

## Proposition de Stage M2 ou de fin d'Etude pour 2014

**Nom du laboratoire** (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera le stage :

Météo-France, CEN, CNRM-GAME, UMR 3589

**Titre du sujet proposé :**

Estimation par tomographie X de l'impact de l'imprégnation sur des échantillons de neige à l'aide d'une cellule cryogénique "in vivo" fonctionnant à température ambiante

**Nom et statut** du (des) responsable(s) de Stage (**préciser si HDR**) :

Anne Dufour (ITM CEN/Météo-France)  
Bernard Lesaffre (CT CEN/Météo-France)  
Frédéric Flin (CR MEDDE)

**Coordonnées** (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :

Anne Dufour : 04 76 63 79 25, [anne.dufour@meteo.fr](mailto:anne.dufour@meteo.fr)  
Bernard Lesaffre : 04 76 63 79 10, [bernard.lesaffre@meteo.fr](mailto:bernard.lesaffre@meteo.fr)  
Frédéric Flin : 04 76 63 79 17, [frederic.flin@meteo.fr](mailto:frederic.flin@meteo.fr)

**Sujet du stage :**

La recherche sur la microstructure de la neige s'appuie souvent sur la tomographie par absorption de rayons X, technique dédiée à l'observation tridimensionnelle des matériaux. Elle nécessite des prélèvements d'échantillons de neige obtenus en laboratoire ou sur le terrain. Il est parfois nécessaire de figer la microstructure de ces échantillons afin de permettre leur transport, leur conservation, puis leur observation par tomographie. Une des techniques utilisées est l'*imprégnation-regel*, qui consiste à remplacer l'air des pores par un produit liquide, puis à faire geler ce produit.

Pour la tomographie de neige, le 1-chloronaphtalène est un bon candidat puisqu'il est liquide à des températures plus froides que la neige (jusqu'à -20°C) et qu'il possède également des caractéristiques d'absorption adéquates par rapport à celles de la neige. Il est utilisé dans la communauté depuis une dizaine d'années (e.g. Flin et al., 2003). Cependant, des doutes subsistent quant à l'impact de ce produit sur la structure de la neige lors de la phase d'imprégnation ou de stockage des échantillons.

Récemment, une nouvelle cellule cryogénique in-vivo a été développée et testée au CEN (Calonne et al., 2013) et ouvre la voie à une expérience d'imprégnation in-vivo avec tomographie, permettant ainsi de réaliser, pour le même échantillon, des tomographies à divers stades de son imprégnation et de sa conservation. Le futur stagiaire participera à la finalisation du dispositif expérimental et à l'acquisition des images tomographiques, puis prendra en main leur analyse, depuis le traitement d'images jusqu'au calcul des propriétés de la structure imagée (densité, surface spécifique...) afin d'évaluer l'impact de l'imprégnation sur la microstructure de la neige.

**Résultats attendus :**

- Premières images 3D d'imprégnation in-vivo de neige.
- Evaluation de l'impact de l'imprégnation par du chloronaphtalène liquide sur la microstructure de la neige.
- Evaluation de l'impact du regel du chloronaphtalène sur la microstructure de la neige
- Evaluation de l'impact du chloronaphtalène solide sur la microstructure de la neige pour une période de temps de l'ordre du mois.

Ce stage requiert un vif intérêt pour l'expérimentation, de bonnes connaissances en programmation (C/C++, VBA, java, python...), ainsi qu'un goût prononcé pour le traitement informatique des données.

**Intérêt scientifique :** l'objectif visé est une meilleure compréhension de l'impact de l'imprégnation sur la microstructure de la neige. Il s'inscrit dans le thème 5E des prospectives 2012-2014 du GAME.

**Bibliographie :**

- Calonne, N., Flin, F., Lesaffre, B., Dufour, A., Roulle, J., Pugliese, P., Philip, A., Lahoucine, F., Rolland du Roscoat, S., Geindreau, C., submitted to AGU Fall Meeting 2013. A room temperature operating cryogenic cell for *in vivo* monitoring of dry snow metamorphism by X-ray microtomography.

- Flin, F., J.-B. Brzoska, B. Lesaffre, C. Coléou and R. A. Pieritz, 2003. Full three-dimensional modelling of curvature-dependent snow metamorphism: first results and comparison with experimental tomographic data, J. Phys. D. Appl. Phys., 36, A49-A54.

**Poursuite en thèse possible sur un sujet connexe**