



D R P I

Direction Recherche
Partenariats Innovation

PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL

Laboratoire

UMR LIENSs 7266

École doctorale EUCLIDE

ED 618 Euclide

Sujet de thèse

Intitulé scientifique

Réflectométrie GNSS appliquée à l'observation du niveau de la mer à haute fréquence et de ses extrêmes en milieux côtiers hostiles.

Intitulé vulgarisé (explicite pour un non spécialiste)

Développement d'une nouvelle technologie d'observation des variations rapides du niveau de la mer et de ses extrêmes en milieux côtiers hostiles à la marégraphie traditionnelle (côtes sableuses et/ou tempêteuses).

Direction de la thèse

- Guy Wöppelmann, PR1 à La Rochelle, labo LIENSs.
- Alvaro Santamaría, Physicien Adjoint CNAP à l'université Paul Sabatier, Toulouse, avec un taux de co-encadrement prévu de 50%.

Descriptif du sujet

La réflectométrie GNSS (Global Navigation Satellite System, comme GPS ou Galileo) ou GNSS-R est une technique qui permet de retrouver différentes propriétés physiques de l'environnement dans lequel se place une antenne GNSS à partir de l'analyse des interférences entre les signaux radio GNSS directs et réfléchis. Une des propriétés physiques étudiées est la distance géométrique entre l'antenne GNSS et la surface réfléchissante. Quand la surface réfléchissante est la surface de la mer, la technique GNSS-R permet de mesurer les variations locales de hauteur de l'eau, et par suite d'avoir accès aux processus qui la font varier (marées, surcotes, circulation océanique, climat, etc.).

Des publications récentes montrent que, sur des échelles de temps mensuelles typiquement utilisées pour **le suivi du niveau moyen des mers**, la technique GNSS-R donne des résultats d'une qualité équivalente aux marégraphes conventionnels. De ce fait, actuellement, la communauté internationale du niveau de la mer envisage d'inclure des observations GNSS-R du niveau de la mer dans les programmes d'observation internationaux (ex. GLOSS ; <https://www.gloss-sealevel.org/>). Ceci est dû non seulement au gain de couverture spatiale des stations GNSS permanentes, mais aussi aux avantages que cette technique offre par rapport à la marégraphie conventionnelle, dont, entre autres, le positionnement implicite des observations du niveau de la mer dans un repère de référence global (le même que pour les satellites), le coût relativement bas d'installation et de maintenance des stations GNSS, l'absence du besoin d'étalonner le capteur, la possibilité d'observer le niveau de la mer depuis une hauteur élevée et donc libre de l'environnement hostile marin (houle de tempêtes, bateaux, etc.). Malgré ces avantages, les observations GNSS-R du niveau de la mer nécessitent aujourd'hui **un** traitement encore lourd ce qui restreint son exploitation. De la même façon, malgré des progrès récents (correction du retard troposphérique, optimisation de la bande passante effective, etc.), des

améliorations sont nécessaires pour rendre la qualité des observations GNSS-R à haute fréquence temporelle aussi performantes que les marégraphes conventionnels, notamment en temps réel.

Aux échelles de temps courtes, inférieures à quelques minutes, les observations GNSS-R ont le potentiel de contribuer dans la calibration/validation (cal/val) des altimètres embarqués sur satellites Jason, SWOT et autres, essentiels pour le suivi de la montée du niveau moyen global des mers. Certainement, une des limites actuelles de la cal/val réalisée avec des marégraphes conventionnels réside dans l'information ponctuelle apportée par ces derniers alors que l'information des altimètres est surfacique. La rigueur dans la comparaison et, par suite, la cal/val s'en trouve affectée. En revanche, l'information apportée par le GNSS-R se rapproche davantage de celle des altimètres. Par exemple, l'empreinte radioélectrique GNSS-R réfléchi dépend de la hauteur de l'antenne au-dessus du plan d'eau, et peut aller jusqu'à plusieurs centaines de mètres intégrant l'information de houle et d'état de la mer, qui est un effet qui perturbe les observations des satellites et peut expliquer les différences observées entre marégraphes et satellites. Un autre avantage pratique est que les stations GNSS sont facilement installables, en mode temporaire ou permanent, et leur bas coût permet de les installer en grand nombre si nécessaire. Pourtant, la technique GNSS-R n'est pas encore utilisée pour la cal/val des missions spatiales dû à la faible précision des estimations à haute fréquence fournie par les algorithmes de traitement couramment utilisés aujourd'hui.

L'objectif de cette thèse est **d'apporter une avancée sur la technique GNSS-R dans le domaine de l'observation du niveau de la mer à haute fréquence d'échantillonnage** (p. ex. quelques minutes), voire d'avoir accès au niveau de l'eau en temps réel, et donc similaire aux capacités des marégraphes conventionnels (p. ex. radar). Elle couvre deux volets complémentaires :

- Le volet méthodologique visera **l'intégration optimale du spectre complet des signaux GNSS qui sont accessibles** et pas encore complètement exploités, notamment, le récent développement des constellations européenne Galileo et chinoise BeiDou, mais aussi le renouvellement de la constellation américaine GPS (bloc IIIA) et GLONASS (bloc K1) avec des nouveaux signaux disponibles.
- Le volet applicatif visera **l'exploitation de ces avancées méthodologiques dans l'observation en milieu défavorable et/ou hostile et dans la calibration/validation des biais des altimètres** embarqués à bord de satellites et leur dérive, notamment la future mission SWOT. Des observations GPS/GLONASS des derniers 25+ ans (coïncidant avec l'ère de l'altimétrie spatiale) sont disponibles pour les missions T/P et Jason. Dans le cas de la future mission SWOT, les quatre constellations GNSS avec multitude des signaux différents pourront être exploitées.

L'application principale visée est l'acquisition de données précises du niveau de la mer à haute fréquence temporelle sur des longues durées (continuité et pérennité) – domaine dans lequel le LIENSs a une forte présence (Service d'observation SONEL) – dans des zones où les marégraphes traditionnels sont mis en échec : côtes sableuses et/ou tempétueuses. Avec une avancée méthodologique dans la réduction de l'échantillon temporaire des observations GNSS-R, **cette thèse ouvrira des champs de recherche pour l'exploitation de la technique GNSS-R dans l'observation des phénomènes extrêmes** (ondes de tempêtes, tsunamis) et la calibration / validation des mesures des satellites à l'approche de la côte. Ces applications seront étudiées dans le cadre de cette thèse.

Travail demandé au doctorant

Les tâches suivantes sont anticipées aujourd'hui, mais il faudra bien évidemment les actualiser et réorienter avec le contexte et les résultats obtenus. Ainsi, il s'agira de :

- Se placer dans le contexte de la technique GNSS-R, depuis la conception de la physique de la mesure il y a plus de 30 ans, jusqu'aux derniers développements techniques, en mettant l'accent sur les hypothèses de travail utilisées, leurs limitations et les verrous méthodologiques existants. Cette tâche vise aussi à placer le doctorant dans le planisphère de la technique GNSS-R et qu'il/elle soit capable d'identifier les acteurs pertinents de la communauté, les différentes

approches et les tendances dans un cadre international en évolution rapide et constante. Elle comprendra des séjours réguliers au laboratoire GET et une participation active dans les expériences sur le terrain (conception, installation, prétraitements, etc.).

- S'approprier des outils algorithmiques nécessaires pour atteindre l'objectif principal de la thèse : l'amélioration de l'observation du niveau de la mer à haute fréquence d'échantillonnage. Cette tâche passe par la maîtrise des outils de traitement du signal classiques et récents, pas forcément encore appliqués dans la communauté GNSS-R. Cette application tirera partie des observations GNSS existantes, dédiées et/ou opportunistes, acquises par la communauté. Une publication de type méthodologique devrait signaler l'atteinte de cette maîtrise.
- Exploiter les développements méthodologiques dans des applications scientifiques comme la cal/val des altimètres et l'observation des phénomènes extrêmes et rapides (inondations, tsunamis). Au moins une publication d'exploitation de la technique et des développements réalisés devra signaler l'aboutissement de la thèse. Cette tâche vise aussi à ce que le/la doctorant/e ne se limite pas à la maîtrise du développement technique, mais à ce qu'il/elle acquière une expérience dans un champ scientifique spécifique qui lui permettra de s'insérer dans une niche avec une carrière scientifique et technique dans le domaine public et/ou privé.

Quelques références bibliographiques :

- Strandberg *et al.* 2016 in *Radio Science* : <https://doi.org/10.1002/2016RS006057>
- Strandberg *et al.* 2019 in *GPS Solutions* : <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0851-1>
- Geremia-Nievinski *et al.* 2020 in *J. Geodesy* : <https://doi.org/10.1007/s00190-020-01387-3>

Profil recherché :

Le/la candidat/e devra obligatoirement

- être titulaire d'un Master 2 ou un diplôme d'ingénieur avec équivalence Master 2 depuis moins de 5 ans (géophysique, géodésie et océanographie) ;
- avoir des compétences en : traitement du signal, algorithmique, théorie des probabilités, statistiques, filtrage ;
- maîtriser au moins un langage de programmation scientifique ;
- avoir un bon niveau en anglais (lu, écrit et parlé) ;

Le/la candidat/e devra réunir le maximum de qualités suivantes :

- autonomie, initiative, curiosité scientifique, ouverture d'esprit, esprit critique, sens de l'écoute et du travail en équipe et à distance, rédaction et présentation orale.

Modalités de candidature :

Le poste est ouvert aux diplômées du master au moment de la prise de fonction, le 1er octobre. Le contrat de thèse est de 3 ans. Le/la candidat/e enverra par email à *Guy Wöppelmann* (guy.woppelmann@univ-lr.fr) et *Alvaro Santamaría* (alvaro.santamaria@get.omp.eu) les pièces suivantes **avant le 31 mai 2021** :

- Une lettre de motivation ;
- Un CV ;
- Les relevés de notes de Master 1 & 2 (indiquant les classements au sein de la promotion) ;
- Les contacts de deux personnes référentes, ayant par exemple encadré le/la candidat/e lors d'un stage de recherche.