

# Variation du volume de banquise par altimétrie:

## Impacts et observation de la couverture neige

Durée du stage : 6 mois

Lieu de stage : LEGOS/OMP

Indemnité de stage : environ 570€ / mois

Coordonnées et statut des responsables de stage :

FLEURY Sara (Dr-Ingénieur, LEGOS): 05 61 33 27 88 [sara.fleury@legos.obs-mip.fr](mailto:sara.fleury@legos.obs-mip.fr)

Contexte scientifique :

La banquise est à la fois un témoin et un acteur majeur du changement climatique. Cependant, ses variations d'étendue et d'épaisseur sont encore relativement mal représentées dans les modèles climatiques. Depuis 1979, la diminution de l'étendue de la glace de mer dans l'Océan Arctique a été mise en évidence grâce à l'imagerie par satellite. Par contre, son épaisseur, indispensable pour connaître les variations de volume de glace, est plus difficile à observer.

L'observation de l'épaisseur de la banquise par satellite consiste à mesurer la hauteur de glace émergée par altimétrie et à extrapoler l'épaisseur totale en faisant l'hypothèse d'équilibre hydrostatique entre l'océan et la glace (voir figure 1). Ainsi, des premières séries de variation de l'épaisseur de la banquise ont pu être établies pour la période 2002-2021.

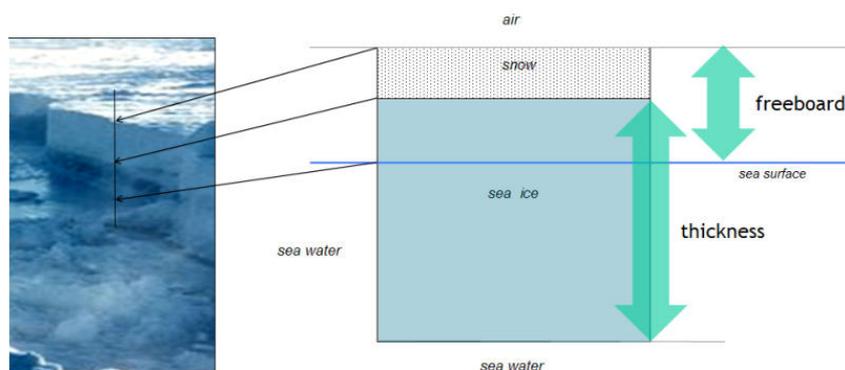


Figure 1: Schéma d'estimation de l'épaisseur de glace par altimétrie.

Ces mesures présentent des incertitudes dont les principales sources proviennent de la mesure altimétrique du franc-bord, des paramètres d'interpolation du niveau de la mer, et de l'épaisseur de la couche de neige.

Nous avons pu récemment démontrer que l'épaisseur de la neige pouvait également être observée par altimétrie en utilisant différentes fréquences radar. Ces résultats se sont

concrétisés par un nouveau projet de satellite altimétrique bi-fréquence européen dénommé CRISTAL.

### Objectifs du stage :

Le principal objectif du stage va être de déterminer les conditions d'observation de la couche neigeuse sur la banquise. Pour cela le stage s'appuiera sur différentes sources d'observation de la banquise : les différents satellites d'observation, les modèles des centres météorologiques, les mesures in-situ. Un intérêt particulier sera porté aux incertitudes liées à ces différentes observations.

### Déroulement du stage :

1. Bibliographie ; prise en main des outils informatiques (Python) et des jeux de données.
2. Évaluation des méthodes et des conditions pour mesurer les épaisseurs de neige.
3. Détermination des sources d'incertitudes et des méthodes de corrections.
4. Rédaction du rapport de stage.

### Compétences souhaitées:

Connaissance de l'environnement informatique **Unix/Linux** (dont l'utilisation du shell), expérience en programmation en **Python**, ou à défaut, Matlab et/ou C. Maîtrise de l'anglais technique. Sensibilisation aux problèmes climatiques et environnementaux. Intérêt pour les activités de recherche.

### Références:

Garnier, F., Fleury, S., Garric, G., Bouffard, J., Tsamados, M., Laforge, A., Bocquet, M., Fredensborg Hansen, R. M., and Rémy, F.: Advances in altimetric snow depth estimates using bi-frequency SARAL/CryoSat-2 Ka/Ku measurements, *The Cryosphere Discuss.* [preprint], <https://doi.org/10.5194/tc-2021-79>, in review, 2021.

Guerreiro, K., Fleury, S., Zakharova, E., Kouraev, A., Rémy, F., & Maisongrande, P. (2017). Comparison of CryoSat-2 and ENVISAT radar freeboard over Arctic sea ice: toward an improved Envisat freeboard retrieval. *The Cryosphere*, 11(5), 2059.

Guerreiro, K., Fleury, S., Zakharova, E., Rémy, F., Kouraev, A., 2016. Potential for estimation of snow depth on Arctic sea ice from CryoSat-2 and SARAL/AltiKa missions. *Remote Sensing of Environment* 186, 339–349. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.013>

Kwok, R., et Cunningham, G. F. (2008). ICESat over Arctic sea ice: Estimation of snow depth and ice thickness. *Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012)*, 113(C8).

Ricker, R. et al. (2014) Sensitivity of CryoSat-2 Arctic sea-ice freeboard and thickness on radar-waveform interpretation. *The Cryosphere* 2014.

Nandan, V., Geldsetzer, T., Yackel, J., Mahmud, M., Scharien, R., Howell, S., ...Else, B. (2017). Effect of snow salinity on CryoSat-2 Arctic first-year sea ice freeboard measurements. *Geophysical Research Letters*, 44, 10,419–10,426.

Nandan, V., Geldsetzer, T., Yackel, J., Mahmud, M., Scharien, R., Howell, S., ...Else, B. (2017). Effect of snow salinity on CryoSat-2 Arctic first-year sea ice free-board measurements. *Geophysical Research Letters*, 44, 10,419–10,426. <https://doi.org/10.1002/2017GL074506>