

# **Proposition de Stage**

## **Fin d'Études Ingénieurs ou Master 2**

### **Titre du sujet :**

**Lignes de fonte en montagne par segmentation d'images satellites**

### **Responsables du stage :**

Guillaume James (Laboratoire Jean Kuntzmann), Saint Martin d'Hères, Isère  
Fatima Karbou (CNRM, Centre d'Etudes de la Neige), Saint Martin d'Hères, Isère  
Clémence Turbé (CNRM, Centre d'Etudes de la Neige), Saint Martin d'Hères, Isère

### **Contact:**

guillaume.james@univ-grenoble-alpes.fr  
fatima.karbou@meteo.fr  
clemence.turbe@meteo.fr

### **Le stage présente-t-il un caractère de confidentialité ? : non**

Le stage peut-il être effectué à distance ? : oui selon les conditions sanitaires

## **1) Description du sujet – livrables attendus**

Ce stage fait appel aux outils mathématiques pour le traitement et l'analyse d'images et la télédétection spatiale de la neige, notamment avec la mise en œuvre de méthodes de segmentation d'images. La segmentation est utilisée dans de nombreux domaines (télédétection, imagerie médicale, communication vidéo,...) et consiste à découper une image en régions homogènes sur la base d'un ensemble de critères. Dans ce stage, cette approche sera appliquée aux images des satellites Sentinel-1 pour le suivi de la neige en montagne.

Les satellites Sentinel-1 opérés par l'Agence spatiale européenne permettent d'observer les surfaces terrestres à des résolutions spatiales et un temps de revisite compatible avec les zones de montagne. Les images Sentinel-1 sont acquises par télédétection active en bande C et comportent en chaque pixel une valeur d'amplitude et de phase. L'exploitation de ces mesures a déjà permis le suivi de nombreuses variables comme l'enneigement saisonnier, le suivi des débris d'avalanches et la détection et le suivi des lacs. Ces observations sont sensibles à certaines propriétés de la neige et du sol sous-jacent et en particulier à la teneur en eau liquide de la neige.

Pour le suivi de la neige en montagne, Guiot et al. 2023, Guiot (2021, stage PFE) ont exploré le potentiel de plusieurs méthodes de segmentation d'images appliquées aux images SAR de Sentinel-1 afin d'améliorer la détection de la neige humide sur les massifs alpins français. A noter que seule la "neige humide" peut être déduite de ces observations contrairement aux images dans le visible/proche infrarouge qui permettent de détecter la neige totale mais qui en revanche sont pénalisées par les nuages contrairement aux images SAR. L'étude de Guiot et al. 2023 a montré que, selon les scores considérés, différentes familles de méthodes dépassent les performances des méthodes de seuillage plus classiques. Les résultats de segmentation ont été évalués en comparant les cartes binaires d'enneigement avec des produits de référence. Des diagnostics de lignes de fonte, décrits dans Karbou et al. 2021, ont également été utilisés ainsi que des scores probabilistes introduits dans Karbou et al. 2022.

Les lignes de fonte (et de neige issus des images optiques) générées à l'échelle d'un massif permettent d'extraire des informations essentielles sur la variabilité de la neige par altitude, pente et orientations. Le

calcul de ces lignes est encore aujourd'hui gourmand en temps de calcul car il est réalisé en calculant des cartes de neige par segmentation de l'observation d'intensité radar puis en superposant ces informations avec un modèle numérique de terrain. L'objectif de ce stage est de tester une méthode récemment développée au Laboratoire Jean Kuntzmann et au Centre d'Etudes de la Neige pour le calcul des courbes d'altitude minimale et maximale de la neige humide à l'échelle d'un massif. La méthode est basée sur une segmentation variationnelle adaptée au calcul de lignes de fonte moyennes nettement moins coûteuse en temps de calcul. Cette approche sera testée sur les Alpes et les Pyrénées et évaluée par comparaison à des estimations indépendantes des lignes de fonte (et de lignes de neige par imagerie optique). Nous examinerons également la pertinence des lignes obtenues en étudiant l'évolution saisonnière de l'altitude de retrait de la neige pour laquelle nous disposons d'informations indépendantes.

### Sélection de références:

Guiot, A., Karbou, F., James, G., Durand, P. (2023) Insights into Segmentation Methods Applied to Remote Sensing SAR Images for Wet Snow Detection. *Geosciences*, 13, 193. <https://doi.org/10.3390/geosciences13070193> .

Ambroise Guiot (2021), Télédétection de la neige humide par segmentation d'images SAR, rapport de stage PFE ENM encadré par F. Karbou et G. James.

Karbou, F., G. James, M. Fructus, F. Marti (2022), On the Evaluation of the SAR-Based Copernicus Snow Products in the French Alps. *Geosciences* 2022, 12, 420. <https://doi.org/10.3390/geosciences12110420>

Karbou, F., G. Veyssière, C. Coléou, A. Dufour, I. Gouttevin, P. Durand, S. Gascoin, M. Grizonnet (2021) Monitoring Wet Snow Over an Alpine Region Using Sentinel-1 Observations. *Remote Sensing*. 13(3):381. <https://doi.org/10.3390/rs13030381>

## **2) Informations complémentaires:**

Prérequis: bon niveau en programmation Python, bases d'utilisation de méthodes numériques. Un attrait spécifique pour la météorologie, la montagne et la télédétection est un atout. Avoir des connaissances en SIG (QGIS ou équivalent) serait un plus.

Le stage se déroulera au Laboratoire Jean Kuntzmann (LJK), UMR CNRS 5224 (Bâtiment IMAG, 150 place du Torrent, 38401 Saint Martin d'Hères).

La durée du stage est de 5 à 6 mois au premier semestre 2024.

Le montant de la gratification de stage correspond à 15% du plafond horaire de la sécurité sociale (environ 624 euros par mois pour un temps plein en 2023).