

## Projet : Intégration de satellites LEO dans les réseaux LR-FHSS avec ALOHA asynchrone

### Co encadré par :

**Yassine Hadjadj Aoual, Professeur à l'Université de Rennes, Inria, CNRS, IRISA, Ermine Team-project.**

Email : yassine.hadjadj-aoul@irisa.fr

**Nawel Zangar** : Enseignante chercheuse ESIEE Paris, Laboratoire LIGM. Equipe LRT. Bureau 5455.

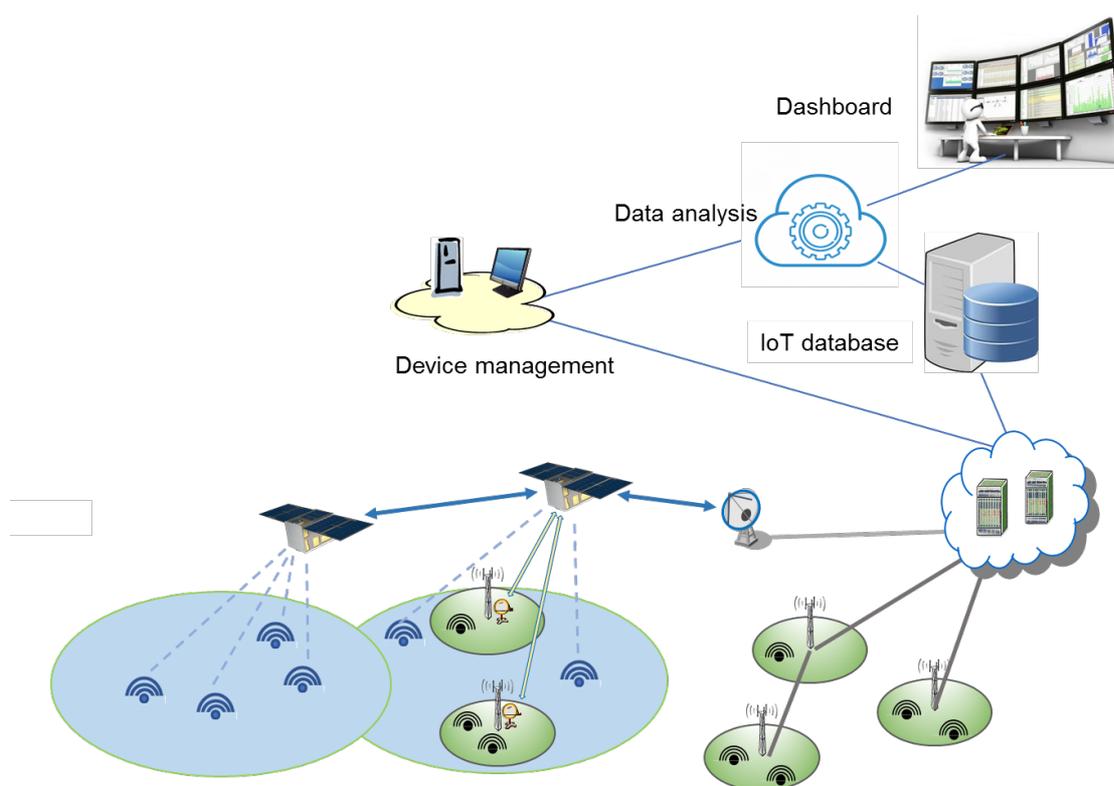
Email : nawel.zangar@esiee.fr

**Marwen Abdennebi** : Maître de Conference à l'université de Sorbonne Paris Nord, Laboratoire L2TI

Email : abdennebi@univ-paris13.fr

### Contexte et Objectif du projet :

Dans le cadre du développement des technologies de l'Internet des objets (IoT), L'intégration des satellites en orbite terrestre basse (LEO) aux réseaux IoT, via des NTN (Non-Terrestrial Networks), offre une solution prometteuse pour surmonter les limitations géographiques et améliorer ainsi la connectivité dans les zones isolées ou mal desservies. Le protocole ALOHA, bien adapté aux environnements à faible charge, permet une communication efficace dans les NTN. Le projet vise à Étendre le simulateur LR-FHSS-Sim (Long Range -Frequency Hopping Spread Spectrum) pour inclure des satellites en orbite basse (LEO) comme relais pour les réseaux IoT terrestres utilisant le protocole ALOHA asynchrone avec résolution de contention.



### **Étapes du projet :**

1. Modélisation des satellites LEO
  - Implémenter un module de suivi orbital pour simuler le mouvement des satellites LEO.
  - Modéliser la couverture dynamique des satellites et les fenêtres de visibilité.
2. Adaptation du protocole ALOHA
  - Modifier le protocole ALOHA asynchrone pour prendre en compte les délais variables dus au déplacement des satellites.
  - Implémenter des mécanismes de synchronisation pour gérer les communications intermittentes.
3. Gestion des interférences
  - Modéliser les interférences entre les communications terrestres et satellitaires.
5. Analyse de performance
  - Étendre les métriques d'évaluation pour inclure des paramètres spécifiques aux satellites (latence, disponibilité, etc.).
  - Comparer les performances avec et sans l'intégration des satellites LEO.
6. Interface utilisateur (optionnelle)
  - Créer une visualisation du réseau, montrant les nœuds terrestres, les satellites, et les communications en temps réel.

### **Résultats attendus**

- Un simulateur étendu capable de modéliser des réseaux LR-FHSS hybrides terrestre-satellite.
- Des données comparatives sur l'efficacité du protocole ALOHA asynchrone dans ce nouveau contexte.
- Des recommandations pour l'optimisation des paramètres du réseau dans des scénarios hybrides.

### **Extensions possibles**

- Intégration de plusieurs constellations de satellites LEO.
- Analyse de la consommation énergétique des dispositifs IoT dans ce nouveau scénario.
- Étude de cas pour des applications spécifiques (ex : surveillance environnementale globale, suivi logistique international).

### **Bibliographie:**

1. 3rd generation partnership project; technical specification group radio access network; solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN) (release 16), v16.0.0," 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TR 38.821, Dec. 2019.
2. 3rd generation partnership project; technical specification group radio access network; study on new radio (NR) to support non terrestrial networks (release 15), v15.1.0," 3GPP, Sophia Antipolis, France, Rep. TR 38.811, Jun. 2019.
3. <https://pypi.org/project/sgp4/>