

Invitation à la soutenance de thèse

EVALUATION DE LA DISPONIBILITE DE LIENS OPTIQUES CORRIGES PAR OPTIQUE
ADAPTATIVE GRACE A L'APPRENTISSAGE AUTOMATIQUE

AVAILABILITY ASSESSMENT OF ADAPTIVE OPTICS CORRECTED OPTICAL LINKS BY
MACHINE LEARNING

Emile Klotz

Jeudi 30 novembre 2023 à 14h00

Amphithéâtre Yvonne Choquet-Bruhat - Institut Henri Poincaré Bâtiment Perrin
11, rue Pierre et Marie Curie, 75005 PARIS.

Devant le jury composé de

Sukanta Basu	University at Albany	Rapporteur
James Osborn	Durham University	Rapporteur
Ghaya Rekaya	Telecom ParisTech	Examinatrice
Thomas Oberlin	ISAE SUPAERO	Examineur
Thierry Fusco	ONERA	Directeur de thèse
Christian Musso	ONERA	Co-Directeur de thèse
Sidonie Lefebvre	ONERA	Invitée
Nicolas Védrenne	ONERA	Invité
Sylvain Poulenard	Airbus	Invité

Résumé

Les liaisons optiques atmosphériques constituent une réponse de plus en plus concrète au besoin de transfert de données entre le sol et des charges utiles spatialisées, que ce soit pour le rapatriement des données engrangées par les capteurs embarqués (télémesure) sur des satellites LEO ou pour le développement de l'internet globalisé et de l'internet des objets (IOT) en exploitant les satellites GEO comme relais.

L'influence de l'atmosphère reste un verrou essentiel qu'il convient de forcer pour pouvoir garantir la disponibilité très élevée attendue de systèmes de communication. La fiabilité de son évaluation conditionne les marges utilisées pour le dimensionnement des futurs systèmes, notamment dans le choix des emplacements des futures stations sols.

La performance d'un lien optique est notamment conditionnée par l'influence de la turbulence atmosphérique. Sur un lien optique entre un satellite géostationnaire et le sol des perturbations de l'onde optique en phase et en amplitude dégradent les propriétés du signal et compromettent la transmission d'informations. Différentes solutions de correction, optique adaptative à la réception, codes correcteurs, entrelacement, permettent de juguler ses effets. La forte variabilité spatiale et temporelle des conditions de turbulence, et la complexité de ces différentes méthodes de correction imposent une adaptation fine et conjointe de ces méthodes aux conditions atmosphériques locales.

L'objectif principal de cette thèse est d'améliorer notre compréhension de la disponibilité des liens optiques en présence de turbulence optique en utilisant des instruments de caractérisation simples combinés à des modèles décrivant l'état du canal de propagation et à de l'apprentissage machine. Nous avons proposé une méthodologie complète permettant de prédire la marge de puissance du système en ne se basant que sur quatre paramètres intégrés de la turbulence. Ces derniers, renseignant sur l'état du canal de propagation, sont mesurés localement au niveau de la station sol en utilisant une instrumentation dédiée.

Ce travail, effectué pour un cas mono-station, représente une étape importante vers la reconfiguration intelligente et dynamique des réseaux de stations sols optiques. Nous avons introduit une méthodologie innovante pour l'évaluation des turbulences et la prédiction de la disponibilité d'un lien optique, en mettant l'accent sur une utilisation rationnelle de l'apprentissage machine combinée à une compréhension approfondie des phénomènes physiques. Tout en reconnaissant les limites et le besoin de mesures sur le terrain, ces travaux promettent des communications optiques satellite-sol plus fiables et plus efficaces.

Mots clés : Communication optique en espace libre (FSO), turbulence atmosphérique, disponibilité de la liaison optique, machine learning