

# Sujet de stage : Communication IoT satellitaire pour la surveillance environnementale

## Contexte du stage

Face aux enjeux du changement climatique et de l'anthropisation, il est essentiel de surveiller les écosystèmes à différentes échelles via des réseaux de capteurs sans fil collectant des données environnementales de manière autonome. Ces réseaux sont souvent déployés dans des zones blanches, non couvertes par le GSM ou difficiles d'accès (relief, végétation, catastrophes naturelles). Une solution consiste à utiliser des réseaux satellitaires, en transmettant les données à des nano-satellites en orbite basse (LEO, pour Low Earth Orbit). Cette technologie en pleine expansion permet de pallier les zones blanches, mais la communication peut être perturbée par des obstacles (relief, bâtiments).

La principale difficulté réside dans la transmission : même en utilisant le calendrier des passages et trajectoires des satellites qui orbitent à faible altitude (constellations LEO) la présence d'obstacles entre le capteur et le satellite peut compromettre l'envoi des données durant la fenêtre de connexion.

## Objectif du stage

L'objectif du stage est d'intégrer la topographie d'une zone pour optimiser la transmission des données IoT via les satellites. Il s'agit de :

- Identifier les périodes d'émission maximisant la probabilité de transmission sans perte pour un capteur donné, en éliminant les créneaux où la communication peut échouer en raison des obstacles.
- Étudier les emplacements optimaux pour le déploiement de capteurs dans une zone donnée, afin de maximiser la transmission des données vers une constellation de nano-satellites.

Le stage s'inscrira dans le cadre du projet CosmoNode, mené par les laboratoires TSCF et LPCA, où des nœuds utilisant la technologie Kinéis ont été développés et testés, mettant en évidence des problèmes de communication liés à la topographie.

## Travaux à réaliser

Le ou la stagiaire devra :

- Modéliser algorithmiquement et analyser les données pour résoudre ces deux problématiques.
- Implémenter le modèle afin de l'intégrer au projet CosmoNode.

Les données utilisées proviennent de l'IGN (topographie) et d'ARGOS (calendriers et trajectoires de satellites).

## Environnement

Le stage s'effectuera en lien avec le collectif de travail ConnecSenS (<https://www.connecsens.org/>) qui rassemble des chercheurs, ingénieurs et techniciens clermontois issus de différentes disciplines autour du suivi environnemental et de l'Internet des objets (IoT). Plusieurs laboratoires du CNRS, de INRAE et de l'UCA se sont ainsi associés afin de développer des réseaux de capteurs communicants innovants et robustes dédiés à des recherches scientifiques en environnement et en agriculture.

## Profil recherché

Cursus ingénieur / Master 2 en Informatique, Mathématiques, Sciences de l'ingénieur ou Physique. Les candidat·es seront avant tout jugé·es sur leurs compétences dans les domaines suivants (il n'est bien entendu pas nécessaire de tous les maîtriser, il est demandé aux candidat·es de ne pas s'autocensurer) :

- Modélisation algorithmique :
  - Compétences en algorithmes d'optimisation et simulation
  - Connaissance des techniques de modélisation géospatiale pour intégrer la topographie
- Traitement et analyse de données :
  - Connaissance des bases de données et manipulation de formats spécifiques (SIG, données topographiques, etc.)
  - Maîtrise d'outils pour analyser les données spatiales et temporelles (GeoDa, QGIS, GRASS...)
- Programmation et développement logiciel :
  - Compétences dans un langage de programmation efficace (C, C++, Rust...)
  - Maîtrise de Git pour le suivi des versions de code, de documentation et de travail collaboratif
- Systèmes IoT :
  - Connaissance des concepts de communication IoT

## Qualités recherchées :

- Curiosité scientifique et technologique
- Autonomie et initiative
- Compétences rédactionnelles
- Esprit d'équipe

## Période et durée

- Début du stage sur le premier trimestre 2025
- Stage de 5 mois

## Conditions

- Pas de télétravail possible
- 2,5 jours ouvrés de congés par mois complet de stage

## Lieu du stage

**INRAE**  
UR TSCF  
9 avenue Blaise Pascal – CS20085  
63178 Aubière

## Gratification

La gratification est fixée à 15% du montant horaire du plafond de la Sécurité Sociale par heure de stage, ce qui équivaut à 4,05 € en 2025.

## Contacts

[antoine.dailly@inrae.fr](mailto:antoine.dailly@inrae.fr)

[laure.moiroux@inrae.fr](mailto:laure.moiroux@inrae.fr) / [laurent.royer@clermont.in2p3.fr](mailto:laurent.royer@clermont.in2p3.fr)

## Pièces à fournir

- Un Curriculum Vitae
- Une lettre de motivation