

L'ÉTOILE LASER : UNE RÉFÉRENCE DE PHASE POUR L'OPTIQUE ADAPTATIVE

Renaud Foy^{1,2}, Pierre-Éric Blanc², Thierry Fusco³, Andrée
Laloge², Auguste Le Van Suu², Sandrine Perruchot², Alain
Petit⁴, Pierre Richaud², Michel Tallon¹, Éric Thiébaud¹, Michel
Boër²

¹*CRAL - Observatoire de Lyon, France*

²*Observatoire de Haute-Provence, France*

³*DOTA - ONERA, France*

⁴*Laboratoire de Spectroscopie et de l'Interaction laser-matière,
DEN/DPC, CEA, France*

JRIOA - Nantes, 19-20/11/2008

Plan

- ▶ Rappel du problème, principe de l'ELP,
- ▶ les contraintes physiques,
- ▶ le projecteur interférométrique,
- ▶ le schéma de ELP-OA à l'OHP,
- ▶ les vibrations du télescopes,
- ▶ le modèle complet,
- ▶ conclusion : avancement du projet.

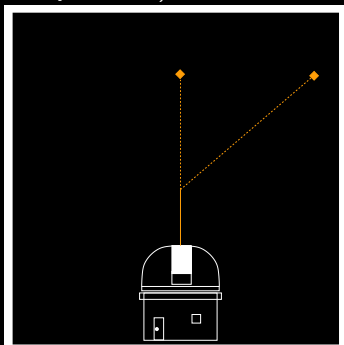
RAPPELS

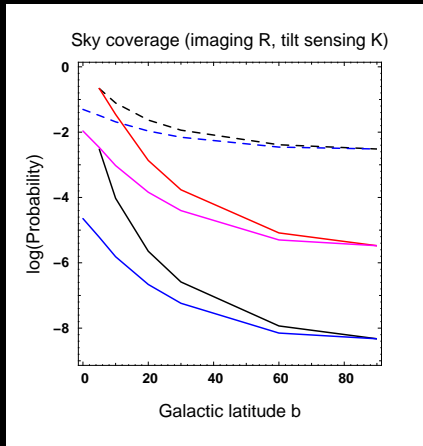
L'optique adaptative requiert une *référence de phase*.

Isoplanétisme : $\Theta \approx 30'' @ 2.2\mu\text{m}$, $5'' @ 0.55\mu\text{m}$

Si pas de source naturelle

⇒ **LGS** (Foy & Labeyrie, 1985)





Haut : 1 étoile naturelle, champ 10"

Bas : 3 étoiles naturelles, champ 10"

Milieu : 3 étoiles naturelles, champ 30"

Cartographie 3D de la turbulence / MCAO (Tallon & Foy, 1990 ; Le Louarn & Tallon, 2002 ; ...)

⇒ Pas d'espoir de trouver une NGS pour la pente en V !

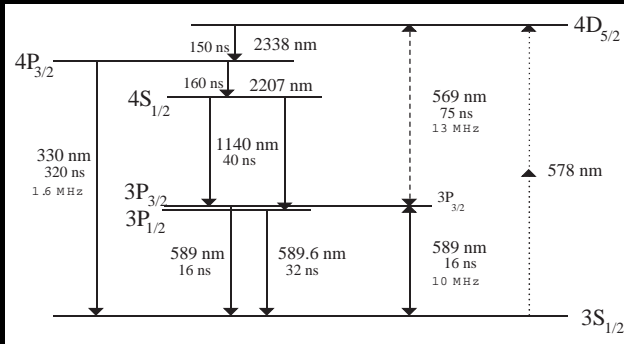
Quelques rappels

Indice de réfraction de l'air :

$$n(\lambda, P, T) - 1 = f(\lambda) \times g(P, T) \quad (1)$$

$$\implies \theta_{\lambda_3} = \Delta\theta_{\lambda_1, \lambda_2} \times (n_{\lambda_3} - 1) / \Delta n_{\lambda_1, \lambda_2}. \quad (2)$$

La pente à λ_i s'écrit en fonction de la différence de pente entre 2 λ s.



Niveaux d'énergie de NaI.

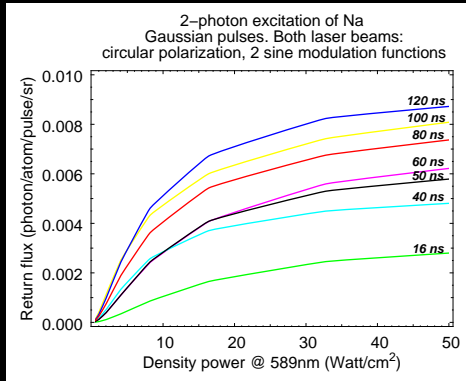
L'excitation à 1 photon (Foy et al. 1995) ¹

$3S_{1/2} \rightarrow 4P_{3/2}$ n'est pas efficace : section efficace, équations cinétiques, ...

¹Pique et al, JOSA A 23, 2006

Les contraintes physiques

Optimisation du flux rétrodiffusé



contraintes technologiques : \bar{P} and F_R pas réglables aisément, rendement des colorants. Aussi : caractéristiques de la tache laser, ...
L'excitation à 2 photons n'est pas linéaire !!

Les hautes fréquences spatiales

- CENTRE DE GRAVITÉ

$LMH / \sqrt{N(\text{photons})}$ insuffisant pour
 $2 \times 22 \text{ W}$ (Schöck et al., 2002) OA sur
projecteur peu réaliste pour ELP-OA

Les hautes fréquences spatiales

- CENTRE DE GRAVITÉ

$LMH / \sqrt{N(\text{photons})}$ insuffisant pour
 $2 \times 22 \text{ W}$ (Schöck et al., 2002) OA sur
 projecteur peu réaliste pour ELP-OA

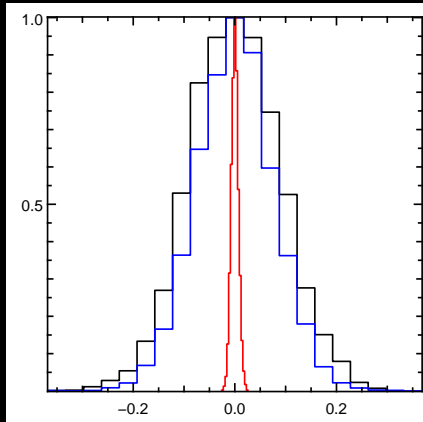
- RESTAURATION DE PHASE

thèse X. Rondeau

Idée : critère de Cramer-Rao

\Rightarrow

$\sigma(\theta)$ limité par $D/\lambda = f(\lambda)$.



- NOIR centre de gravité
- BLEU interspectre
- ROUGE restauration de phase

Les hautes fréquences spatiales

- CENTRE DE GRAVITÉ
- RESTAURATION DE PHASE
- PROJECTEUR INTERFÉROMÉTRIQUE

Idée : Générer une distribution spatiale d'énergie avec des structures à hautes fréquences invariantes avec la turbulence

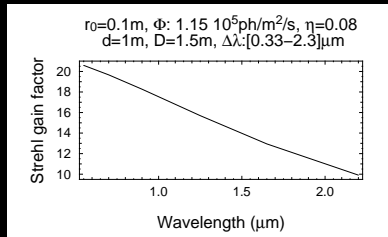
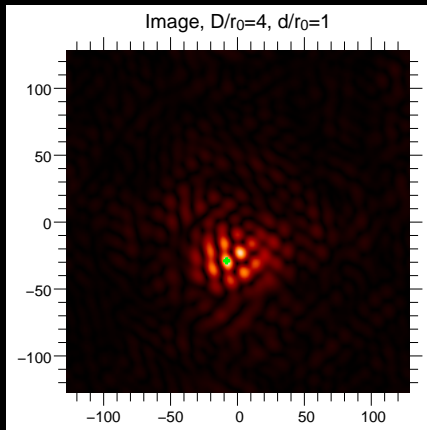
Le projecteur interférométrique

- ▶ générer avec des faisceaux lasers une figure d'interférence dans la mésosphère, qui fournit des structures fines
- ▶ avec une seule clôture de phase, donc 3 télescopes pour l'invariance

2 solutions :

- BASES COURTES $\approx 0.4\text{m}$, sur plateforme attachée sur le flanc du télescope
- BASES LONGUES $\approx 1.6\text{m}$, sur le pourtour du télescope

Brevet CNRS. Mise en œuvre : collaboration avec Winlight



1,5m, $r_0 = 0.08\text{m}$

$d_{proj} = 0, 1\text{m}$, $D_{tel} =$

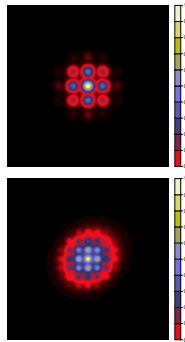
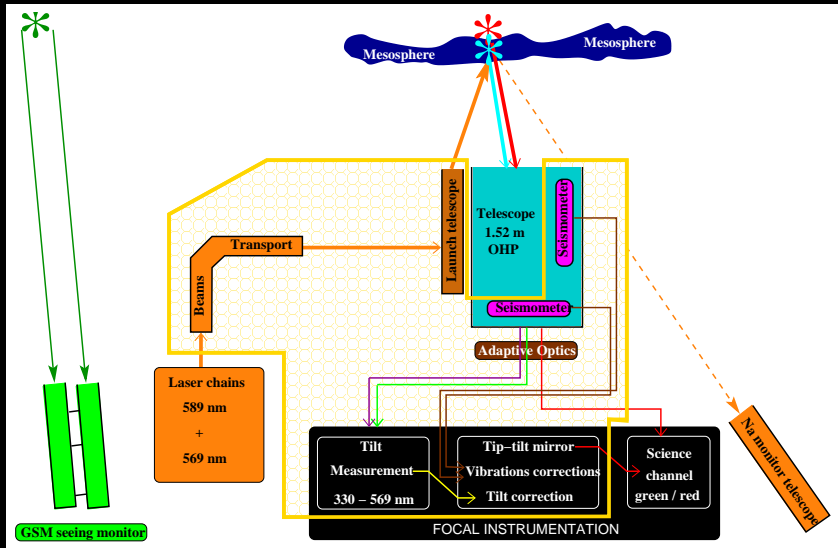
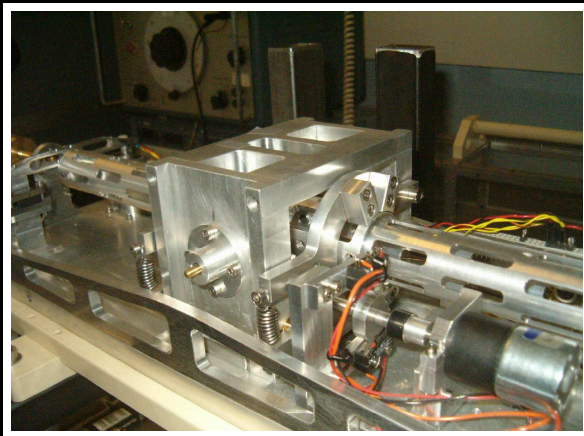


Figure 49 : Profil 2D d'intensité avec la configuration polychromatique selon 2 axes (espacement de $\delta r=30$ cm et $D r=1.52$ m en haut puis $\delta r=50$ cm et $D r=1$ m en bas).

Effet de la **profondeur de champ** (stage X. Rondeau, 2004)

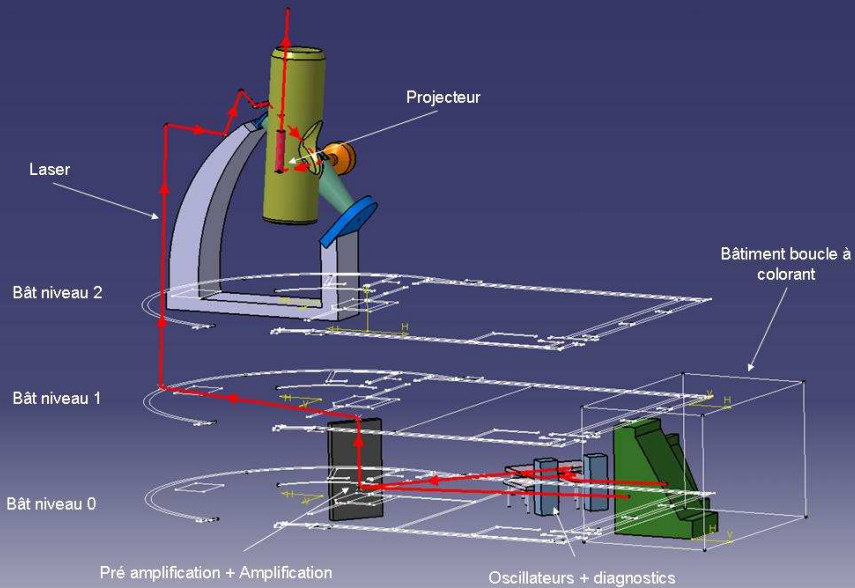
Schéma de ELP-OA

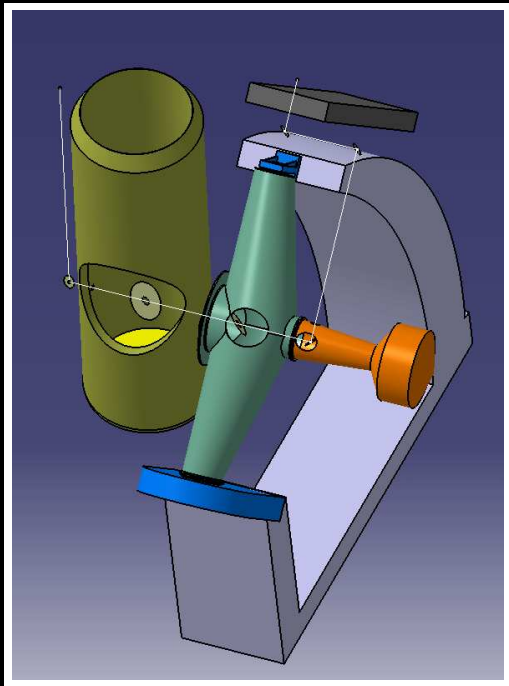




Sismomètre pendulaire Tokovinin, 2000. Contrôle du miroir de pente en boucle ouverte, coll. Shaktiware







Équipements complémentaires :

- ▶ GSM de Nice
- ▶ Moniteur de densité de Na, depuis le télescope de 1.2 m

Conclusion

- ▶ $\mathcal{S}_{tilt} \approx 30 - 40\%$
- ▶ Premiers tirs laser : fin 2009
- ▶ Premières mesures de pente : fin 2010
- ▶ Exploitation astrophysique : $\gtrsim 2011$

Conclusion

- CONVENTION CEA-CNRS : 25/09/2008
- AO POMPES NdYAG : 21/11/2008
- LOCAUX (SALLE LASER, SÉCURITÉ, CD) :
03/2009
- TRANSPORT FAISCEAU : étudié, installé
12/2009
- INTERACTION LASER-MATIÈRE : 12/2008
- BOA-UV : automne 2009
- VOIES MESURE & SCIENCE : 03/2010
- TRAITEMENT DU SIGNAL : v0 prête, N.
Meilard pour corrélation 3D

Remerciements : CNRS/INSU, ANR, PACA, DGA + CEA,
LAOG, OAMP, ONERA, ...