

Proposition de thèse :

## « Communications laser pour des réseaux de microsattellites »

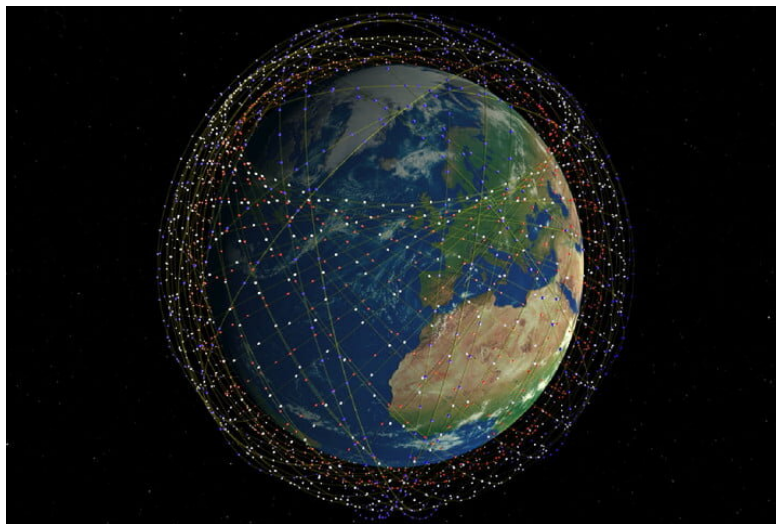
Laboratoire de recherche : Institut Fresnel

Contact : Ali Khalighi [Ali.Khalighi@fresnel.fr](mailto:Ali.Khalighi@fresnel.fr)

### Contexte :

Un des objectifs des futurs réseaux 6G est l'« inclusion digitale » en donnant l'accès Internet haut-débit aux zones géographiques isolées à l'échelle de la planète. Les solutions envisagées pour de telles connexions considèrent, en particulier, l'utilisation des drones (UAV : Unmanned Aerial Vehicle), des plateformes haute-altitude (HAP : High Altitude Platforms), ou des réseaux de microsattellites (CubeSats). Elles sont souvent appelées les réseaux non-terrestres (NTN : Non-Terrestrial Networks) et considérées comme les « technologies de transformation » pour la 6G. Un tel réseau dans sa globalité pourra également fournir des connexions Internet très haut-débit, de haute qualité de transmission, et à faible latence, pour servir de liens de connectivité complémentaires pour les connexions existantes de nature critique.

Parmi les premières tentatives, on peut citer le projet Loon de Google, Aquila de Facebook (qui a été récemment abandonné...) ou encore le projet Zephyr d'Airbus. Très récemment on a vu l'engagement des projets plus ambitieux, comme Starlink de SpaceX, Kuiper d'Amazon, ou encore OneWeb d'Airbus, sur la mise en place d'un réseau de communication global au niveau de la planète nécessitant le lancement des milliers de microsattellites dans les orbites basses. (cf. l'illustration ci-dessous).



© SpaceX, Illustration du projet Starlink®

Le but de cette thèse est de proposer des techniques efficaces de transmission laser (lasercom ou FSO, Free-Space Optics) entre des microsattellites pour constituer un réseau backbone de très haut débit, fiable et robuste. Les techniques proposées doivent prendre en compte les caractéristiques de la propagation du signal optique qui sont très différentes de celles des liaisons FSO terrestres.

Notre laboratoire de recherche a une expertise riche de plus de 15 ans sur la technologie FSO dans différents contextes d'application, tels que les liaisons terrestres, entre des UAVs, ou avec des trains à grande vitesse, etc. [1- 8], et a acquis une renommée internationale dans ce domaine.

## Description du sujet :

L'objectif de cette thèse est d'une part de proposer des techniques de transmission avancées pour établir des liaisons de communication à haut débit et à grande fiabilité entre les microsatsellites, et d'autre part de proposer des solutions de pointage, acquisition et suivi (PAT : Pointing, Acquisition, Tracking) adaptées à cette application.

Concernant la transmission du signal, les solutions proposées doivent prendre en compte les turbulences atmosphériques pour lesquelles il faudrait développer des modèles statistiques adaptés, ainsi que les vibrations des payloads qui peuvent provoquer des erreurs de pointage relativement importantes. En ce qui concerne les techniques PAT, les particularités de ces liaisons, telles que le type des faisceaux laser utilisés, les caractéristiques des payloads et les contraintes sur la complexité calculatoire, doivent être prises en compte.

Notre expertise sur la modélisation statistique des canaux et les techniques avancées de transmission du signal pour les liaisons FSO terrestres nous sera particulièrement bénéfique au cours de cette thèse. Aussi, nous nous appuyerons sur nos collaborations internationales pour prendre en compte les paramètres réels des microsatsellites et de telles connexions.

En effet, cette thèse bénéficiera d'une forte collaboration au niveau international ainsi que d'un réseau de coopération européen sur les communications spatiales.

## Références bibliographiques :

- [1] M.A. Khalighi, M. Uysal, "Survey on Free Space Optical Communication: A Communication Theory Perspective," *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 2014
- [2] M.T. Dabiri *et al.*, "Blind Signal Detection Under Synchronization Errors for FSO Links with High Mobility," *IEEE Transactions on Communications*, 2019.
- [3] M.T. Dabiri *et al.*, "Channel Modeling and Parameter Optimization for Hovering UAV-Based Free-Space Optical Links," *IEEE Journal on Special Areas in Communications, Special issue on Airborne Communication Networks*, 2018
- [4] G. Yang *et al.*, "Performance evaluation of receive-diversity free-space optical communications over correlated Gamma-Gamma fading channels," *Applied Optics*, 2013.
- [5] M.A. Khalighi *et al.*, "Double-laser differential signaling for reducing the effect of background radiation in free-space optical systems," *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, 2011.
- [6] M.A. Khalighi *et al.*, "Fading reduction by aperture averaging and spatial diversity in optical wireless systems," *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, 2009.
- [7] F. Xu *et al.*, "Coded PPM and multi-pulse PPM and iterative detection for Free-Space optical links," *IEEE/OSA Journal of Optical Communications and Networking*, 2009.
- [8] F. Xu *et al.*, "Channel coding and time-diversity for optical wireless links," *Optics Express*, 2009