

PROPOSITION DE STAGE EN COURS D'ETUDES

Référence : **DOTA-2023-22**
(à rappeler dans toute correspondance)

Lieu : Palaiseau

Département/Dir./Serv. : DOTA/MPSO

Tél. : 0180386376

Responsable(s) du stage : Emile Klotz

Email. : Emile.klotz@onera.fr

DESCRIPTION DU STAGE

Thématique(s) : Deep learning, communications optiques, données météorologiques, prédiction temporelle

Type de stage : Fin d'études bac+5 Master 2 Bac+2 à bac+4 Autres

Intitulé : Prédiction de l'impact de la turbulence atmosphérique sur la disponibilité d'un lien optique satellite-sol par deep learning

Sujet :

Contexte

Les liens optiques atmosphériques font figure de game-changer pour le futur des communications satellite/sol, que ce soit pour le rapatriement des données engrangées par les capteurs embarqués (télémesure) sur des satellites LEO ou pour le développement de l'internet globalisé et de l'internet des objets (IOT) en exploitant les satellites GEO comme relais.

L'influence de l'atmosphère (occultations nuageuses, aérosols, turbulence atmosphérique) reste un verrou essentiel qu'il convient de forcer pour pouvoir garantir la disponibilité très élevée attendue de systèmes de communication (99,9%). La fiabilité de son évaluation conditionne les marges utilisées pour le dimensionnement des futurs systèmes, notamment dans le choix des emplacements des futures stations sols. Une capacité de prédiction permettrait d'optimiser le fonctionnement du réseau en adaptant en temps réel les mécanismes de correction d'erreur.

Dans le cadre de la thèse d'Emile Klotz (2020-2023), nous avons proposé un métamodèle qui permet d'estimer la disponibilité à partir de moments intégrés caractéristiques de la turbulence, facilement mesurables. L'enjeu du stage est de proposer une méthode de prévision temporelle de ces moments, dont on évaluera la précision en fonction de l'horizon temporel de prévision.

Objectifs

Ces dernières années de nombreuses méthodes de deep learning ont été proposées pour la prédiction de séries temporelles. Les premières, comme DeepAR [Salinas2017] ou MQRNN utilisaient des réseaux récurrents, notamment de type LSTM. Bien que généralement plus performantes que les méthodes classiques, ces approches ne sont pas facilement interprétables et se focalisent principalement sur les données les plus récentes. Des architectures utilisant des mécanismes d'attention et permettant de mieux prendre en compte les informations plus long terme ont donc été proposées [Moreno2021][Wu2021].

Les travaux consisteront d'abord à compléter l'état de l'art réalisé dans le cadre de la thèse d'Emile sur la prédiction de séries temporelles par deep learning, puis à sélectionner la ou les architectures de réseaux les plus prometteuses pour notre problématique, qui seront ensuite adaptées aux données de turbulence atmosphérique. Un des principaux enjeux est de bien prendre en compte les corrélations spatio-temporelles des différents moments utilisés dans le métamodèle pour estimer la disponibilité du lien optique satellite-sol.

La qualité de prévision associée sera évaluée pour différents horizons temporels sur deux jeux de

données associées au même site de Ténérife : des données simulées à partir de sorties du logiciel WRF (Weather Research and Forecasting), avec une résolution temporelle fine de 5 minutes, et des données expérimentales mesurées toutes les heures par des instruments déployés par Miratlas. Les résultats seront comparés avec ceux associés à des méthodes plus classiques, du type modèles autoregressifs [Li2022].

Enfin, on s'intéressera aux améliorations possibles de la qualité de cette prédiction, en exploitant le mode d'acquisition des données météorologiques, suivant un flux temporel continu. On pourra ainsi faire le parallèle avec les méthodes d'active learning, qui exploitent l'acquisition d'un oracle.

Collaboration : Airbus

Références bibliographiques :

[Salinas2017] D. Salinas et al, DeepAR: Probabilistic Forecasting with Autoregressive Recurrent Networks, arXiv 1704.04110, 2017.

[Moreno2021] F. Moreno-Pino et al, Deep Autoregressive Models with Spectral Attention, arXiv , 2107.05984, 2021.

[Wu2021] H. Wu et al, Autoformer: Decomposition Transformers with Auto-Correlation for Long-Term Series Forecasting, arXiv 2106.13008, 2021.

[Li2022] Y. Li et al, Atmospheric turbulence forecasting using two-stage variational mode decomposition and autoregression towards free-space optical data-transmission link, 2022, <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2022.970025/full>.

Est-il possible d'envisager un travail en binôme ? **Non**

Méthodes à mettre en oeuvre :

- | | |
|---|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche théorique | <input type="checkbox"/> Travail de synthèse |
| <input checked="" type="checkbox"/> Recherche appliquée | <input type="checkbox"/> Travail de documentation |
| <input type="checkbox"/> Recherche expérimentale | <input type="checkbox"/> Participation à une réalisation |

Possibilité de prolongation en thèse : **Non**

Durée du stage : Minimum : 4 mois Maximum : 6 mois

Période souhaitée : Premier semestre 2023

PROFIL DU STAGIAIRE

Connaissances et niveau requis : Deep learning, Python	Ecoles ou établissements souhaités : Master 2 ou école d'ingénieur
---	---