

Impact des impuretés minérales sur l'évolution de la microstructure de la neige

Encadrement : Frédéric Flin, Pascal Hagenmuller et Marie Dumont

Contact : frederic.flin@meteo.fr; pascal.hagenmuller@meteo.fr; marie.dumont@meteo.fr

Contexte de la mission de stage :

La présence d'impuretés absorbantes dans le manteau neigeux telles que les poussières minérales ou le carbone suie modifie fondamentalement l'évolution de celui-ci. L'effet le plus étudié et quantifié de ces impuretés est l'effet radiatif, c'est-à-dire le fait que ces impuretés absorbent une quantité d'énergie solaire importante et contribuent à accélérer l'évolution et la fonte du manteau neigeux.

Ces impuretés ont sans doute un impact qui n'est pas uniquement radiatif. Les études portant sur ce type d'effets sont peu nombreuses. On peut citer entre autres une probable diminution de la capacité de rétention en eau liquide (Meinander et al., 2014) et la possible mise en place, en présence de grandes quantités de poussières, d'un « métamorphisme destructif » (Seidel et al., 2016), évolution allant vers une « simplification » de la microstructure de la neige.

Ce stage s'inscrit dans le cadre de l'ANR JCJC EBONI qui vise à comprendre et à modéliser l'impact des impuretés absorbantes sur l'évolution des propriétés physiques du manteau neigeux. Dans ce contexte, une première expérience de suivi par tomographie aux rayons X de l'évolution de la microstructure de la neige (cf Calonne et al, 2015) sera menée à l'automne 2017. Ce suivi, réalisé en conditions de gradient de température, sera fait de manière comparative entre une neige contenant une quantité négligeable d'impuretés et une neige contenant de grandes quantités de poussières minérales. La série d'image 3D obtenue lors de cette expérience constituera un jeu de données inédit qu'il s'agira d'analyser au cours de ce stage pour quantifier l'impact non-radiatif des impuretés et en identifier le ou les mécanismes.

Objectifs du stage et méthodologie proposée :

Les principaux objectifs de ce stage sont :

1. de segmenter les images 3D obtenues lors de l'expérience de l'automne afin d'identifier numériquement les phases air et glace de la neige.

2. d'analyser ces images en termes d'évolution de la microstructure à l'aide de paramètres tels que la densité, la surface spécifique, le champ de courbure de l'interface, les propriétés mécaniques (cf. e.g. Hagenmuller et al, 2014)...

3. de comparer l'évolution de la microstructure avec et sans les poussières minérales et de tenter d'en comprendre l'origine physique. Différentes approches pourront être adoptées : comparaisons de propriétés physiques ou géométriques, analyse des évolutions des distributions de vitesses au cours du temps, modélisation des phénomènes potentiellement impliqués...

Les conclusions de ce stage devraient permettre d'aboutir à une meilleure compréhension de l'impact non radiatif des poussières minérales sur l'évolution de la microstructure de la neige en conditions de gradient de température.

Ce stage nécessite des compétences numériques (le traitement et l'analyse des images 3D se font principalement en python, en C/C++ et en shell). Un intérêt marqué pour l'étude de la physique de la neige et l'expérimentation (analyse des données, participation à d'éventuelles expériences complémentaires en chambre froide ou au col du Lautaret...) est également le bienvenu.

Références :

- Calonne, N., F. Flin, B. Lesaffre, A. Dufour, J. Roule, P. Pugliese, A. Philip, F. Lahoucine, C. Geindreau, J.-M. Panel, S. Rolland du Roscoat and P. Charrier, 2015. CellDyM : a room temperature operating cryogenic cell for the dynamic monitoring of snow metamorphism by time-lapse X-ray microtomography, *Geophys. Res. Lett.*, 42, 3911-3918. <http://dx.doi.org/10.1002/2015GL063541>
- Hagenmuller, P., N. Calonne, G. Chambon, F. Flin, C. Geindreau, and M. Naaim, 2014. Characterization of the snow microstructural bonding system through the minimum cut density, *Cold Regions Science and Technology*, 108, 72-79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.coldregions.2014.09.002>
- Meinander, O., Kontu, A., Virkkula, A., Arola, A., Backman, L., Dagsson-Waldhauserová, P., Järvinen, O., Manninen, T., Svensson, J., de Leeuw, G. and Leppäranta, M., 2014. Brief communication: Light-absorbing impurities can reduce the density of melting snow. *The Cryosphere*, 8(3), 991-995. <http://dx.doi.org/10.5194/tc-8-991-2014>
- Seidel, F.C., Rittger, K., Skiles, S.M., Molotch, N.P. and Painter, T.H., 2016. Case study of spatial and temporal variability of snow cover, grain size, albedo and radiative forcing in the Sierra Nevada and Rocky Mountain snowpack derived from imaging spectroscopy. *The Cryosphere*, 10(3), 1229-1244. <http://dx.doi.org/10.5194/tc-10-1229-2016>