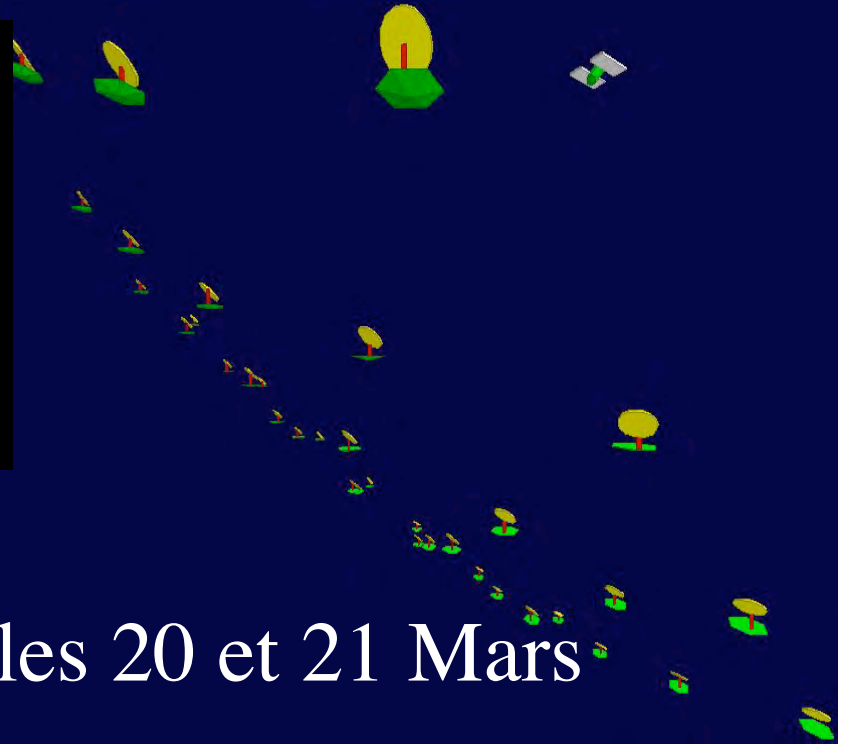
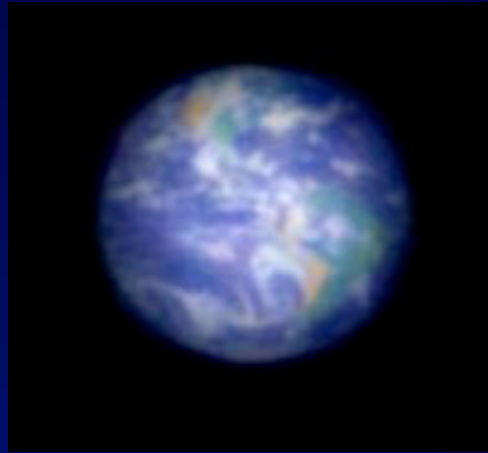


Exo-planètes, étoiles et galaxies : progrès de l'observation



- Cours à Paris les Mardis
- 3 cours & séminaires à Nice les 20 et 21 Mars
- Détails sur www.college-de-france.fr/chaieres/chaire11/lise.html
- les fichiers des projections y seront affichés

Calendrier [\(www.college-de-france.fr/chaires/chaire11/lise.html\)](http://www.college-de-france.fr/chaires/chaire11/lise.html)

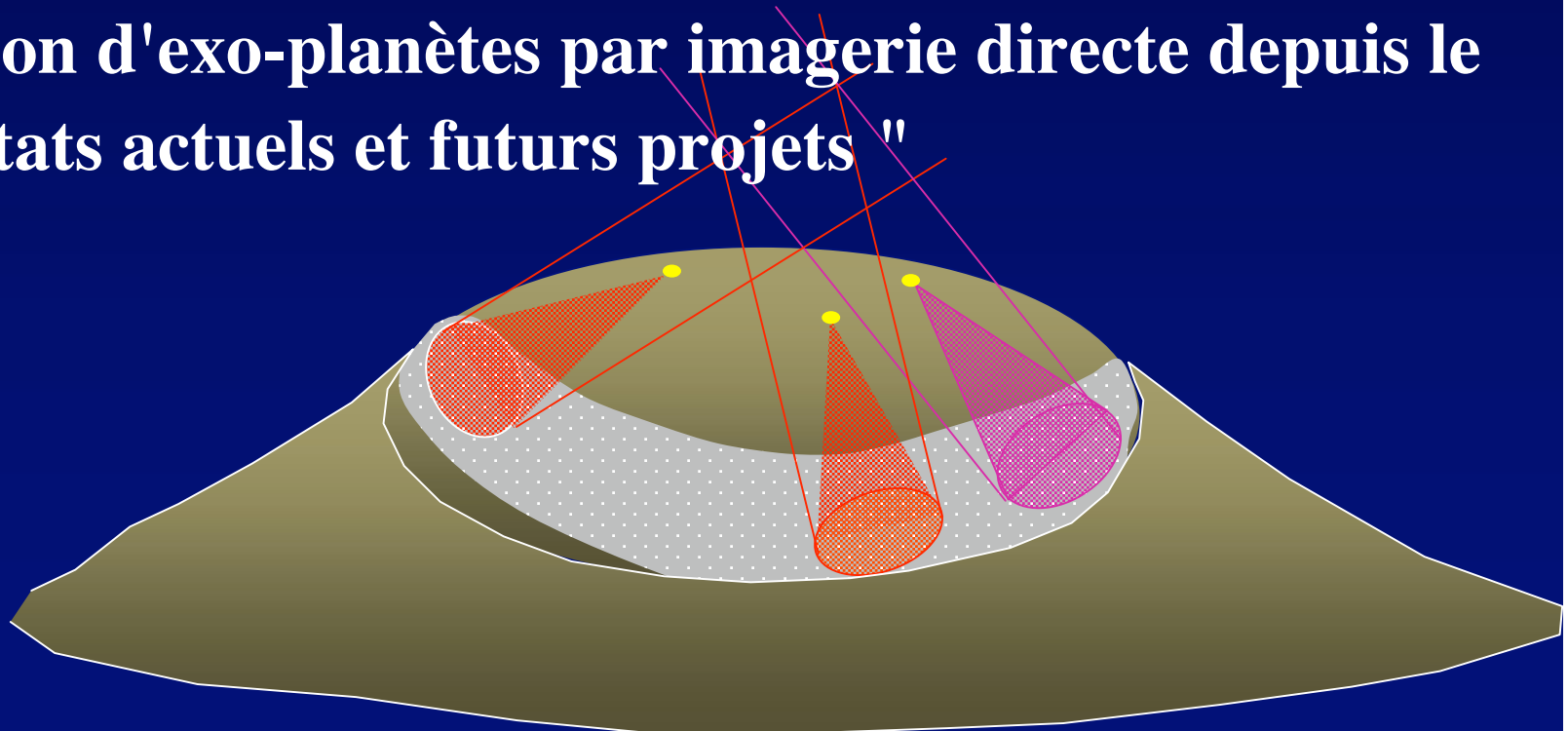
- 23 Janvier « Quatre voies évolutives... »
 - Séminaire: O.Chesneau: "Novae, étoiles symbiotiques et nébuleuses planétaire observées avec les techniques de haute résolution angulaire »
- 30 Janvier **Construction d'un hypertélescope au sol (suite)**
 - Séminaire: R.Soummer: » Détection d'exo-planètes par imagerie directe depuis le sol: résultats actuels et futurs projets »
- 6 Février **Construction d'un hypertélescope au sol (suite)**
 - Séminaire: M.Guillon: « Pression de radiation et forces de cohésion optiques: application au Laser Trapped Mirror »
- **13, 20, 27 Février les cours et séminaires n'auront pas lieu (vacances scolaires)**
- 6 Mars **Essai d'interféromètre en orbite géostationnaire (suite)**
 - Séminaire : F.Martinache "Interférométrie a 1 telescope: a la poursuite des objets de faible masse"
- 13 Mars
 - Séminaire : sera précisé ultérieurement
- **3 cours et séminaires sont aussi prévus a Nice les 20 et 21 Mars**

Aujourd'hui:

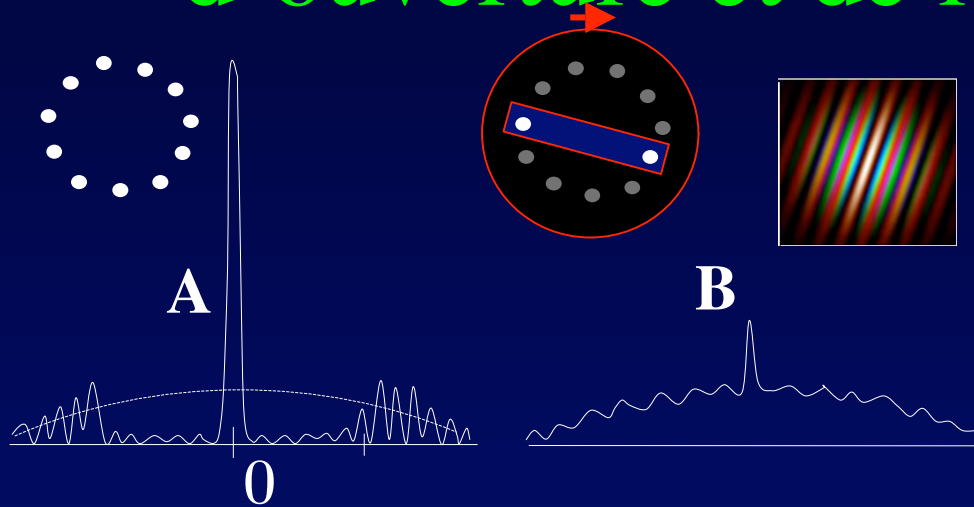
Construction d'un hypertélescope au sol (suite)

Séminaire à 18h: Rémi Soummer ()

" Détection d'exo-planètes par imagerie directe depuis le sol: résultats actuels et futurs projets "



Sensibilité comparée de la synthèse d'ouverture et de l'hypertélescope

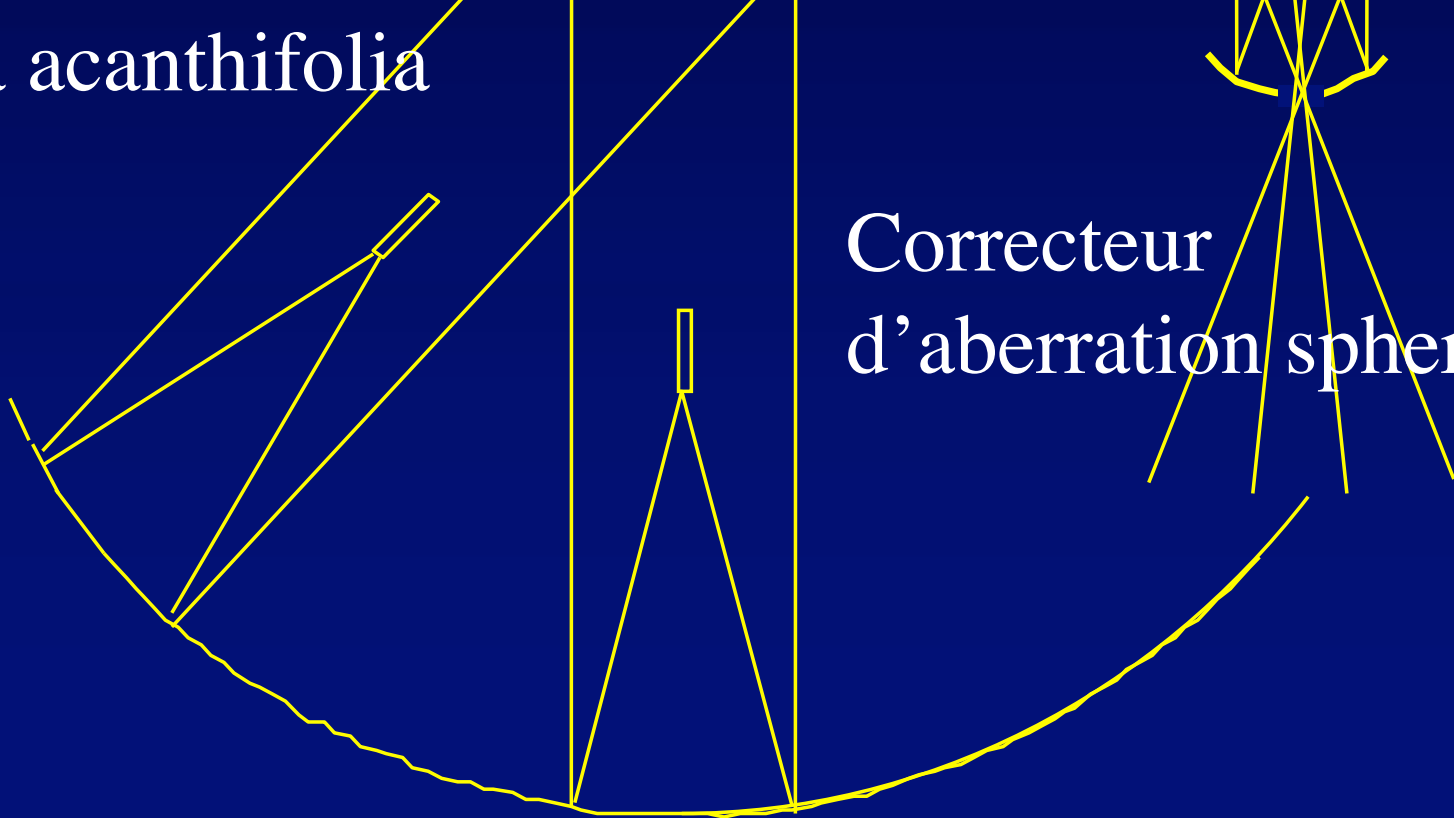


- Gain en dynamique (les ouvertures étant cophasées):
$$N / \{2 \text{ sqr} (k_d)\}$$
 - Exemple: Un hypertélescope ayant $N=1000$ ouvertures de 1,4m, avec $k_d = 0,01$, **détecte des compagnons 5 000 fois plus faibles** que la synthèse d'ouverture avec une paire de télescopes de 32m
 - À surface collectrice égale 2000 m², et même durée d'observation



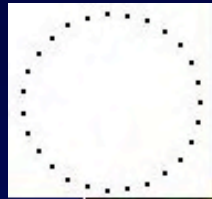
CARLINA
hypertélescope
au sol

Carlina acanthifolia



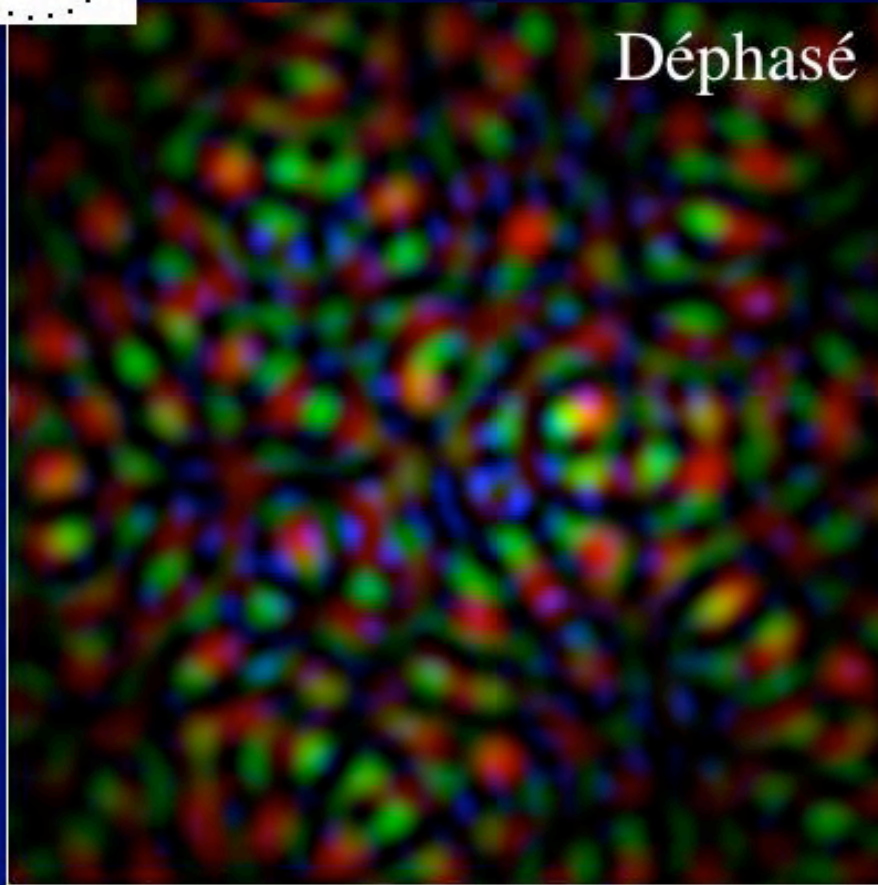
Correcteur
d'aberration sphérique

Mettre en phase les ouvertures

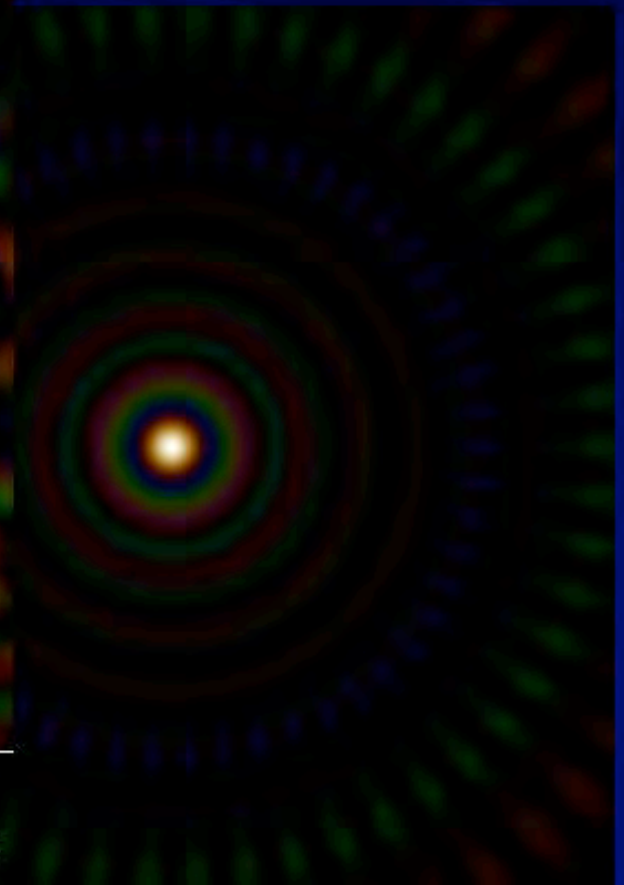


27 ouvertures en cercle

Déphasé



En phase



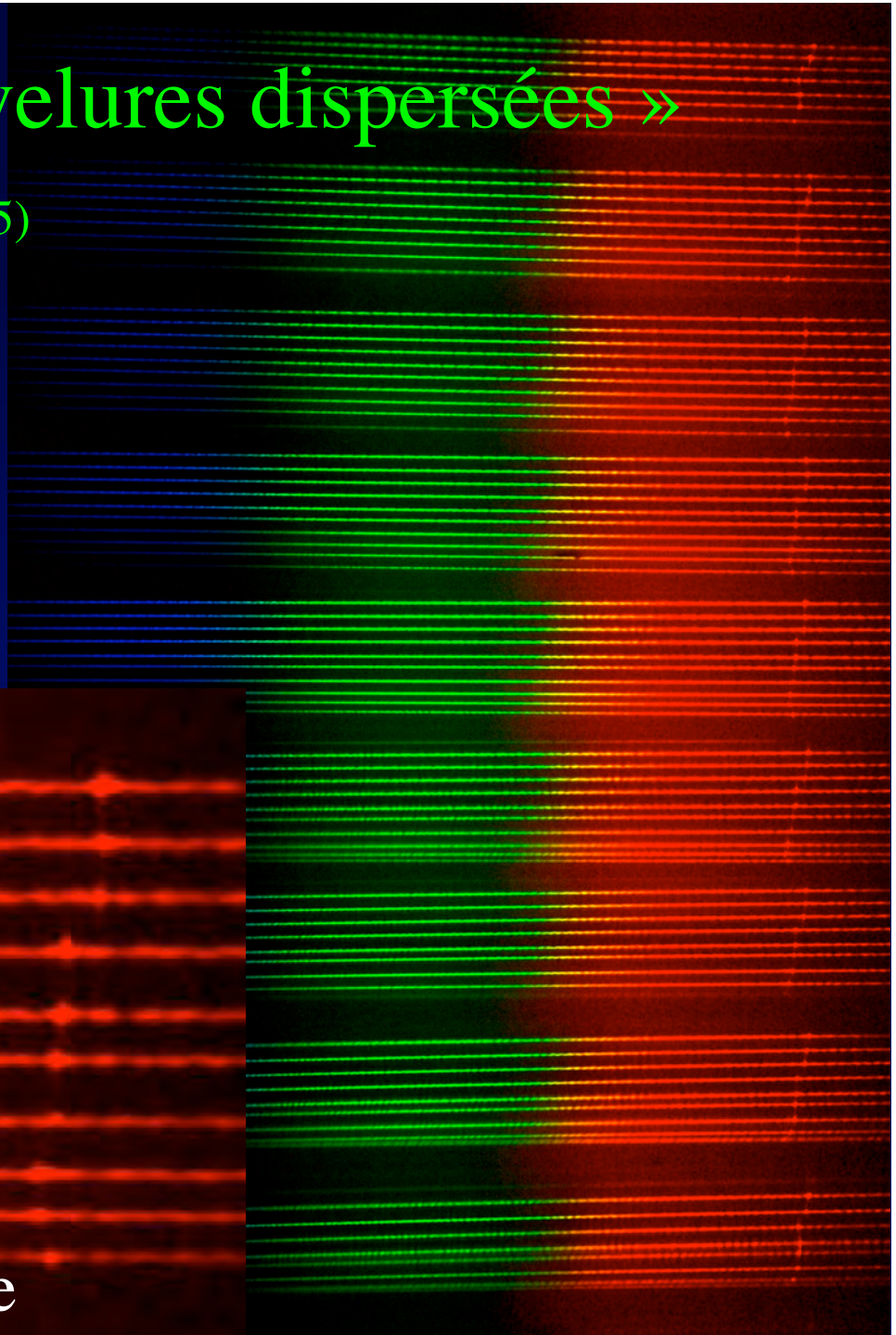
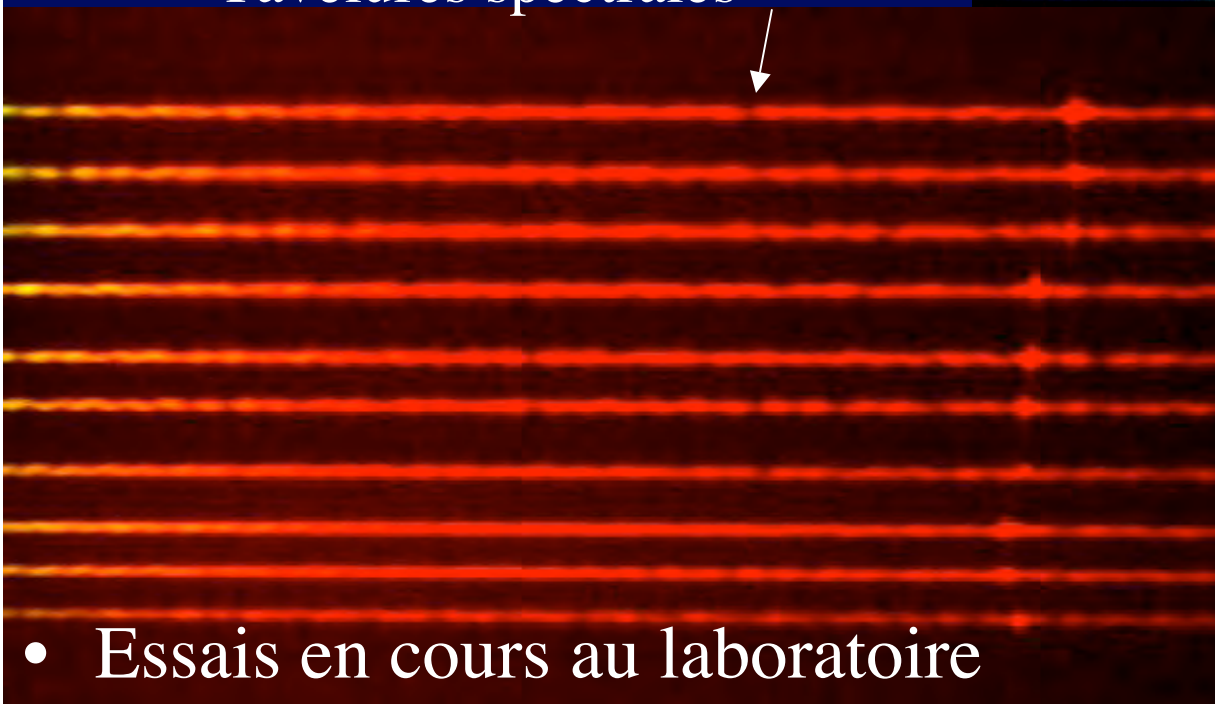
Senseur de piston à « tavelures dispersées »

(Labeyrie, Borkowski, Martinache, 2005)



9+1 ouvertures
non redondantes

Tavelures spectrales

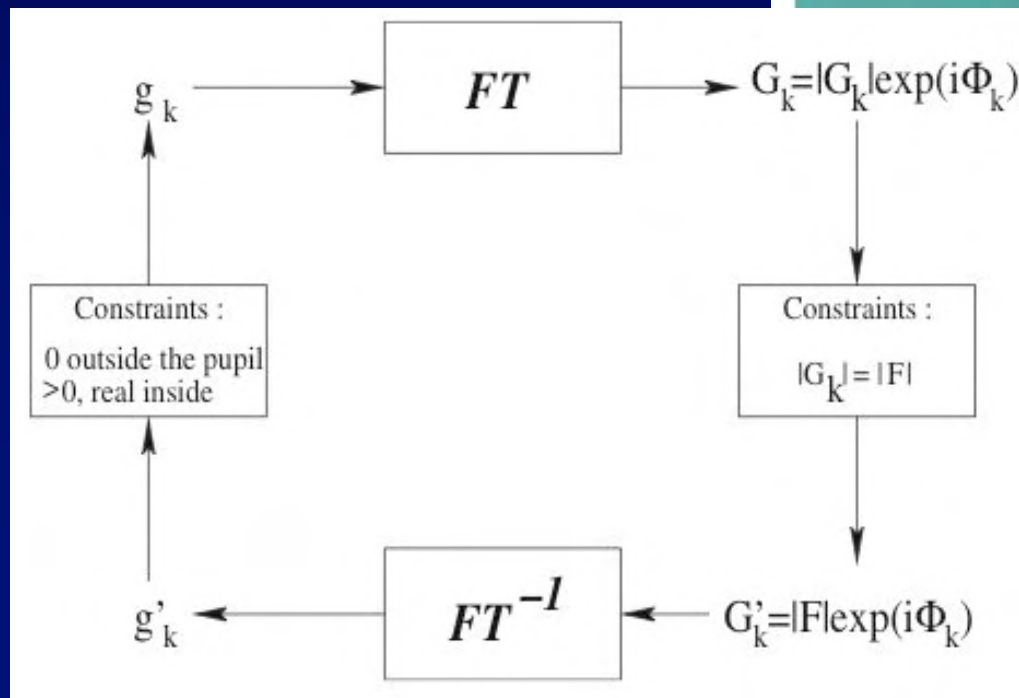
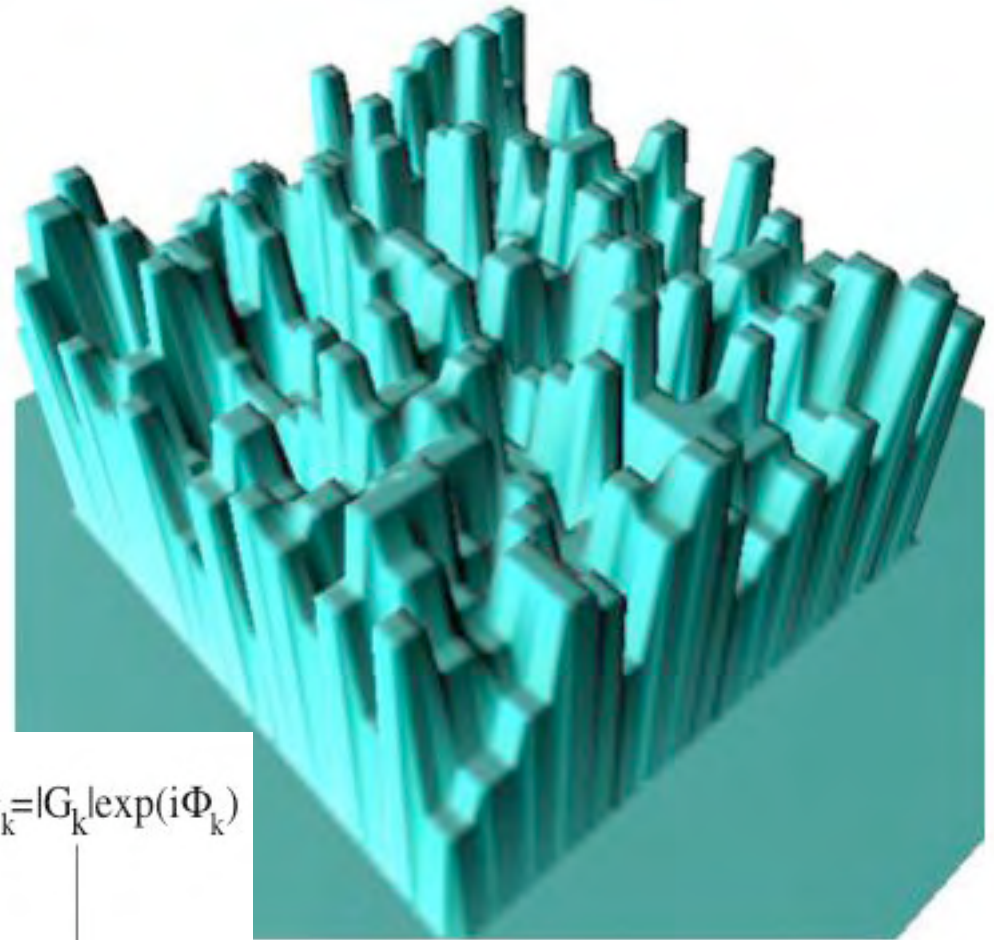


- Essais en cours au laboratoire

Onde mesurée par tavelures dispersées

(simulation numérique par Martinache 2004)

- > il faut 200 photons/ouverture avec 32 canaux spectraux



En l'absence d'étoile brillante:
Peut-on utiliser une
étoile guide laser ?

- Variante possible pour
hypertélescopes ?



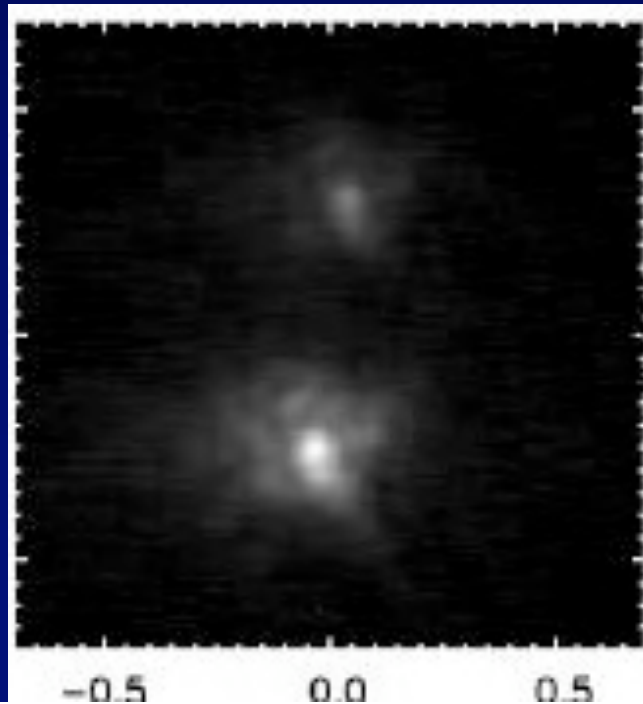
The Lick Observatory Laser Guide Star Adaptive Optics system in operation on July 22, 2003. The

Etoile Laser

« Until the early 1990s, the Starfire Optical Range was one of the U.S. Air Force's most closely guarded secrets.... »

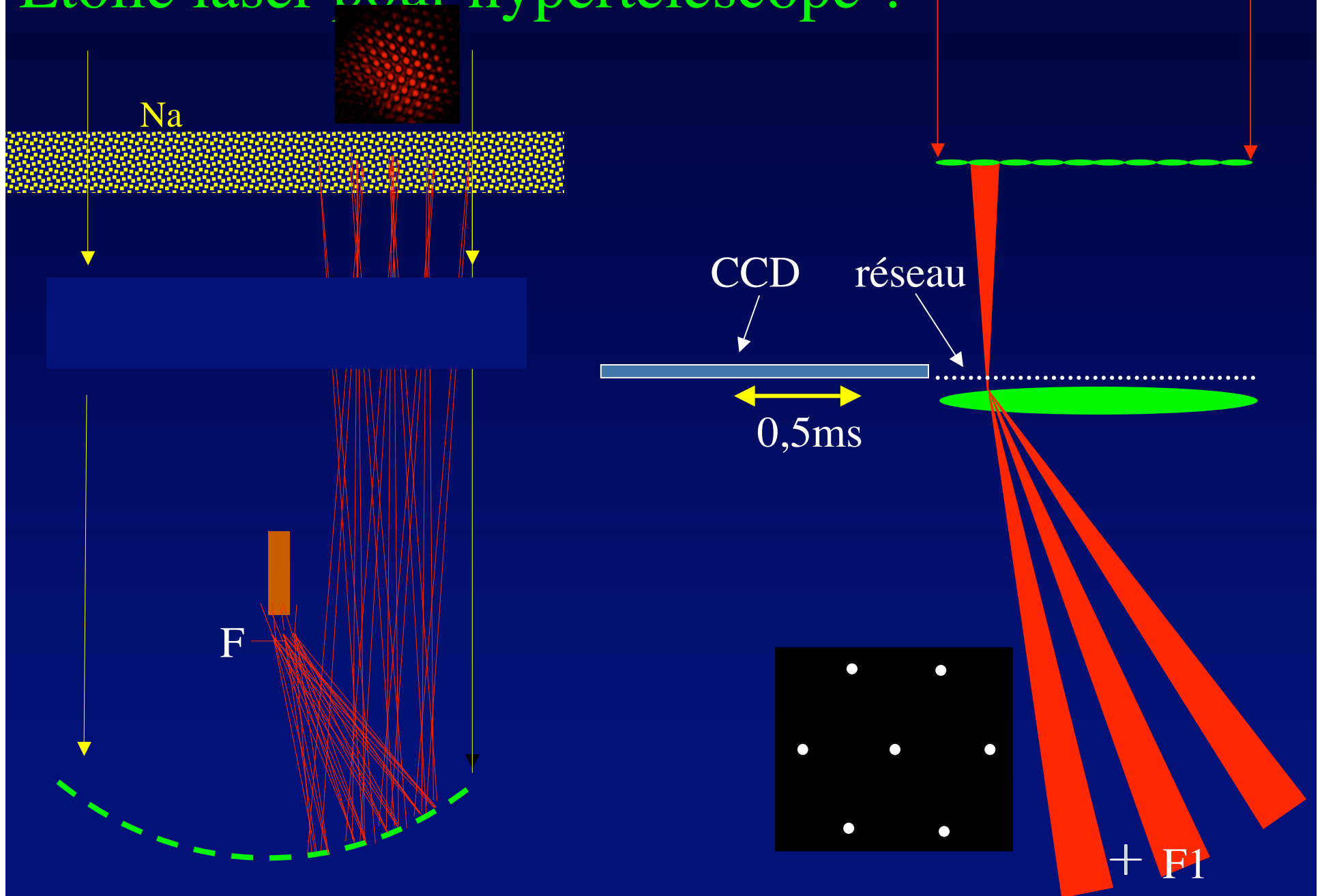
<http://138.238.143.191/astronomy/Chaisson/AT405/HTML/AT40503.htm>.

- fonctionne en infra-rouge
au Keck (Van Dam et al., 2006)

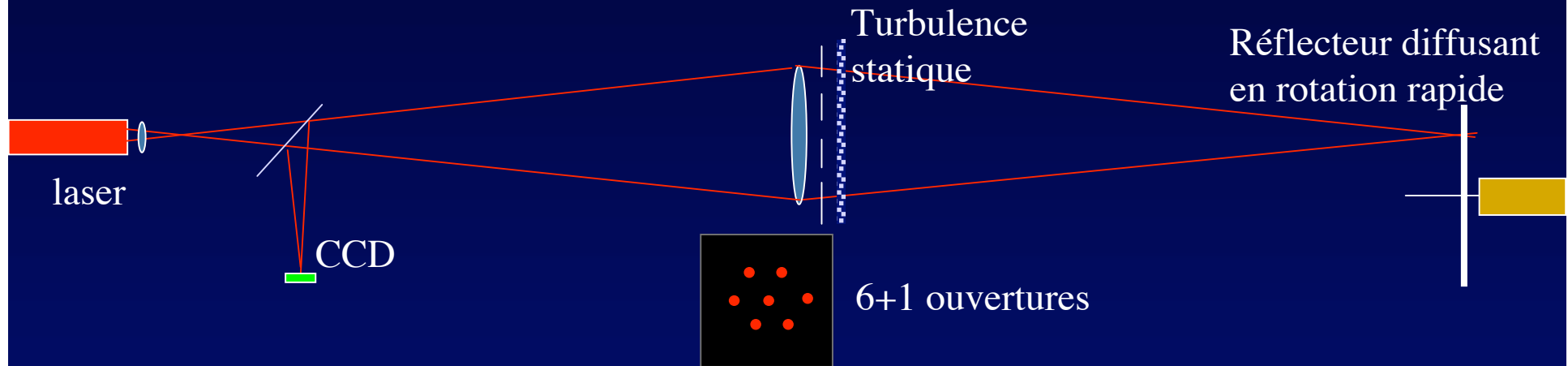


Noyau galactique double

Etoile laser pour hypertélescope ?



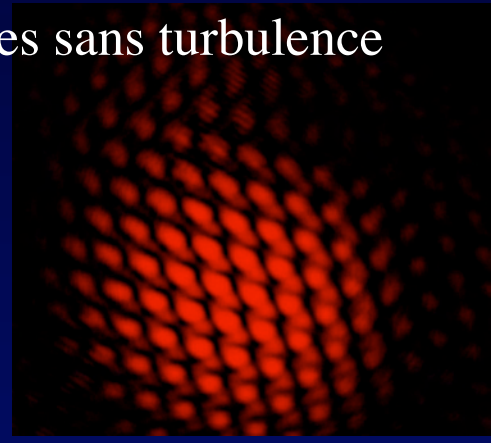
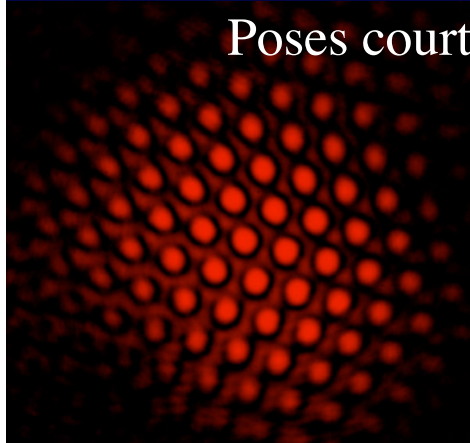
Simulateur d'étoile guide laser pour ouverture diluée



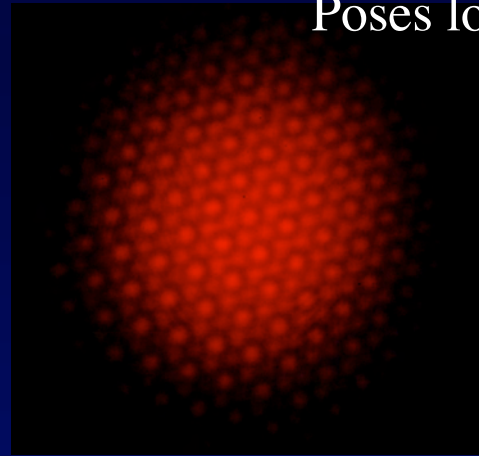
- Retour rendu incohérent par diffuseur tournant
- Compléter avec ouvertures additionnelles

Simulateur d'étoile guide laser pour ouverture diluée

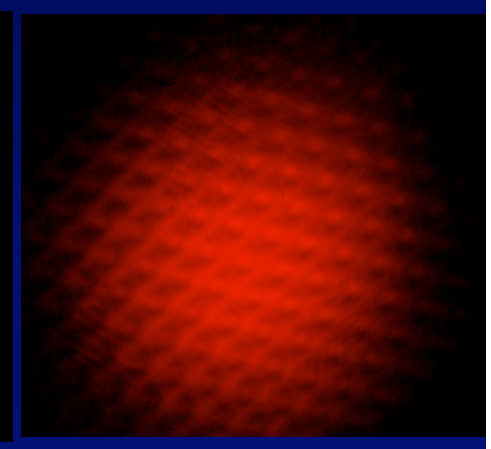
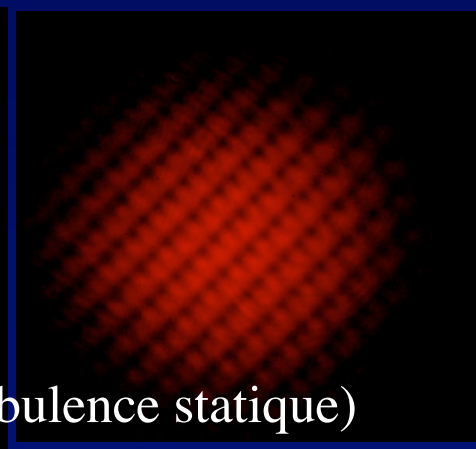
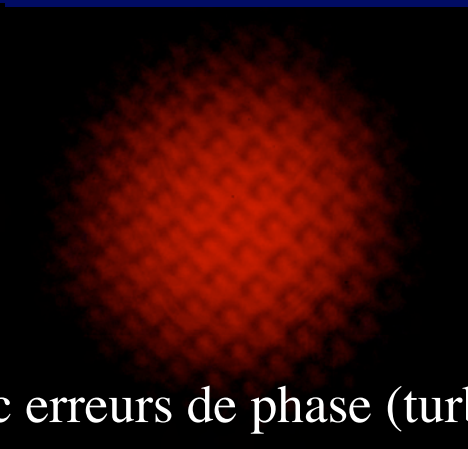
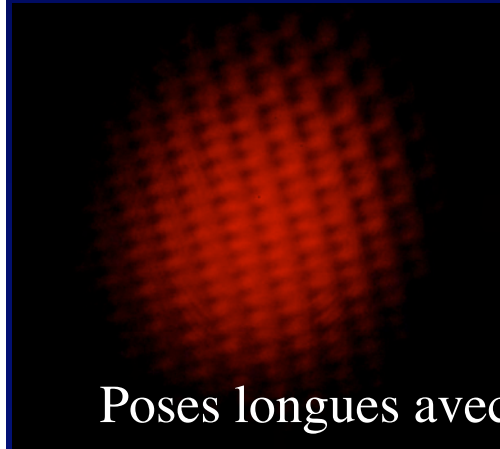
Poses courtes sans turbulence



Poses longues
refocalisée



Poses longues avec erreurs de phase (turbulence statique)



- L'information sur les déphasages semble récupérable
- Préciser la théorie

Hypertélescope et laser: points à préciser

- Vérifier la détermination des phases
- Exploiter plusieurs strates dans la couche de sodium ?
- Evaluer la puissance laser nécessaire
- Déborder du champ isoplanétique ?

Projet européen

Le VLTI est déjà équivalent à un 16m....

faut-il faire un E-ELT de 42m ?

- Ou viser au delà ? Hypertélescope de 1km ?

Projet européen:

ELT ou Hypertélescope ?

1. Encombrement des champs
2. Magnitude limite, avec optique adaptative
3. Etendue de champ
4. Faisabilité , coût, etc..

ELT ou Hypertélescope ?

- Comparer:
 1. Encombrement des champs
 2. Magnitude limite, avec optique adaptative
 3. Etendue de champ
 4. Faisabilité , coût, etc..

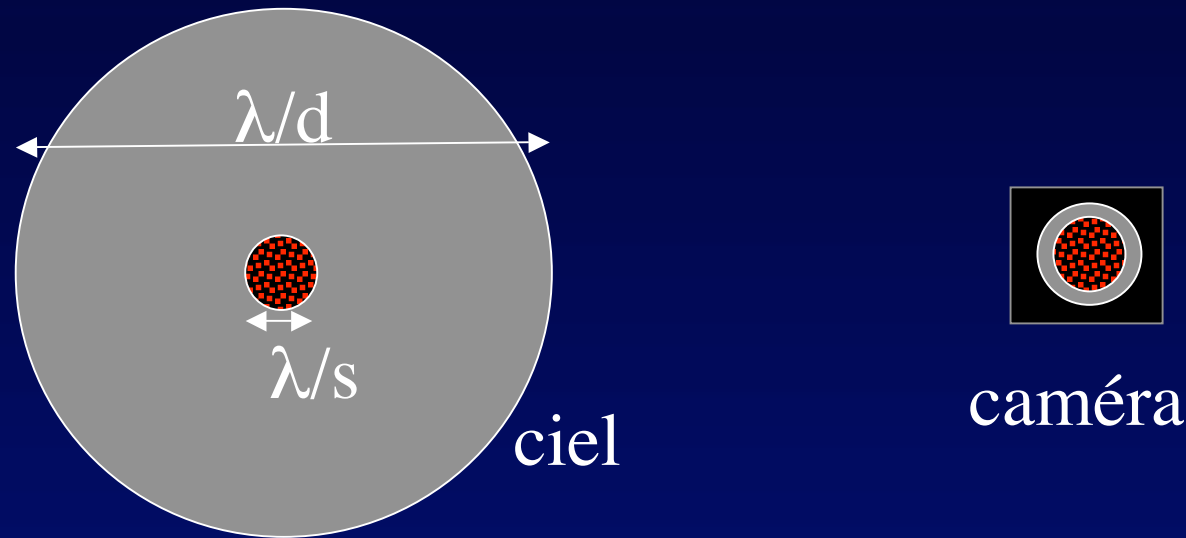
Encombrement des champs (« field crowding »)

- Image lissée si N à N^2 « resels actifs » par lobe λ/d ...
- ...et plus si l'ouverture varie pendant l'observation
- limite (cas N^2) , en resels actifs par seconde carrée
$$= 1,4 \cdot 10^{-9} \text{ Pi}^{-3} A^2 d^{-2} \lambda^{-2}$$
- S'améliore si d diminue a aire A constante
- Indépendant du diamètre global D
- Exemple: $N=1000$ ouvertures de 1m autorisent 10^6 dans 0,01 seconde carrée, soit 10^8 par seconde carrée
Donc un ELT dilué convient en cela pour les champs profonds

Etendue du champ

- Aberrations d'un télescope: le champ limité par la diffraction décroît pour un diamètre croissant
- pour un Fizeau, le champ est limité seulement par les aberrations: 2' pour $D=30\text{m}$ (visible)
- Pour un hypertélescope complètement densifié:
 - Champ d'imagerie directe λ/s dans chaque lobe λ/d
 - Lobes exploitables indépendamment
- .

Exploiter le champ « dilué » des hypertélescopes

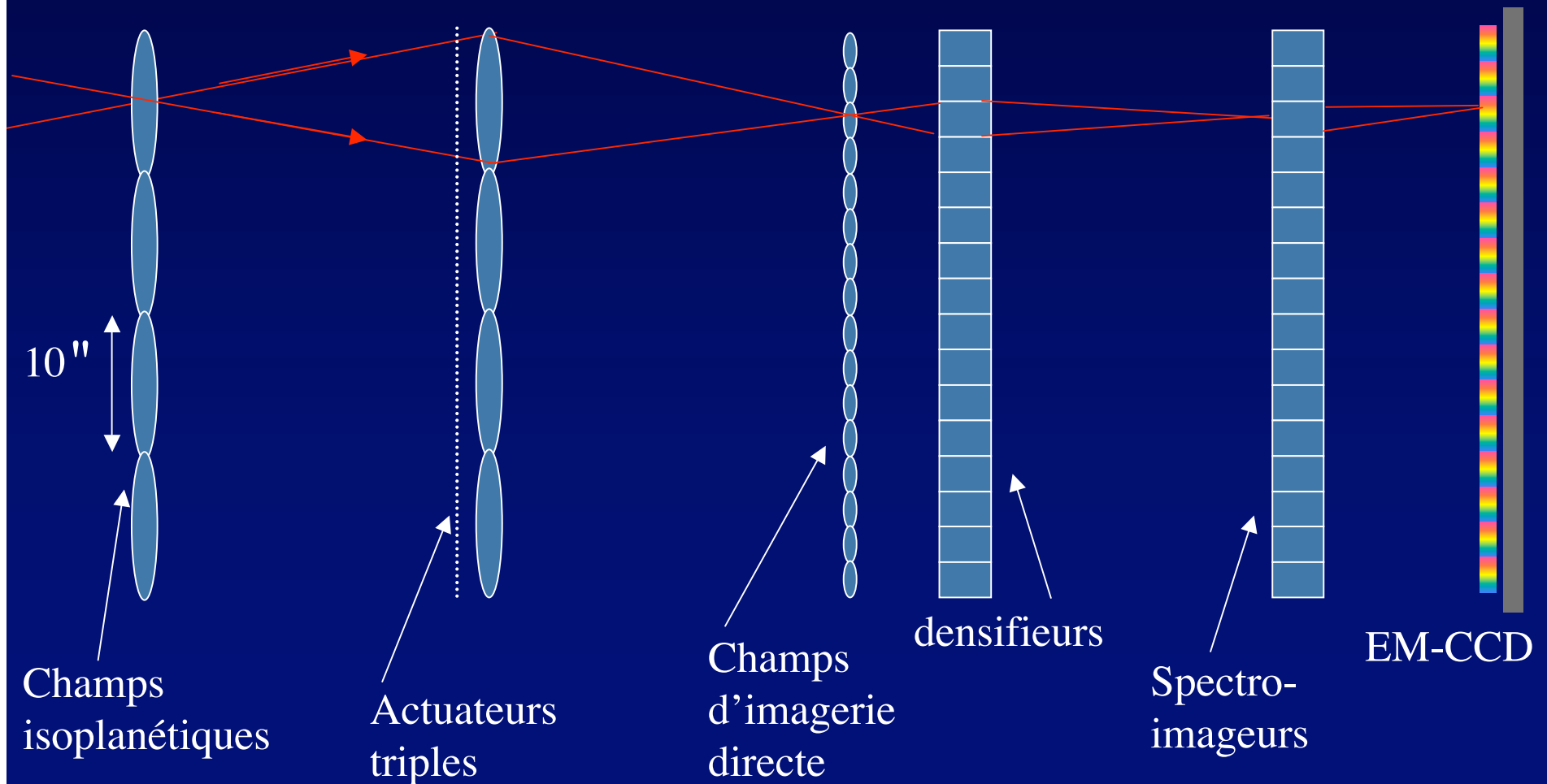


- image directe obtenue dans une petite partie de l'enveloppe diffractive des sous-ouvertures...
- mais des enveloppes adjacentes sont exploitables en parallèle

Hypertélescope:

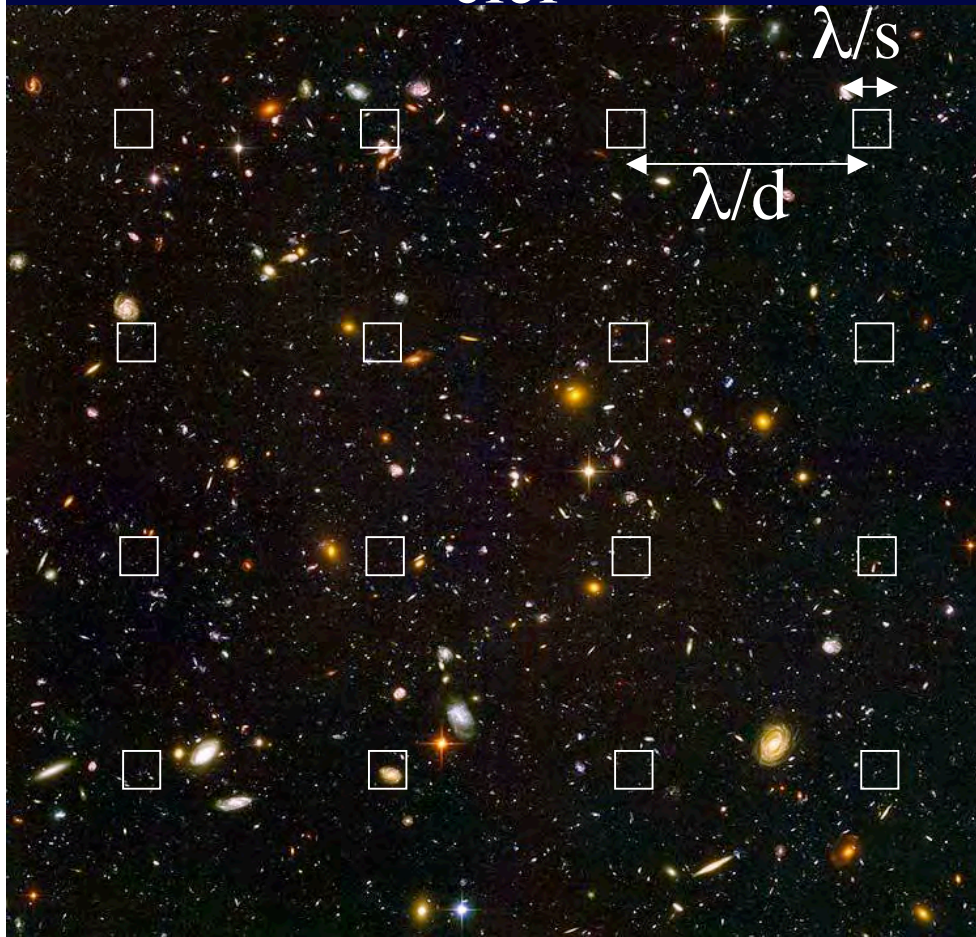
imagerie parallèle et optique adaptative

- Milliers de canaux d'imagerie directe
- Milliers d'étoiles guides simultanées, plus faibles

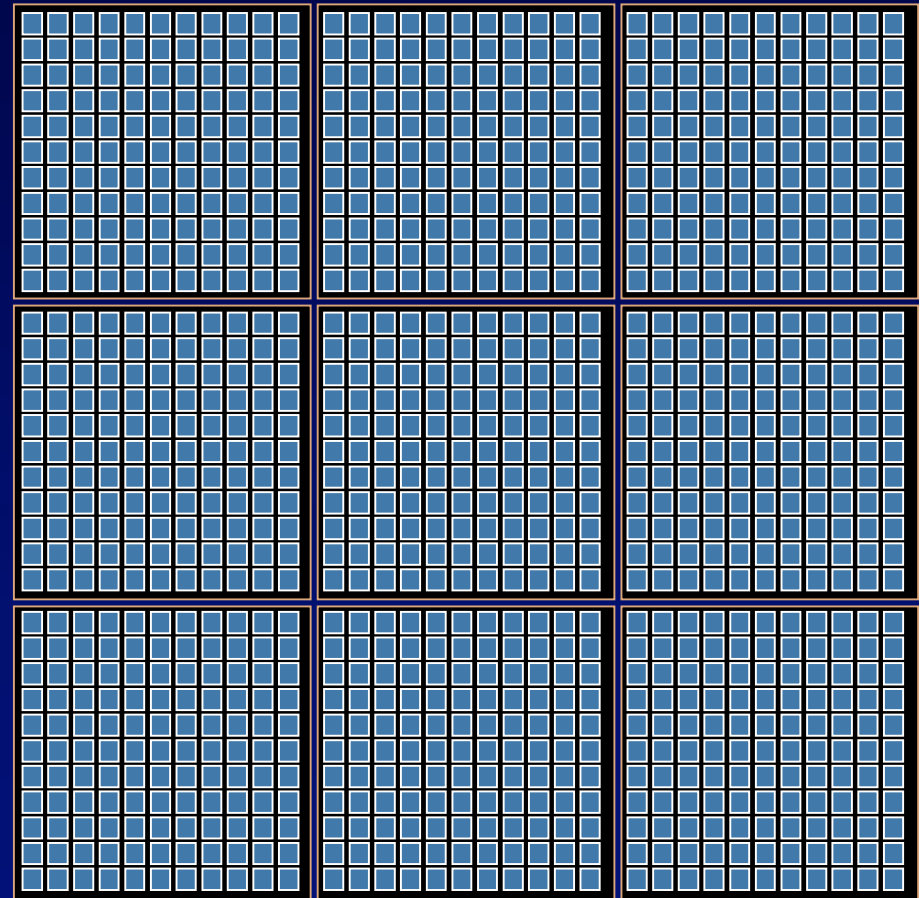


Mosaïque de champs

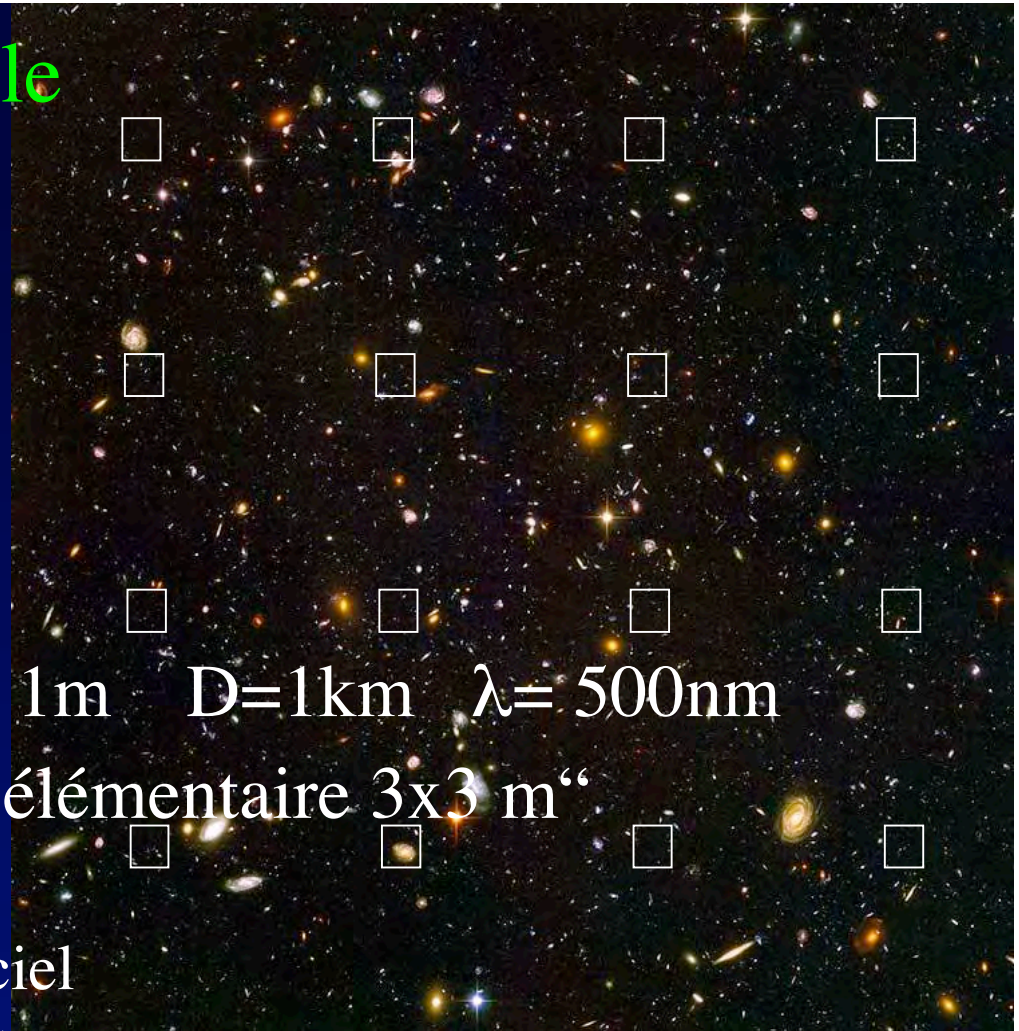
ciel



caméra



Champ multiple: exemple



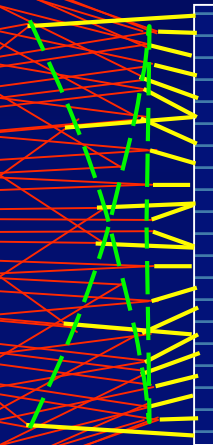
- Avec 1000 ouvertures, $d=1\text{m}$ $D=1\text{km}$ $\lambda=500\text{nm}$
- Résolution $0,1\text{ m}''$, champ élémentaire $3\times 3\text{ m}''$
 - Contenant 30×30 resels...
 - ... espacés de $100\text{m}''$ sur le ciel
 - Soit 10 Mresels dans $10\times 10''$
- champ complet restructurable avec 1000 poses décalées
- Saturation à 10^8 étoiles par seconde carrée...
-et plus si l'ouverture se déforme (rotation terrestre)

Carlina:

Correcteur focal segmenté compact

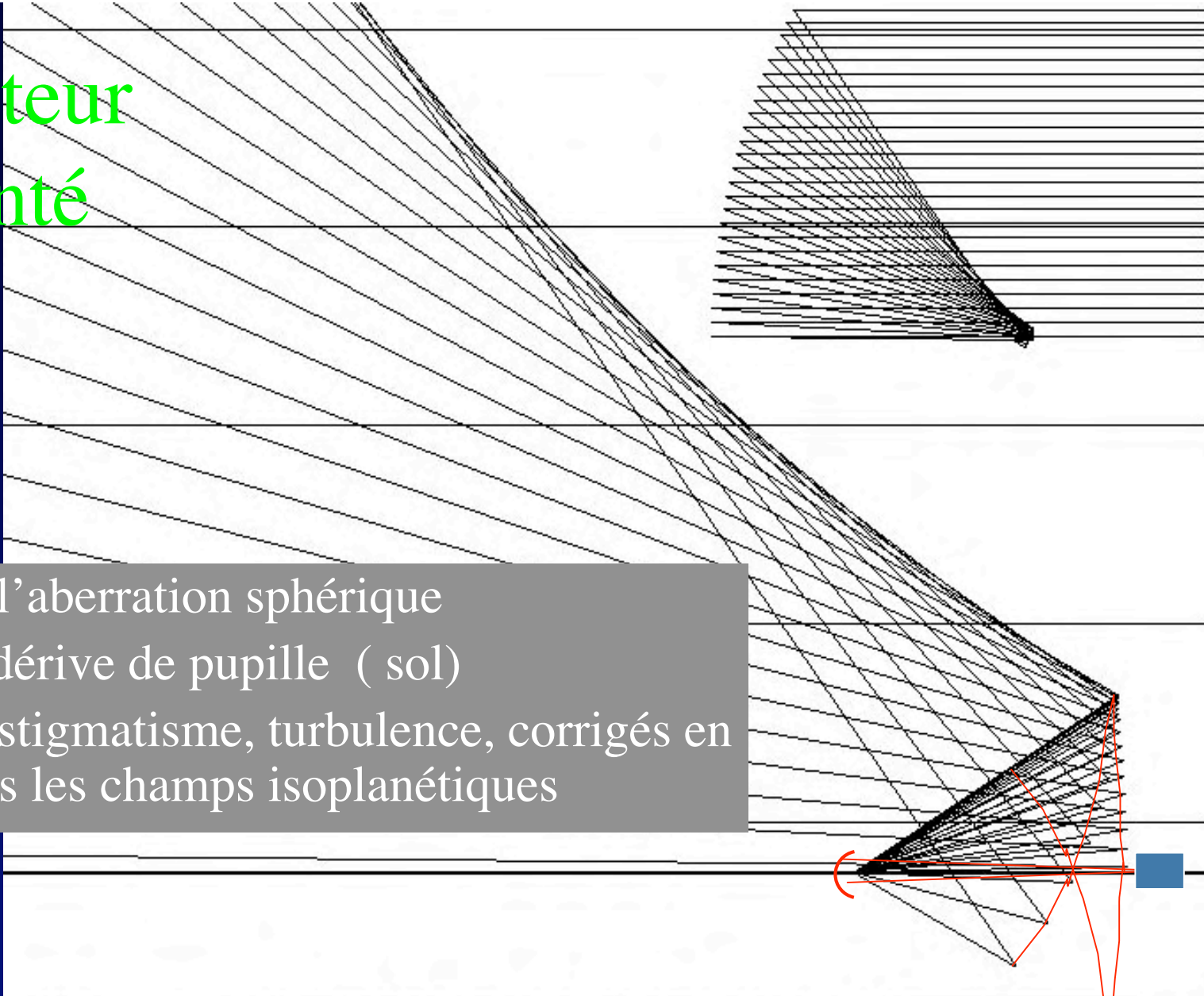
F/0,73

- Diamètre cinq fois inférieur à un correcteur à deux miroirs (1,5% de M1)
- Optique simplifiée
 - Mais remettre les rayons en ordre
- mécanique plus complexe



Correcteur segmenté

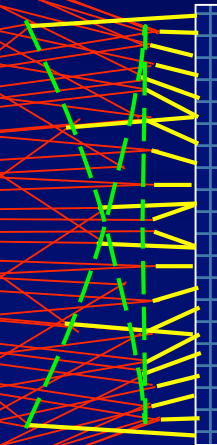
- Corrige l'aberration sphérique
- suit la dérive de pupille (sol)
- Coma, astigmatisme, turbulence, corrigés en aval dans les champs isoplanétiques



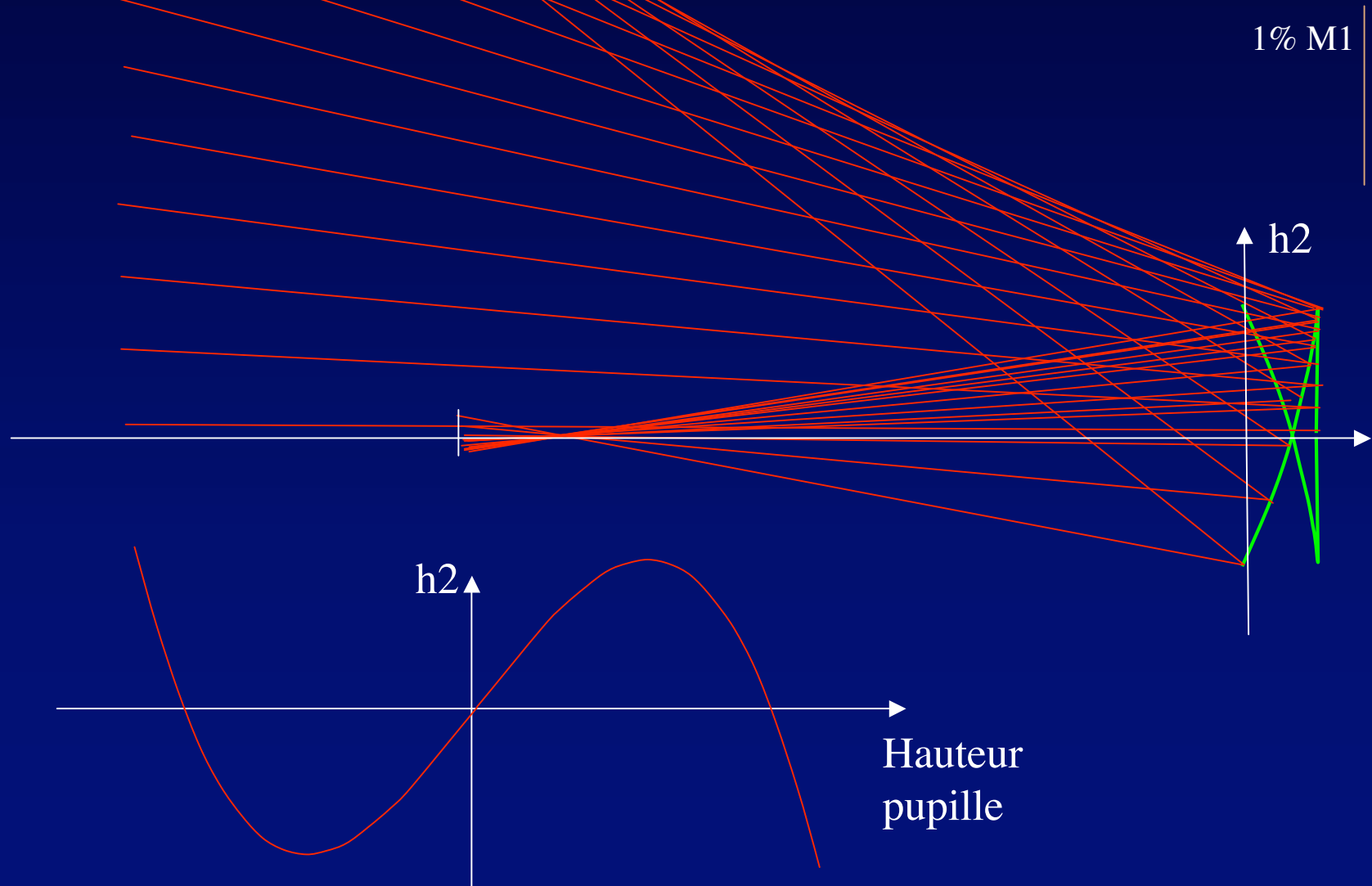
focal ratio $F/D = 0.521457$ diameter = 383.540431
traced diameter of M1 = 372.966688
transverse extremes of M2 impacts 7.108682 -3.754175
distance of M2 to final focus 11

Mécanisme « Oursin »

- 5N moteurs à piloter

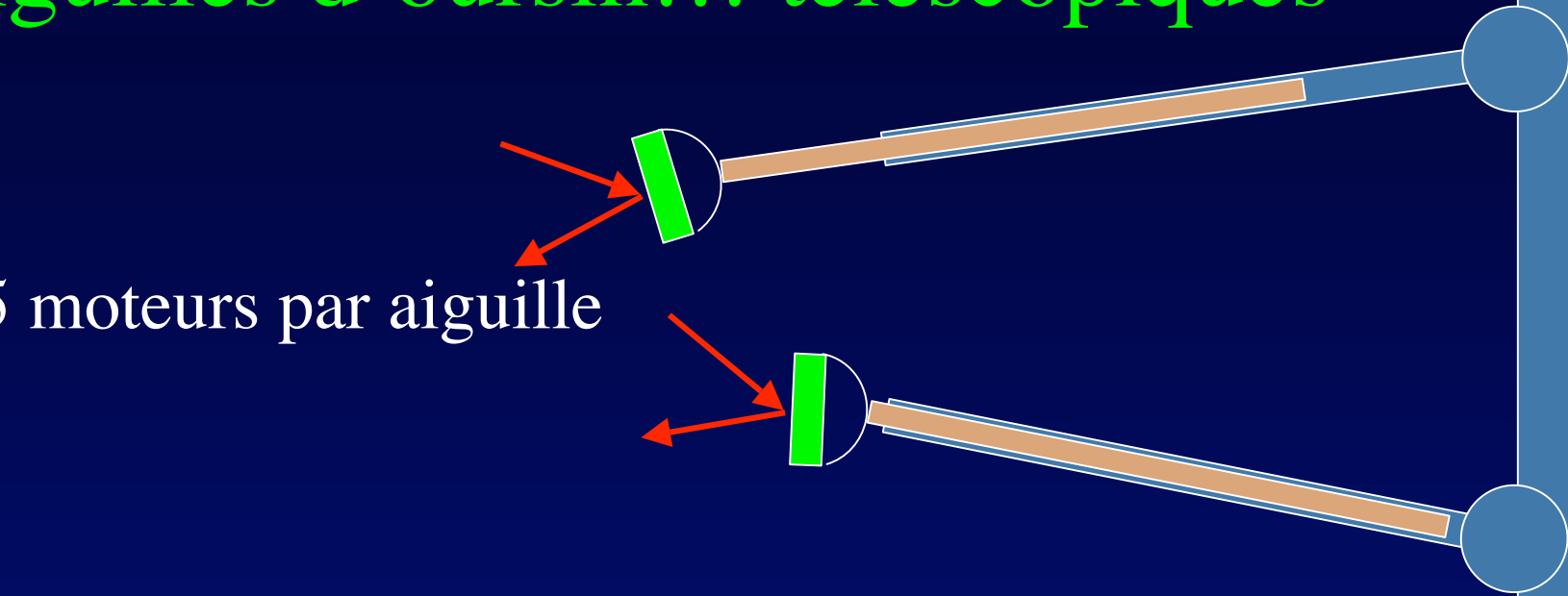


Remettre les rayons dans l'ordre

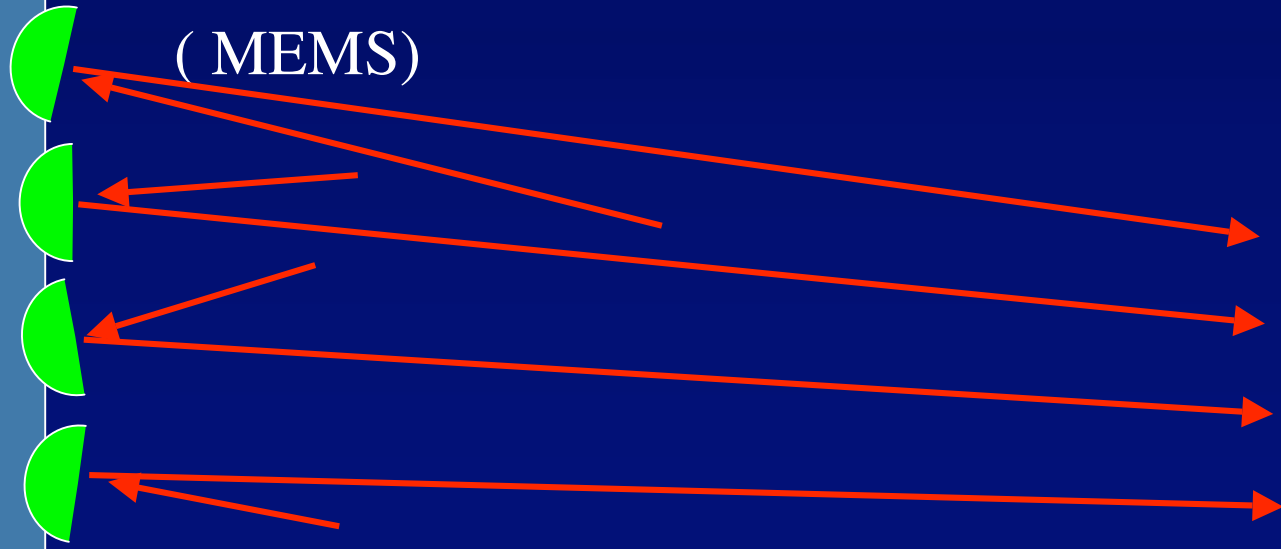


Aiguilles d'oursin... télescopiques

- 5 moteurs par aiguille



Miroirs orientables
(MEMS)



Conclusion

- En principe les hypertélescopes peuvent faire mieux que les ELTs...
- ... même pour les champs profonds cosmologiques
- Mais cela exige que :
 - la mise en phase par laser s'avère faisable
 - des sites favorables soient trouvés
 - les défis techniques soient surmontés