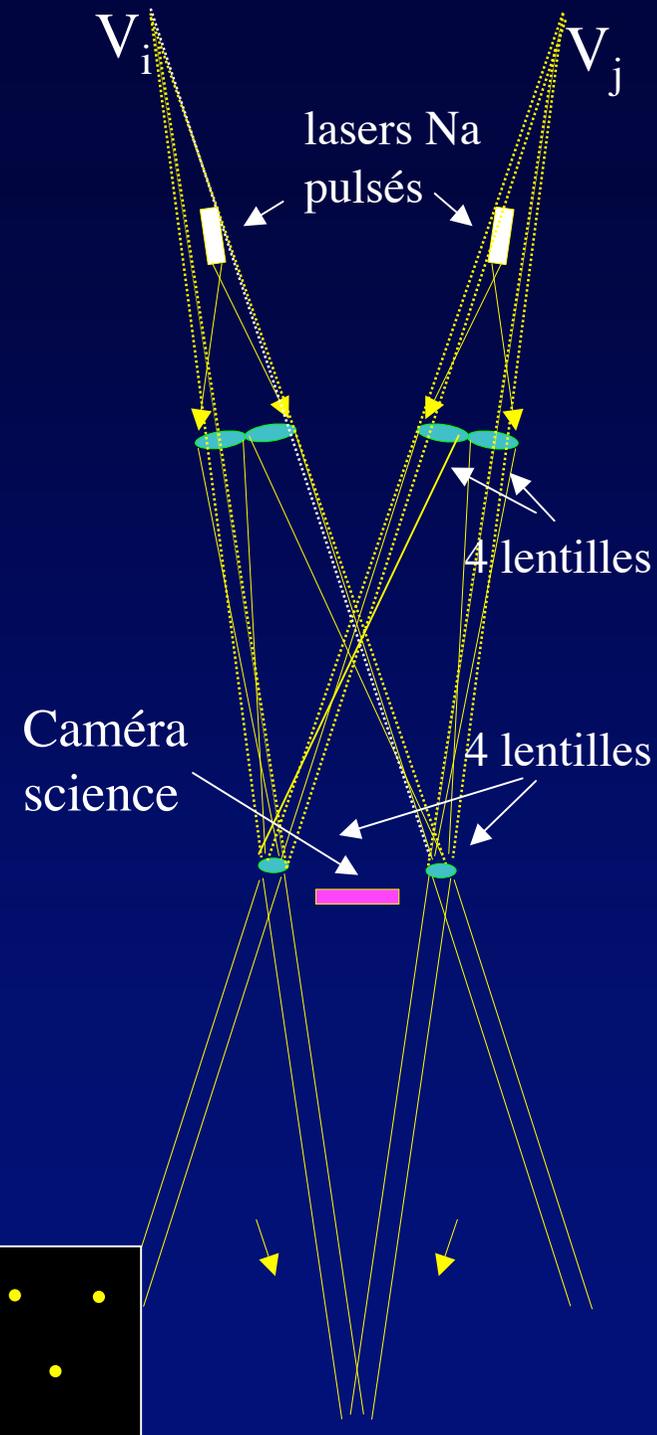
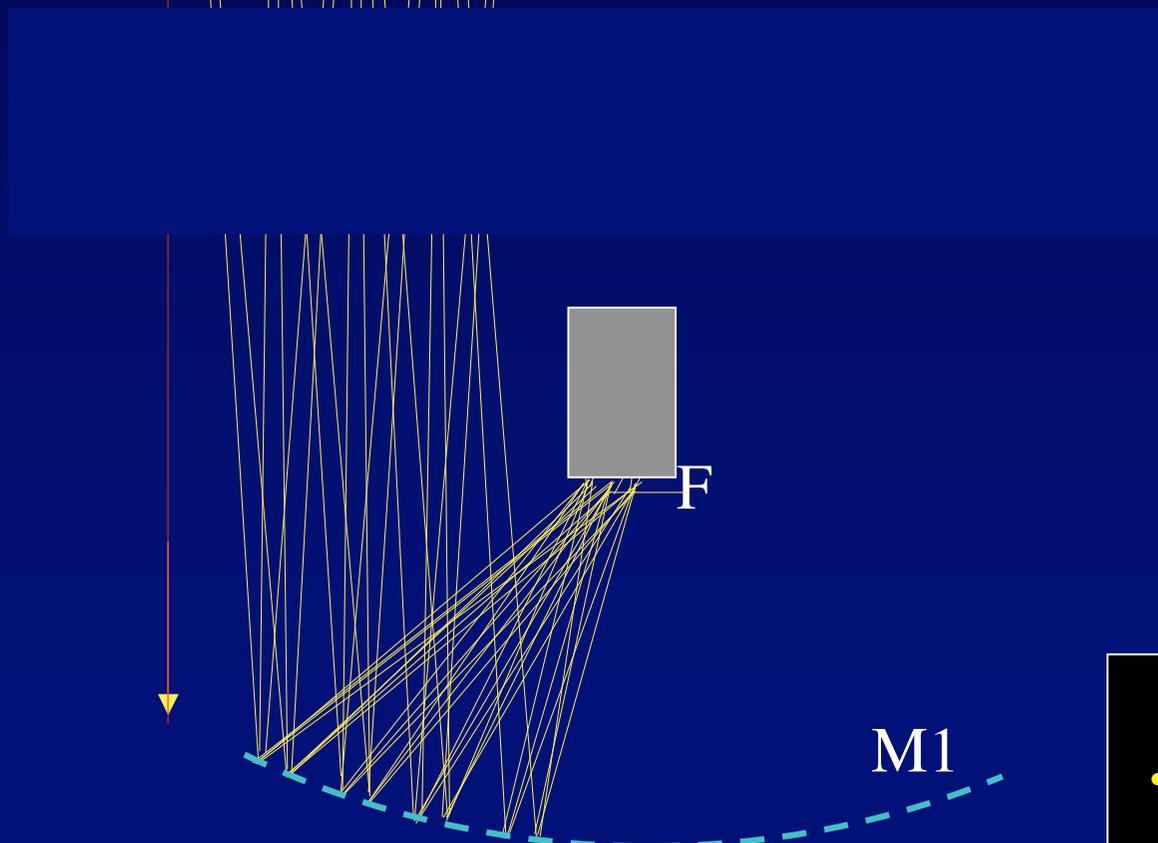
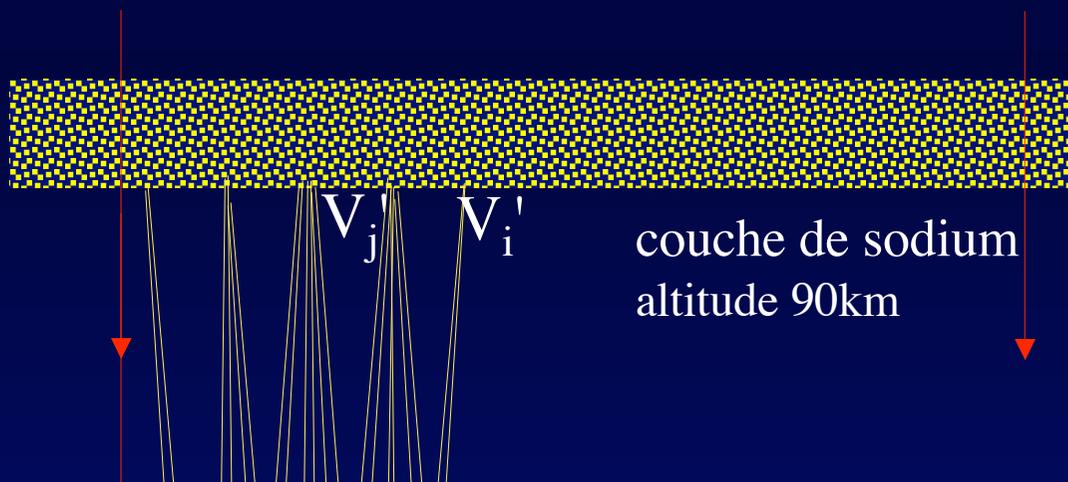


cophasé, fixe

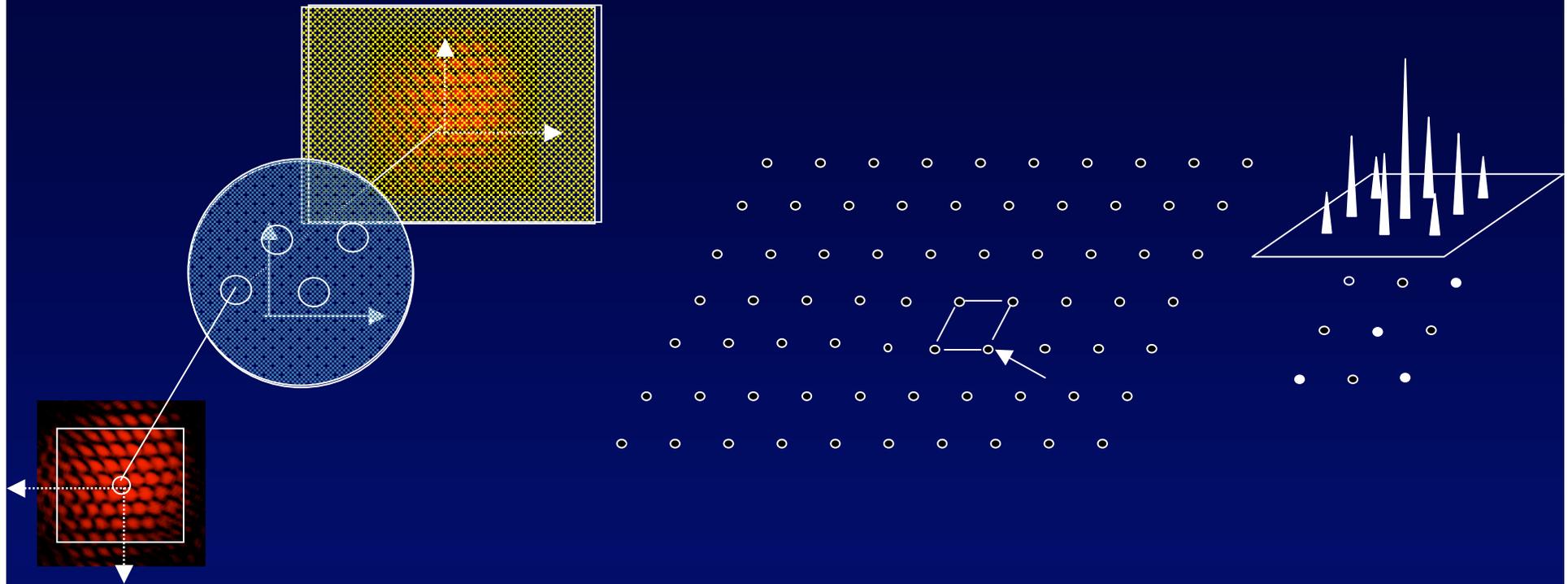


- le résultat est sensible au déphasage

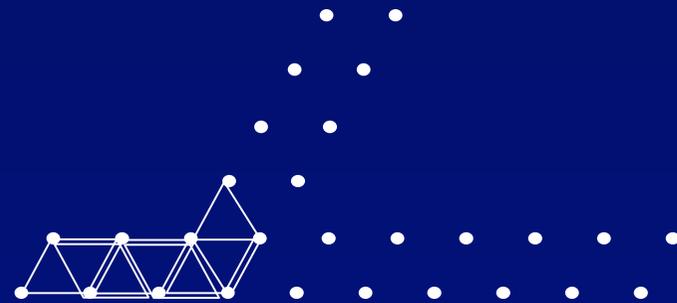
Etoile guide laser pour hypertélescopes



Etoile guide laser pour hypertélescope



$$I_{hcam}(x, y) = I_h(x, y) \otimes I_h(-x, -y)$$



$$i_{hcam}(u, v) = AC[P_h(u, v)] \quad AC[P_h(-u, -v)] = AC[P_h(u, v)] \quad \overline{AC}[P_h(u, v)] = |AC[P_h(u, v)]|^2$$

Conclusion et travail futur

- Préciser le concept Carlina d'hypertélescope terrestre
 - Miroirs sur filet ou au sol
 - Vérifier étoile laser "Hypertelescope Laser Guide Star"
 - Essais sur prototypes Carlina 1 et 2
- Etudier les versions spatiales