

Stage en optique adaptative

Mise en œuvre d'une commande autonome sur le banc d'optique adaptative MINOA

Nom du Laboratoire / laboratory name: LABORATOIRE CHARLES FABRY	
Encadrement du stage : Nicolas Galland, Caroline Kulcsár, Henri-François Raynaud	
Financement : Gratification	
Établissement / institution : UNIV PARIS SACLAY/CNRS	Code d'identification : UMR 8501
Site Internet: https://www.lcf.institutoptique.fr/Groupes-de-recherche/imagerie-et-information	
Adresse / address: 2 av Augustin Fresnel 91127 Palaiseau Cédex	
Lieu du stage / internship place: Laboratoire Charles Fabry, Institut d'Optique	

Ce stage pourra-t-il se prolonger en thèse ? OUI
Financement de thèse acquis (projet PEPR Origins)

Mots-clés : optique adaptative, commande prédictive basée données, systèmes à très grand nombre de degrés de liberté, filtre de Kalman, commande Linéaire Quadratique Gaussien (LQG), instrumentation pour l'astronomie

Contexte

Les systèmes d'OA équipant les télescopes terrestres permettent de compenser les déformations des images induites par la turbulence atmosphérique grâce à un miroir déformable inséré dans le chemin optique. Les commandes sont calculées en temps réel à partir de mesures fournies par un analyseur de surface d'onde.

Tous les systèmes d'OA comprennent des composants (caméras, calculateurs temps-réels...) qui induisent des retards dans l'application de la commande : le temps que le flux soit intégré sur l'analyseur de surface d'onde, la caméra lue et les mesures fournies, que la commande soit calculée à partir de ces mesures et transférée à l'électronique du miroir déformable, les perturbations ont évolué et la correction n'est donc plus parfaitement adaptée. Une commande à haute performance intégrera donc une prédiction de la turbulence permettant de compenser les retards du système.

L'équipe « Optique Adaptative » du Laboratoire Charles Fabry est mondialement connue pour ses travaux en commande à haute performance des systèmes d'OA. Ces commandes sont basées sur des modèles d'état de la perturbation et du système, et sont généralement de type LQG. L'équipe conçoit la commande des bas-ordres de l'OA de l'instrument MICADO qui fera en 2030 la première lumière du futur extrêmement grand télescope européen de 39 m (Extremely Large Telescope, ELT, ESO, Chili). Elle conçoit également une commande à haute performance autonome pour l'OA du plus grand télescope du monde, le Gran Telescopio Canarias (10,40 m), et est impliquée dans SPHERE+, l'instrument de détection d'exoplanètes futur remplaçant de SPHERE au Very large Telescope (VLT, ESO, Chili).

Toutes ces stratégies de commande doivent tenir compte du fait que les caractéristiques de la turbulence atmosphérique et des perturbations non atmosphériques (vent, vibrations, etc.) évoluent dans le temps, et donc les paramètres des régulateurs doivent s'adapter à ces évolutions pour être encore plus performants. Cette adaptation doit se faire de façon entièrement autonome : le régulateur se met à jour à partir des données pour

que les acquisitions d'images astronomiques puissent être réalisées en pause longue (de quelques minutes à plusieurs heures) et ce de façon stable.

Sujet détaillé du stage

L'équipe a développé une stratégie de commande autonome pour le système d'OA du Gran Telescopio Canarias, système appelé GTCOA. Les différents blocs nécessaires à la mise en œuvre de cette stratégie ont été développés sous Matlab. Les modèles d'évolution des perturbations (modèles d'état) combinent une structure paramétrique et une identification par *machine learning*, construits à partir des données de télémétrie. Le but du stage est d'adapter ces blocs pour le banc d'optique adaptative MINOA présent dans l'équipe, et de mettre en place la même stratégie de commande autonome que celle développée pour GTCOA.

Le banc MINOA comporte un miroir déformable à 69 actionneurs d'Alpao et un analyseur de surface d'onde de type Shack-Hartmann à 52 sous-pupilles valides. Des écrans de phase en rotation permettent de simuler la turbulence atmosphérique.

La variation des perturbations atmosphériques ou non atmosphériques sera réalisée grâce à deux éléments essentiels : un pot vibrant dont la fréquence et l'amplitude de vibration sont choisies et peuvent varier au cours du temps, et un SLM qui peut introduire tout type d'aberration de phase jusqu'à une cadence de 60 Hz.

Les performances de MINOA seront évaluées grâce aux images de la caméra scientifique, pour au moins deux lois de commande différentes : l'intégrateur et la commande LQG.

Le banc MINOA muni de cette stratégie de commande autonome sera tout à fait original dans le paysage international et de bons résultats de performance pourront être valorisés par une publication.