

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Intitulé : Apprentissage profond faiblement supervisé pour la détection des chenaux de la banquise (sea ice leads) dans des images OLCI à partir de données hétérogènes

Référence : **TIS-DTIS-2026-01**

(à rappeler dans toute correspondance)

Début de la thèse : **01/10/2026**

Date limite de candidature : **31/05/2026**

Mots clés

Segmentation Sémantique, Apprentissage faiblement-supervisé

Profil et compétences recherchées

Candidate ou candidat avec un master/diplôme d'ingénieur en traitement d'image incluant de l'apprentissage profond ou un master/diplôme d'ingénieur en télédétection.

Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

Les approches d'apprentissage frugales ont été développées pour résoudre des tâches pour lesquels peu ou pas de données labellisées sont disponibles tout en profitant des gains de performance de l'intelligence artificielle. Les méthodes de type semi-supervisées ou faiblement supervisées construisent une représentation structurée des données sur laquelle il est possible de propager une information. Dans le cas de la télédétection, ces méthodes peuvent être utilisées pour propager l'information d'un capteur basse résolution ou ayant un échantillonnage spatialement limité à un autre capteur ayant une résolution plus fine ou une couverture plus large.

Dans cette thèse, l'objectif est de développer des méthodes semi-supervisées ou faiblement supervisées pour propager l'information 1D obtenue à travers les capteurs altimétriques à des capteurs images 2D dans le cadre de la cartographie des chenaux de banquise. Les chenaux de banquise, qui sont les fractures entre les blocs de glace, sont les principaux lieux de transmission de la chaleur et de l'humidité de l'océan vers l'atmosphère. Pour évaluer cette transmission de chaleur et pouvoir modéliser l'évolution de la banquise dont l'étendue diminue depuis les années 1990, il est important de caractériser finement la distribution des chenaux.

Une telle caractérisation est possible à partir d'une carte altimétrique 2D précise. Les capteurs altimètres permettent d'obtenir une classification floes/chenaux et une mesure d'élévation précise, mais ne font que ces mesures le long de leur trajectoire. D'un autre côté, les capteurs images permettent une différentiation floes/chenaux mais cette discrimination par des méthodes des seuls adaptatifs est encore très bruitée [Muchow2021] car l'apparence de la banquise varie beaucoup en fonction des conditions extérieures. De plus, l'élévation n'est pas directement mesurable à partir de ces capteurs mais devrait pouvoir être propagée localement à partir de caractéristiques statistiques 2D telles que la texture. En utilisant les capteurs OLCI (un imageur multispectral) et SRAL (un altimètre SAR), tous deux à bord du satellite Sentinel-3, une méthode de classification de vignette floes/chenaux déjà été proposée [Chen2024]. Une base de données de classification de vignette OLCI a été construite dans l'équipe pour entraîner une méthode de classification de super pixels de banquise obtenus par SAM [Orgambide2025]. Ces deux méthodes sont prometteuses mais ne résolvent pas une tâche de segmentation sémantique et n'offrent pas une classification au pixel.

Afin d'obtenir une carte fiable des chenaux, plusieurs questions de recherche doivent être abordées :

- Comment utiliser au mieux les étiquettes imprécises issues des capteurs altimètres et une faible quantité de vignettes labelisées manuellement pour entraîner une méthode de segmentation sémantique par apprentissage profond pour la détection des chenaux ?
- Cette détection peut-elle être robustifiée par :

- L'ajout d'information sur le caractère linéaire des chenaux, qui permettrait de construire un graph de ces fractures
- La redondance temporelle des images OLCI qui permettrait de contraindre les algorithmes à compenser l'apparence changeante de la banquise
- La résolution du capteur OLCI est de 300m, ce qui ne permet pas la détection des chenaux fins, qui entraînent pourtant des échanges thermiques importants [Marcq2012]. Le capteur MSI de Sentinel-2 a une visite moins fréquente, mais une résolution de 10m. Est-il possible d'étendre les capacités de détection des chenaux du capteur OLCI au capteur MSI ?
- Finalement, l'altimètre SRAL permet de mesurer le franc-bord de la banquise, qui permet aussi une mesure de son épaisseur. Cependant, cette information est plus incertaine. La méthodologie développée dans le cas de la détection des chenaux à partir d'étiquette issue de l'altimètre SRAL peut-elle être étendue à des mesures de franc-bord ?

Ainsi, sur le plan méthodologique, cette thèse s'inscrit dans le thème de l'apprentissage frugal, thème qu'on retrouve dans de très nombreux problèmes scientifiques et industriels. L'objectif est d'utiliser l'apprentissage profond pour construire des représentations latentes des données images qui puissent permettre de résoudre des tâches variées et qui ne sont pas forcément définies au moment de l'apprentissage de cette représentation. L'impact de l'ajout de contrainte de stabilité sur cette représentation, par la redondance temporelle, ou de contrainte de forme, la nature linéaire des chenaux, sera aussi évalué. Sur le plan applicatif, cette thèse s'inscrit dans l'étude de la banquise et plus globalement du climat arctique, dont la compréhension est principalement un enjeu environnemental, mais aussi économique, voire militaire.

[Chen2024] Chen Weibin, Tsamados Michel , Willatt Rosemary , Takao So , Brockley David , de Rijke-Thomas Claude , Francis Alistair , Johnson Thomas , Landy Jack , Lawrence Isobel R. , Lee Sanggyun , Nasrollahi Shirazi Dorsa , Liu Wenxuan , Nelson Connor , Stroeve Julienne C. , Hirata Len , Deisenroth Marc Peter: Co-located OLCI optical imagery and SAR altimetry from Sentinel-3 for enhanced Arctic spring sea ice surface classification, *Frontiers in Remote Sensing*, 5, <https://doi.org/10.3389/frsen.2024.1401653>

[Kirillov2023] A. Kirillov *et al.*, "Segment Anything," 2023 IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV), Paris, France, 2023, pp. 3992-4003, doi: 10.1109/ICCV51070.2023.00371.

[Marcq2012] Marcq, S. and Weiss, J.: Influence of sea ice lead-width distribution on turbulent heat transfer between the ocean and the atmosphere, *The Cryosphere*, 6, 143–156, <https://doi.org/10.5194/tc-6-143-2012>, 2012.

[Muchow2021] Muchow, M., Schmitt, A. U. and Kaleschke, L.: A lead-width distribution for Antarctic sea ice: a case study for the Weddell Sea with high-resolution Sentinel-2 images, *The Cryosphere*, 15, 2021

[Orgambide2025] Laura Orgambide, Flora Weissgerber, Sara Fleury, Frederic Champagnat, Carlos Yanez, "Comparison of Optical and Altimetry Floe/Lead Classification Using Co-Located Sentinel-3 OLCI/SRAL Data" Living Planet Symposium 2025, Vienna.

[Wright2024] Nicholas Wright, John M.A. Duncan, J. Nik Callow, Sally E. Thompson, Richard J. George, "CloudS2Mask: A novel deep learning approach for improved cloud and cloud shadow masking in Sentinel-2 imagery" *Remote Sensing of Environment*, Volume 306, 2024, 114122, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2024.114122>.

Collaborations envisagées

CNES, LEGOS, LOCEAN

Laboratoire d'accueil à l'ONERA

Département : Traitement de l'information et Systèmes

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Contact : Flora Weissgerber

Tél. : 01 80 38 65 60 Email : flora.weissgerber@onera.fr

Directeur de thèse

Nom : Adrien Chan Hon Tong

Laboratoire : ONERA/DTIS

Tél. : 01 80 38 65 91

Email : adrien.chan_hon_tong@onera.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>