



TITRE DE LA THESE: Système de Transmission et Algorithmes de Réception pour liens Feeder Optiques très haute capacité avec satellites Géo-stationnaires (STARFOG)

Direction de thèse : Raphaël Le Bidan (IMT Atlantique) / Charly Poulliat (ENSEEIH)

Co-encadrant·es : Aubin Lecointre (Thalès Aliena Space)

Laboratoire(s) : Lab-STICC

GEPEA IRISA Lab-STICC LATIM
Lego LEMNA LS2N hors Laboratoire

Equipe(s) de recherche : CODES

Département(s) IMT Atlantique : MEE

DAPI DSEE INFO ITI LCI LUSSI
MEE MO OPT SSG SRCD SUBATECH

S'agit-il d'une thèse en cotutelle internationale ?

~~Oui~~ Non

Si oui, organisme avec lequel la cotutelle est envisagée :

Le sujet proposé présente-il un caractère interdisciplinaire ?

~~Oui~~ Non

Si oui, expliquer brièvement pourquoi (2 ou 3 lignes) :

La source du co-financement est-elle identifiée ?

~~Oui~~ Non

Si oui, préciser quel co-financement est envisagé :

Co-financement Thalès Aliena Space par l'intermédiaire de TéSA (acquis)

Autres informations :

Informations utiles que vous souhaiteriez communiquer (si pertinent) :

Le candidat est déjà identifié. Youssef MINYARI, ingénieur SatCom de l'ENSEEIH et Master Recherche à SUPAERO (CV attaché au dossier), a effectué son stage de fin d'étude Master en 2023 chez Thalès Aliena Space, sur un sujet connexe à celui de la thèse. Il souhaite poursuivre dans le spatial et vise une embauche à TAS à l'issue de sa thèse.

Le sujet a fait l'objet par ailleurs d'une demande de financement ARED dont on attend la réponse (fin mai normalement)

Contexte ou état de l'art scientifique :

Décrire en 5 à 10 lignes le contexte de la thèse.

Les télécommunications par satellite jouent un rôle clé dans la connectivité mondiale par leur couverture haut débit à l'échelle du globe, en complément des réseaux terrestres. Pour autant, les systèmes satcom radiofréquences (RF) actuels montrent de plus en plus de limites, notamment en termes de capacité avec la saturation progressive des bandes RF, mais aussi de sécurité. Autant de défis auxquels peuvent répondre les communications laser en espace libre. On voit donc s'amorcer un changement de paradigme dans le secteur des télécom spatiales, qui avait toujours privilégié jusque-là la technologie RF pour les liens terre-espace.

La thèse s'intéresse plus particulièrement aux liens dits « feeder », qui forment la colonne vertébrale des réseaux hauts débits spatiaux. Ces liens de communication très haute capacité alimentent les satellites télécom en orbite géostationnaires en données de toutes sortes, à distribuer à une multitude d'utilisateurs au sol, souvent par l'intermédiaire de satellites relais en orbite basse. Les débits recherchés sont désormais de l'ordre du Terabit/s, soit 10 à 100 fois plus de données que l'existant. Ce chiffre paraît difficilement atteignable avec les ondes radiofréquence, mais tout à fait à la portée des communications optiques, à condition de pouvoir déployer la même technologie de transmission optique cohérente que celle qui équipe aujourd'hui nos réseaux de transport par fibre. Toutefois, son application au spatial se heurte à de sérieux verrous, avec en premier lieu la traversée de l'atmosphère, qui perturbe la détection de l'onde laser et crée des évanouissements de puissance. A la turbulence atmosphérique viennent s'ajouter les défauts matériels (dérives, déséquilibres, bruits) introduits par les composants spatiaux, ainsi que des perturbations non-linéaires dues à l'amplification optique à très forte puissance.

Objectifs de la thèse :

Décrire en 10 à 15 lignes les résultats attendus.

L'objectif de la thèse est de contribuer à lever ces verrous par la proposition de formes d'onde et d'algorithmes de traitement du signal appropriés. L'idée est d'adapter ou d'étendre les solutions développées pour les communications optiques cohérentes sur fibre, aux perturbations et contraintes de performance propres à un lien feeder optique cohérent. Le plan de travail s'articule autour de 3 axes :

- 1) Regarder comment tirer le meilleur profit de toute la diversité présente (polarisation, spatiale, longueur d'onde, temporelle) pour combattre la turbulence atmosphérique, notamment par des traitements ou du codage spatio-temporel
- 2) Accroître la performance et réduire la complexité des algorithmes de réception, car le débit visé impose une fréquence d'échantillonnage très élevée (> 100 Gsamples/s), et donc des contraintes très fortes sur la conception matérielle du récepteur numérique
- 3) Prévenir ou compenser les effets non-linéaires, car le signal optique doit être amplifié très fortement afin de parcourir les 36000 km séparant la Terre du satellite, au-delà des capacités des amplificateurs optiques du commerce. On s'attend donc à des effets non-linéaires différents de ceux rencontrés sur la fibre. Il s'agira d'établir un modèle de ces non-linéarités, puis de proposer des algorithmes de compensation adéquats.

Compétences attendues du ou de la candidat·e :

Lister les principales compétences nécessaires pour ce sujet de thèse.

- Savoir-faire en traitement du signal
- Savoir-faire en conception de systèmes de communications numériques, notamment MIMO
- Programmation Matlab / Python

Des connaissances en systèmes de transmission sur fibre optique et/ou en conception matérielle sur cible FPGA seront un plus.