

## **Projet scientifique Ultima Patagonia 2021**

*Tanguy Racine*

*Innsbruck Universität*

*tanguy.racine@student.uibk.ac.at*

### **Contrôle de la dynamique de fluage d'un glacier maritime au moyen de relevés photogrammétriques et topographies de moulins répétés**

#### **Introduction :**

Les glaciers maritimes de la calotte de glace patagone sud (Hielo Patagónico Sur) sont abondamment alimentés à une précipitation orographique à forte dominante ouest (Casassa et al., 2002). Cependant, la plupart sont en retraite depuis la fin du Petit Age Glaciaire (Aniya et al., 1997). Leur régime est important du fait d'une ablation considérable estimée à  $20 \text{ Gt.a}^{-1}$  à basses altitudes (Willis et al., 2012), ce qui se traduit par un flux glaciaire en moyenne élevé variant de quelques mètres à quelque dizaines de mètres par jour (Maas et al., 2013). Ces valeurs excèdent a priori la résolution minimale de la photogrammétrie par drone ainsi que celle de la topographie spéléologique ordinaire.

Les relevés topographiques par photogrammétrie sont une technique maintenant bien établie dans la communauté des géosciences (Westoby et al., 2012) et en particulier les sciences cryosphériques avec les avancées récentes de Rosnell and Honkavaara (2012) et Gindraux et al. (2017). Les avantages de la photogrammétrie comptent en autres la relative portabilité et relativement faible coût du matériel. La prise répétée de clichés avec une large zone de chevauchement permet l'élaboration d'un nuage de points dense au moyen d'algorithmes de 'Structure-from-Motion' (Westoby et al., 2012).

Preuve de faisabilité, les dynamiques de vêlage sont quantifiées par Ryan et al. (2015) grâce des modèles photogrammétriques sur le glacier de Store (nord-ouest du Groenland). Dans la même région, Juvet et al. (2018) parviennent à détecter une période de nette accélération du flux glaciaire au moyen de relevés semi-quotidiens. Plus récemment encore, Chudley et al. (2019) documentent par photogrammétrie le terminus d'un glacier de la même zone, et observent en autres la formation d'un système de crevasses en amont du bloc, leur élargissement progressif jusqu'à la libération totale du bloc de glace.

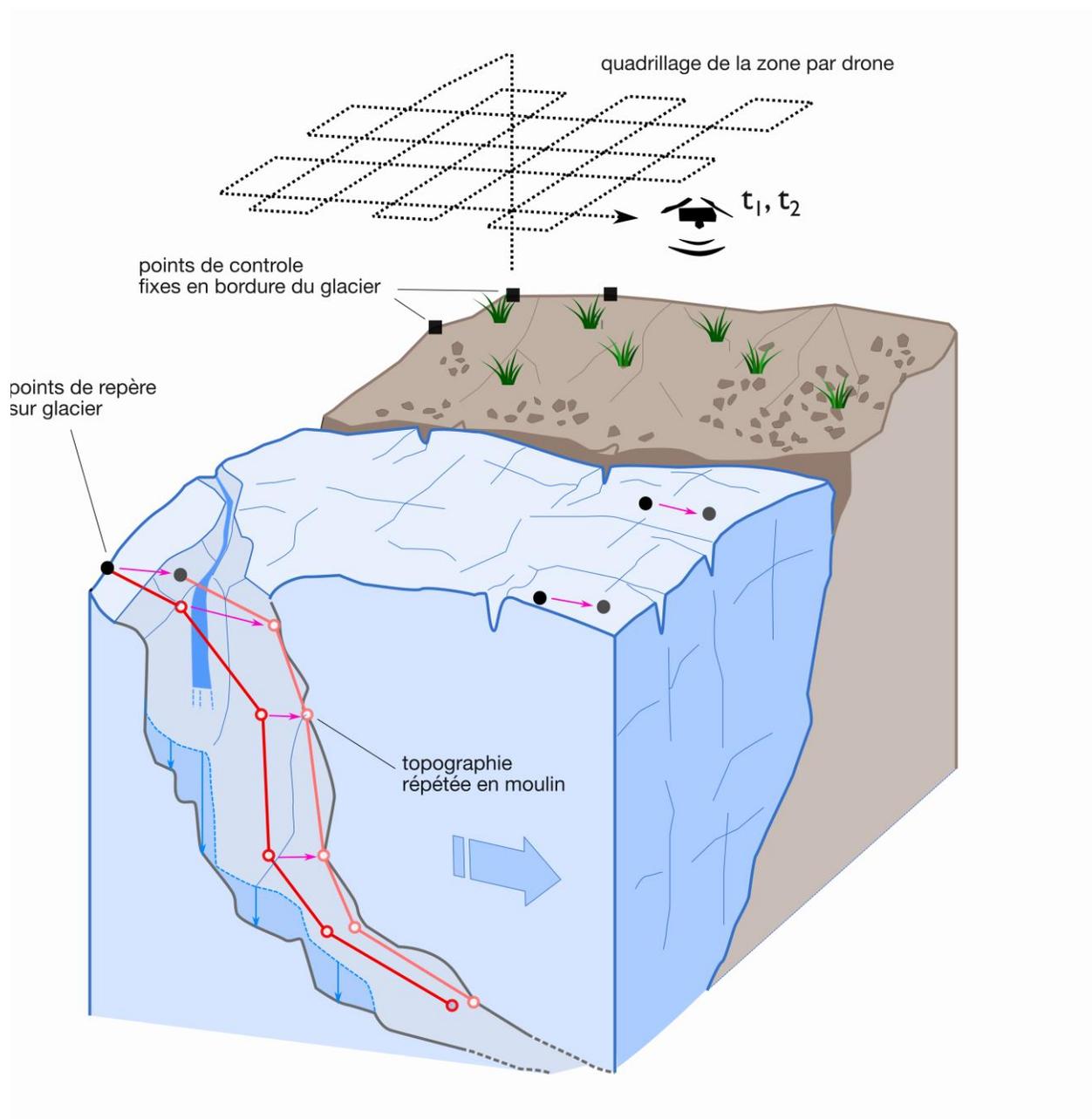


Figure 1: Coupe schématique au sein d'un moulin type, avec un aperçu de l'appareillage photogrammétrique et topographique.

**Objectif :**

*Il s'agit dans ce projet de documenter la topographie dynamique d'un glacier maritime grâce à des relevés photogrammétriques répétés, l'analyse de trajectoires de particules permettant en outre de*

*produire un champ vectoriel de vitesses à la surface du glacier. En zone de moulins, la topographie répétée d'une cavité type donne par ailleurs une composante verticale complémentaire.*

### **Méthodes :**

Sur le terrain, les prises de vues seront analysées partiellement avec le logiciel *Agisoft PhotoScan* et les nuages de points et maillages TIN préliminaires qui en résulteront permettra d'identifier des zones clefs pour la répétition des relevés topographiques. Les points de contrôle seront placés en marge du glacier sur la terre ferme, afin d'orienter et géolocaliser les modèles photogrammétriques. D'autres points seront placés sur la glace et géolocalisés en parallèle de chaque vol grâce à une unité GPS, fournie par le Quaternary Research Group d'Innsbruck. Le drone (de type *DJI Mavic 2 Pro*) ainsi que l'ordinateur de terrain (modèle : *Alienware 15 R2*, 16GB de RAM) sur lequel les nuages de points préliminaires seront analysés, seront tout deux fournis par le groupe. L'analyse des nuages de points et des orthophotos sera faite sur un poste de travail dédié à l'université d'Innsbruck.

La topographie de cavités type sera effectuée au disto-laser X2 (Heeb, 2016), puis accompagnée si possible d'un relevé photogrammétrique de la cavité elle-même. Les points de référence dans les moulins devront être fixés aux parois de glace, en hauteur, et hors de la zone arrosée, afin de démêler les composantes de fluage et d'incision. Afin de garantir la tenue en place des point de référence, il est prévu d'effectuer un trou avec broche à glace, puis d'insérer un imprimé 3D de même diamètre que la broche, mais dépourvu de métal. Chaque station ainsi installée sera donc repérable lors de visites successives et démontée en fin d'expérience.

### **Références :**

Aniya, M., Sato, H., Naruse, R., Skvarca, P., and Casassa, G. (1997). Recent Glacier Variations in the Southern Patagonia Icefield, South America. *Arctic and Alpine Research*, 29(1):1–12.

Casassa, G., Rivera, A., Aniya, M., and Naruse, R. (2002). Current knowledge of the southern patagonia icefield. In Casassa, G., Sepúlveda, F., and Sinclair, R., editors, *The Patagonian Icefields.*, Centro de Estudios Científicos. Springer, Boston, MA.

Chudley, T. R., Christoffersen, P., Doyle, S. H., Abellan, A., and Snooke, N. (2019). High-accuracy uav photogrammetry of ice sheet dynamics with no ground control. *The Cryosphere*, 13(3):955–968.

Gindraux, S., Boesch, R., and Farinotti, D. (2017). Accuracy assessment of digital surface models from unmanned aerial vehicles' imagery on glaciers. *Remote Sensing*, 9(2).

Heeb (2016). Paperless cave surveying.

Jouvet, G., Weidmann, Y., Kneib, M., Detert, M., Seguinot, J., Sakakibara, D., and Sugiyama, S. (2018). Short-lived ice speed-up and plume water flow captured by a VTOL UAV give insights into subglacial hydrological system of Bowdoin Glacier. *Remote Sensing of Environment*, 217:389 – 399.

Maas, H.-G., Casassa, G., Schneider, D., Schwalbe, E., and Wendt, A. (2013). Photogrammetric Techniques for the Determination of Spatio-temporal Velocity Fields at Glaciar San Rafael, Chile. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 79(3):299–306.

Rosnell, T. and Honkavaara, E. (2012). Point Cloud generation from aerial image data acquired by a quadcopter type micro unmanned aerial vehicle and a digital still camera. *Sensors (Basel)*, 12(1):453–480.

Ryan, J. C., Hubbard, A. L., Box, J. E., Todd, J., Christoffersen, P., Carr, J. R., Holt, T. O., and Snooke, N. (2015). Uav photogrammetry and structure from motion to assess calving dynamics at store glacier, a large outlet draining the greenland ice sheet. *The Cryosphere*, 9(1):1–11.

Westoby, M., Brasington, J., Glasser, N., Hambrey, M., and Reynolds, J. (2012). ‘Structure-from-Motion’ photogrammetry : A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179:300 – 314.

Willis, M. J., Melkonian, A. K., Pritchard, M. E., and Rivera, A. (2012). Ice loss from the Southern Patagonian Ice Field, South America, between 2000 and 2012. *Geophysical Research Letters*, 39(17).