

M2 / PFE : proposition de stage de recherche

Laboratoire : CNRM (France - Toulouse)

Titre du stage :

Prévision des brouillards sur Paris-CdG grâce à une architecture d'apprentissage profond

Nom et statut du (des) responsable (s) de stage :

Thierry BERGOT (HDR) , CNRM Toulouse : thierry.bergot@meteo.fr

Collaboration internationale : Dr Driss Bari, Direction Générale de Maroc-Météo, Casablanca

Sujet du stage :

La prévision des brouillard et nuage bas est une prévision critique pour la sécurité des opérations aériennes, influençant directement les décisions de décollage et d'atterrissage. Dans les grands aéroports comme Paris-CdG, une procédure de faible visibilité (LVP) est mise en œuvre lorsque la visibilité est réduite. La mise en place de cette procédure diminue la fréquence des rotations et donc la capacité d'accueil de l'aéroport. Les méthodes traditionnelles de prévision, basées sur des modèles statistiques ou physiques, montrent souvent des limites en termes de précision et de réactivité face aux conditions météorologiques propices aux brouillards.

Ce projet de stage vise à implémenter et évaluer une nouvelle architecture IA grâce à des modèles à espace d'états structurés (SSM en anglais) pour prédire les conditions LVP en se basant sur les valeurs observées passées. Pour atteindre cet objectif, les séries chronologiques des éléments météorologiques observées à haute résolution spatiale (12 mesures de visibilité et 4 mesure de plafond nuageux sur la zone aéroportuaire d'environ 50km²) et temporelle (1 minute) seront utilisées en réalisant une série d'expérimentations approfondies. L'approche choisie repose sur MAMBA qui permet une sélectivité dynamique des éléments météorologiques, c'est à dire que le modèle adapte ses paramètres en fonction des données d'entrée, filtrant les informations non pertinentes tout en conservant les contextes critiques. Cette approche combine la flexibilité des réseaux Transformers avec l'efficacité des réseaux récurrents.

On testera l'apport du modèle MAMBA face à des modèles récurrents classiques (type GRU ou LSTM) et à des modèles hybrides (CNN+LSTM) développée lors de précédents stages au sein du CNRM.

Objectif du Projet: Développer une méthode IA de type MAMBA pour améliorer la prévision de la LVP. La comparer à d'autres méthodes IA utilisées pour la modélisation des séquences temporelles.

Description du Travail à faire:

1. Revue de la Littérature:

- Synthétiser les méthodes actuelles de prévision des brouillards.
- Analyser les approches MAMBA.

2. Etude des Données:

- Prise en main de la base de données locale des données historiques sur Paris-CdG (observations à la minutes sur 10 années).

- Préparer les données pour l'entraînement des modèles (extraction, nettoyage, équilibrage undersampling-oversampling, normalisation, division en ensembles d'entraînement et de test).
- 3. **Développement du Modèle MAMBA:**
 - Concevoir l'architecture MAMBA et implémenter en Python.
 - Entraîner le modèle sur les données historiques
- 4. **Évaluation du Modèle:**
 - Évaluer les performances du modèle en termes de prévision pour Paris-CdG
 - Effectuer des tests de validation croisée pour évaluer la robustesse de l'approche
 - Comparer les résultats avec ceux des méthodes traditionnelles et des approches basées sur l'IA.
 - Portabilité sur d'autres aéroports, comme Casablanca-Nouasseur
- 5. **Documentation et Présentation:**
 - Documenter les programmes réalisés.
 - Préparer un rapport final et une présentation pour l'oral.

Compétences requises :

- Connaissance en IA, en particulier des réseaux de neurones type MAMBA et RNN.
- Compétences en programmation Python et utilisation des bibliothèques de deep learning (TensorFlow, Keras, PyTorch).
- Expérience en traitement et analyse de données.
- Connaissance de base des concepts météorologiques pilotant le cycle de vie des brouillards et des opérations aéroportuaires (un plus).

Résultats Attendus:

- Un modèle MAMBA en python pour la prévision des conditions LVP.
- Un rapport détaillé documentant le développement, l'évaluation et les performances du modèle.
- Une présentation des résultats.

Le stage se déroulera au Centre Nationale de Recherches Météorologique, Toulouse. Des visio régulières de suivi seront réalisées avec des chercheurs travaillant dans le domaine, en particulier à Maroc Meteo (Dr Driss Bari). La durée du stage est de 6 mois environ au premier semestre 2026.