

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

### **Intitulé : Fusion d'images de télédétection multi-capteur/ Multitemporels pour la mesure des vitesses de glaciers**

Référence : **TIS-DTIS-2019-27**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA :**

Domaine : Traitement de l'Information et Systèmes      Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

Département : Département Traitement de l'Information et Systèmes

Unité : Image Vision et Apprentissage (IVA)      Tél. : 01 80 38 65 70

Responsable ONERA : Elise Koeniguer      Email : [elise.koeniguer@onera.fr](mailto:elise.koeniguer@onera.fr)

**Directeur de thèse envisagé :**

Nom : TROUVE Emmanuel

Adresse : LISTIC – Polytech Annecy-Chambéry, BP 80439 – Annecy le Vieux – 74944 ANNECY Cedex, France

Tél. : +33(0) 4 50 09 65 48      Email : [emmanuel.trouve@univ-smb.fr](mailto:emmanuel.trouve@univ-smb.fr)

Sujet : La vitesse de la glace est un élément clé de la dynamique à la fois des calottes glaciaires et des glaciers de montagne.

Le mouvement observé à la surface des glaciers est complexe car il est la somme d'un mouvement gravitaire (fluage de la glace et glissement basal pour les glaciers tempérés) et des variations d'épaisseurs liées à l'accumulation des précipitations neigeuses ou à l'ablation de la glace en période estivale en dessous de la ligne d'équilibre.

Pour les glaciers polaires, la vitesse de déplacement mesure la tendance mécanique à se déplacer des régions intérieures vers l'océan. Surveiller la perte de masse permet en partie de prévoir l'élévation du niveau de la mer. En ce qui concerne les glaciers tempérés, glaciers situés dans les zones tempérées, les enjeux peuvent être économiques (les glaciers sont aujourd'hui la source principale d'eau pour la production d'énergie hydroélectrique), archéologiques et touristiques.

Aujourd'hui, l'imagerie de télédétection est un moyen majeur pour l'observation des glaciers, et rejoint une évolution générale de "big data" : les images sont acquises avec des résolutions spatiales qui vont sans cesse en s'améliorant, à des cadences d'acquisitions de plus en plus importantes, et avec des capteurs diversifiés (optique, radar, etc.). Cette évolution permet d'envisager l'application d'algorithmes de traitement d'images pour faire progresser de façon considérable la cartographie et la modélisation des vitesses de l'écoulement des glaciers.

Deux axes de recherche méthodologiques seront proposés dans la thèse :

Le premier axe de recherche de la thèse porte sur la complémentarité des techniques existantes à partir d'images radar ou optiques pour mesurer les vitesses de déplacement de glacier.

En imagerie radar, on utilise plutôt la technique dite interférométrique pour mesurer la partie haute des glaciers, mais celle-ci nécessite des conditions d'acquisition très strictes. L'optique est souvent utilisée avec des techniques dites de corrélation. Récemment, un stage effectué à l'Onera avec la collaboration de l'Ecole de Géosciences d'Edimbourg [1] a permis de démontrer la faisabilité d'une méthode d'estimation du mouvement par flot optique sur des images SAR, sur le glacier Totten en Antarctique, une plateforme de l'Antarctique Est soumise à des pertes de glaces en mer particulièrement importantes.

Les différentes techniques ont des emplois complémentaires en fonction des conditions

météorologiques (été/hiver, présence de neige), des conditions géométriques de prise de vue (on obtient, selon les techniques envisagées, soit des projections 1D en InSAR ou 2D par corrélation optique ou radar du déplacement 3D recherché.), et le premier axe consistera à exploiter cette synergie lorsque les deux sources seront disponibles pour une même scène et une même période.

Le second axe portera sur la mesure de variabilité temporelle des champs de vitesse et son exploitation.

Dans la mesure où de plus en plus d'images sont disponibles avec des fréquences d'acquisitions qui augmentent, il devient possible de détecter des changements dans les séries temporelles de champs de déplacement. Ces ruptures se rencontrent notamment lors de la mise en mouvement de glaciers suspendus. Ces derniers, lorsqu'ils deviennent tempérés, risquent de se décrocher. Ce risque est en augmentation aujourd'hui à cause du réchauffement climatique : une thèse précédente au LISTIC [2] a démontré, à partir d'images optiques LANDSAT, qu'il était possible d'observer des ralentissements ou accélérations des vitesses annuelles au cours des dernières décennies potentiellement liés aux changements climatiques. Un monitoring plus fin interannuel de leur dynamique par imagerie permettrait d'améliorer l'analyse de ces phénomènes.

Enfin, l'exploitation des séries temporelles de champs de déplacement pourra également se faire à des fins de classification. Pour les glaciers alpins, cette classification permettrait de trouver les limites entre glacier tempéré ou glacier froid (collé à la roche), à partir de la variabilité intra-annuelle des vitesses. Pour les glaciers polaires, il s'agirait de la détection de la "grounding-line", la limite de l'appui de la glace sur la terre sous la mer, qui avance ou recule selon le flux de glace, la fonte au contact de l'océan, etc.

[1] Simon Erdmann, "Glaciers velocity maps generation through optical flow method", Rapport Interne Onera, (Rapport de stage Onera/ Ecole de Geosciences, Université d'Edimbourg)

[2] Amaury Dehecq, Analyse de la dynamique des glaciers himalayens et alpins à partir de 40 ans de données d'observation de la Terre, Thèse de doctorat en Sciences et techniques de l'information et de la communication, Soutenue le 09-11-2015 à Grenoble Alpes, École doctorale sciences et ingénierie des systèmes, de l'environnement et des organisations (Chambéry)

**Collaborations extérieures** : CNES

## **PROFIL DU CANDIDAT**

**Formation** : Grande Ecole d'Ingénieur ou Cours Universitaire d'excellent niveau

**Spécificités souhaitées** : Traitement d'image, des connaissances en glaciologie ou en télédétection spatiale sont un plus.