

Thèse de doctorat

**Interactions Calotte Polaire / Océan : Modélisation des processus de vêlage
au front des glaciers émissaires**

Jean Krug

*Sous la direction de Jérôme Weiss
et co-encadrée par Gaël Durand*

Jeudi 4 Décembre 2014, 13h

au

Laboratoire de Glaciologie et Géophysique de l'Environnement,
Salle Louis Liboutry,
54, rue Molière, Saint Martin d'Hères.

Résumé

La contribution des calottes polaires à l'augmentation du niveau marin est un sujet de préoccupation majeure. Dans le cadre du réchauffement climatique, la dynamique de leurs glaciers émissaires évolue et ceux-ci accélèrent leur décharge de glace vers l'océan. En tant qu'exutoires des calottes polaires et régulateurs de leur perte de masse, la prise en compte de leur fonctionnement dans les prévisions d'augmentation du niveau marin est capitale. Cependant, les processus qui régissent leur dynamique sont mal contraints et il convient alors de réduire les incertitudes qui y sont liées. Les rétroactions entre la dynamique du front et la dynamique du glacier en sont un exemple représentatif.

Dans ce cadre, cette thèse se concentre sur la modélisation de la dynamique du front de vêlage, et vise à proposer une nouvelle approche physique des mécanismes aboutissant au vêlage d'iceberg. Le travail réalisé ici couple la mécanique de l'endommagement et la mécanique de la rupture. Il intègre ainsi la dégradation progressive des propriétés rhéologiques de la glace aboutissant à la formation d'un champ de crevasses et modélise ensuite la propagation des fractures caractéristiques de l'évènement de vêlage. Ce modèle nouvellement créé est contraint sur une géométrie 2D en ligne d'écoulement du glacier Helheim, au Groenland, dont on parvient à reproduire un comportement cohérent de la partie terminale. Les tests de sensibilité menés sur chacun des paramètres introduits dans le modèle contraignent l'importance de chacun d'eux.

On évalue ensuite l'impact sur la dynamique du front de deux forçages naturels couramment observés dans les fjords groenlandais : la fonte de la partie immergée du front et l'impact mécanique d'un mélange de glace (mélange de glace de mer et d'icebergs). Les résultats suggèrent que si la fonte affecte légèrement la dynamique du front, le mélange de glace provoque une réponse saisonnière d'une amplitude similaire aux variations observées dans la réalité. En frottant contre les parois du fjord, il empêche le vêlage et favorise l'avancée du glacier. On montre également que la fonte ne modifie pas le bilan de masse du glacier, mais que l'effet du mélange de glace est plus marqué. Enfin, nos résultats suggèrent que lorsque le glacier présente une extension flottante, un forçage élevé peut modifier l'équilibre du glacier et affecter plus considérablement son bilan de masse pluriannuel.

Mots clés : Glaciers émissaires, vêlage, processus, modélisation, éléments finis.

Abstract

Polar ice-sheets discharge and subsequent sea level rise is a major concern. Warming climate affects the behaviour of tidewater outlets glaciers and increases their ice discharge. As they drain the ice flow toward the ocean, it is pivotal to incorporate their dynamics when modelling the ice-sheet response to global warming. However, tidewater glacier dynamics is still complicated to understand, as they are believed to involve many feedbacks. The one between calving margin dynamics and glacier general dynamics is fundamental.

This PhD thesis focuses on modelling the calving front of outlet glaciers, in order to enhance the representation of physical processes occurring at their margin. To do so, we build up a new framework for calving based on damage mechanics and fracture mechanics. This allows us to represent the slow degradation of the ice rheological properties from a virgin state to the appearance of a crevasse field, as well as the rapid fracture propagation associated with calving events. Our model is then constrained within a 2D flow-line representation of Helheim Glacier, Greenland. We find some parameters sets for which the glacier behaviour is coherent with its past evolution. Sensitivity tests are carried out and they reveal the significance of each model parameter.

This new calving law is then employed to study the impact of submarine frontal melting and ice mélange (heterogeneous mixture of sea-ice and icebergs) on glacier dynamics. These two forcings are usually suspected to be responsible for the seasonal variations of the calving margin. Our results show that both forcings impact the front dynamics. The melting, however, only slightly changes the front position, when the ice mélange can force the glacier front to displace up to a few kilometers. Additionally, if the melting at the front is not sufficient to affect the inter-annual mass balance, this is not obvious when forced by ice mélange. At last, our model highlights a feature which is specific to floating glaciers: for the strongest forcings, the glacier equilibrium may be modified, as well as its pluriannual mass balance.

Keywords : Tidewater outlet glaciers, calving, processes, modelling, finite-element.