

Stage de fin d'étude – 6 mois

Modélisation Électromagnétique pour la Radio Occultation

Rémi Douvenot (ENAC) (remi.douvenot@enac.fr)

1 Contexte

La radio occultation (RO) consiste à caractériser l'atmosphère d'une planète à partir d'un signal transmis entre deux satellites et traversant cette atmosphère [4], comme illustré en Fig. 1. Sur Terre, c'est le signal GNSS qui est utilisé pour effectuer cette RO. En effet, ces signaux sont émis en continu par de nombreux satellites. Ainsi, seuls les satellites de réception sont nécessaires, utilisant les signaux émis GNSS comme des signaux d'opportunité.

La RO est largement utilisée aujourd'hui et est considérée comme le meilleur thermomètre de l'atmosphère par le GIEC [3, p.476]. La constellation COSMIC-2 va très prochainement venir enrichir encore les capacités de radio occultation sur terre. En Europe, l'instance qui fournit le GIEC en données est EUMETSAT.

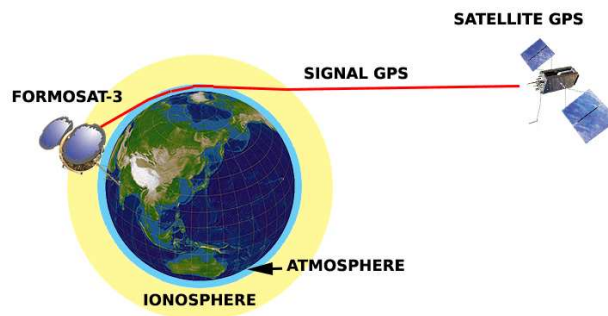


FIGURE 1 – Configuration de radio occultation. (source : Wikipedia)

Le principe le plus généralement utilisé pour la RO est de déduire le gradient local de température à partir de la courbure du rayon principal entre les deux satellites. Cette technique est nommée inversion d'Abel [4]. Une autre stratégie est de calculer tout le champ sur un plan proche du satellite de réception pour en déduire le rayon principal mais aussi les éventuels multitrajets atmosphériques [1]. Cette dernière stratégie se base sur des calculs de champ par méthode de split-step Fourier (SSF). Elle permet d'apporter plus d'information, mais demande des ressources informatiques considérables. En effet, le champ doit être calculé sur un domaine 3D de très grande taille.

2 Objectifs du stage

Dans l'équipe TELECOM de l'ENAC, nous travaillons depuis plusieurs années sur la propagation des ondes électromagnétiques sur de grandes scènes. Notamment, nous avons développé une méthode de propagation par ondelettes dite SSW et requérant des ressources plus limitées que SSF pour une précision similaire [5]. De plus, nous avons développé une technique permettant, dans un espace non rectangulaire, d'utiliser les méthodes SSF et SSW [2]. Appliquer cette dernière à la radio occultation semble une piste prometteuse pour l'accélération des calculs.

Les objectifs du stage sont de prendre en main le simulateur RO d'EUMETSAT puis d'intégrer et d'adapter nos techniques au code de radio occultation d'EUMETSAT, .

Les objectifs détaillés s'articulent ainsi :

- prendre en main le simulateur radio occultation d'EUMETSAT en 2D ;
- tester la méthode SSW pour la valider et estimer sa précision ;
- intégrer SSW [5] au code 2D d'EUMETSAT ;
- améliorer la stratégie en passant par des domaines non rectangulaires [2] ;
- rédiger la preuve de concept en vue de l'étude dans un environnement 3D.

Compétences développées L'étudiant.e développera des compétences en propagation, en météorologie, en radio occultation et en modélisation électromagnétique.

3 Profil recherché

Le ou la candidat.e doit être issu.e d'une formation M2 (université ou école d'ingénieur) en électromagnétisme, traitement du signal ou mathématique appliquée. Un bon niveau d'anglais et de bonnes compétences de rédaction sont de plus souhaités. Les questions et candidatures (CV et Lettre de motivation) sont à adresser à Rémi Douvenot.

Ces travaux de stage pourront potentiellement continuer en thèse, notamment pour l'étude du problème 3D.

Références

- [1] A. S. Jensen, M. S. Lohmann, H.-H. Benzon, and A. S. Nielsen. Full spectrum inversion of radio occultation signals. *Radio Science*, 38 :1040, 2003.
- [2] L. Ligny, Z. El Ahdab, and R. Douvenot. A phase correction for long distance propagation using split-step methods in non-rectangular domains. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 2021.
- [3] P. Masson-Delmotte, V., A. Zhai, S. L. Pirani, C. Connors, S. Péan, N. Berger, Y. Caud, L. Chen, M. I. Goldfarb, M. Gomis, K. Huang, E. Leitzell, J.B.R. Lonnoy, T. K. Matthews, T. Maycock, O. Waterfield, R. Yelekci, Yu, and B. Zhou. Climate change 2021, the physical science basis. Technical report, IPCC (GIEC), 2021. in press.
- [4] S. V. Sokolovskiy. Modeling and inverting radio occultation signals in the moist troposphere. *Radio Science*, 36 :441–458, 2001.
- [5] H. Zhou, R. Douvenot, and A. Chabory. Modeling the long-range wave propagation by a split-step wavelet method. *Journal of Computational Physics*, 402 :109042, 2020.