

Etude des effets non linéaires dans le contrôle d'un miroir déformable pour l'optique adaptative

Optique adaptative et miroirs déformables

L'optique adaptative (OA) est une technique permettant de corriger en temps réel les aberrations optiques dues à la turbulence atmosphérique, qui diminue la résolution angulaire des télescopes astronomiques au sol. L'aberration de front d'onde (FO) est corrigée par un miroir déformable (MD) constitué d'une membrane souple, supportée par un réseau d'actuateurs. A chaque actuateur est associée une certaine déformation de la membrane, ou « fonction d'influence ».

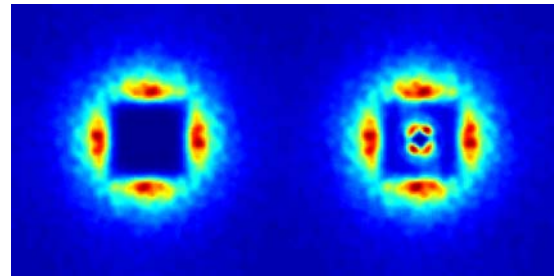
Pour calculer les commandes c à envoyer aux actuateurs, le contrôleur du système OA projette le front d'onde à corriger sur les fonctions d'influence. La somme des n FI amplifiés par leurs n commandes respectives, constituent la meilleure approximation linéaire du FO à corriger.

Non-additionnalité du miroir déformable, premiers résultats

En réalité, le couplage mécanique entre les actuateurs produit des effets de non linéarité qui font que la surface produite réellement n'est pas égale à la somme des FI. Cet effet non-linéaire est susceptible d'affecter les performances d'un système en boucle ouverte, et de réduire la bande passante temporelle d'un système boucle fermée.

Pour évaluer l'impact potentiel de la non-additionnalité des FI, nous avons choisi l'expérimentation sur le banc d'OA de l'Université de Victoria (BC, Canada). 240 FO turbulents ont été générés numériquement et projetés sur les FI du MD (Boston Micromachined DM, Inc.). La forme réelle du MD a été mesurée à l'aide d'un analyseur de FO. Ces mesures ont ensuite été soustraites au FO turbulent initial et au FO constitués par

l'addition des FI. Nous avons alors pu mettre en évidence qu'une erreur de FO à basse fréquence spatiale persiste dans le domaine de correction du DM. (voir figure ci-dessous: à droite, spectre de puissance spatial de l'erreur de FO résiduelle (MD linéaire); à gauche, DSP de l'erreur résiduelle pour un MD réel)



Spectre de puissance théorique (g), et réel (d)

L'erreur basse fréquence représente 33% de l'erreur haute fréquence non-corrigeable, ce qui implique une perte de contraste (Strehl ratio) de 10%.

Nous avons pu ensuite, grâce à des mesures différentes, montrer que le bruit de mesure ne génère qu'une minorité de cet effet. Donc le phénomène suspecté existe réellement. Nous avons pu montrer qu'il dépend essentiellement des interactions entre actuateurs immédiatement voisins.

Pour obtenir des chiffres plus exacts, il faudrait maintenant de meilleures mesures, par exemple grâce à un interféromètre.

Conclusion.

Nous avons pu démontrer que l'interaction mécanique entre actuateurs voisins génère une erreur de FO significative par rapport à la performance théorique habituelle d'un système OA. Il serait intéressant de disposer d'un modèle mécanique (éventuellement simplifié) permettant de compenser cette erreur a priori.

Auteur: Jonas Muhl
Répondant externe: Dr. Laurent Jolissaint
Prof. responsable: Dr. Francois Wildi
Sujet proposé par: Dr. Laurent Jolissaint