

**PROPOSITION DE SUJET POUR UN CONTRAT DOCTORAL/
Clôture des candidatures le : 15 mai 2026**

<u>Laboratoires</u> LIENSs (Littoral Environnement et Sociétés) et MIA (Mathématiques Image et Applications) – La Rochelle Université
<u>Titre de la thèse</u> Apport de l'intelligence artificielle à l'étude de la dynamique des littoraux : application aux données d'altimétrie large fauchée du satellite SWOT.
<u>Direction de la thèse</u> : codirection entre Berthier Michel, Professeur des universités, MIA Testut Laurent, Physicien CNAP, HDR, LIENSs
<u>Adéquation scientifique avec les priorités de l'établissement</u> Le rapport du sénat sur IA et environnement datant de février 2025 débute en mettant l'accent sur le fait que « la contribution des techniques d'IA à la connaissance de notre environnement ou de certaines de ses composantes fait partie de ses apports les plus importants. » Le projet de thèse proposé s'inscrit parfaitement dans la stratégie qui consiste à exploiter des données environnementales issues de protocoles d'acquisition novateurs à l'aide d'algorithmes d'IA originaux adaptés à ces données.
<u>Descriptif du sujet</u> Concrètement, le projet vise à caractériser les zones intertidales à partir de données du satellite à large fauchée SWOT et à améliorer la compréhension des processus hydrodynamiques qui affectent le littoral. L'étude se concentrera majoritairement sur les Pertuis Charentais, mais aussi sur l'ensemble de la façade maritime de la Nouvelle Aquitaine, un littoral soumis à de fortes pressions en lien avec son anthropisation croissante et le changement climatique global. Une collaboration entre LIENSs et le MIA a déjà permis d'obtenir des premiers résultats très encourageants à partir d'une version simplifiée des données (image SWOT type raster à 100m). Le sujet de thèse proposé a pour objectif d'exploiter tout le potentiel des acquisitions SWOT en remplaçant les rasters par des nuages de points, <i>i.e.</i> par des données pixel cloud. Le verrou principal, d'ordre méthodologique, nécessite l'élaboration de nouveaux algorithmes d'IA. En effet, les données pixel cloud du satellite SWOT, qui sont celles qui possèdent la meilleure résolution spatiale (de l'ordre de la dizaine de mètres), ne sont pas échantillonnées régulièrement dans l'espace. Cette géométrie non euclidienne et anisotrope rend inadaptés les réseaux convolutifs utilisés pour les rasters et impose de travailler directement au niveau du nuage de points, en utilisant la géométrie réelle point par point (PointNet: https://arxiv.org/abs/1612.00593), ou une géométrie locale par cluster (Point Transformer: https://arxiv.org/abs/2012.09164), tout en intégrant l'anisotropie dans la fonction de coût. Par ailleurs, le volume 3D rend les calculs coûteux, ce qui nécessite des stratégies d'optimisation : exploitation de la parcimonie (Submanifold Sparse Convolutional Networks: https://arxiv.org/abs/1711.10275), ciblage de sous-zones à partir des rasters, parallélisation des calculs et compression des modèles par quantification pour accélérer l'inférence (Survey quantization: https://arxiv.org/abs/2103.13630), et ce afin de rendre l'approche opérationnelle tout en préservant la qualité de l'information. Références : [1] Yeasmin, N., Testut, L., and Ballu, V.: SWOT Based Intertidal Topography Mapping: A Standalone Method Validated in a Complex Coastal Region, https://doi.org/10.2139/ssrn.5373220, 30 July 2025.

[2] Texier, R. : Détecter les zones intertidales à partir des données de la mission Surface Water Ocean Topography (SWOT), Stage de Master 1, La Rochelle Université, 2025. [3] Charles R. Qi. et al., PointNet: Deep Learning on Point Sets for 3D Classification and Segmentation, 2016. [4] Hengshuang Zhao et al., Point Transformer, 2020. [5] Benjamin Graham et al., 3D Semantic Segmentation with Submanifold Sparse Convolutional Networks, 2017. [6] Amir Gholami et al., A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference, 2021.
<u>Contexte partenarial</u> Ce projet vise à renforcer les interactions entre les deux laboratoires LIENSs et MIA. Il s'inscrit parfaitement dans la politique scientifique de l'établissement en créant une synergie entre les deux axes de recherche environnement et IA.
<u>Impacts</u> L'impact le plus fort est certainement l'impact scientifique. Une méthode basée sur l'IA permettra de traiter l'ensemble des données du satellite SWOT et de simplifier le traitement des données futures. Le territoire disposera d'un outil de suivi régulier de la dynamique des zones intertidales dont le rôle et l'importance ont été mis en évidence notamment pour la séquestration du carbone. Cette thèse aura aussi un impact sur les méthodes IA qui sont essentiellement basées sur des données grillées, en testant une série d'algorithmes sur des données type nuages de points irréguliers. Bien au-delà des problématiques locales de géomorphologie dynamique et de piégeage du carbone, cette thèse offrira la possibilité de faire des bilans sédimentaires des zones intertidales à l'échelle mondiale. Ce travail consolidera aussi l'expertise de La Rochelle Université, et plus largement de la région Nouvelle Aquitaine, sur les données SWOT. Les domaines d'application sont nombreux, parmi lesquels on peut citer : le suivi de l'évolution du niveau marin à la côte le long du littoral néo-Aquitain, l'évaluation des zones inondées lors d'événements extrêmes, la meilleure compréhension de la dynamique des submersions marines, un bilan en continu des eaux de surfaces, ...
<u>Programme de travail du doctorant</u> La personne recrutée devra mettre en place et tester un certain nombre de méthodes sur les jeux de données irrégulières (type nuages de points) du satellite SWOT. Pour commencer, elle devra se familiariser avec l'état de l'art des méthodes de Deep Learning adaptées aux nuages de points et leurs applications aux données du satellite SWOT. Par la suite, elle devra chercher à améliorer ces méthodes en tenant compte des spécificités propres au jeu de données. Une étude comparative de la qualité des résultats obtenus d'une part avec les rasters à 100m, et d'autre part avec les nuages de points, permettra de valider les nouveaux algorithmes proposés. <u>Calendrier de réalisation</u> Année 1 : État de l'art des algorithmes d'IA exploitant des données pixel cloud et mise en place d'une stratégie de détection de zones intertidales à partir des acquisitions SWOT. Année 2 : Élaboration et implémentation des algorithmes. Selon les résultats obtenus, rédaction d'une publication. Année 3 : Comparaison exhaustive (efficacité, coût, robustesse...) entre les deux approches par rasters et par données pixel cloud. Rédaction du manuscrit et d'une publication.
<u>Accompagnement du doctorant / Fonctionnement de la thèse</u> <i>(accompagnement humain, matériel, financier, en particulier pour la prise en charge du fonctionnement de la thèse et des dépenses associées)</i> L'intégralité des frais de la thèse sera prise sur les budgets d'équipement et de fonctionnement du projet pluriannuel FOAM financé par le CNES et dédié aux activités de calibration/validation de données d'altimétrie spatiale menées depuis plusieurs années au LIENSs.