,

STAGE DE RECHERCHE de MASTER 2ème ANNEE

Master SOAC / WAPE
Année Universitaire 2026-2027

Laboratoire : LSCE et LOCEAN

Sujet : L'instabilité des falaises marines de glace : un mécanisme à l'œuvre lors des événements de Heinrich ?
English version: Marine ice cliff instability as a mechanism underlying Heinrich events?

Encadrant·es :
- Abot Louise, LSCE, louise.abot@lsce.ipsl.fr
- Clara Burgard, LOCEAN
- Aurélien Quiquet, LSCE

Théorie	Pas du tout	**Un peu**	Beaucoup
Modélisation num.	Pas du tout	**Un peu**	Beaucoup
Expérimentation num.	Pas du tout	**Un peu**	Beaucoup
Analyse de données	Pas du tout	Un peu	**Beaucoup**
Instrumentation	**Pas du tout**	Un peu	Beaucoup

Description :
Les événements de Heinrich correspondent à des épisodes de décharges massives et rapides d'icebergs en provenance de la calotte nord-américaine, au cours de la dernière période glaciaire. Une hypothèse permettant d'expliquer ces événements abrupts est le mécanisme du *binge-purge* ; une deuxième hypothèse a trait au déclenchement d'une instabilité (i.e., augmentation rapide des vitesses d'écoulement de la glace et/ou du transport de masse) via une fonte océanique accrue à l'interface océan-calotte. Dans ce contexte, deux mécanismes majeurs d'instabilité sont : l'instabilité des calottes glaciaires marines (*Marine Ice Sheet Instability*, MISI) et l'instabilité des falaises marines de glace (*Marine Ice Cliff Instability*, MICI). Cette dernière se produit lorsque de hautes falaises de glace deviennent mécaniquement instables et s'effondrent. La MICI pourrait avoir été un mécanisme à l'œuvre lors des événements de Heinrich en réponse à un réchauffement des eaux océaniques de subsurface, comme le suggèrent des simulations réalisées à l'aide d'un modèle idéalisé d'écoulement glaciaire (Bassis et al., 2017).
Ce stage a pour objectif d'étudier dans quelle mesure la MICI a pu jouer un rôle au cours des événements de Heinrich, en utilisant un modèle tridimensionnel et thermomécanique de calotte glaciaire (GRISLI). Le ou la stagiaire devra implémenter une paramétrisation de la MICI (e.g., Pollard et al., 2015 ; Morlighem et al., 2024) et évaluer sa capacité à reproduire les événements passés de décharge brutale de glace. Si le temps le permet, le développement des instabilités de la calotte glaciaire pourra également être étudié à l'aide d'un modèle couplé climat-calotte (iLOVECLIM-GRISLI).

English version: Heinrich events are episodes of rapid and massive ice discharges from the North American ice sheet during the last glacial period. One hypothesis to explain these events is the binge-purge mechanism. A second hypothesis is that ocean-induced melting triggered

,

ice sheet instabilities (i.e., sudden increase in ice flow velocity and/or mass transport). In this context, two major mechanisms of instabilities are the Marine Ice Sheet Instability (MISI) and the Marine Ice Cliff Instability (MICI), whereby tall ice cliffs become mechanically unstable and collapse. MICI may contribute to Heinrich events in response to subsurface ocean warming, as suggested by simulations using an idealized ice-stream model (Bassis et al., 2017). This internship will investigate to what extent MICI can provide a mechanism for Heinrich events in a 3D thermomechanical ice sheet model (GRISLI). The intern will implement a MICI parameterization (e.g., Pollard et al., 2015; Morlighem et al., 2024) and assess its ability to reproduce past abrupt ice discharge events. If time permits, the development of ice sheet instabilities could also be investigated using a fully coupled climate-ice sheet model (iLOVECLIM-GRISLI).

Bassis, Jeremy N., Sierra V. Petersen, and L. Mac Cathles. "Heinrich events triggered by ocean forcing and modulated by isostatic adjustment." *Nature* 542.7641 (2017): 332-334.
Morlighem, Mathieu, et al. "The West Antarctic Ice Sheet may not be vulnerable to marine ice cliff instability during the 21st century." *Science Advances* 10.34 (2024): eado7794.
Pollard, David, Robert M. DeConto, and Richard B. Alley. "Potential Antarctic Ice Sheet retreat driven by hydrofracturing and ice cliff failure." *Earth and Planetary Science Letters* 412 (2015): 112-121.