

Sujet de thèse

Etude du comportement en dynamique de la glace polycristalline

Octobre 2017 – Septembre 2020

M. Montagnat

Institut des Géosciences de l'Environnement (IGE), Univ. Grenoble Alpes – CNRS

P. Forquin

Laboratoire Sols Solides Structures (3SR), Univ. Grenoble Alpes – CNRS

En collaboration avec le CEA CESTA (Bordeaux)

Le comportement mécanique de la glace en conditions de chargement statiques ou quasi-statiques est relativement bien connu depuis plusieurs décennies [1, 2, 3], mais il n'en est pas de même pour son comportement en conditions de chargement dynamique. Cependant, ces conditions de chargement se rencontrent régulièrement lors de l'impact de glace sur des structures, que ce soit lors d'impact de grêle sur des bâtiments ou des véhicules, ou encore lors d'impact de givre ou de glace agglomérée sur des structures de l'aéronautique. Dans ces deux exemples, les dommages peuvent être importants et potentiellement catastrophiques.

Afin de mettre en place des structures résistant à ces impacts, il est essentiel d'étudier le comportement de la glace sous sollicitation dynamique. Si cela a été fait ces dernières décennies via des essais de compression dynamique [4, 5] ou d'impact de billes de glace [6, 7], ces études montrent des résultats difficiles à interpréter en raison de leur grande dispersion. Concernant la réponse mécanique de la glace en traction dynamique, il n'existe pas d'étude sur ce sujet dans la littérature alors que c'est un point clé pour l'étude du mécanisme de rupture de la glace.

Cette thèse a pour but de contribuer à combler ce manque, dans le cadre d'une collaboration avec le CEA CESTA de Bordeaux, en proposant une étude fondamentale de la réponse de la glace granulaire isotrope à des essais dynamiques. Deux types d'essais, réalisés à 3SR, sont envisagés pour deux gammes de vitesses de chargement distinctes : (i) des essais d'écaillage aux barres de Hopkinson, permettant d'appliquer une contrainte de traction avec des vitesses de chargement allant de 10 /s à quelques 100 /s [8,9,10,11], (ii) des essais d'impacts avec une configuration nouvelle qui permettra d'atteindre des vitesses de sollicitations de l'ordre de 1000 /s (banc d'impact développé dans le cadre de la chaire Brittle's Codex, portée par Pascal Forquin). Cette partie expérimentale du travail devra nécessairement être couplée à un travail de modélisation. Des simulations numériques devront être menées pour procéder à une partie des dépouillements expérimentaux permettant l'identification de paramètres d'un modèle de comportement qui reste à définir et pour lequel les paramètres quasi-statiques devront être ajustés grâce aux données de la littérature et à des essais menés en chambre froide à l'IGE. Enfin, une ouverture sera donnée à des mélanges de glace + adjuvants (alcool, sel) pour évaluer le rôle de la composition et de la microstructure, et le domaine de vitesses couvert pourra être étendu grâce aux moyens très hautes vitesses du CEA CESTA de Bordeaux.

Résultats attendus :

Les résultats attendus sont :

- (i) Un enrichissement de la base de données expérimentales du comportement de la glace polycristalline, foisonnante en chargement quasi-statique en traction et compression mais assez pauvre en ce qui concerne les chargements dynamiques.
- (ii) Une connaissance fine du comportement de la glace en traction pour des gammes de vitesses de chargements s'étalant sur plusieurs décades ($10^{-3}/s$ à $10^3/s$) constituant une plage de vitesse rarement, voire jamais, étudiée jusqu'alors.
- (iii) Le choix d'un modèle capable de prédire le comportement de la glace soumis à des chargements dynamiques et l'identification de ses paramètres.

Candidature :

Nous recherchons un(e) étudiant(e) aguerri(e) aux travaux expérimentaux, et disposant de connaissances de base en physique et/ou mécanique des matériaux. La compétence essentielle est la curiosité et la motivation pour le travail en laboratoire dans une équipe pluri-disciplinaire.

Merci de contacter :

Maurine Montagnat, maurine.montagnat@univ-grenoble-alpes.fr

ou

Pascal Forquin, pascal.forquin@3sr-grenoble.fr

Références bibliographiques * :

- [1] E.M. Schulson, P. Duval, Cambridge University Press (2009)
- [2] E.M. Schulson, Eng Fracture Mechanics 68, 1839 (2001)
- [3] J.J. Petrovic, J Mater Sci 38, 1 (2003)
- [4] M. Shazly, V. Prakash, B.A. Lerch, Int. Journal of Solids and Structures 46 ; 1499 (2009)
- [5] H. Kim, J.N. Keune, J Mater Sci 42, 2802 (2007)
- [6] A. Combescure, Y. Chuzel-Marmot, J. Fabis, Int. Journal of Solids and Structures 48, 2779 (2011)
- [7] J. Pernas-Sanchez, J.A. Atero-Guerrero, D. Varas, J. Lopez-Puente, Experimental Mechanics 55, 1669 (2015)
- [8] H. Schuler, C. Mayrhofer, K. Thoma, Int. Journal Impact Eng. 32, 1635 (2006)
- [9] J. Weerheijm, J.C.A.M. van Doormaal, Int. J. Impact. Eng. 34, 609 (2007)
- [10] B. Erzar, P. Forquin, 2010. Exp. Mech. 50, 941 (2010)
- [11] S.A. Novikov, I.I. Divnov, A.G. Ivanov, Fizika Metallov i Metallovedeniye 21, 608 (1966)