

**PROJET DE FIN D'ETUDES**  
**INGENIEURS DE L'ECOLE NATIONALE DE LA METEOROLOGIE**  
**FICHE DE PROPOSITION DE SUJET**

**Titre du sujet proposé :**

**Intégration de données d'atténuation issues d'un réseau de télécommunication à la lame d'eau  
ANTILOPE : une approche par deep learning**

**Organisme ou service proposant le sujet :** DSO/MSO/PPC

**Responsable principal du stage :**

Responsable principal (le responsable principal est l'interlocuteur direct de l'Ecole. C'est à lui, en particulier, que seront adressés les courriers ultérieurs) :

NOM : Lepetit

Prénom : Pierre

téléphone : +33 561079187

Mél : pierre.lepetit@meteo.fr

**Autres responsables :** Laurent Brunier, Olivier Laurantin

**Le stage présente-t-il un caractère de confidentialité ? :** Oui

**Le stage peut-il être effectué à distance ? :** Non

**1) Description du sujet et des attendus**

L'atténuation des signaux micro-onde échangés entre les antennes d'un réseau de télécommunications dépend sensiblement de la pluie. De nombreux travaux de recherche (voir [[Giuli1991](#), [Christofilakis2020](#)]) ont ainsi établi l'intérêt des données d'atténuation pour l'estimation quantitative des précipitations, en particulier dans les régions où les capteurs dédiés (radar, pluviomètres) sont rares ou insuffisants. Ces recherches se sont organisées le long d'une chaîne de traitement qui va de la valeur d'atténuation à la production d'une lame d'eau spatialisée. Les unes se focalisent sur la séparation de l'atténuation liée à la pluie et à sa conversion en Taux de Pluie Moyen (TPM) le long du trajet entre deux antennes. Les autres considèrent plutôt l'intégration des TPM à une lame d'eau spatialisée.

Le problème de la séparation a été récemment abordé par Machine Learning, avec un certain succès [[Lian2022](#)]. Par contre, celui de l'intégration dans une lame d'eau opérationnelle n'a été abordé qu'avec des méthodes plus classiques (tomographie, méthodes variationnelles) [[Grum2002](#), [Zinevich2008](#), [Bianchi2013](#)]. D'un autre côté, les apports du Machine Learning [[Rigol2001](#), [Li2011](#)], et plus récemment

du Deep Learning (e.g. [\[Zhan2023\]](#)), en matière de spatialisation laissent espérer une progression.

Le stage propose d'explorer l'intégration des TPM à une lame d'eau par deep learning. Il se déroulera en deux étapes de même durée. La première étape sera basée sur un jeu de données simulées mis à disposition du stagiaire. Il s'agira alors de définir une procédure d'entraînement adaptée à des données en point de grille (lame d'eau simulée) mêlées à des données non structurées (pseudo pluviomètres et TPM). Le stagiaire pourra s'appuyer sur des travaux récents [\[Mai2020, McCutchan2022\]](#) pour sélectionner un type d'encodage et une architecture qui répondent à cette première difficulté.

Cette première étape sera aussi l'occasion de sélectionner la méthode de parcours des données pendant l'apprentissage ainsi que d'éventuelles tâches annexes susceptibles d'améliorer les performances des modèles statistiques (voir par exemple [\[Ruder2017, Devlin2019\]](#)).

Dans une seconde étape, le stagiaire travaillera sur un jeu de données réelles préparé par notre équipe. Il s'agira de comparer les sorties des modèles statistiques développés précédemment à la lame d'eau ANTILOPE qui est un produit de fusion entre la lame d'eau radar SERVAL et les mesures issues de pluviomètres métropolitains. Une étude de cas viendra compléter l'évaluation quantitative.

Deux modalités d'apprentissage au moins seront évaluées. Elles différeront quant aux données d'entrée utilisées par le modèle au moment du test. Dans la modalité A, le modèle prend en entrée la lame d'eau SERVAL et les TPM et produit une lame d'eau radar « corrigée ». Il s'agira alors de savoir si nous améliorons ANTILOPE en l'alimentant avec SERVAL corrigé.

Dans la modalité B, le modèle prend en entrée ANTILOPE et les TPM et fournit un ANTILOPE corrigé, qu'on comparera à ANTILOPE.

Enfin, précisons que deux problèmes importants peuvent se présenter : d'une part, la construction d'une lame d'eau par apprentissage peut lisser les structures fines présentes dans le signal d'entrée. Il conviendra d'évaluer quantitativement cet effet de lissage par des scores appropriés. D'autre part, les TPM ne sont pas de qualité homogène et peuvent avoir un impact mitigé sur la lame d'eau. Cet effet de la qualité des liens pourra être analysé à travers l'étude de cas.

Si l'un de ces effets se manifeste, il sera pertinent de revenir sur le jeu simulé pour développer des parades.

## **2) Prérequis**

Des compétences en programmation python sont nécessaires. Une expérience en deep learning est recommandée.

## **3) lieu du stage, durée ou période**

Bâtiment Pascal, Météopole, Toulouse. Durée de 6 mois.