



Avis de Soutenance

Monsieur Nathan CADOT

Mécanique des fluides

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Étude expérimentale et numérique des courants gravitaires produits dans les polynies

Travaux dirigés par Monsieur Pietro SALIZZONI

Cotutelle avec l'université "Politecnico di Torino" (Italie)

Soutenance prévue le **lundi 23 mars 2026** à 10h00

Lieu : Politecnico di Torino | Corso Duca degli Abruzzi, 24 | 10129 Torino, ITALIA

Salle : Aula BIBOLINI

Composition du jury proposé

M. Pietro SALIZZONI	Full professor	Ecole Centrale de Lyon	Directeur de thèse
M. Luca RIDOLFI	Full professor	Politecnico di Torino	Directeur de thèse
M. Carlo CAMPOREALE	Full professor	Politecnico di Torino	Directeur de thèse
Mme Maria ELETTA NEGRETTI	Directrice de recherche	CNRS, LEGI	Rapporteure
Mme Stefania ESPA	Full professor	Sapienza Università di Roma	Examinateuse
Mme Donatella TERMINI	Full professor	Università degli Studi di Palermo	Rapporteure
M. Marco TOFFOLON	Full professor	Università di Trento	Examinateur

Mots-clés : polynie, courant gravitaire, circulation thermohaline

Résumé :

Les polynies sont de vastes zones d'eau libre au sein de la banquise. Le long des côtes antarctiques, elles se forment principalement sous l'effet de forts vents catabatiques soufflant depuis le continent, qui repoussent la glace de mer au large et permettent la formation continue de nouvelle glace. Lors de la formation de glace, le sel est rejeté de la structure cristalline et libéré dans l'océan sous-jacent, un processus connu sous le nom de rejet de saumure. Ce mécanisme accroît la salinité et la densité des eaux de plateau. Lorsque les polynies se forment au-dessus du plateau continental, l'eau densifiée peut se déverser le long du talus continental, atteignant finalement les grandes profondeurs et contribuant à la formation de l'Eau de Fond Antarctique. Ce processus joue un rôle central dans la circulation thermohaline mondiale, l'un des principaux régulateurs du climat terrestre. Dans cette thèse, la complexité de ce phénomène est abordée en le décomposant en deux volets complémentaires. La première partie se concentre sur la densification de l'eau par rejet de saumure et sur sa capacité à engendrer des écoulements de flottabilité. À cette fin, nous avons développé un dispositif expérimental original capable de produire des courants de gravité générés exclusivement par rejet de saumure. Les expériences ont montré que le rejet de saumure seul suffit à générer des courants de gravité. De plus, les résultats ont révélé que le débit et l'épaisseur des courants est plus important sans pente qu'avec, et que la taille de la polynie exerce un contrôle direct sur le débit du courant. La seconde partie de la thèse étudie la dynamique des courants en cascade lorsqu'ils descendent le long d'un talus continental dans un environnement stratifié. Dans de telles conditions, le courant peut s'arrêter lorsqu'il atteint une couche de densité égale, la profondeur maximale atteinte étant appelée profondeur de pénétration. Les paramètres clés contrôlant cette profondeur sont la flottabilité initiale du courant, la stratification ambiante et l'angle de la pente. L'angle de la pente gouverne le mélange entre le courant et le fluide environnant, ce qui réduit sa densité. À l'aide de simulations aux grandes échelles (LES), nous avons étudié l'influence de l'angle de la pente sur la profondeur de pénétration des courants de gravité turbulents. Les simulations ont reproduit avec succès les résultats d'expériences laminaires antérieures, tout en mettant en évidence des différences significatives entre les régimes laminaire et turbulent. Alors que l'angle de la pente avait peu d'effet dans le cas laminaire, les courants turbulents ont montré une forte dépendance : la profondeur de pénétration est maximale pour des pentes intermédiaires (40–60°) et réduite pour des pentes faibles ou fortes.

Summary:

Polynyas are large areas of open water within sea ice. Along the Antarctic coast, they are primarily formed by strong katabatic winds blowing from the continent, which drive sea ice away from the coast and allow new ice to form continuously. During ice formation, salt is rejected from the ice crystal lattice and released into the underlying ocean, a process known as brine rejection. This mechanism increases the salinity and density of the shelf waters. When polynyas form above the continental shelf, the densified water can cascade down the continental slope, ultimately reaching abyssal depths and contributing to the formation of Antarctic Bottom Water. This process plays a central role in driving the global thermohaline circulation, a key regulator of Earth's climate system. In this thesis, the complexity of this phenomenon is addressed by separating it into two complementary parts. The first part focuses on the densification of water through brine rejection and its ability to generate buoyancy-driven flows. To this end, we developed a novel experimental apparatus capable of producing gravity currents driven exclusively by brine rejection. The experiments demonstrated that brine rejection alone is sufficient to generate gravity currents. Moreover, the results revealed that both flow rate and current thickness were greater without a slope than with one, and that the polynya size exerts a direct control on the current's discharge. The second part of the thesis investigates the dynamics of cascading currents as they descend along a continental slope in a stratified environment. In such conditions, the current may arrest when it reaches a layer of equal density, with the maximum depth reached referred to as the penetration depth. The key parameters controlling this depth are the initial buoyancy of the current, the background stratification, and the slope angle. The slope angle controls the mixing of the current with the ambient fluid, which reduces its density. Using large-eddy simulations (LES), we examined the influence of slope angle on the penetration depth of turbulent gravity currents. The simulations successfully reproduced the results of previous laminar experiments, while also highlighting significant differences between laminar and turbulent regimes. Whereas slope angle had little effect in the laminar case, turbulent currents exhibited a strong dependence: penetration depth was maximized at intermediate slope angles (40–60°) and reduced at both small and steep slopes.