

Optique Adaptative de courbure

Les années Hawaïi

Guy Monnet, Olivier Guyon, Bruno Sicardy Olivier Lai

Introduction

Guy Monnet

Contexte astro-politique

Motivations différentes dans le développement de l'OA aux US et en Europe:

Aux Etats Unis, dès les années 1960, applications militaires, propagation laser, imagerie de satellites (fort flux, dans le visible). Projet SDI, moyen d'exercer une pression financière énorme sur l'URSS, responsable de la chute du mur?

En Europe, la motivation est de rétablir la cohérence de la lumière dans chaque télescope dans le but d'une recombinaison interférométrique (Labeyrie, Lena, Roddier)

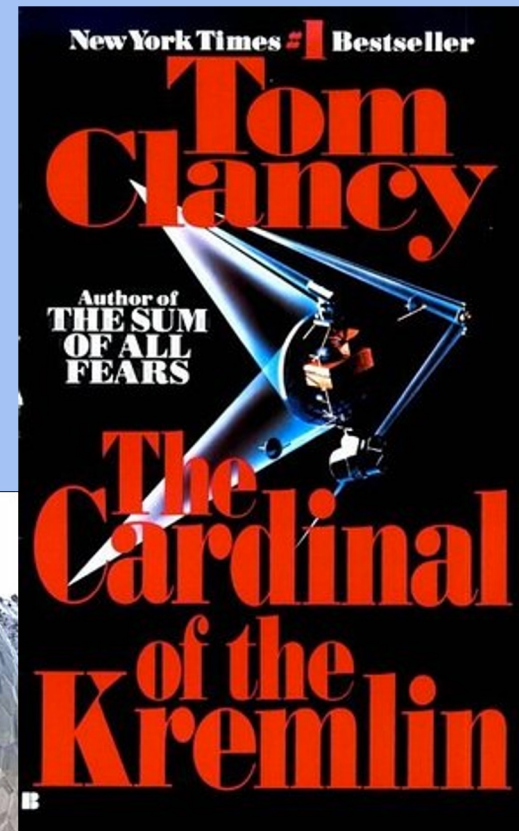
La Guerre des Etoiles



La Guerre des Etoiles

SDI (Star Wars): Années 1970 et 1980

- Incroyablement bien résumé dans *Cardinal of the Kremlin* (Tom Clancy)
- Le but était la propagation de lasers puissants pour détruire des ICBMs ou faire l'imagerie (ou aveugler) des satellites ennemis.
- Programme responsable de SOR (Starfire Optical Range), de l'AEOS (Air force Electro-Optical System), et de l'ABL.



Origines militaires

Très actif à Maui dans les années 60: CIS (compensated imaging system).

Premier système purement astronomique en France: Come-On (1989)

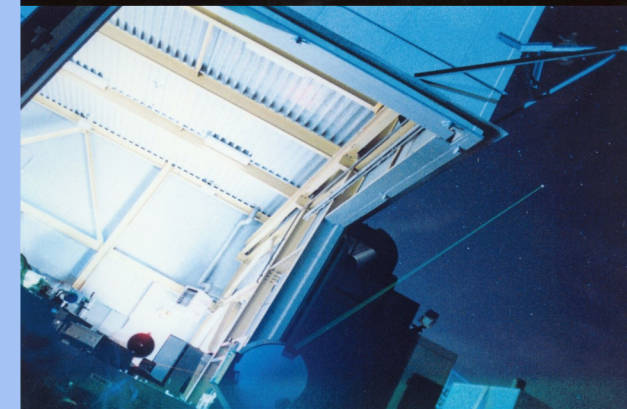
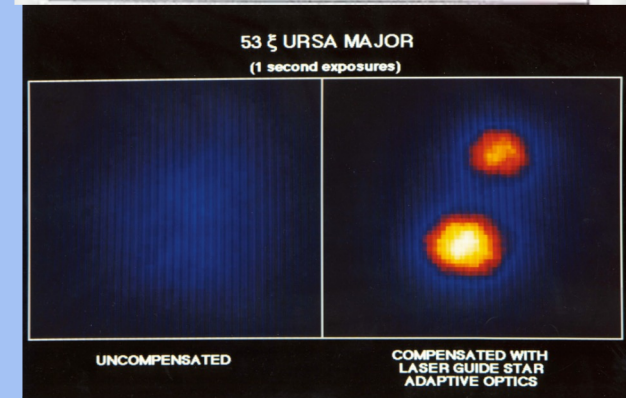
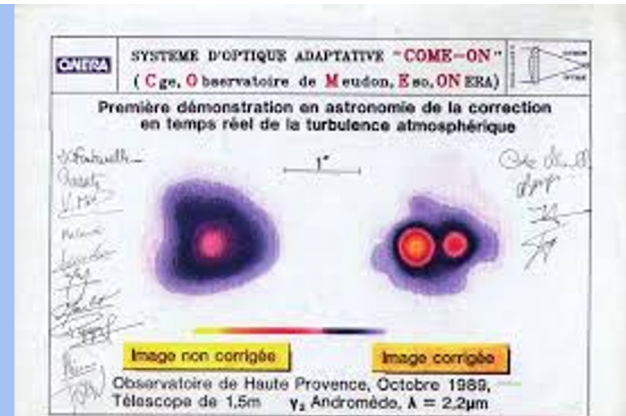
(transfert de technologie militaire de l'ONERA),

Puis en 1991 Come-ON+

En 1991, Bob Fugate révèle des résultats classifiés du SOR à la réunion AAS.

Dans le but de générer de l'intérêt pour l'OA aux Etats Unis et rattraper les progrès effectués en Europe.

Système militaire ACE (Atmospheric compensation Experiment utilisé pour l'astronomie par Chris Shelton au Mount Wilson. Puis CHAOS à Chicago (Kibblewhite)



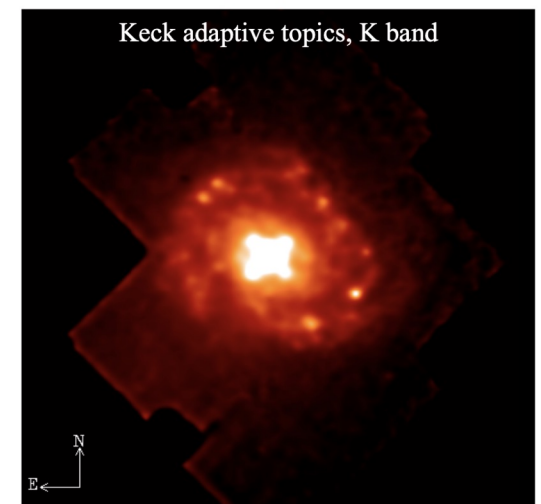
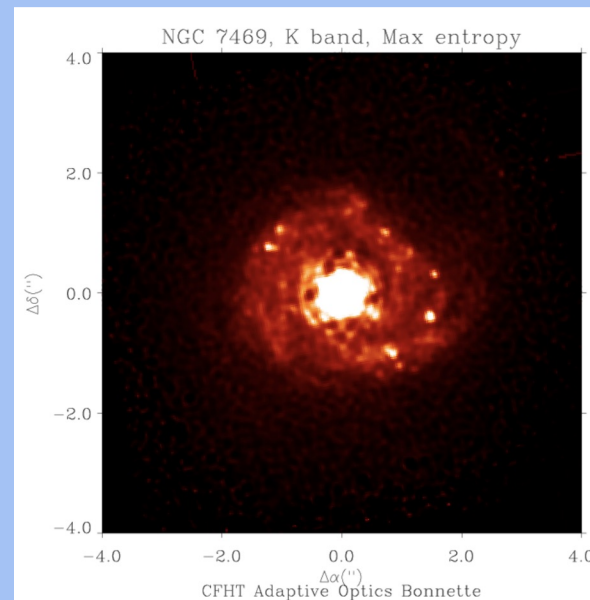
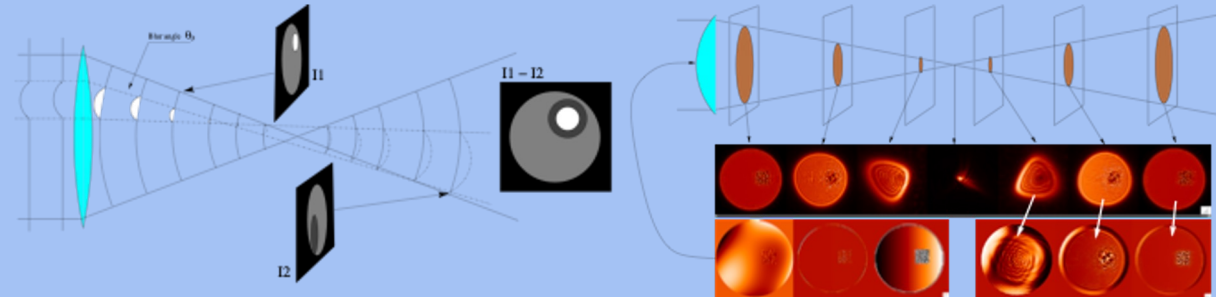
Et la courbure dans tout ça...

$$\frac{I_1(\mathbf{r}) - I_2(-\mathbf{r})}{I_1(\mathbf{r}) + I_2(-\mathbf{r})} = \frac{\lambda}{2\pi} \frac{f(f-l)}{l} \left[\nabla^2 \phi(\rho) - \delta_c \frac{\partial \phi}{\partial r} \right]_{\rho=\frac{r}{f}}$$

François développe le concept d'OA par courbure: les contraintes sont différentes en astronomie (objet plus faibles, donc moins de photons).

Mais le débat fait rage à l'époque, en grande partie pour justifier les budgets colossaux militaires (dont le récit est que c'est une technique hyper difficile et compliquée). Au contraire, la courbure propose une approche qui simplifie les systèmes, mais nécessite un peu plus de maîtrise et de finesse mathématique.

Mais les résultats sont sans équivoque, les systèmes de courbure peuvent observer des sources jusqu'à 2 magnitudes plus faibles, avec moins d'artefacts.



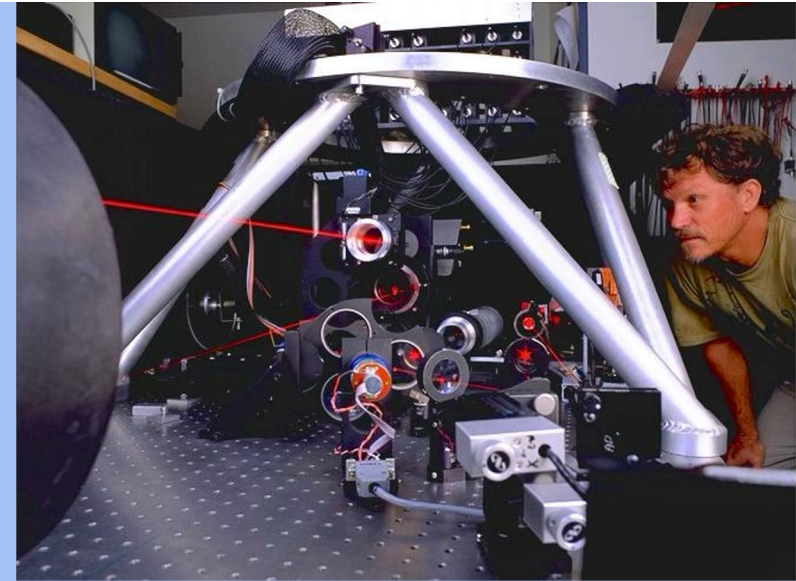
Débat sans fin...

Pour illustrer le climat du débat à l'époque, voici un extrait du livre de J.W. Hardy (un des pionniers de DARPA sur CIS) «Adaptive optics for Astronomical Telescopes» : "Curvature sensing is competitive in performance with slope sensing only for small arrays of up to about 50 elements."

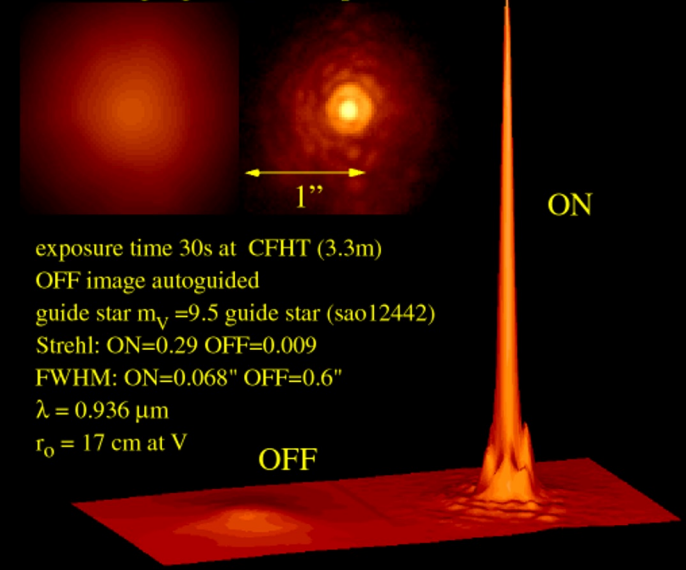
François écrivait en 1998 : "Very large Shack Hartmann systems have unduly low efficiencies. To boost performance of AO systems, it may prove more rewarding to increase their efficiency rather than their size."

Puis l'analyseur de surface d'onde pyramide est arrivé, et a détourné le débat. Papier d'O. Guyon (2005) montre que la courbure peut atteindre les mêmes performances qu'un analyseur de front d'onde "idéal" dans certaines conditions (à certaines séparations angulaires).

Finalement un papier de Kellerer de 2011 (!) permet de résoudre le fameux problème de la propagation du bruit, mais omet de prendre en compte l'avantage d'efficacité intrinsèque de correction...



Imaging with Hokupa'a



Optique adaptative du Keck

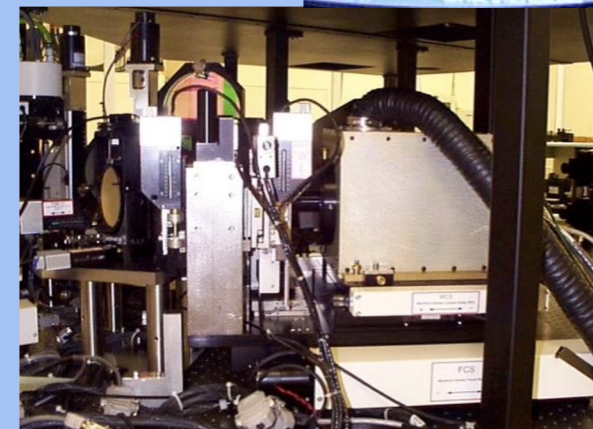
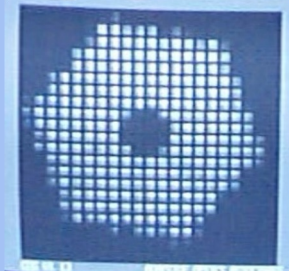
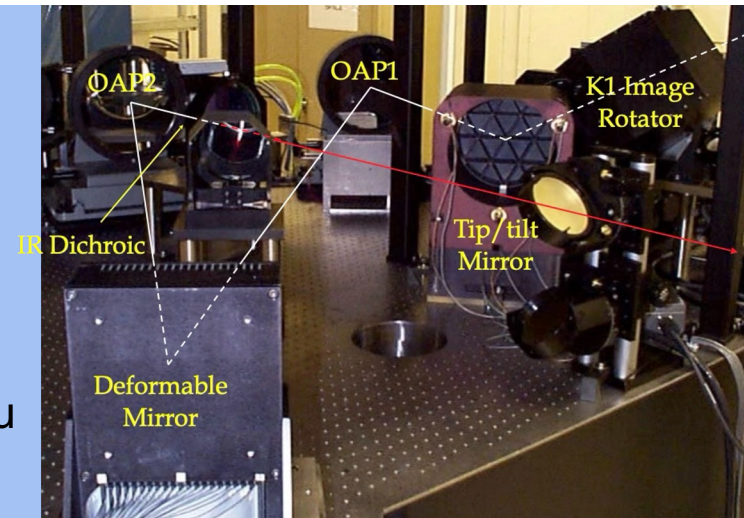
J'y ai fait mon post-doc (1997-1999), période très active en OA, avec l'arrivée des télescopes de classe 8-10 mètres. **Compétition** VLT, Keck, Gemini, Subaru...

Ce système provenait d'un **héritage militaire** (LLNL) et était conçu dès le départ comme un système à étoile laser. (En essayant d'optimiser les performances sur étoile naturelle, on me l'a fait remarquer, comme si on pouvait faire fonctionner l'un sans l'autre!).

Système très complexe (pupille hexagonale en rotation sur l'analyseur de surface d'onde), **première lumière en 1999**, mais la correction ne devient **efficace qu'en 2004** après la mise en oeuvre de reconstructeurs optimisés (Van Dam, 2004)

Nous avons essayé d'installer **l'interféromètre à rotation de pupille** dans le bras visible (de l'analyseur de surface d'onde) dans le système d'OA du Keck... François était sceptique...

Et il avait raison, les vibrations étaient trop importantes et brouillaient les franges, même avec correction d'OA.



Optique adaptative de Gemini

Au beau milieu du débat “courbure vs. SH”, se trouvait Gemini et ses plans pour son instrument d’OA “facility”: Altair... (et je ne sais pas à quel point nous voulons rentrer dans les détails de cette histoire...!)

Cependant, la première lumière était avec/grâce à Hokupa’a, seul instrument a Gemini pendant 1 an.

(Olivier Guyon connaît mieux cette histoire que moi, c’est un bon endroit pour te passer la main)