

Vol Long-Range pour la Surveillance des Inondations

Safae Abouelouafa^{1,2*}, Sarah El Hajj Chehade¹, Othmane El Attiq^{1,2}, Georges Stienne¹, Adnane Latif², Serge Reboul¹

¹Laboratoire d'Informatique, Signal et Image de la Côte d'Opale, Université Littoral Côte d'Opale, Calais, France ;

²Equipe Technologies de l'Information et Modélisation, Université Cadi Ayyad, Marrakech, Maroc ;

* safae.abouelouafa@etu.univ-littoral.fr

Cette étude examine l'intérêt de la réflectométrie aéroportée (GNSS-R) pour la télédétection à grande échelle, en particulier pour la surveillance environnementale de phénomènes tels que les inondations. L'objectif principal est de classier automatiquement différents types de surfaces (sable, eau et sol) à partir de l'analyse des signaux satellites réfléchis par ces surfaces. Notre approche s'appuie sur un algorithme robuste permettant d'évaluer le taux d'humidité des sols, d'identifier automatiquement chaque type de surface et de déterminer précisément leur localisation grâce à la détection des transitions entre ces dernières.

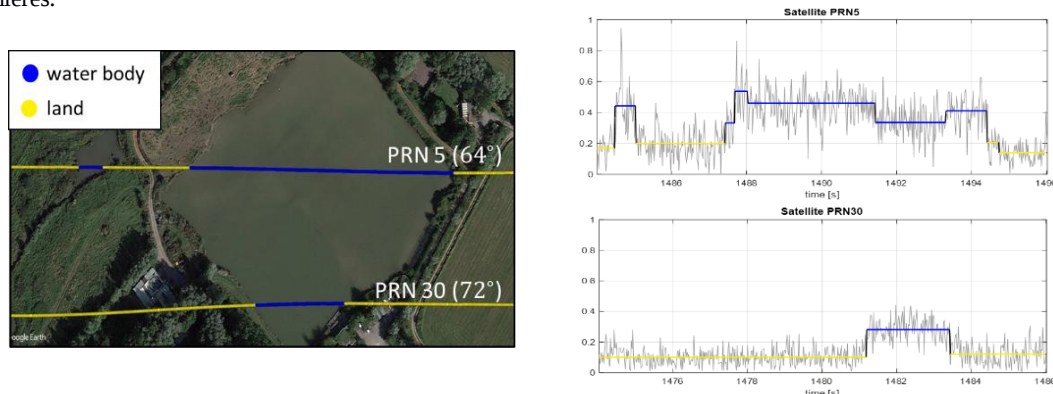


Figure 1: La détection des différents types de surfaces.

Des expérimentations aériennes ont été réalisées en 2020 et 2021 dans le nord de la France, à l'aide d'un gyrocoptère spécialement équipé pour acquérir des données GNSS-R. Le système embarqué utilisé, léger et compact, est particulièrement adapté à une intégration sur drones autonomes. Il comporte deux antennes : une antenne à polarisation circulaire droite (RHCP), placée à l'avant pour recevoir les signaux directs des satellites, et une antenne à polarisation circulaire gauche (LHCP), installée sous le gyrocoptère pour capter les signaux réfléchis par le sol. Dans ce contexte, la datation des signaux GNSS est primordiale pour localiser les surfaces réfléchissantes « les empreintes satellitaires ». Chaque signal réfléchi reçu est associé à une position géographique exacte, grâce à la synchronisation entre le temps GPS extrait directement des signaux GNSS enregistrés et celui fourni par une carte de contrôle drone. Cette carte embarquée permet d'enregistrer en continu la position, l'altitude et l'attitude du gyrocoptère avec une haute précision temporelle, à l'échelle de la milliseconde, assurant ainsi une identification précise des empreintes satellitaires tout au long du vol. De plus, elle permet un suivi rigoureux du vol sur de longues distances, tout en maintenant une continuité et exactitude élevées des mesures.

Au cours d'un vol d'environ 45 minutes au départ de l'aéroport à Calais-Dunkerque, le gyrocoptère a couvert une superficie d'environ 230 km², à une altitude moyenne de 315 mètres et à une vitesse moyenne de 95 km/h. Plus de 50 zones différentes, incluant des surfaces d'eau, des plages de sable et des zones maritimes, ont ainsi pu être analysées avec succès.

Cette expérimentation démontre clairement l'intérêt d'utiliser une plateforme aérienne compacte équipée de capteurs GNSS-R facilement adaptables sur drones autonomes, permettant ainsi la collecte des données environnementales sur de vastes régions. Notre approche offre en particulier la possibilité d'identifier automatiquement et précisément les changements intervenus à la surface du sol. Elle constitue ainsi une solution prometteuse pour des applications de surveillance environnementale, tel que les inondations, par l'analyse de l'évolution du taux d'humidité des sols.

References:

- [1] Chehade, Sarah El Hajj, Hamza Issa, Georges Stienne, and Serge Reboul. "Change Point Detection in Radar Reflectivity Measurements Contaminated by Speckle Noise." *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing* (2024).
- [2] Chehade, Sarah El Hajj, Hamza Issa, Georges Stienne, and Serge Reboul. "Segmentation and Classification of Airborne GNSS-R Reflectivity Signals with Speckle Noise Mitigation." In *2024 International Conference on Localization and GNSS (ICL-GNSS)*, pp. 1-7. IEEE, 2024.
- [3] Issa, Hamza, Georges Stienne, Serge Reboul, Maximilian Semmling, Mohamad Raad, Ghaleb Faour, and Jens Wickert. "High-rate GNSS Reflectometry Estimates for Airborne Soil-moisture Detection." In *EGU General Assembly Conference Abstracts*, pp. EGU21-11577. 2021.
- [4] Issa, Hamza, Georges Stienne, Serge Reboul, Mohamad Raad, and Ghaleb Faour. "Airborne gnss reflectometry for water body detection." *Remote Sensing* 14, no. 1 (2021): 163.