ONERA
THE FRENCH AEROSPACE LAB

www.onera.fr

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation physique de la dynamique des ceintures de radiation par apprentissage statistique

Référence : **PHY-DPHY-2024-08**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : 01/10/2024	**Date limite de candidature :** 29/02/2024

Mots clés

Ceintures de radiation, Physics Informed Neural Networks, Machine Learning

Profil et compétences recherchées

Apprentissage automatique, Physique de l'environnement spatial

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Le champ magnétique de notre planète, qui forme la magnétosphère, est capable de piéger des particules chargées énergétiques (électrons, protons), produisant un environnement radiatif qui impacte de manière importante les satellites en orbite. La densité et l'énergie de ces particules piégées découlent d'un équilibre physique entre différents processus d'interaction avec l'atmosphère, le milieu interplanétaire, et certaines ondes électromagnétiques qui se propagent dans la magnétosphère. Pour pouvoir comprendre, restituer et prédire l'environnement radiatif spatial, il est donc nécessaire de bien modéliser ces différents processus.

Depuis plusieurs décennies, la communauté scientifique a accumulé une grande quantité d'observations de la densité de particules piégées dans la magnétosphère, et de leur spectre en énergie. Ces données permettent de valider nos modèles physiques, ou de paramétrer des modèles empiriques ou semi-empiriques. L'application récente de nouvelles méthodes d'apprentissage statistique profond, informées par la physique, a montré qu'il était possible, à partir de ces observations, de déduire partiellement les paramètres physiques qui pilotent la dynamique de l'environnement radiatif spatial. Cependant, les modèles obtenus jusqu'à présent sont spécifiques aux périodes pour lesquelles nous avons de grandes quantités de données, et ne permettent pas de prédire la dynamique de l'environnement en dehors de ces périodes, que ce soit pour des évènements extrêmes dans le passé, ou pour prédire les évènements à venir.

L'objectif de cette thèse est d'étudier la capacité des réseaux de neurones informés par la physique à produire des modèles empiriques de la dynamique des ceintures de radiation. On cherchera à reconstruire, à l'aide de cette méthode, les paramètres physiques gouvernant la dynamique des ceintures (coefficients de diffusion, de pertes, etc.), tout en modélisant l'influence de paramètres externes (indices géomagnétiques, paramètres du vent solaire, etc.). Nous comparerons les modèles obtenus à ceux qui sont intégrés aujourd'hui dans le code Salammbô de simulation des ceintures de radiation.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Département Physique Environnement Instrumentation et Espace (DPHY)

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Gautier Nguyen

Tél. : 05 62 25 25 59 Email : gautier.nguyen@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Antoine Brunet

Laboratoire : ONERA/DPHY

Tél. : 05 62 25 27 53

Email : antoine.brunet@onera.fr

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