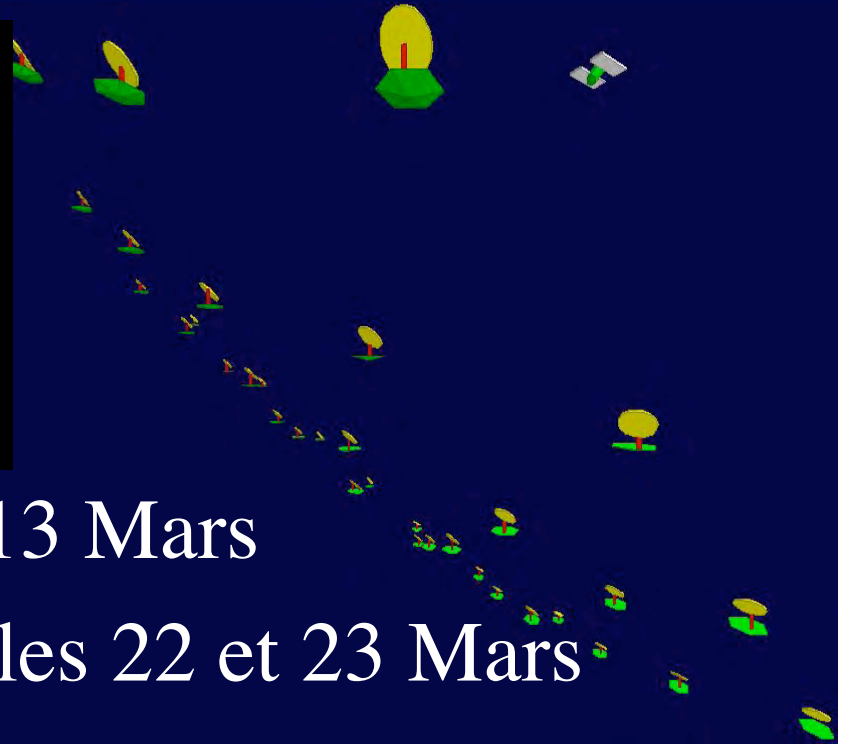
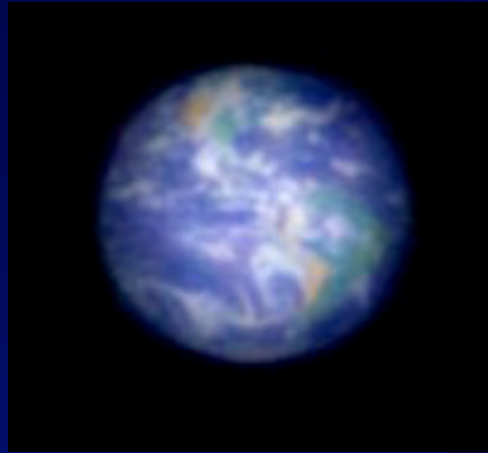


Exo-planètes, étoiles et galaxies : progrès de l'observation



- Dernier cours à Paris Mardi 13 Mars
- 3 cours & séminaires à Nice les 22 et 23 Mars
- Détails sur www.college-de-france.fr/chaieres/chaire11/lise.html
- les fichiers des projections y seront affichés

Aujourd'hui:

Concept d'hypertélescope dans l'espace (suite)

Séminaire à 18h:

Anthony Meilland (Observatoire de la Côte d'Azur)

« Apport du VLTI à l'étude des étoiles
chaudes actives »



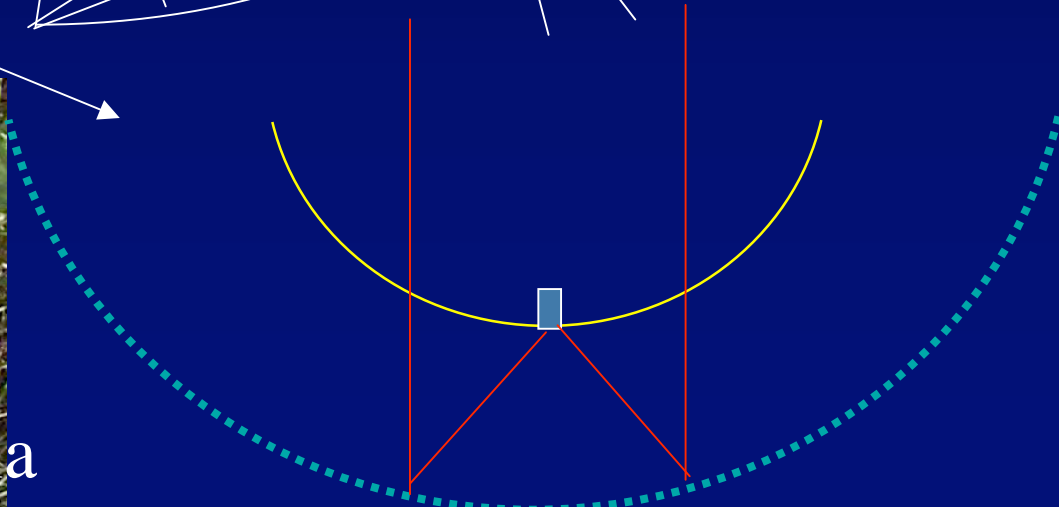
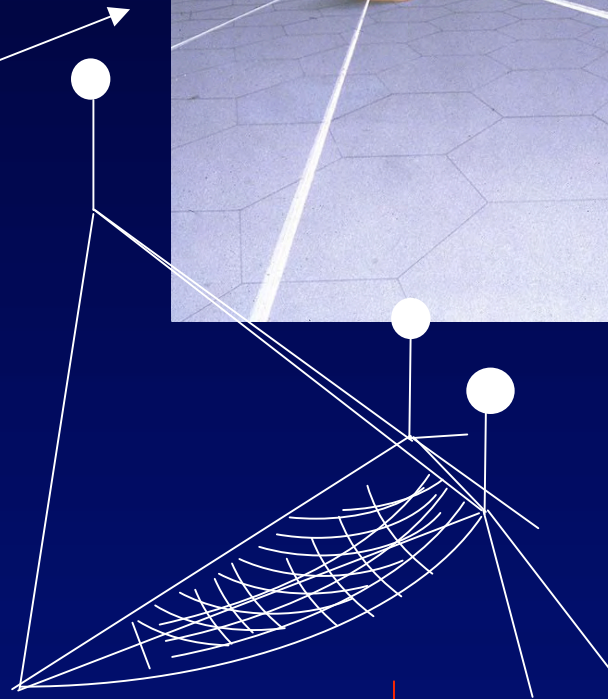
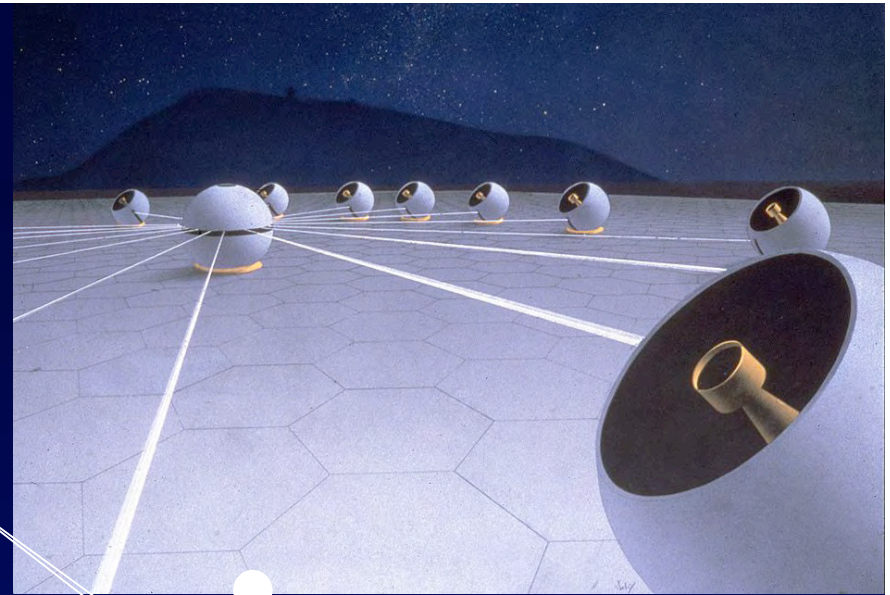
Calendrier

(www.college-de-france.fr)

- **3 cours et séminaires à Nice les 22 et 23 Mars**

architectures hypertelescope

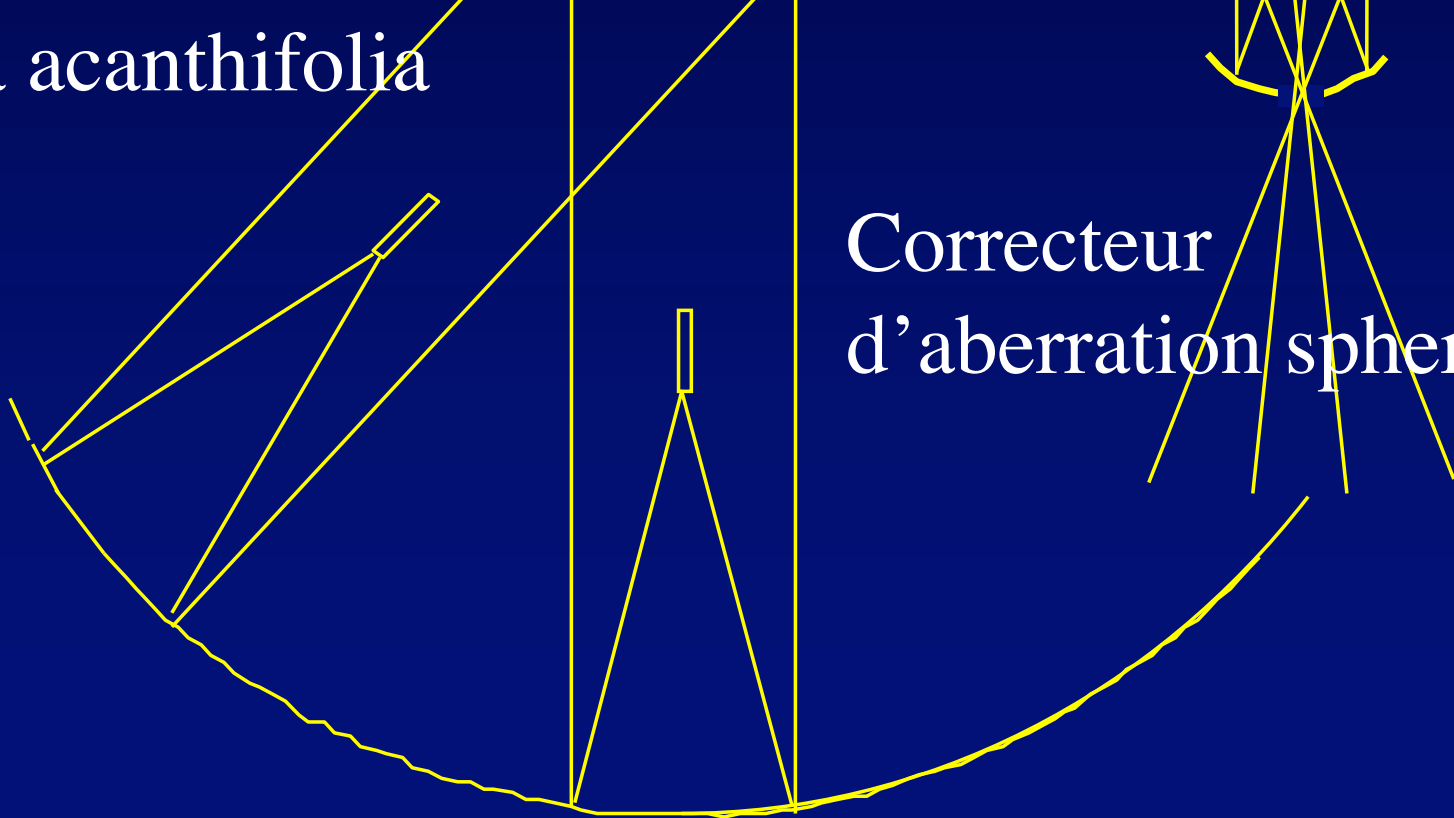
- plat
- parabololoïde
- sphérique





CARLINA
hypertélescope
au sol

Carlina acanthifolia



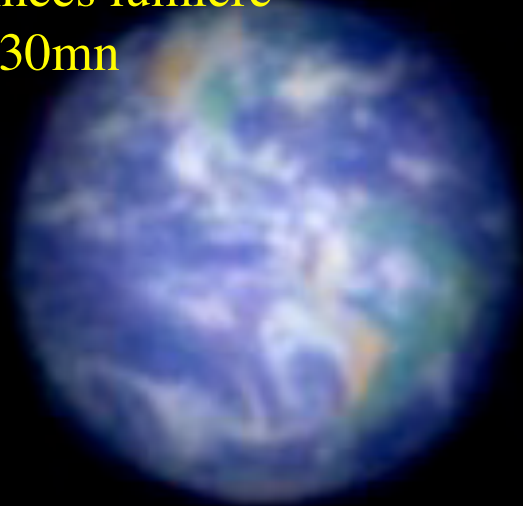
Correcteur
d'aberration sphérique

Dans 20 ans ? Exo-Earth Imager

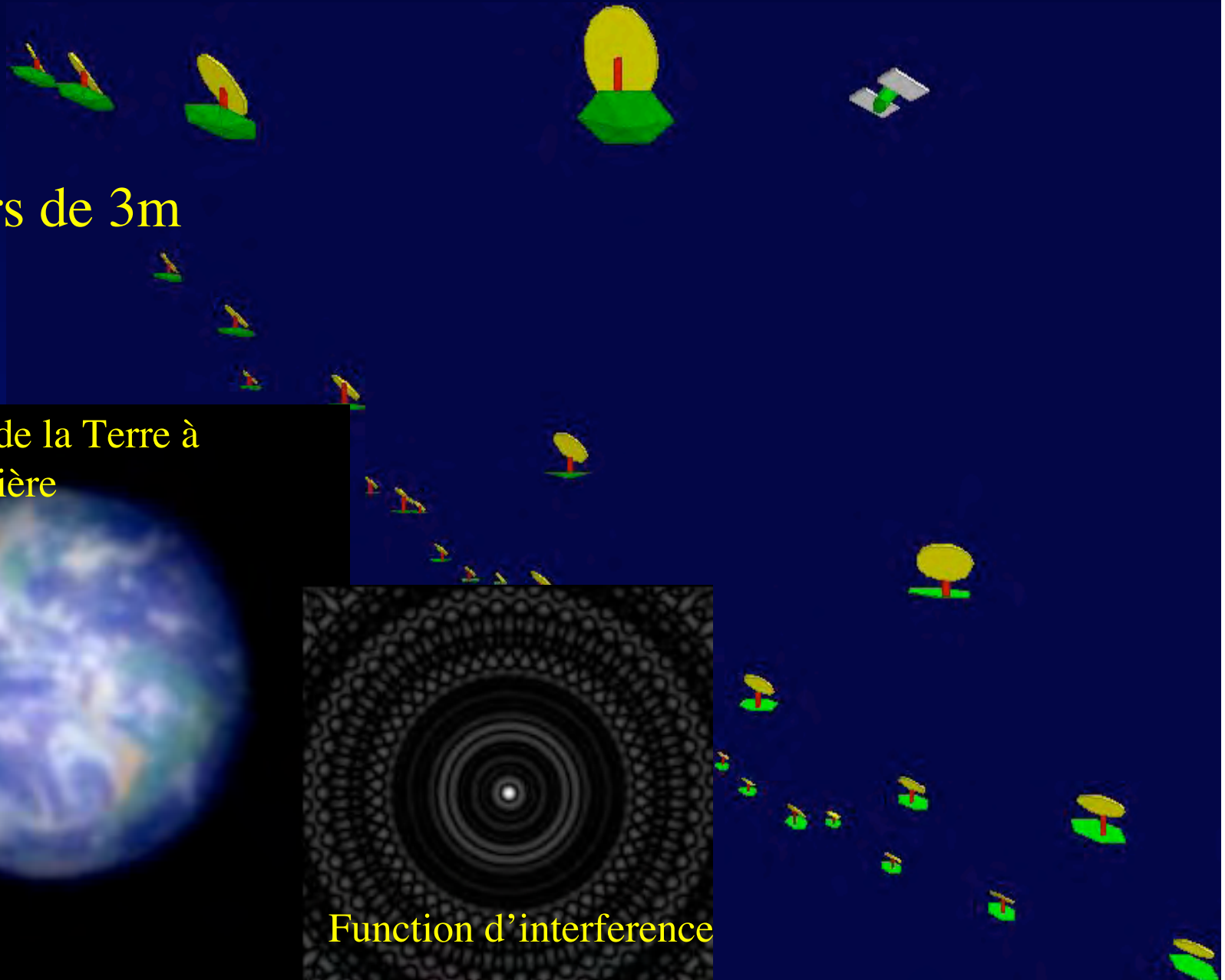
150 miroirs de 3m
150 km

Simulation:

Image directe de la Terre à
10 années lumière
Pose 30mn



Function d'interference



L'espace élimine des problèmes...

- De sites
- D'atmosphère turbulente
- De support mécanique, structure
- De limitation en dimension
- ... et en crée de nouveaux
 - il faut apprendre à piloter finement les éléments
 - rayons cosmiques, neutrons solaires, météorites...
 - cout plus élevé ?

Interféromètres dans l'espace: le vol en formation, une étape cruciale

- Nécessaire pour les grandes bases
- Pourrait simplifier les systèmes
- ou les compliquer....
- ESA et NASA veulent s'y mettre pour plusieurs usages (LISA, MAXIM...)

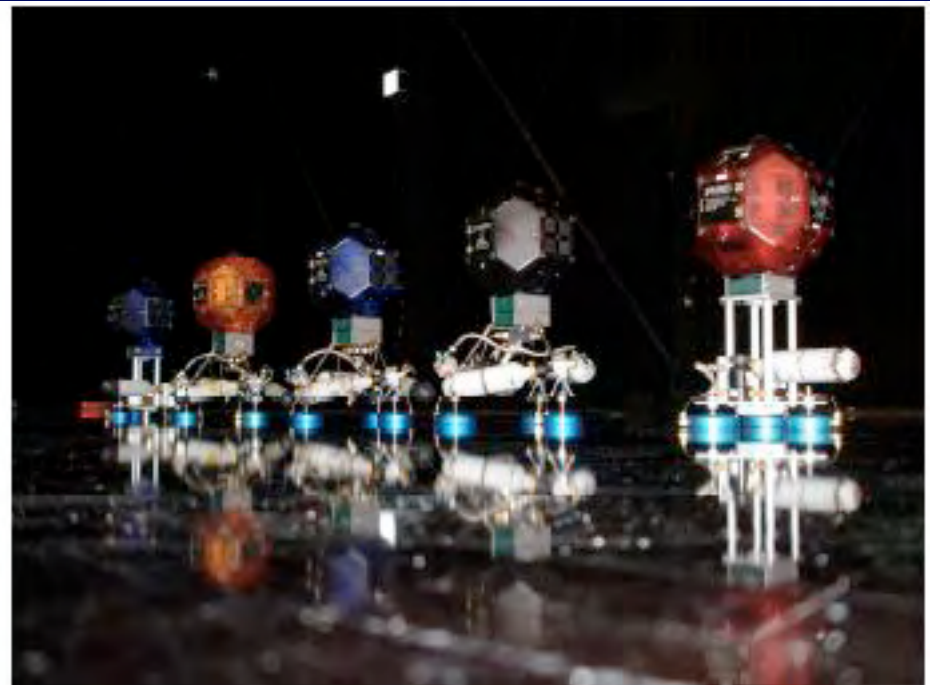


Etude entamée des vols en formations

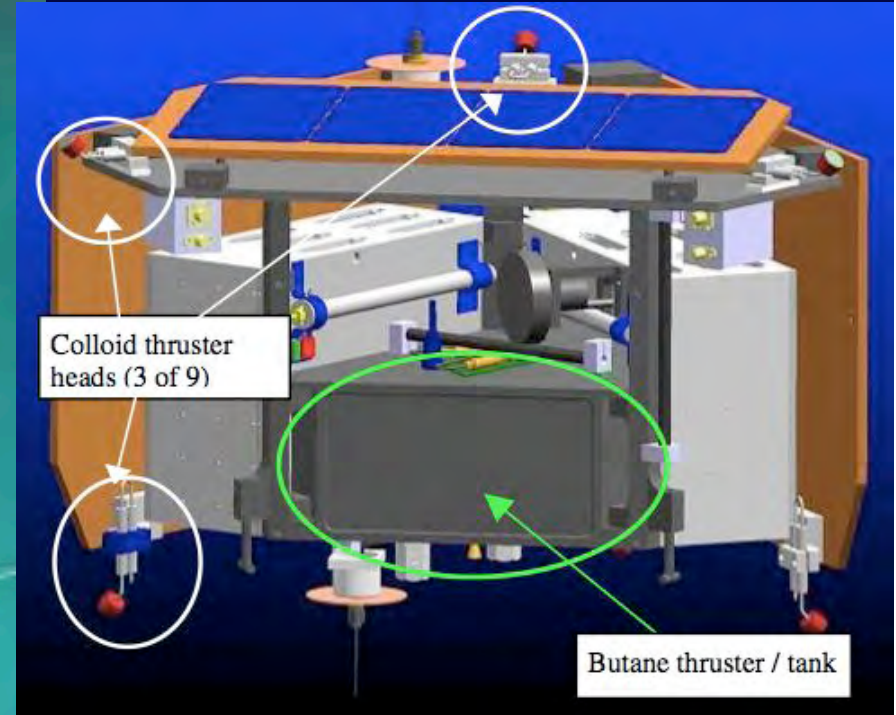
- ESA + Surrey + Astrium:
 - PROBA + SNAP2
 - Durée de vie 1 an
- .

Simulation de pilotage de vol en formation (NASA)

- En cours au sol
- Prévu sur International Space Station

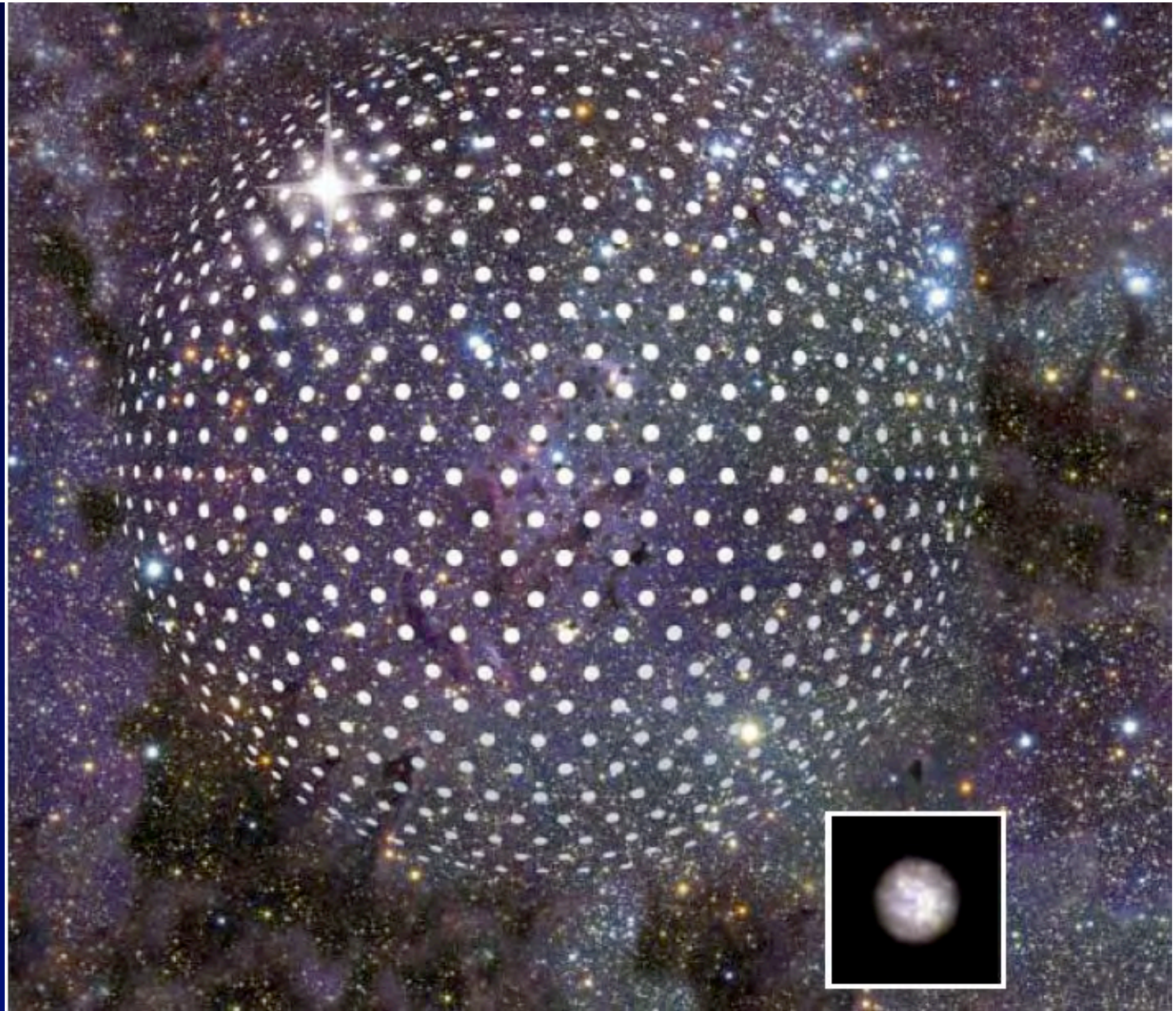


Test prévu par ESA: PROBA + SNAP



Exo- Earth Imager

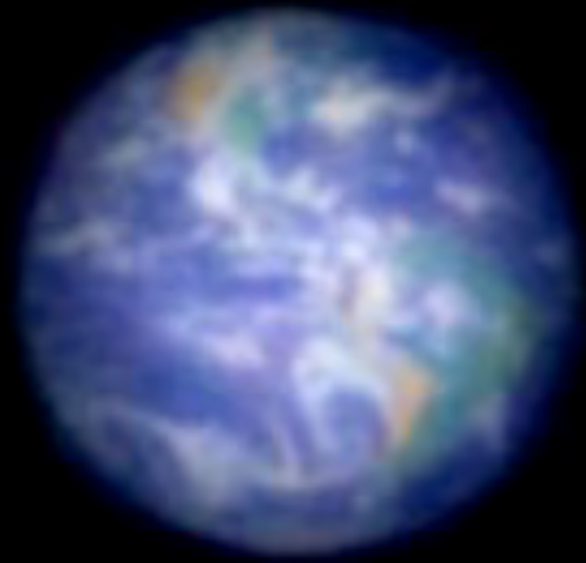
(vue
d'artiste)



- Labeyrie, Pour la science (2006)

Voir la vie sur des images résolues

- simulation : Terre à 10 années-lumière, vue avec 150 éléments de 4m, diamètre 150 km
- Poses 30 mn
- La verdure réfléchit l'infrarouge proche
- Coronographe extrême pour chaque ouverture



Terre



Planète X

Quels actuateurs ?

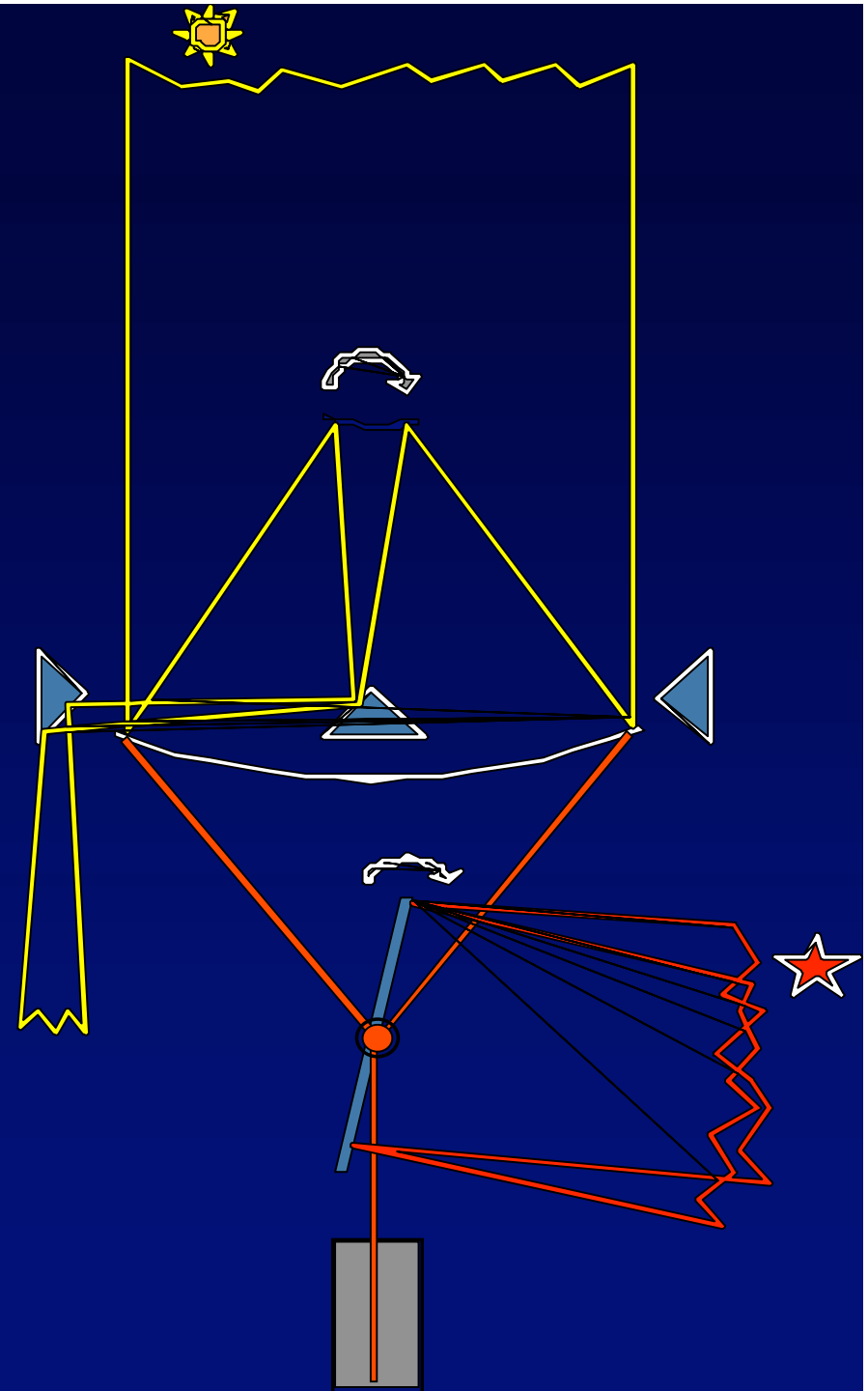
- Il faut lancer de la masse pour bouger
- ou de la lumière
- Il suffit de tourner pour tourner en sens inverse
- ...ou de s'appuyer sur un gyroscope

Propulseurs ioniques

- FEEPs qualifiés par l'ESA... jusqu'à la Lune
- Forte impulsion spécifique, longue durée
- Mais: risque de pollution des miroirs ?
- Intéressant pour les satellites focaux

Luciola: pilotage solaire ?

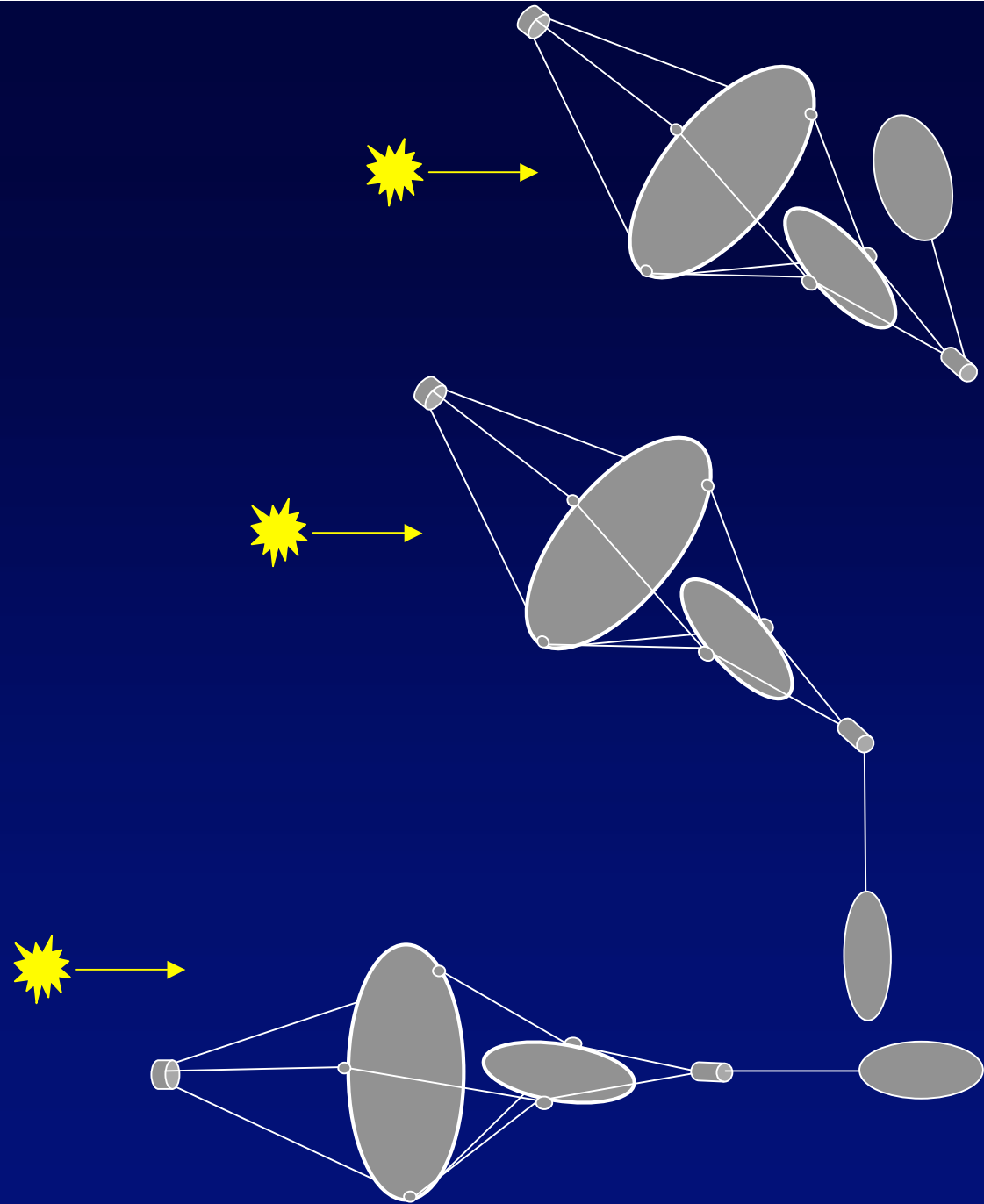
- Auto-pointage vers le soleil
- Pilotage en translation et orientation



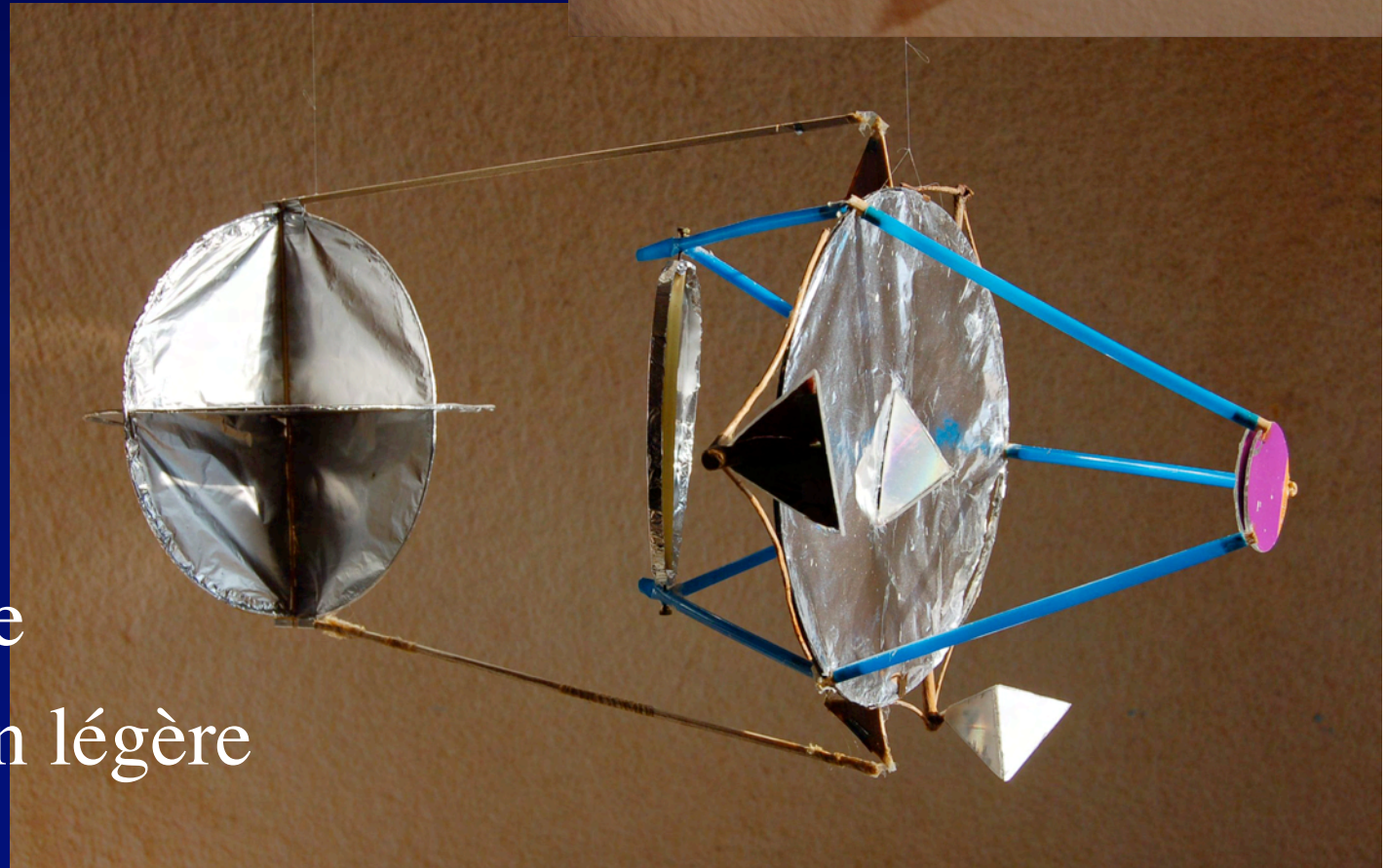
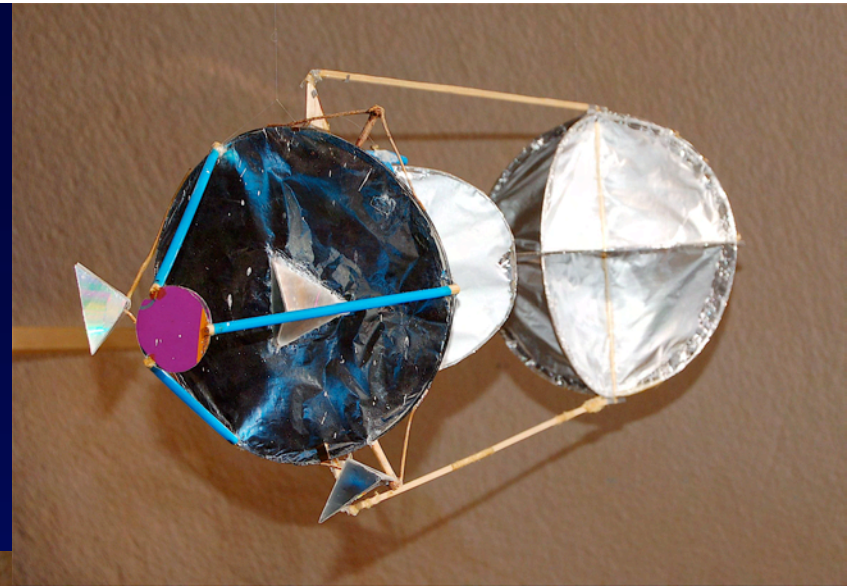
Auto-pointage



$$J_1 \ddot{\theta}_1 + f.(\dot{\theta}_1 - \dot{\theta}_2) + C.(\theta_1 - \theta_2) = 0$$
$$J_2 \ddot{\theta}_2 + f.(\dot{\theta}_2 - \dot{\theta}_1) + C.(\theta_2 - \theta_1) = 0$$

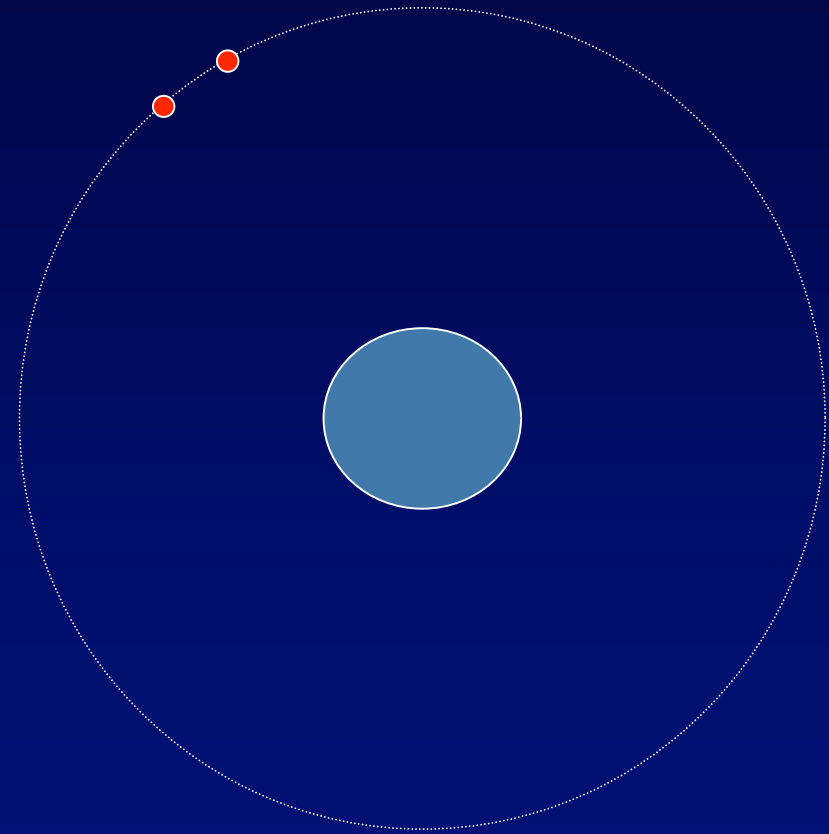
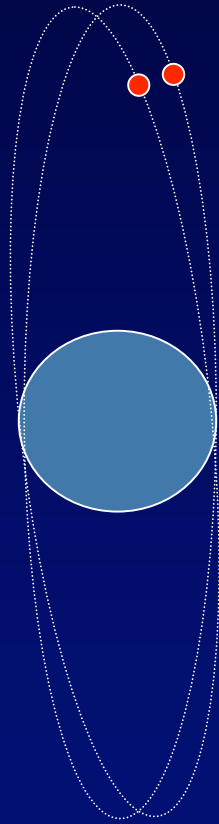


Hypertélescope spatial de première génération: Luciola



- Voile solaire
- Construction légère

Gradient de gravité et dimension des voiles



Orbites préférées:

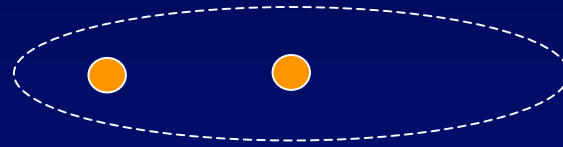
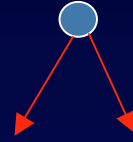
Point de Lagrange L1 de Terre-Soleil



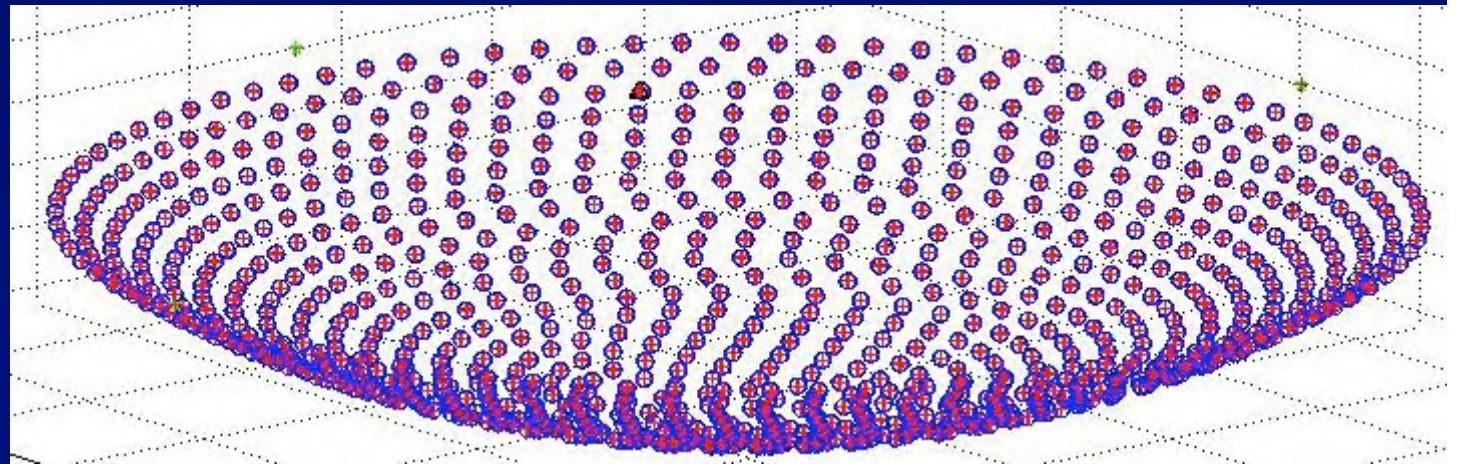
- SOHO s'y trouve depuis longtemps
- Microgravité très uniforme, stabilité transverse
- Léger décalage vers le soleil compense la pression de radiation



Luciola

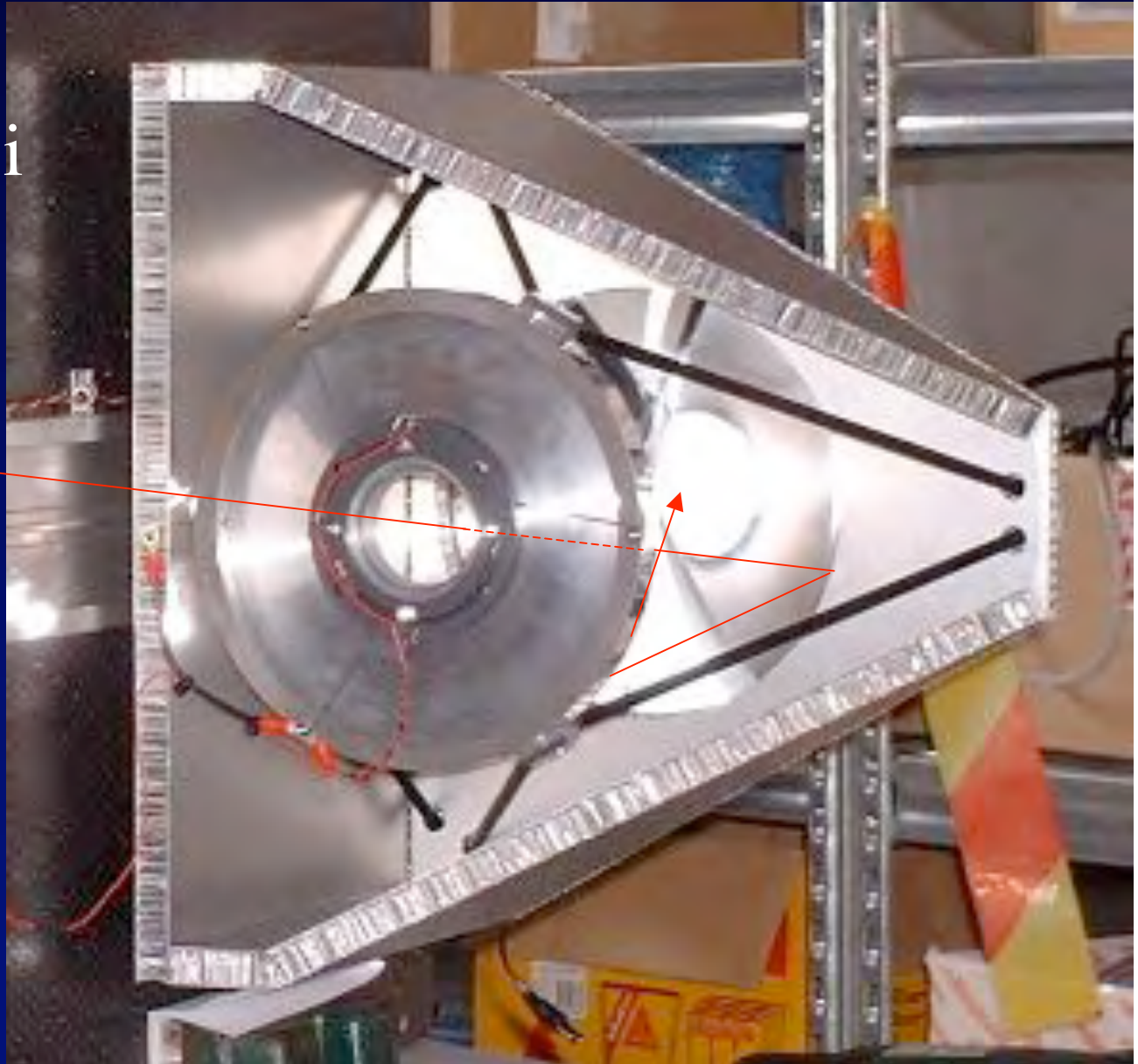


- 16



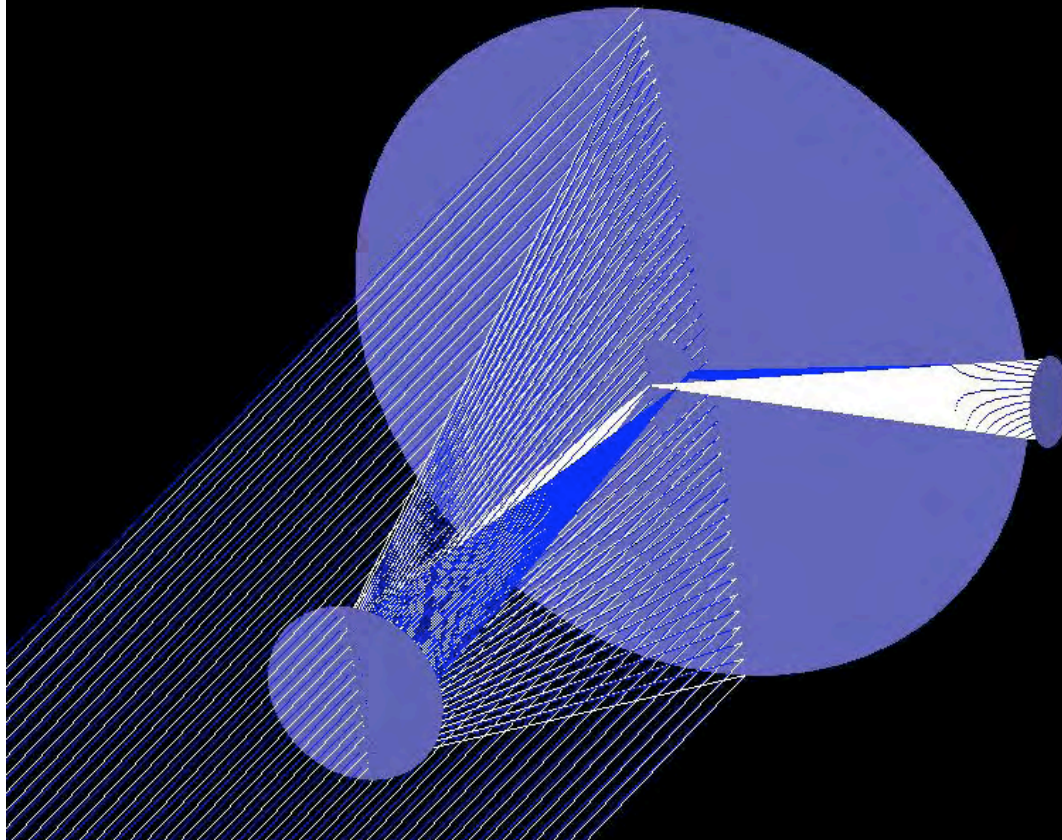
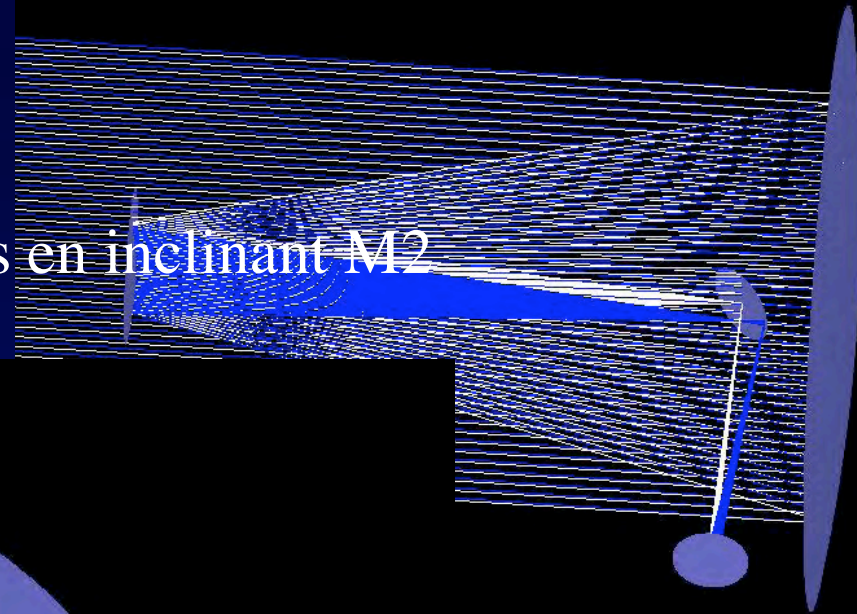
Correcteur d'aberration sphérique de Carlina 1

- Convient aussi pour l'espace

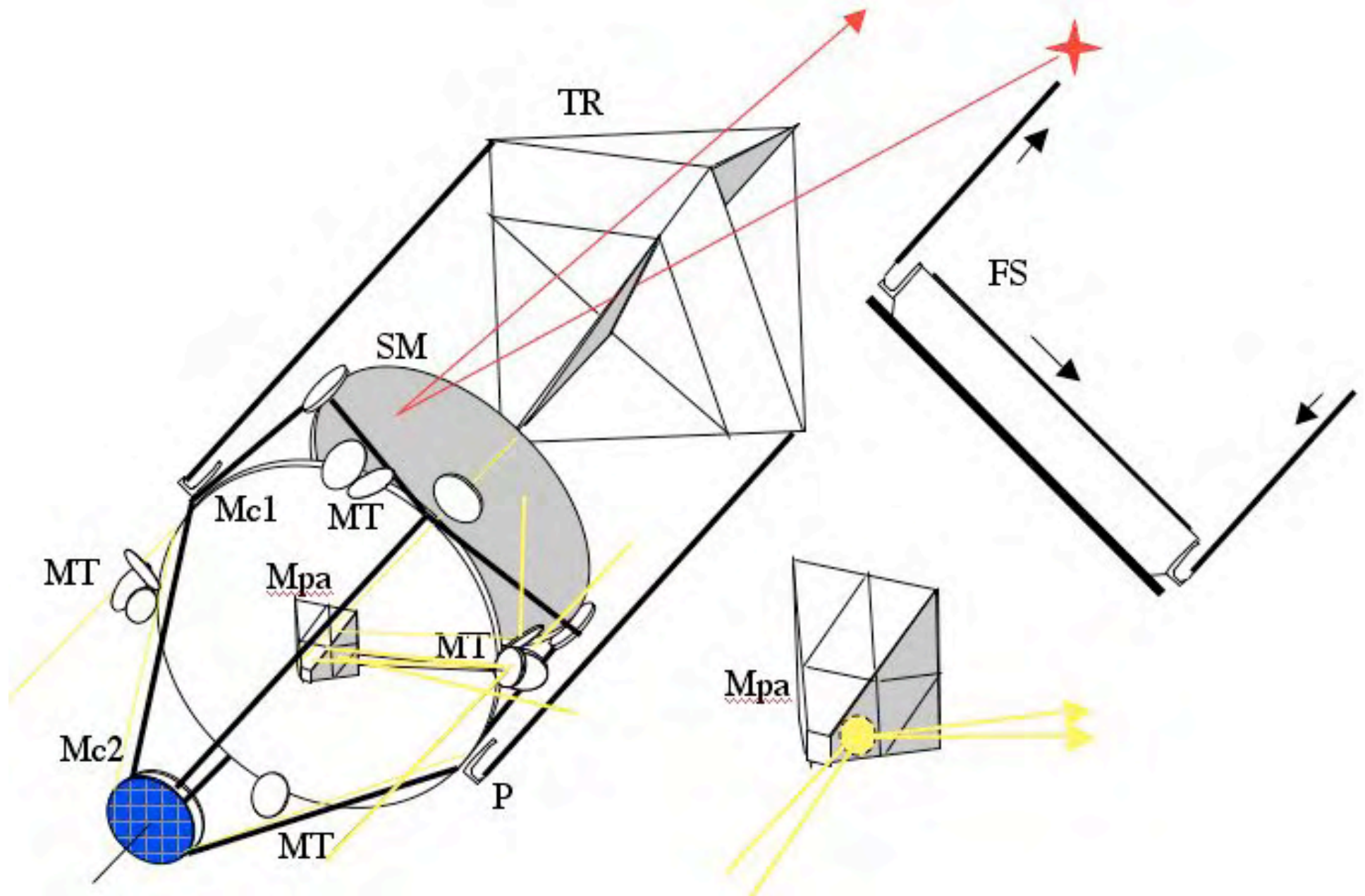


Propulseur solaire

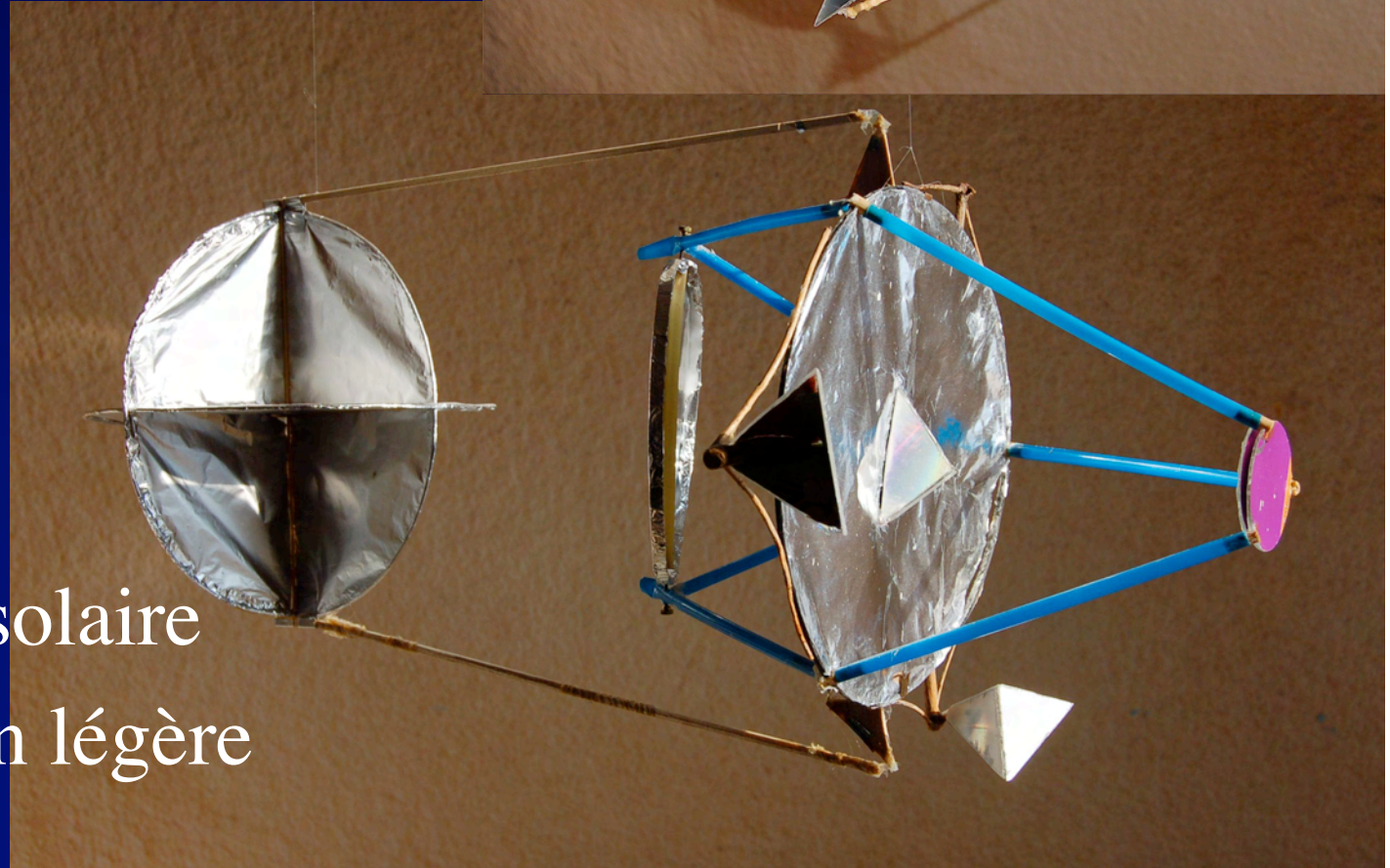
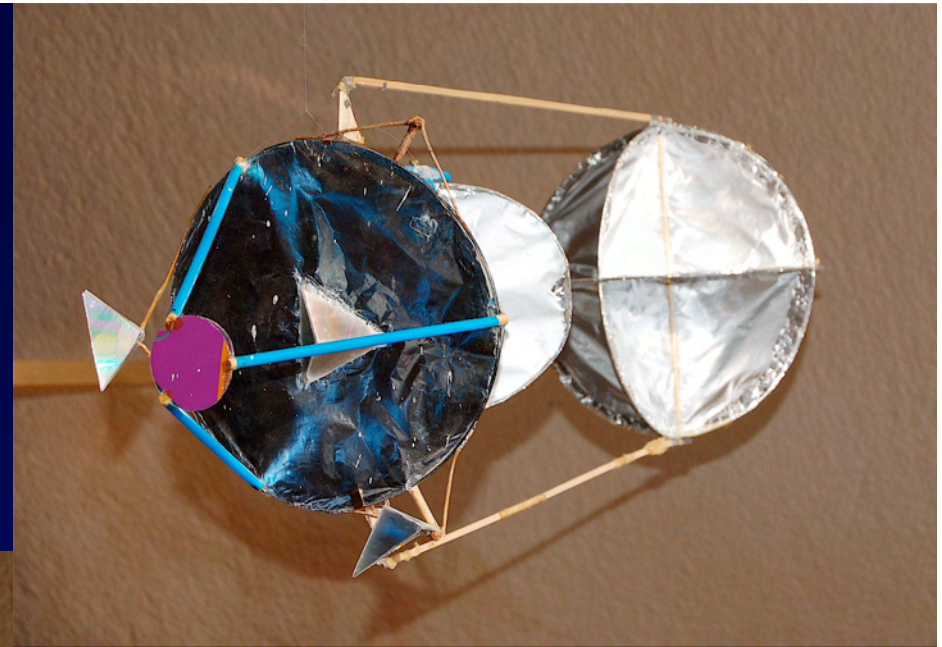
- Télescope Cassegrain léger
- Sorties latérales commutables en inclinant M2



Propulseur solaire

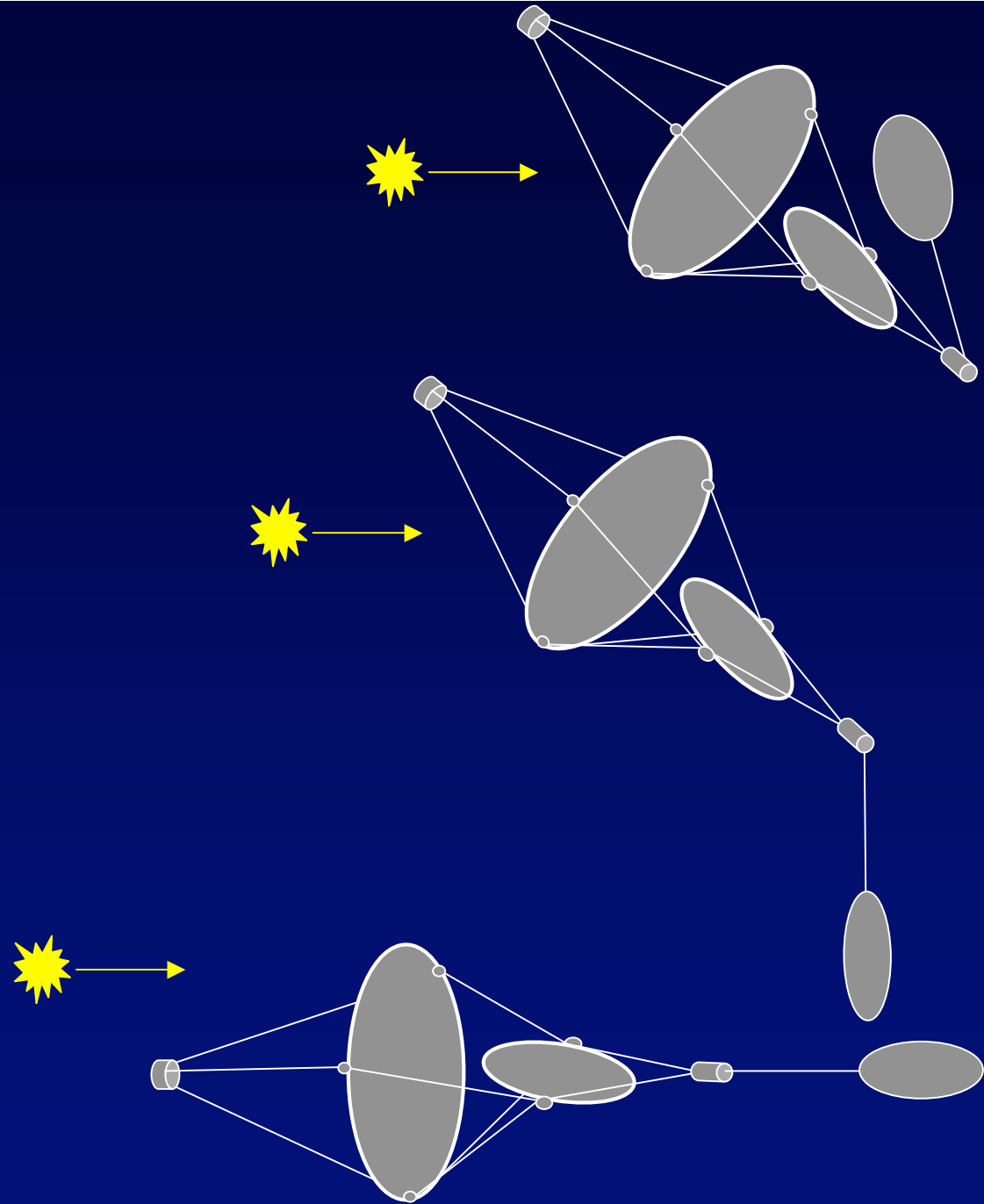


Maquette



- Propulseur solaire
- Construction légère

Redressement



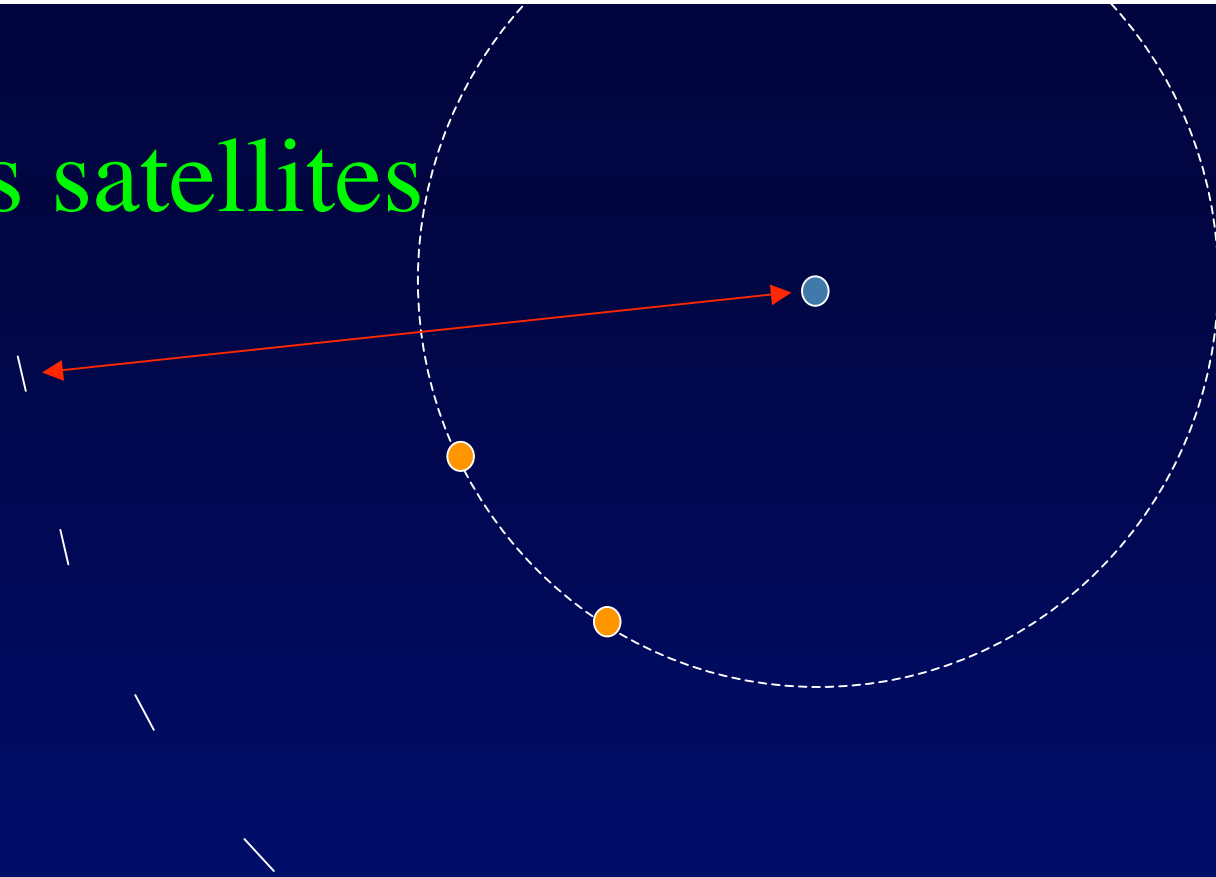
Miroir de Carlina-1 à l'Observatoire de Haute Provence



Procédure de réglage des miroirs primaires

1. positionnement transverse par rapport au fond d'étoiles (précision 1cm)
2. Égalisation des distances (précision 1mm)
3. Réglage des inclinaisons (précision 0,01 rad)
4. Corrections fines d'après les franges laser (précision 100nm)
5. Positionner le(s) optique(s) focale(s) par rapport au fond d'étoiles, et distance

Repérage des satellites



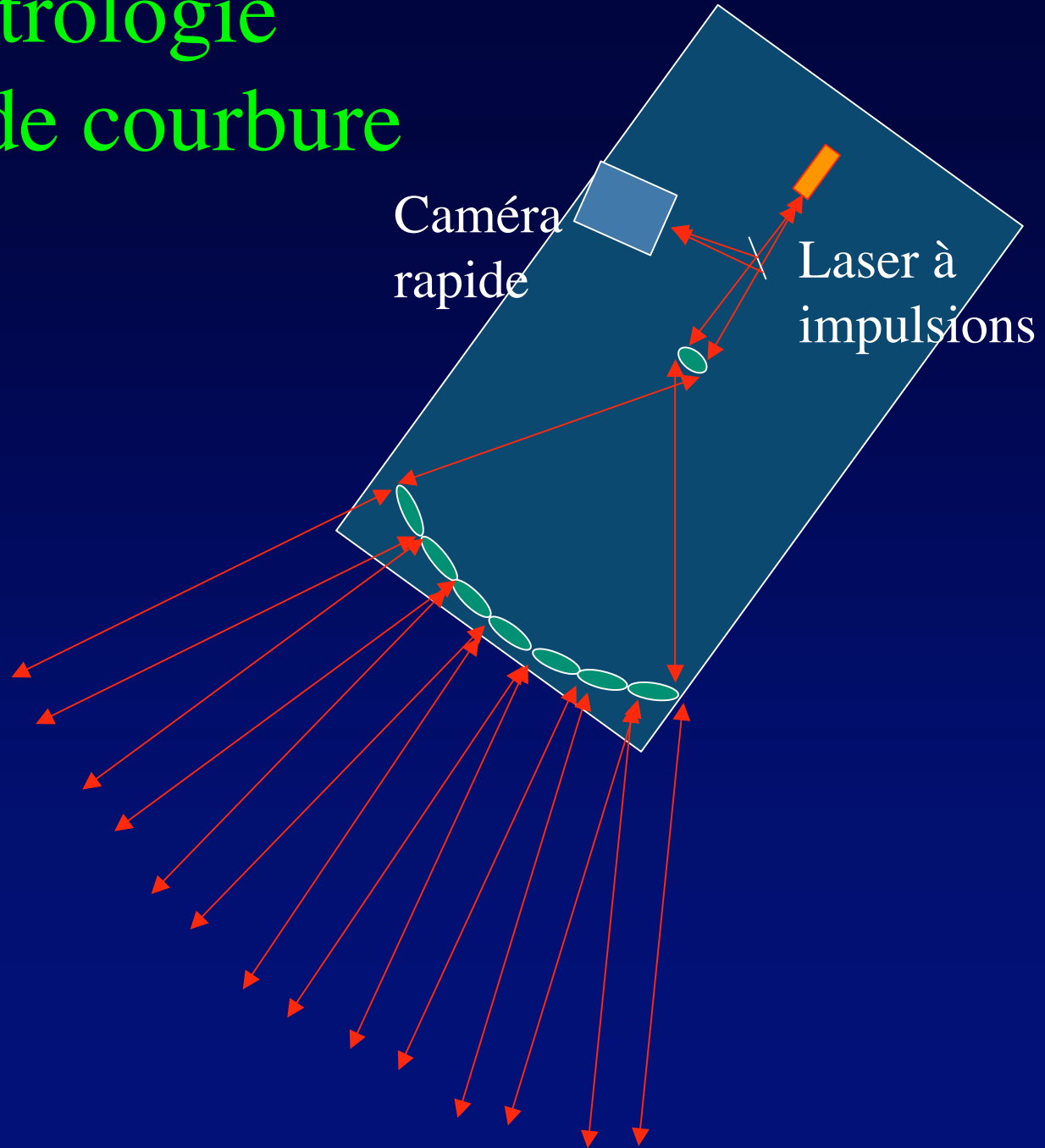
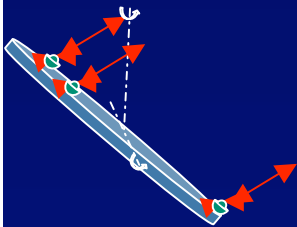
- GPS local , précision 20 cm: insuffisant
- Impulsions « lucioles » de diodes laser
 - Précision 1mm
- Comptage de franges laser:
 - Précision 1 nm

Satellite de métrologie au centre de courbure

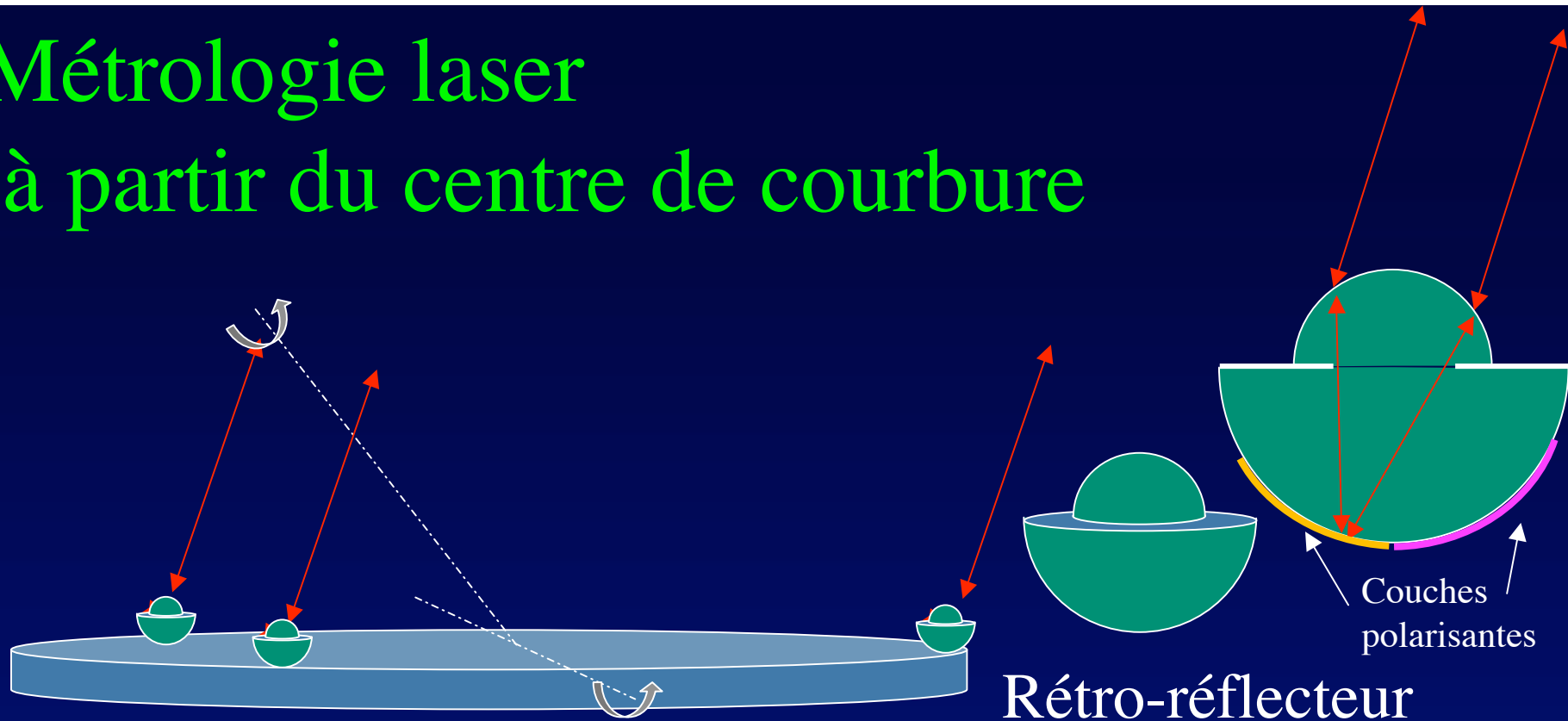
Caméra
rapide

Laser à
impulsions

un faisceau laser par
miroir



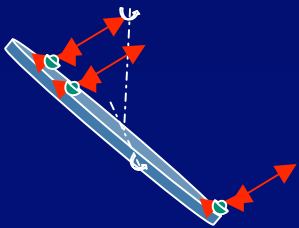
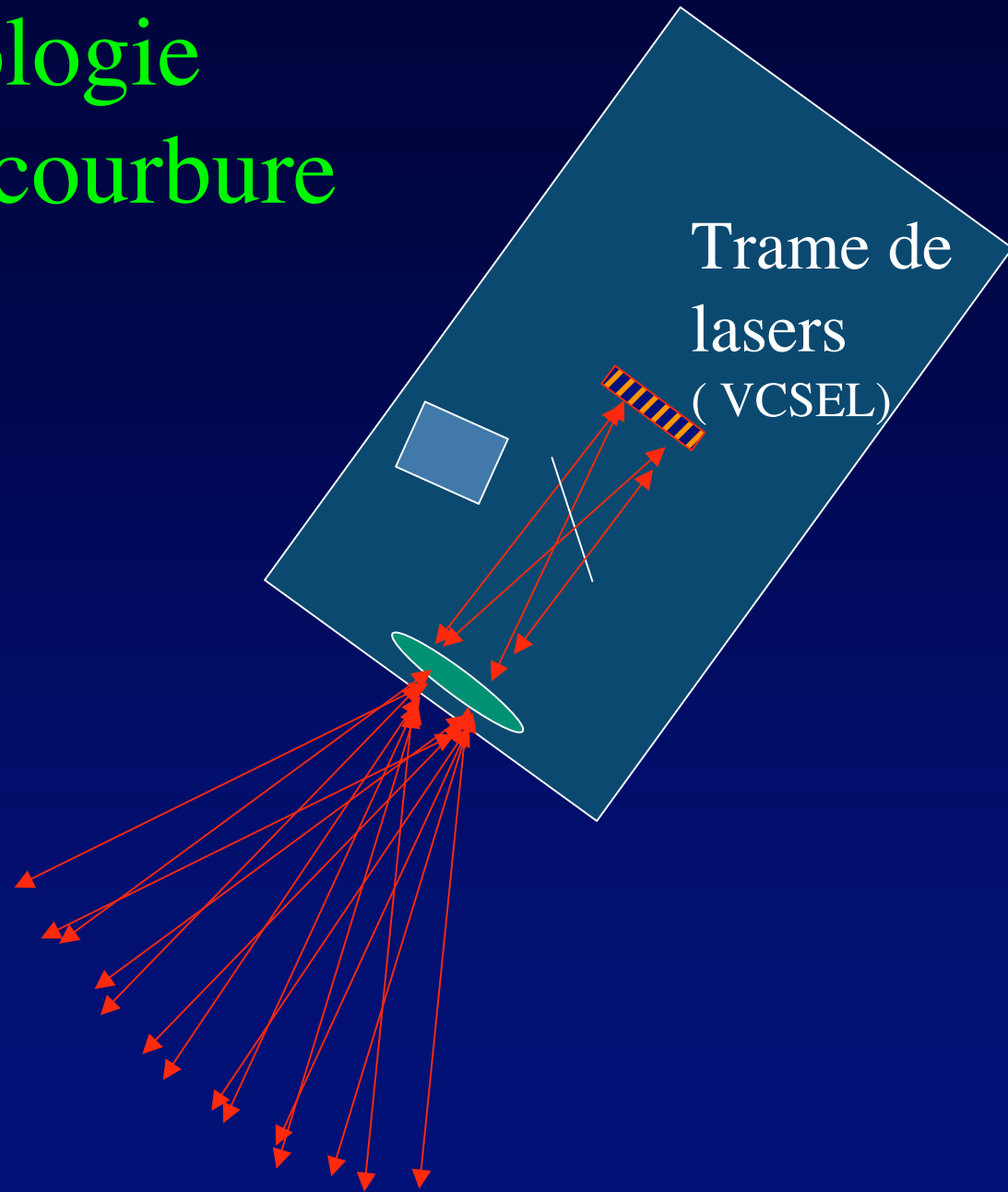
Méetrologie laser à partir du centre de courbure



- temps de vol d'impulsions laser mesuré pour:
 - distance grossière (1mm)
 - orientation grossière des segments (0,01 radian)
- interférence polychromatique pour:
 - orientation précise (1 micro-radian)
 - distance précise(100 nm)

Satellite de métrologie au centre de courbure

Variante à comparer

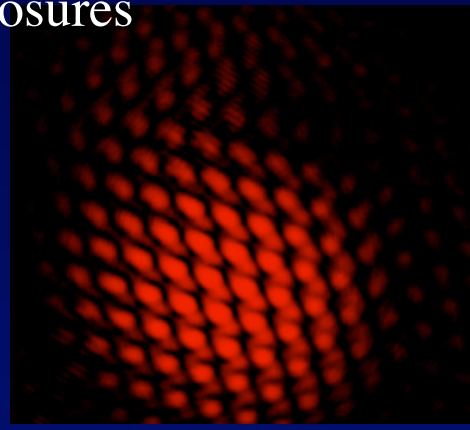
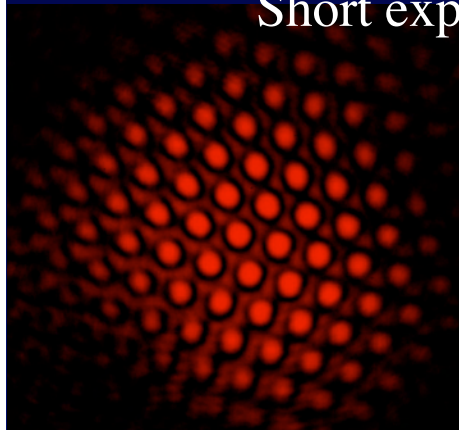


Exploiter les interférences entre faisceaux laser rétro-réfléchis

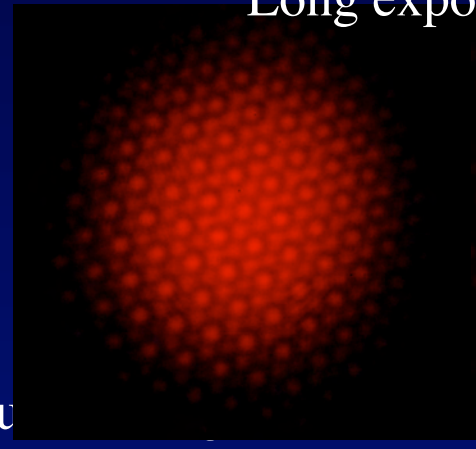
- Trois possibilités:
 1. Par triplets, franges « nid d'abeille »
 2. Avec onde de référence => carte des erreurs de piston
 3. Par analyse des « speckles dispersés »

Interférences exploitables dans les faisceaux réfléchis

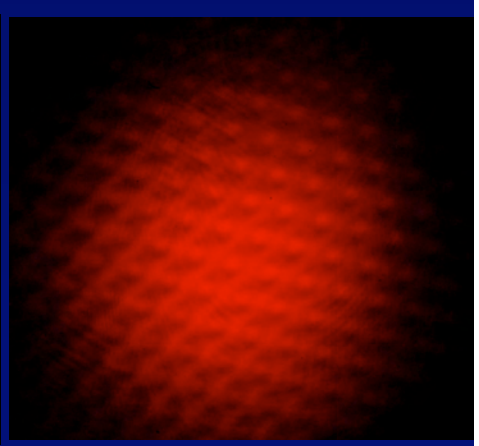
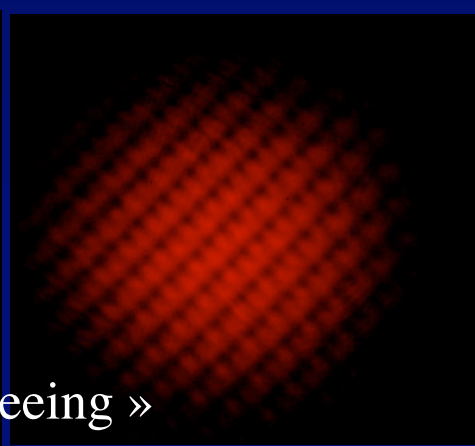
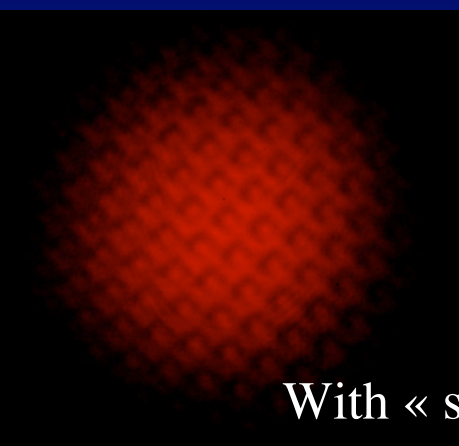
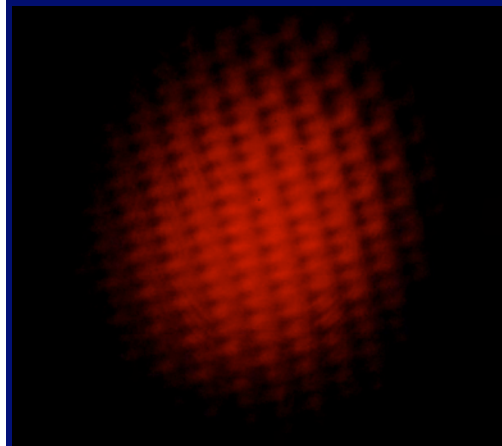
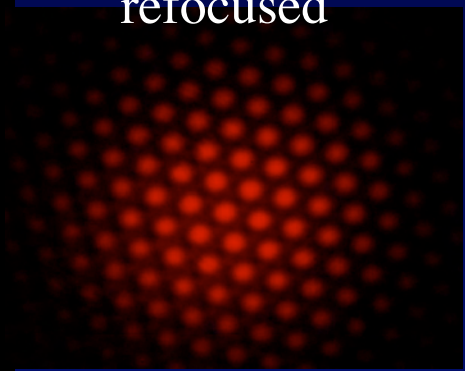
Short exposures



Long exposures



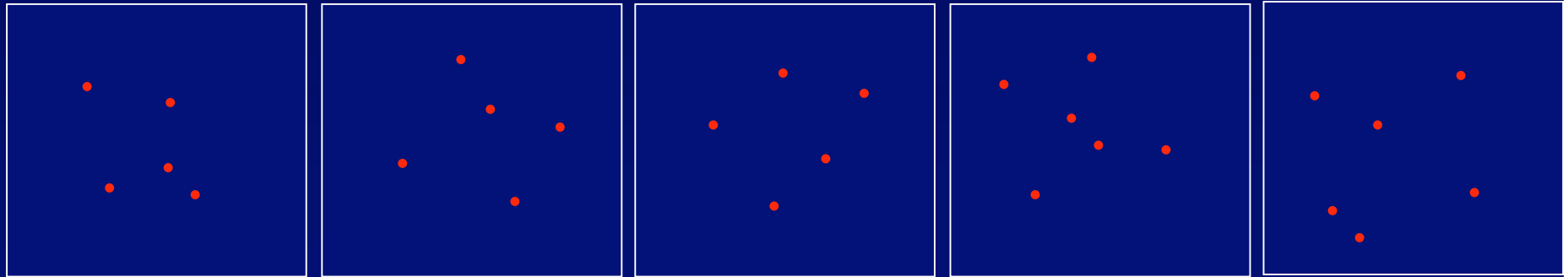
refocused



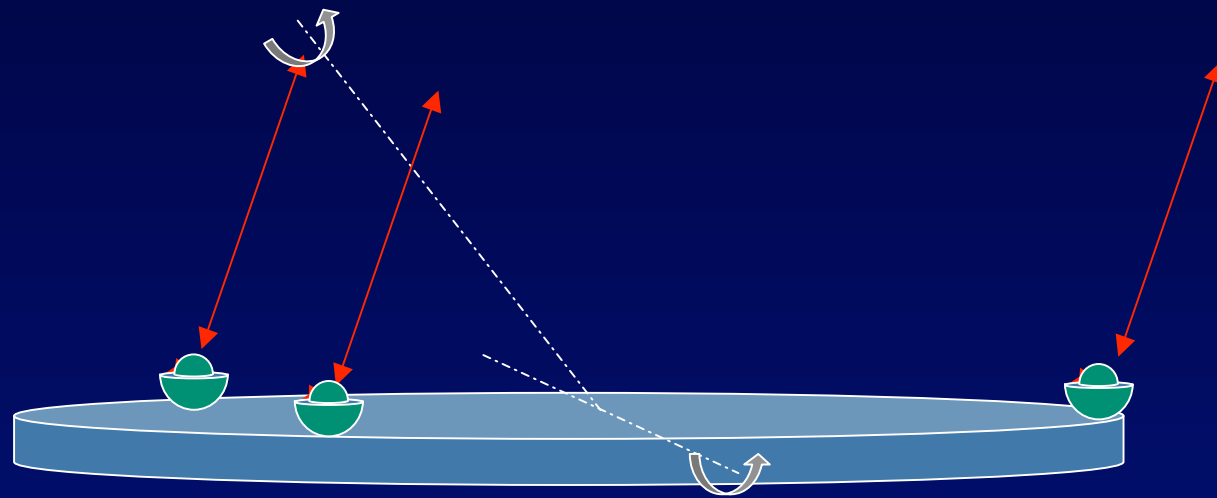
With « seeing »

Chronométrage des retours laser: lequel est lequel?

- Identification par caméra ultra-rapide ?

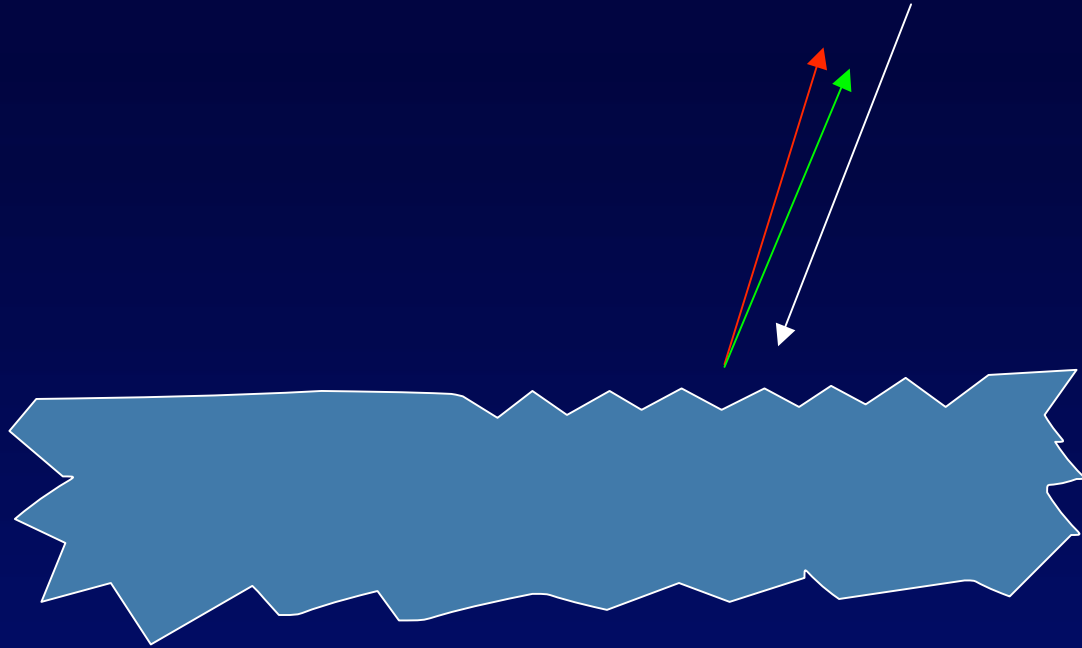


Métrie



- Identification des rétro-rélecteurs par filtrage spectral ?

Métrologie



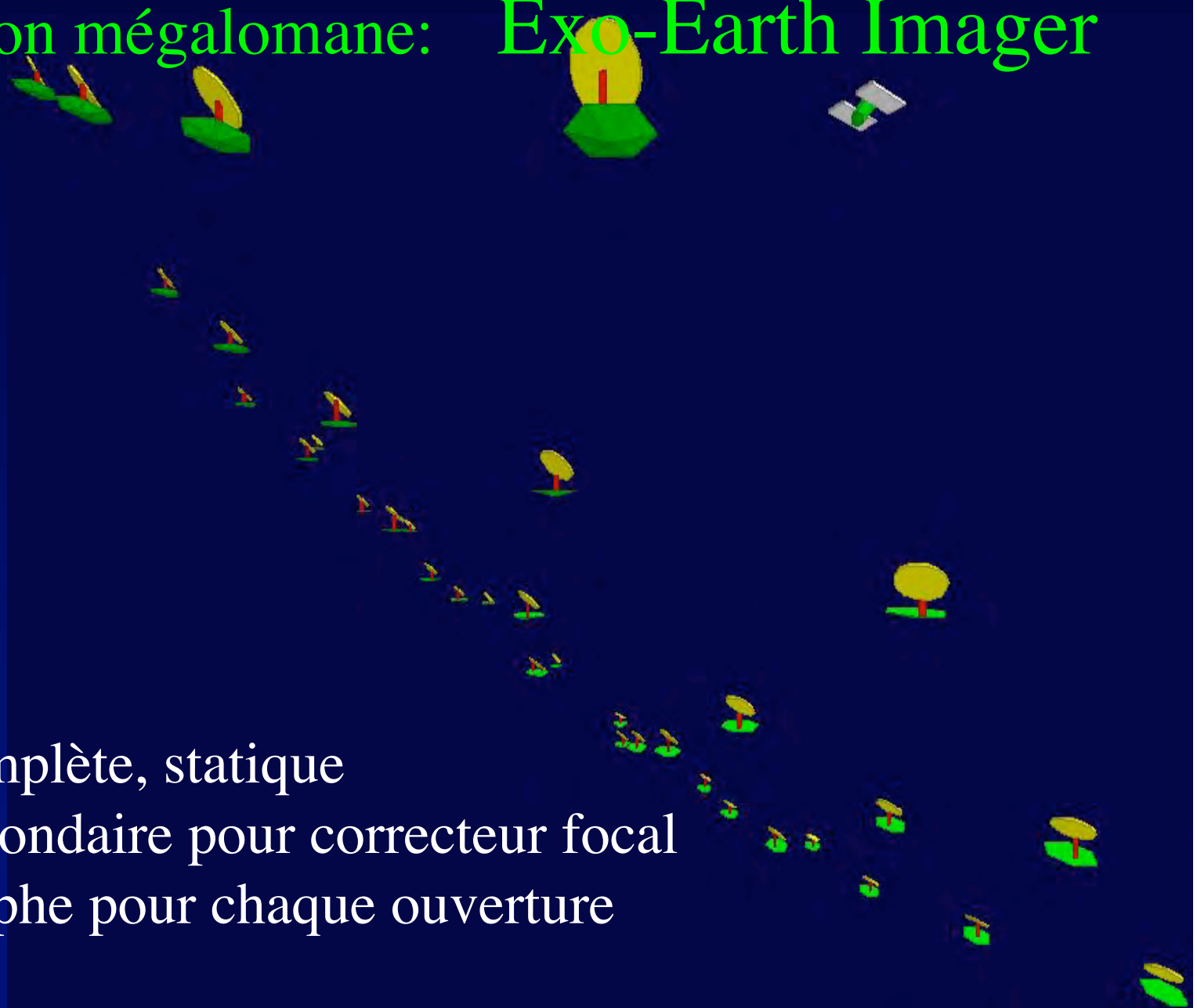
- Rétro-réflecteur ou réseau circulaire « rétro-blazé » ?
- Polarisant pour identification de l'azimuth ?

Positionner au point de Lagrange L1 ?

- Micro-gravité homogène, faible gradient
- Léger décalage vers le soleil compense la pression de radiation moyenne

Après des versions modestes (Luciola) et moyennes:

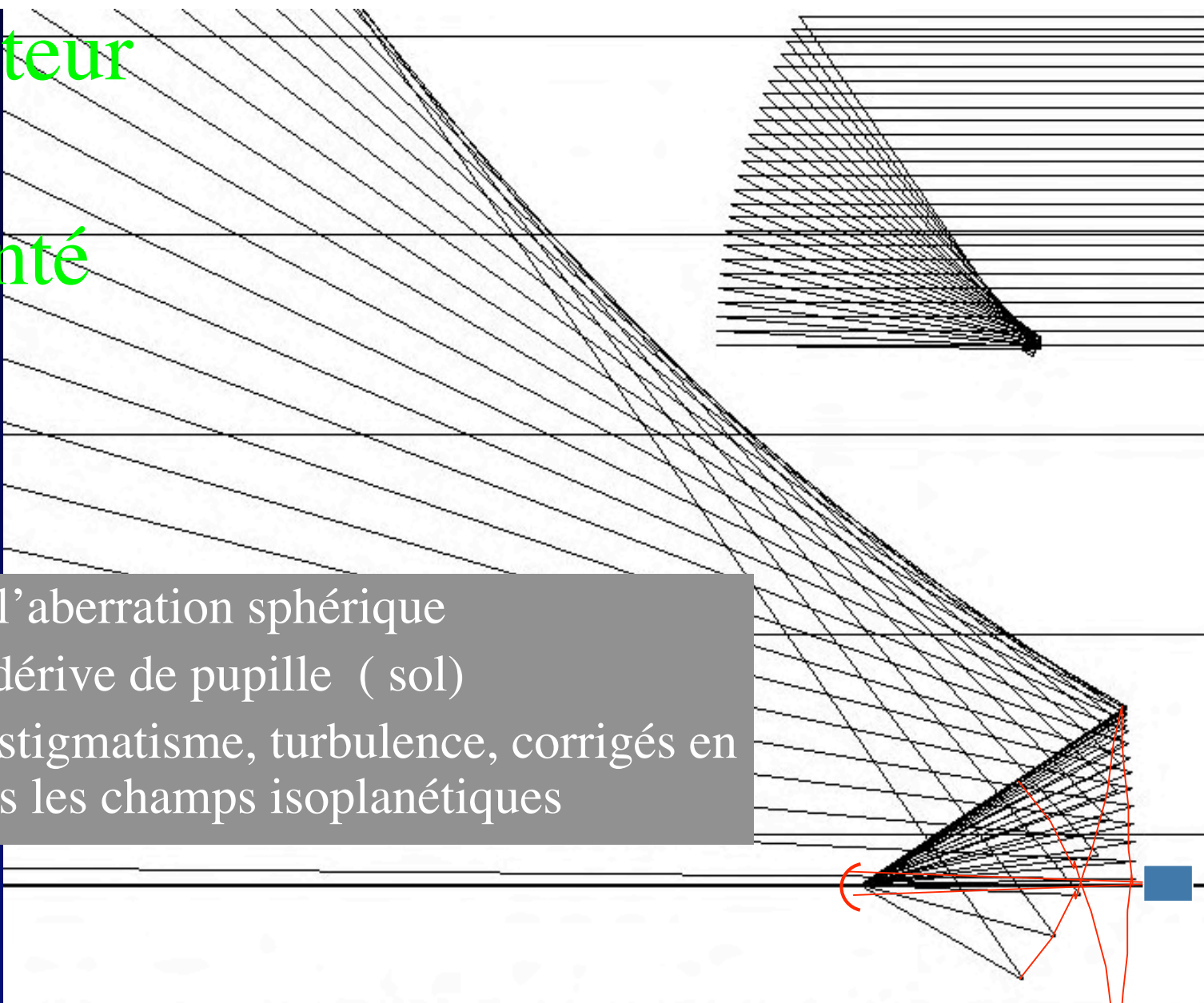
la version mégalomane: Exo-Earth Imager



- sphère complète, statique
- flotille secondaire pour correcteur focal
- coronographe pour chaque ouverture

Correcteur focal 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

Conclusion

- Proposition à ESA en cours
- Le concept Luciola s'est simplifié
- Il reste des incertitudes techniques:
 - Miroirs ultra-légers
 - Charges électrostatiques perturbant l'équilibre solaire
- Qualifier en laboratoire:
 - la propulsion solaire
 - La métrologie
- Essais en orbite nécessaires