ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Machine learning pour la reconstruction 3D de turbulence de vent pour l'avion basse consommation

Référence : **PHY-DOTA-2024-03**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024	**Date limite de candidature : 31/07/2024**

Mots clés : Machine learning, méthodes bayésiennes, Processus gaussiens, filtrage non linéaire, simulation Monte Carlo, Lidar vent

Profil et compétences recherchées :

Spécialité : mathématiques appliquées, probabilités/statistiques, optimisation, machine learning, méthodes bayésiennes

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif :

La mesure de turbulences de vent à distance a de nombreuses applications comme l'amélioration des rendements des éoliennes ou l'aide à la navigation des aéronefs. L'application principale étudiée dans cette thèse concerne les futurs avions basse consommation. Afin d'accroître l'efficacité aérodynamique, et ainsi réduire la consommation des avions, les ailes à grand allongement sont étudiées par les avionneurs. Cependant, pour que ce gain soit effectif, il est nécessaire de modifier la forme des ailes lors du passage de l'avion dans les turbulences de vent, pour contrebalancer les charges induites par celles-ci. Pour cela, il est nécessaire de mesurer les 3 composantes du champ de vent devant l'avion. La mesure est réalisée à l'aide d'un lidar qui mesure le vent projeté sur son axe adressé selon différentes directions (https://www.onera.fr/fr/PHY-DOTA#laser). Le but de cette thèse est de développer des nouveaux algorithmes permettant de reconstruire au mieux le champ de vent 3D devant l'avion dans le cas d'une turbulence de vent. Cette thèse s'inscrit dans une nouvelle activité portée par des projets nationaux et européens pour la conception d'avions plus écologiques.

L'étudiant(e) commencera par reprendre une modélisation physique des mesures lidar et déterminer des modèles des modèles stochastiques réalistes des vents turbulents. Il développera alors des méthodes bayésiennes et plus généralement de machine learning pour reconstruire le vent 3D à partir des mesures lidar sur différents axes. L'étudiant(e) mettra en place notamment :

- Une méthode à base de processus gaussiens (kriging [1]) dans le cas d'un vent décrit par le modèle de Von Karman. Cette méthode permet d'estimer le vent dans les zones où il n'est pas mesuré. Ce modèle sera ensuite étendu à des modèles de turbulences transitoires [4]. La nouveauté théorique consistera à inclure la description physique dans la turbulence dans le processus gaussien.
- Une deuxième méthode consiste à détecter et caractériser des structures potentiellement dangereuses pour l'avion à l'aide maximum à postériori. Ensuite, l'étudiant(e) proposera un algorithme de filtre non linéaire à base de simulations Monte-Carlo (par exemple le filtre particulaire de type « Markov Chain Monte-Carlo » Langevin [2], [3]). Cela permettra de prendre en compte les mesures accumulées au cours du temps durant le déplacement de l'avion.

Après une étude bibliographique, l'étudiant(e) proposera des solutions mathématiques innovantes pour les deux approches. L'étudiant(e) développera des algorithmes pour chacune d'elles. Ils seront testés, analysés puis évalués sur des données simulées. Les algorithmes les plus performants seront alors adaptés puis testés sur des données expérimentales. Si l'étudiant(e) le souhaite, il ou elle pourra participer à des campagnes de mesures.

[1] Fuhg, J. N., Fau, A., & Nackenhorst, U. (2021). State-of-the-art and comparative review of adaptive sampling methods for kriging. Archives of Computational Methods in Engineering, 28, 2689-2747.

[2] Septier, F., & Peters, G. W. (2015). Langevin and Hamiltonian based sequential MCMC for efficient Bayesian filtering in high-dimensional spaces. IEEE Journal of selected topics in signal processing, 10(2), 312-327.

[3] Musso, C., Champagnat, F., & Rabaste, O. (2016, July). Improvement of the laplace-based particle filter for track-before-detect. In 2016 19th International Conference on Information Fusion (FUSION) (pp. 1095-1102). IEEE.

[4] Gagne, Y., Marchand, M., & Castaing, B. (1994). Conditional velocity pdf in 3-D turbulence. Journal de Physique II, 4(1), 1-8.

Collaborations envisagées : Collaboration ONERA/Airbus

Laboratoire d'accueil à l'ONERA :
Département : DOTA
Lieu (centre ONERA) : Palaiseau
Contact : Christian Musso, Matthieu Valla
Tél. : +33 1 80 38 63 11, +33 1 80 38 61 06
Email : christian.musso@onera.fr, matthieu.valla@onera.fr

Directeur de thèse :
Nom : Tomline Michel
Laboratoire : DOTA
Tél. +33 1 80 38 64 24
Email : david-tomline.michel@onera.fr

	Co-directeur de thèse : Nom : Laurent Jacquin Laboratoire : ONERA, direction scientifique générale Tél. +33 1 80 38 68 15 Email : laurent.jacquin@onera.fr

Pour plus d'informations : https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche