

Stage M1 en commande d'optique adaptative

Mise en œuvre d'un régulateur LQG 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] @institutoptique.fr	
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	

Mots-clés : optique adaptative, commande prédictive basée données, identification de systèmes dynamiques, filtre de Kalman, régulateur 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.

Ces systèmes comprennent des composants (caméras, calculateurs temps-réels...) qui induisent des retards dans l'application de la commande : flux intégré sur la caméra de l'analyseur de surface d'onde, lecture de la caméra, calcul des mesures et de la commande, transfert à l'électronique du miroir déformable. Les perturbations ont pendant ce temps évolué et la correction n'est plus parfaitement adaptée. Une commande à haute performance prédira donc la turbulence pour 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 (Linéaire Quadratique Gaussien). 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 des caractéristiques de la turbulence atmosphérique et des perturbations non atmosphériques (vent, vibrations, etc.) pour être performantes. Les paramètres du régulateur doivent ainsi être calculés à partir des données de télémétrie (séries temporelles de mesures de front d'onde résiduel et de commandes).

Sujet détaillé du stage

L'équipe a développé une stratégie de commande 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



Le banc MINOA au Laboratoire Charles Fabry.

d'implémenter ces blocs pour le banc d'optique adaptative MINOA de l'équipe, et de tester expérimentalement la performance en termes de rapport de Strehl.

Le banc MINOA comporte un miroir déformable d'Alpao à 69 actionneurs 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. Un pot vibrant peut être utilisé pour simuler des vibrations de structure.

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 sera la base d'une commande autonome à implémenter (stage de M2) et qui est prévue pour être intégrée sur le système GTCAO.