

Invitation à la soutenance de thèse

**ÉMETTEUR-RÉCEPTEUR OPTIQUE COHÉRENT A 100 GBPS POUR LES
ENVIRONNEMENTS DE COMMUNICATION POINT À POINT TERRE-SATELLITE :
CONCEPTION, VALIDATION NUMÉRIQUE ET ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE**

*100 GBPS OPTICAL COHERENT TRANSCEIVER FOR POINT-TO-POINT GROUND-
SATELLITE COMMUNICATIONS: CONCEPTION, NUMERICAL VALIDATION AND
EXPERIMENTAL EVALUATION*

Daniel Romero Arrieta

Mercredi 5 juillet 2023 à 14h00

ONERA, 6 Chemin de la Vauve aux Granges, 91120 Palaiseau
Salle Marcel Pierre

*Merci aux personnes non ONERA souhaitant assister à la soutenance, de contacter rapidement
dota-acces-soutenance-doctorants@onera.fr*

Devant le jury composé de

M. Aniceto BELMONTE	Universitat Politècnica de Catalunya	Rapporteur
M. Chigo OKONKWO	Eindhoven University of Technology	Rapporteur
Mme Ghaya REKAYA	Telecom Paris	Examinatrice
Mme Angélique RISSONS	ISAE-SUPAERO	Examinatrice
M. Benoît NEICHEL	LAM	Examineur
M. Vincent MICHAU	ONERA, DOTA	Directeur de thèse
M. Jean-Marc CONAN	ONERA, DOTA	Encadrant
M. Rajiv BODDEDA	Nokia Bell Labs	Superviseur

Résumé

Le développement accéléré des systèmes connectés et les avancées des systèmes d'observation de la terre exigent une augmentation de la capacité de communication par satellite. Les liaisons optiques par laser en espace libre sont particulièrement prometteuses pour satisfaire ces demandes. Ces liaisons optiques par satellite peuvent profiter des briques technologiques développées pour les réseaux terrestres à fibre comme le multiplexage en longueur d'onde, les émetteurs-récepteurs cohérents et les techniques de traitement numérique du signal. Cependant, Les gaz et aérosols qui composent l'atmosphère atténuent le signal optique par des mécanismes de diffusion et d'absorption en bande étroite et la turbulence atmosphérique produit des pertes de puissance intermittentes.

Les effets de la turbulence atmosphérique peuvent être atténués en utilisant une optique adaptative. L'optique adaptative est très efficace pour atténuer les effets de la turbulence atmosphérique en liaison descendante, son usage pour pré-compenser une liaison montante est cependant limité par l'anisoplanétisme de pointage en avant. Ainsi, des évanouissements importants subsistent. Des mécanismes supplémentaires sont donc nécessaires pour les corriger, tels que des dispositifs d'entrelacement ou de diversité temporelle. Ces mécanismes nécessitent le stockage d'une grande quantité de données (quelques Gbits) à des débits très élevés (>100 Gbps)

L'objectif de cette thèse est de proposer des solutions permettant d'obtenir un lien optique entre une station sol et un satellite géostationnaire avec un débit mono-canal allant jusqu'à 100 Gbps. Les solutions de fiabilité de la liaison telles que la diversité temporelle et l'entrelacement de longue durée (par exemple, plusieurs 10 ms) n'ont pas encore fait l'objet d'une démonstration expérimentale dans ce contexte. Dans cette thèse, ces solutions sont démontrées pour la première fois expérimentalement pour un lien montant pré-compensé par optique adaptative et leur efficacité est évaluée dans des conditions exigeantes.

Tout d'abord, nous calculons la capacité de cette liaison et montrons qu'en recourant à un entrelacement des données, nous pouvons atteindre des capacités de plusieurs Terabits par seconde grâce au multiplexage en longueur d'onde, malgré les raies d'absorption des molécules constituant l'atmosphère et la turbulence atmosphérique.

Nous passons en revue la mise en œuvre d'un système basé sur la technique de la diversité temporelle. Nous montrons que cette technique permet d'atténuer les évanouissements au prix d'une duplication des équipements de communication. Nous proposons ensuite une méthode de dimensionnement des entrelaceurs, à partir de séries temporelles de la puissance optique obtenues par simulation numérique. Par la suite, nous effectuons une validation expérimentale d'un entrelaceur mis au point à l'aide d'une mémoire SDRAM externe et d'émetteurs-récepteurs OOK à 10 Gbps. Enfin, nous utilisons le démonstrateur pour démontrer l'efficacité de l'entrelacement pour atténuer les évanouissements de puissance. Nous montrons aussi que les nouvelles technologies de mémoire SDRAM permettent la mise en œuvre d'entrelaceurs pour les communications DP-QPSK à 100 Gbps.

Mots clés

Optique adaptative, Communications optiques par satellite, Communications cohérentes, Techniques de fiabilité