

Invitation à la soutenance de thèse

Optique adaptative pour les télécommunications optiques Satellite LEO - Sol :
Modélisation, optimisation et expérimentation

Adaptive Optics LEO-to-Ground Optical Communication: Modeling,
Optimization, and Experiment

Pablo Robles

Jeudi 14 Décembre 2023 à 15h

Télécom Paris, Amphithéâtre Rose Dieng
19, place Marguerite Perey à Palaiseau

Devant le jury composé de

Andrés Guesalaga	Pontificia Universidad Católica de Chile, Chili	Rapporteur
Lisa A. Poyneer	Lawrence Livermore National Laboratory, USA	Rapporteuse
François Rigaut	Australian National University, Canberra, Australie	Examineur
Marc Ferrari	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	Président du Jury
Benoit Neichel	Laboratoire d'Astrophysique de Marseille	Directeur de thèse
Cyril Petit	DOTA, ONERA, Châtillon	Co-directeur de thèse
Bouchra Benammar	CNES, Toulouse	Invitée

Résumé

Les liaisons optiques satellite-sol en orbite terrestre basse (LEO) permettront des communications directes à haut débit entre les satellites et les stations sol. Afin d'exploiter les réseaux de télécommunication optique existants, le faisceau optique descendant peut être injecté dans une fibre monomode. Cependant, la turbulence atmosphérique dégrade la propagation du faisceau optique, altérant le couplage dans la fibre monomode. L'optique adaptative (AO) peut fournir une correction en temps réel des effets de turbulence. L'objectif de cette thèse est d'améliorer les performances de l'optique adaptative pour les liaisons optiques LEO-sol.

Dans les applications de liens LEO-sol, le vent apparent dû au mouvement relatif entre le télescope et l'atmosphère entraîne une évolution plus rapide de la turbulence, augmentant l'erreur temporelle induite par le retard entre la mesure et la correction du front d'onde fournies par la boucle d'OA. Cette thèse s'intéresse à la limite théorique de réduction de l'erreur temporelle grâce à la prédiction de la turbulence. Cette thèse considère alors un algorithme de contrôle prédictif pour atténuer en temps réel l'impact de l'erreur temporelle. Les résultats de simulation pour le contrôleur montrent une réduction significative des évanouissements de couplage dans la fibre. Le même contrôleur est appliqué à l'imagerie au sol des satellites en orbite LEO, avec de forts gains en qualité d'image. Alternativement,

le contrôleur peut être utilisé pour assouplir la fréquence d'asservissement de boucle d'OA, réduisant ainsi la complexité du système et augmentant le flux de photons disponible pour l'analyse du front d'onde.

Enfin, cette thèse présente PICOLO, un émulateur de turbulence pour les liaisons basse élévation. A basse élévation, les effets de la turbulence sont plus forts, entraînant une scintillation qui altère le fonctionnement de l'OA. Les effets de scintillation du banc ont été caractérisés et comparés à une simulation numérique, validant l'émulateur et définissant ainsi son jumeau numérique. PICOLO servira aux tests en laboratoire de nouveaux concepts d'OA pour les liaisons LEO-sol dans des conditions réalistes. Un premier test a ainsi été réalisé en couplant un système d'OA à l'émulateur; les statistiques de couplage de la correction par OA utilisant un contrôleur classique ont été comparées avec succès aux simulations numériques. Des travaux ultérieurs mèneront à une démonstration expérimentale du contrôleur prédictif proposé dans la perspective d'une démonstration sur le ciel.

Mots clés

Turbulence atmosphérique, optique adaptative, communication optique, satellite en orbite basse, command prédictif, contrôleur linéaire-quadratique-gaussien, filtre de Kalman, forte scintillation.

