

# Proposition de Sujet de thèse 2020

(1 page recto maximum)

Laboratoire (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse : CNRM - UMR 3589

**Titre du sujet proposé : Recherche d'un jeu de paramètres clés pour décrire la microstructure de la neige. Vers une détermination objective du type de neige à partir d'images 3D et une meilleure connaissance des propriétés macroscopiques associées ?**

**Nom et statut** (PR, DR, MCF, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (préciser si HDR) :  
F. Flin : CR (HDR en cours de préparation) ; B. Branchet : IR

**Coordonnées** (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
Frédéric Flin : 04 76 63 79 17, [frederic.flin@meteo.fr](mailto:frederic.flin@meteo.fr), (CNRM/CEN, Grenoble)  
Bénédicte Branchet : 04 76 63 79 18, [benedicte.branchet@meteo.fr](mailto:benedicte.branchet@meteo.fr), (CNRM/CEN, Grenoble)

## Résumé du sujet de la thèse

Une fois déposée au sol, la neige forme un milieu poreux complexe, principalement constitué d'air et de glace, dont la microstructure ne cesse de se transformer au cours du temps. Ces évolutions microstructurales, qui donnent lieu à différents types de neige (neige récente, grains fins, faces planes, givre de profondeur, grains ronds... -cf Fierz et al, 2009) impactent fortement l'évolution temporelle des propriétés macroscopiques et doivent donc être prises en compte pour une bonne modélisation du manteau neigeux.

La microtomographie par absorption de rayons X, technique dédiée à l'observation tridimensionnelle (3D) des matériaux, permet de caractériser très précisément ces évolutions au cours du temps (e.g. Calonne et al, 2014). Après traitement et analyse d'images, les images 3D obtenues nous renseignent ainsi sur la morphologie des échantillons de neige à l'aide de propriétés géométriques telles que la porosité, la surface spécifique, la courbure des interfaces air-glace... Elles permettent également, à l'aide de codes de calcul dédiés, d'estimer les propriétés physiques (conductivité, perméabilité, diffusivité, élasticité...) des neiges observées.

L'acquisition d'images 3D, particulièrement riche en informations, présente cependant l'inconvénient d'être trop complexe pour une description synthétique du manteau neigeux. Dans cette optique, la recherche d'un jeu de paramètres réduit, mais permettant de caractériser une microstructure de manière unique semble particulièrement intéressante. C'est ce que nous proposons d'étudier dans ce travail, qui s'appuiera sur les axes suivants :

1. Amélioration et automatisation des méthodes de traitement d'images 3D actuelles afin d'exploiter le plus efficacement possible les images tomographiques générées expérimentalement.
2. Détermination des propriétés physiques et géométriques des échantillons, à l'aide de codes de calcul existants ou à développer.
3. Analyse (Data mining : ACP, CAH) de la base de données ainsi constituée, afin de mettre en évidence les paramètres géométriques et physiques les plus pertinents pour une identification objective du type de neige.

Ce travail débouchera sur la construction d'une méthode de classification automatique à partir d'images 3D, et permettra d'associer une gamme de valeurs par propriété à un type de neige donné. Il devrait ainsi offrir de nouvelles perspectives pour l'étude des relations entre microstructure et propriétés macroscopiques.

## Nature du travail attendu et compétences souhaitées

Cette thèse requiert des bases en physique, des connaissances en traitement d'images et/ou en programmation (C/C++, python, shell...), en statistiques, ainsi qu'un goût prononcé pour le traitement des données.

## Références bibliographiques

- Calonne, N., F. Flin, C. Geindreau, B. Lesaffre, and S. Rolland du Roscoat (2014), Study of a temperature gradient metamorphism of snow from 3-D images: Time evolution of microstructures, physical properties and their associated anisotropy, *The Cryosphere*, 8(6), 2255–2274, <http://doi.org/10.5194/tc-8-2255-2014>.
- Fierz, C. et al. (2009), The International Classification for Seasonal Snow on the Ground, UNESCO/IHP, Paris, <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001864/186462e.pdf>.