

Titre du projet : Déclenchement des avalanches, Etude expérimentale du comportement mécanique des couches faibles

Volet : Recherche

Porteur du projet : E. Podolskiy

Laboratoires impliqués : Irstea et CEN

Bilan du projet

Bilan d'activité (1 page max)

Le déclenchement naturel des avalanches de neige est encore un problème mal compris et difficile à prévoir. Pourtant ce phénomène naturel représente un danger important pour les zones habitées en montagne. Du fait de la connaissance imparfaite des lois de comportement des différents types de neige et du manque d'instrument adapté à la mesure des propriétés mécaniques de ce matériau complexe, le lien entre la rupture microscopique et le déclenchement effectif des plaques est une question ouverte. Afin de lever ce verrou, ce projet a apporté un complément de financement pour le développement d'une boîte de cisaillement originale pilotée et instrumentée pour mesurer le comportement mécanique à la rupture des couches de neige faibles (aussi appelées couches fragiles / weak layers). Cette boîte de cisaillement a été testée sur différents types de neige dans le cadre d'une collaboration entre IRSTEA, Météo France/CEN et le Politecnico di Torino.

Les premiers tests ont été réalisés en février et mai 2013 dans la chambre froide du CEN. Ces tests ont d'abord permis de valider et d'éprouver le fonctionnement du dispositif. Les expériences se sont ensuite concentrées sur la mesure de la réponse en cisaillement d'interfaces artificielles entre deux blocs de neige. Le temps de contact entre les blocs avant le début des essais, ainsi que la charge normale appliquée sur l'interface, ont été variés. En tout, presque 80 essais ont été réalisés (Podolskiy et al., 2013a and Podolskiy et al., 2013b). En parallèle, les propriétés (densité, surface spécifique) de la neige ont été mesurées. L'analyse et l'interprétation des données obtenues ont mis en évidence une augmentation très importante de la résistance mécanique des interfaces avec le temps, du fait d'un phénomène de frittage, ainsi qu'une influence de la contrainte normale. Ces travaux ont donné lieu à une publication commune IRSTEA/Politecnico di Torino dans *The Cryosphere* (Podolskiy et al., 2014).

À la suite de ces essais, une réunion commune a été organisée à l'Institut Polytechnique de Turin le 24 juillet 2013 afin de discuter des améliorations possibles de l'instrument et de prévoir la prochaine campagne d'expériences (hiver 2013-2014). Il a notamment été décidé

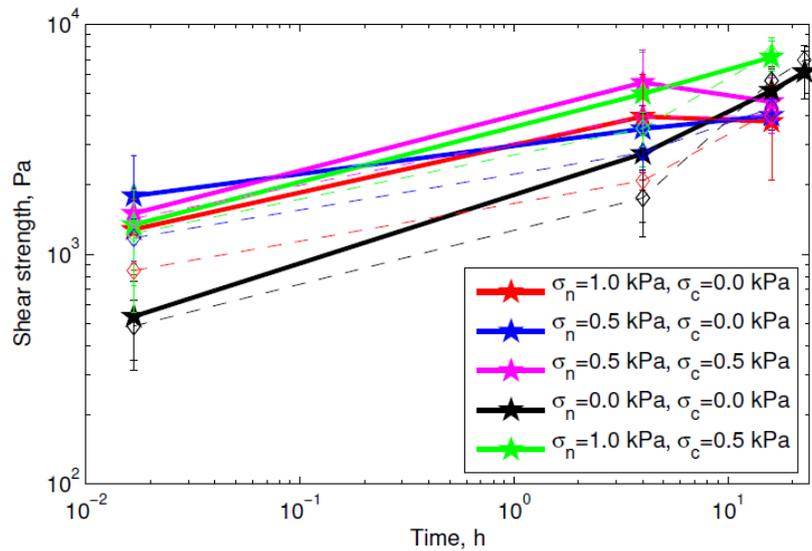
de réaliser une fenêtre d'observation sur le côté de la cellule de cisaillement afin de pouvoir suivre la déformation des échantillons durant les expériences.

Deux autres campagnes d'essais ont été conduites en février et mai 2014, toujours dans la chambre froide du CEN. Les expériences ont consisté cette fois à cisailier des échantillons de type « sandwich » constitués d'une couche de neige de faible cohésion (gobelets) de 2 mm ou 10mm d'épaisseur entourée de deux blocs de neige cohésive (grains fins). Pour éviter que la déformation ne se localise à l'interface entre les couches, certains essais ont été réalisés en usinant une rugosité de type dents de scie sur les blocs cohésifs. Les déplacements sur la surface latérale de l'échantillon ont été suivis grâce à une caméra rapide et à la mise en œuvre de PIV (Particle Imaging Velocimetry). En tout, 60 essais ont été réalisés. Les mesures de déplacements locaux ont permis de montrer que la rupture se localisait clairement dans la couche faible. Les valeurs de résistance mécanique mesurées sont comprises dans la gamme 0.5-3 kPa, en bon accord avec les données de la littérature pour les couches faibles. De plus, une augmentation nette de la résistance au cisaillement avec la contrainte normale appliquée, d'autant plus marquée que l'épaisseur de la couche faible est fine, a pu être mise en évidence. Cet effet de la contrainte normale apparaît consistant avec une enveloppe de rupture de type Mohr-Coulomb.

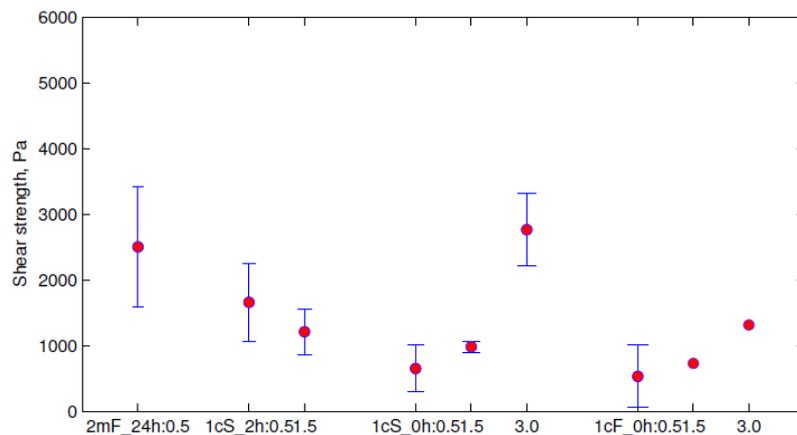
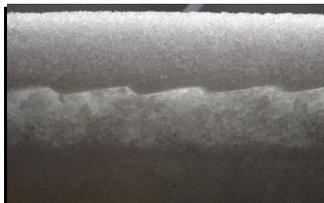
Enfin, des premiers essais sur le terrain ont été réalisés au col du Lautaret en mars 2014. Malheureusement, le manteau neigeux était déjà fortement humidifié et ne présentait pas de couche fragile bien identifiée. Ces expériences ont toutefois permis de démontrer la faisabilité de tels essais mécaniques sur le terrain, dans des conditions proches de celles du laboratoire.

Ces différents résultats ouvrent des perspectives très prometteuses pour la caractérisation du comportement mécaniques des couches de neige de faible cohésion, qui sont impliquées dans le déclenchement des avalanches de plaque (« couches fragiles »). La collaboration initiée entre IRSTEA, le CEN et le Politecnico di Torino sera poursuivie dans le cadre notamment des appels d'offres Feder. Ceci est d'autant plus justifié que les derniers essais ont montré l'intérêt qu'il y aurait à modifier le mode de pilotage de l'instrument, en passant d'un système à contrainte contrôlée à un système à déplacement contrôlé, afin de pouvoir suivre le comportement post-rupture de l'échantillon.

Illustrations - avec légende et crédit (*à envoyer également séparément*)



Mise en place d'un échantillon dans la boîte de cisaillement (gauche ; on distingue l'interface au milieu de l'échantillon) et augmentation de la résistance mécanique des interfaces avec le temps de frittage pour différentes contraintes normales appliquées (droite) (d'après Podolskiy et al., 2014).



Vue de côté de la couche faible au milieu des échantillons de type sandwich (gauche ; on remarque la rugosité des blocs en dents de scie) et valeurs de la résistance au cisaillement pour les différentes conditions expérimentales étudiées (droite).

Production scientifique (articles scientifiques, actes de congrès...)

- E. A. Podolskiy, M. Barbero, F. Barpi, G. Chambon, M. Borri-Brunetto, O. Pallara, B. Frigo, B. Chiaia, and M. Naaim. Healing of snow surface-to-surface contacts by isothermal sintering, *The Cryosphere*, 8, 1651-1659, 2014.
- Evgeny A. PODOLSKIY, Monica BARBERO, Fabrizio BARPI, Mauro BORRI-BRUNETTO, Oronzo PALLARA, Bernardino CHIAIA, Guillaume CHAMBON, Mohamed NAAIM, Testing a

new shear loading apparatus for in-situ studies of weak snow layers, Proceedings of the ISSW 2013, Grenoble-Chamonix.

Bilan financier succinct (*avec suivant les cas : co-financements éventuels, équipements achetés, missions, recrutements divers, fonctionnements divers...*)

Co-financement : Projet Marie Curie Trime : 215 kEuros

Déplacement : 1357 Euros