

---

## Internship Description

---

### 1. Title: DÉTECTION ET RÉDUCTION DES PERTURBATIONS AFFECTANT LES SIGNAUX GNSS PAR « DEEP RECURRENT NEURAL NETWORKS »

### 2. Supervisors:

- Name: Antoine BLAIS et Nicolas COUËLLAN
- E-mail: antoine.blais@enac.fr ; nicolas.couellan@enac.fr
- Office: F119
- Phone Number: 05.62.17.43.00

### 3. Description

#### 3.1. Context

Une limite actuelle à l'utilisation des systèmes de navigation par satellite dans les véhicules autonomes réside dans leur vulnérabilité aux perturbations des signaux dues aux multitrajets (réflexions parasites sur des surfaces environnantes).

Les approches existantes de réduction de l'effet des multitrajets ont atteint leur limite. Elles ne prennent pas en compte la dynamique du récepteur d'une part et celles des multitrajets d'autre part. En particulier la réponse temporelle du récepteur à la distorsion générée par le multitrajet est ignorée.

Il existe aujourd'hui un corpus d'algorithmes de Machine Learning spécialisés dans l'apprentissage de données dynamiques (RNN, LSTM, ...) regroupés sous la terminologie « Deep Recurrent Neural Networks ». Ce stage vise à démontrer que ces techniques peuvent améliorer la détection et la réduction de l'effet des multitrajets.

#### 3.2. Objectives

Le stagiaire aura pour mission de réaliser le couplage entre une ou plusieurs techniques de Deep Recurrent Neural Networks et la corrélation mise en œuvre dans le récepteur pour améliorer la détection et la réduction de l'effet des multitrajets par le récepteur.

Plus spécifiquement, dans un récepteur GNSS (Global Navigation Satellite System) le principe fondamental utilisé est la corrélation des signaux. Celle-ci se fait sur deux voies, I (In-phase) et Q (in-Quadrature), dans l'objectif de mesurer la distance entre le récepteur et le satellite. Un récepteur classique se contente d'un nombre limité de points de corrélation.

L'approche de notre équipe, validée par plusieurs publications, [1] et [2] pour les plus récentes, est en rupture avec cette technique : elle propose de traiter les voies I et Q comme des images basse résolution. La richesse de l'information à disposition ouvre la voie aux méthodes à base de données (Data Science) en lieu et place des techniques traditionnelles d'analyse des signaux.

Ce stage propose d'aller plus en loin, en prenant en compte la dynamique du récepteur d'une part et des multitrajets d'autre part. En particulier, la réponse temporelle du récepteur à la distorsion générée par les multitrajets sera intégrée à la démarche.

Le stagiaire étudiera la dépendance intrinsèque entre le signal d'intérêt et sa perturbation due aux multitrajets et proposera une méthodologie d'apprentissage intégrant cette dépendance.

L'implémentation et la validation de la technique proposée constitueront également une composante importante du stage.

### 3.3. Work plan

Les phases prévues du stage sont les suivantes :

- Prise en main des travaux existants au laboratoire ENAC sur la détection et l'estimation des multitrajets à partir de techniques de Machine Learning.
- Étude bibliographique et prise en main des techniques de Machine Learning pour les données dynamiques (RNN et LSTM notamment).
- Étude de la dépendance signal principal / multitrajet. Analyse de l'impact de cette dépendance sur l'apprentissage.
- Proposition d'une architecture d'apprentissage.
- Implémentation et validation du modèle.
- Rédaction du rapport.

### 3.4. References

[1] Antoine Blais, Nicolas Couellan, Evgenii Munin, "A novel image representation of GNSS correlation for deep learning multipath detection", Array, 2022.

[2] Thomas Gonzalez, Antoine Blais, Nicolas Couëllan, Christian Ruiz, "Distributional loss for convolutional neural network regression and application to GNSS multi-path estimation", arXiv, 2022.

## 4. Period

- Starting date: février-avril 2024.
- Duration: 6 mois.

## 5. Department

SINA/TELECOM/SIGNAV

The internship is proposed by the SIGNAV (SIGnals for NAVigation) research group. SIGNAV is one of three research groups of the TELECOM team in the SINA (Sciences et Ingénierie de la Navigation Aérienne) department at ENAC (École Nationale de l'Aviation Civile).

## 6. Location

The internship will take place at main campus of ENAC in Toulouse, France. Address: 7, avenue Edouard Belin BP 31055 Toulouse Cedex 4, building F.

## 7. Candidate's profile

Étudiant en 3e année de Master ou de diplôme d'ingénieur (ou équivalent) en Traitement du signal et Machine Learning.

Une expérience en GNSS est souhaitable.