

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Application d'un Filtre de Kalman Paramétrique Opérationnel à la dynamique des ceintures de radiation

Référence : **PHY-DPHY-2023-02**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2023

Date limite de candidature : Mai 2023

Mots clés

Assimilation de données, Filtre de Kalman, Ceintures de radiation, Physique spatiale, Physique statistique, Estimation d'incertitudes

Profil et compétences recherchées

Bases solides en modélisation de systèmes physiques

Bonne connaissance des méthodes numériques de modélisation des schémas diffusifs

Connaissances en méthodes d'assimilation de données et/ou en optimisation sous contraintes

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les ceintures de radiation terrestres constituent un environnement radiatif naturel très dynamique, hostile à la plupart des satellites artificiels. Elles sont essentiellement composées d'électrons et de protons énergétiques (respectivement 10 keV-7 MeV et 10 keV-700 MeV). Ces ceintures de radiation sont extrêmement dynamiques et leur bonne connaissance est fondamentale à des fins de météorologie de l'espace et de spécifications pour le développement d'instruments et de satellites.

Des modèles numériques de simulation de la dynamique des ceintures de radiation ont été développés depuis de nombreuses années à l'ONERA, au département Physique, Instrumentation, Environnement et Espace (DPHY). La famille de simulateurs Salammbô est aujourd'hui reconnue au niveau international et ces codes permettent de restituer correctement cette dynamique. Pour pallier aux défauts intrinsèques d'une modélisation physique, des outils d'assimilation de données ont également été développés. Ils consistent à combiner de manière la plus optimale possible mesures in-situ et modèle physique Salammbô. Ainsi, dans le cas des électrons, un filtre de Kalman d'Ensemble (héritage de l'Océanographie) a été développé. Dans le cas des protons, une assimilation directe est pour l'instant la solution ayant été mise en place. Aujourd'hui, l'ONERA est l'un des deux seuls laboratoires au monde à disposer de tels outils dans le domaine des ceintures de radiation.

Le but de l'assimilation de données dans les ceintures de radiations terrestres est dual. Elle permet en premier lieu de prévoir l'évolution de la dynamique des particules piégées dans le champ magnétique terrestre : la météorologie spatiale. En second lieu, elle permet également de simuler une longue période passée, afin de reconstruire globalement et précisément l'évolution des ceintures de radiation à l'échelle du cycle solaire : la climatologie spatiale. Aujourd'hui, la physique modélisée dans les codes Salammbô a atteint un fort niveau de maturité. Le prochain pas consiste donc à améliorer sa partie numérique. Une première étape a été franchie en démontrant l'intérêt d'utiliser un Filtre de Kalman Paramétrique (PKF) à la place d'un filtre de Kalman d'Ensemble (thèse en cours 2020-2023). Cela nous a permis également de mieux diagnostiquer les résultats d'assimilation.

L'objectif de cette thèse est donc de poursuivre ces efforts et de finaliser la mise en place de ce schéma d'assimilation sur le code Salammbô complet. Un point central de cette thèse sera également de mieux maîtriser la prise en compte des incertitudes de mesures (stage M2 dédié) et de modélisation dans le schéma d'assimilation, domaine de recherche actuel, aussi bien en météorologie qu'océanographie.

Le travail de thèse se décomposera en trois parties.

Tout d'abord, à partir d'une étude bibliographique approfondie des méthodes d'assimilation de données existantes, l'étudiant(e) se familiarisera à ces techniques et prendra petit à petit les travaux précédents en main sur le PKF. Une collaboration avec le Centre National de Recherche en Météorologie est prévue (co-encadrement de thèse) pour bénéficier de l'expérience en assimilation de données du domaine Météorologique, en continuité avec ce qui est fait sur la thèse actuelle.

Dans un second temps, l'étudiant(e) sera amené(e) à mettre en place le PKF dans le code Salammbô et tester ses performances. En particulier, cela supposera d'adapter le PKF au domaine des ceintures de radiation, ce qui permettra de développer de nouvelles briques innovantes et scientifiques relatives à ce filtre.

Enfin, une validation sera menée en comparant les résultats d'assimilation de données à des mesures tierces. L'étudiant(e) s'attachera également à analyser et caractériser les méthodes de prises en compte des incertitudes de mesures et de modélisation dans ce nouveau cœur d'assimilation.

Collaborations envisagées

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département :
Physique, instrumentation, environnement, espace
Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Vincent Maget

Tél. : 05 62 25 27 47 Email : vincent.maget@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Olivier Pannekoucke

Laboratoire : CNRM

Tél. :

Email : olivier.pannekoucke@meteo.fr

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