
Prévision des perturbations ionosphériques sur les signaux GNSS à haute latitude, par approche statistique et apprentissage profond

Joel Lemorton^{*1}, Rémy Arnaud^{1,2}, Vincent Fabbro¹, and Xavier Boulanger¹

¹ONERA – DEMR, Université de Toulouse – France

²CNES – Toulouse – France

Résumé

Les liaisons GNSS à haute latitude peuvent être fortement impactées par des perturbations ionosphériques liées à l'activité solaire. En effet, les éjections de masse coronale à la surface du Soleil propagées jusqu'à la Terre et pénétrant l'ionosphère le long des lignes du champ magnétique terrestre peuvent induire de fortes variations de la densité électronique qui impactent alors les signaux radioélectriques GNSS. Des erreurs de positionnement voire même des décrochages des boucles de phase des récepteurs GNSS peuvent alors apparaître. La prévision de tels événements est donc particulièrement intéressante pour les utilisateurs de systèmes basés sur le positionnement GNSS. Deux approches différentes ont été développées pour réaliser des prévisions. Tout d'abord, une approche statistique basée sur le modèle HAPEE (High Altitude scintillation Positioning Error Estimator). Ce modèle permet de fournir des indices de scintillation et des prévisions d'erreurs de positionnement GNSS. Il a été initialement élaboré à partir d'une large base de données mesurées en Norvège [Fabbro et al., 2021] et étendu au Groenland en considérant des données du réseau GNET dans le cadre d'une étude ESA. Les données couvrent le cycle solaire 24, et les acquisitions se poursuivent aujourd'hui pour enrichir cette base.

Suite à cela, une étude de faisabilité d'application de méthodes de Deep-Learning, dans ce contexte, a été réalisée. Un nouvel algorithme permettant la prévision de séries temporelles d'indice de scintillation ionosphérique a été développé, basé sur l'utilisation de LSTM (Long Short Term Memory) Neural Networks (NN).. Le modèle proposé ouvre la voie à un nouveau type de service opérationnel fondé sur des méthodes basées sur des données mesurées. Même avec une approche simple reliant le vent solaire, l'heure locale magnétique et l'indice de perturbation ionosphérique ROTI, la méthode LSTM NN est en mesure de décrire et d'apprendre un schéma régulier, ce qui est la force de cette approche [Rémy, 2021].

Des exemples de prévisions obtenues par les différentes techniques seront présentés, et les avantages et limites de chacune discutés.

Remerciements :

Ce travail utilise les données norvégiennes de la NMA (Norwegian Mapping Authority) ainsi que GNET (Greenland GNSS Network) de l'Agence danoise pour l'approvisionnement et

^{*}Intervenant

l'efficacité des données (SDFE), nous remercions NMA et SDFE qui nous ont donné le droit d'utiliser ces données. Ces travaux sont réalisés en coopération avec NMA.

Références :

Fabbro et al., 2021

Fabbro V. , Jacobsen K. S., Andalsvik Y. L., Rougerie S. , "GNSS positioning error forecasting in the Arctic: ROTI and Precise Point Positioning error forecasting from solar wind measurements", J. Space Weather Space Clim. 2021, accepted for publication, doi: 10.1051/swsc/2021024

Rémy, 2021

Rémy Arnaud, "Ionospheric scintillation forecasting using Deep Learning", IMT-Atlantique internship at ONERA/PER, September 2021.