

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Modélisation de l'impact de l'ionosphère sur les systèmes radar à synthèse d'ouverture, évaluation de techniques de compensation et de caractérisation ionosphériques

Référence : **PHY-DEMR-2022-01**
(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : Octobre 2022

Date limite de candidature : Mai 2022

Mots clés

Propagation ionosphérique, Radar à synthèse d'ouverture, milieu ionosphérique, imagerie

Profil et compétences recherchées

Formation universitaire et/ou école d'ingénieur

Connaissances en physique, électromagnétisme, interactions ondes EM – scènes, traitement du signal.
Goût prononcé pour la compréhension des phénomènes physiques.

Maîtrise d'un langage de programmation de type Python.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

L'ionosphère peut avoir un impact important sur la propagation des ondes radioélectriques. En basses fréquences, typiquement pour des fréquences inférieures à quelques Gigahertz et supérieures à cent Mégahertz, l'ionosphère induit sur les signaux radioélectriques la traversant un retard de groupe important, une rotation de polarisation, des effets de réfraction et des fluctuations rapides d'amplitude et de phase. Ces effets sont particulièrement gênants pour les systèmes radar à synthèse d'ouverture (RSO) embarqués sur satellite, amenant dans certains cas des images hautement perturbées. Ces déformations du signal électromagnétique peuvent ainsi compromettre l'exploitation des images RSO sur l'ensemble des fonctionnalités possibles comme la polarimétrie, l'interférométrie, la tomographie, la classification, la détection et la caractérisation. Ces effets ionosphériques seront notamment à prendre en compte dans différentes missions ESA à venir comme BIOMASS ou ROSE-L.

Aujourd'hui, les effets ionosphériques sur les capteurs RSO peuvent être atténués et corrigés en partie. Ainsi des premières techniques ont été proposées dans la littérature mais ces dernières doivent être testées et peuvent être largement améliorées. Pour cela, n'ayant pas de mesures acquises par ses systèmes futurs, une modélisation du problème direct peut être utilisée. Elle doit considérer la propagation dans un milieu ionosphérique inhomogène, combinée à une modélisation du capteur RSO. Différentes composantes d'une telle modélisation existent à l'ONERA mais doivent être adaptées au besoin RSO. De plus, une idée prometteuse consiste à obtenir des informations sur l'environnement ionosphérique traversé à partir de ces images corrompues. Les systèmes RSO peuvent ainsi apporter une information originale par rapport aux mesures classiques GNSS quant aux caractéristiques des perturbations ionosphériques. En effet, il est désormais connu qu'une image RSO apporte une indication sur l'altitude de la couche ionosphérique, sur l'orientation des lignes du champ géomagnétique et l'anisotropie du milieu, sur le contenu en électron dans la couche ionosphérique sondée, sur la présence d'éventuels gradients de densité, sur la vitesse de déplacement des irrégularités ou encore sur la force de la turbulence. Ces méthodes de caractérisation demeurent cependant prospectives car la rareté des acquisitions perturbées complique leur développement et leur validation. La modélisation reste ainsi là encore une étape clé dans le développement de techniques pertinentes et robustes de caractérisation physique de l'ionosphère. Aussi, l'essor de nouveaux systèmes RSO proposant des approches novatrices à travers des configurations d'acquisition nouvelles (bistatisme, multistatisme,

tomographie), des résolutions très fines (grande largeur de bande) ou encore l'utilisation de différentes bandes à basse fréquence (bandes P et L) pourrait ouvrir de nouvelles perspectives sur la connaissance de l'ionosphère.

L'objectif est donc de développer un outil numérique capable en premier lieu de simuler les irrégularités ionosphériques au sein d'une image RSO selon la géométrie d'acquisition, les paramètres du capteur et les conditions météorologiques. A terme, cet outil sera utilisé pour étudier les méthodes de caractérisation des irrégularités observées et de compensation des effets. Plus spécifiquement, les travaux proposés dans le cadre de cette thèse visent à :

- modéliser les effets ionosphériques à toutes latitudes lors de la formation d'une image RSO bistatique
- évaluer l'impact des caractéristiques des irrégularités ionosphériques sur l'image (dont la vitesse de déplacement, anisotropie, altitude, échelles caractéristiques...)
- tester et améliorer les algorithmes opérationnels de compensation des effets ionosphériques sur l'imagerie RSO
- développer une méthode opérationnelle de caractérisation de l'ionosphère à partir d'une unique image RSO quadpol

Pour cela, on s'appuiera sur le modèle de propagation en milieu ionosphérique inhomogène STIPEE (Software Tool for Ionospheric Propagation Events Evaluation) et des outils RSO développés à l'ONERA par l'équipe proposante et qui concernent des techniques de focalisation multi-images, de caractérisation polarimétrique et multi-spectrales. Les images réelles nécessaires pour valider les méthodes et observations seront issues des acquisitions polarimétriques du capteur ALOS PALSAR de l'agence spatiale japonaise JAXA. Les données concernant la météorologie spatiale (vent solaire, flux de plasma etc...) correspondront aux valeurs données par le Space Weather Service Network de l'agence spatiale européenne ESA.

Collaborations envisagées

ESA

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : DEMR

Lieu (centre ONERA) : Toulouse

Contact : Vincent Fabbro / Aymeric Mainvis

Tél. : 0562252390

Email : vincent.fabbro@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Vincent Fabbro

Laboratoire : ONERA/DEMR/PER

Tél. : 05.62.25.27.30

Email : vincent.fabbro@onera.fr

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