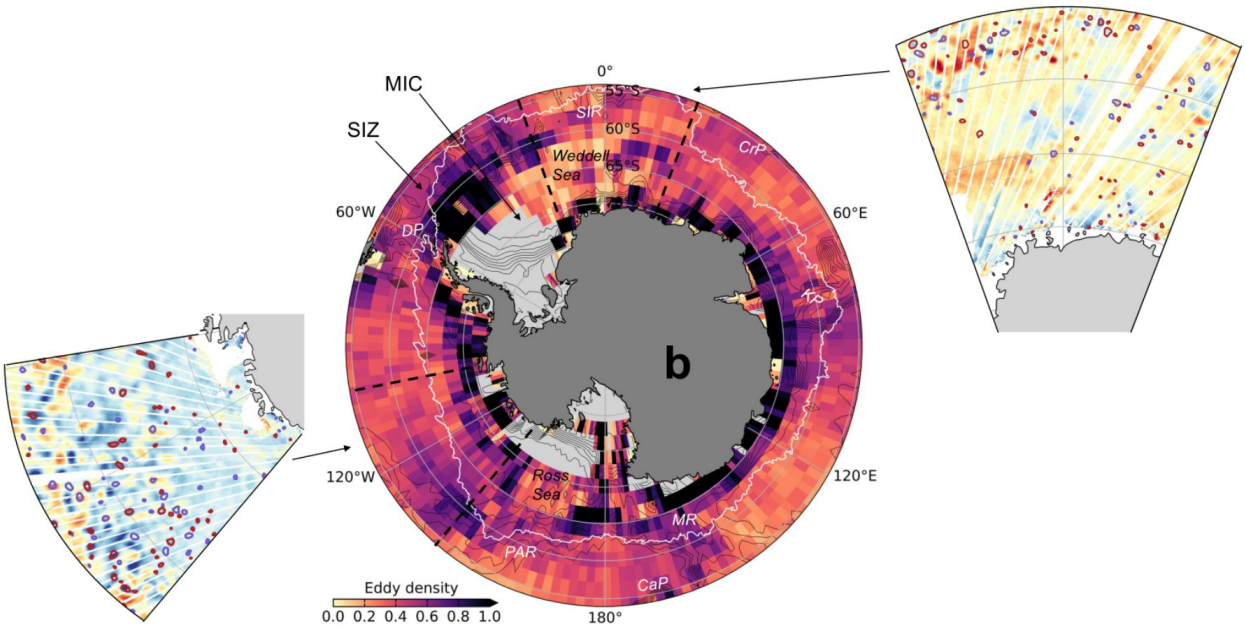
Master 2 research internship in physical oceanography

Heat transfers toward the continental shelf of the Adelie Land in Antarctic: Study of the oceanic processes at play

Context & motivation

The Southern Ocean and the Antarctic margins are regions that are undergoing fast changes, notably due to the recent decrease in sea ice extent and the accelerated melting of the ice sheet. The ocean plays an important role in these changes by transporting heat toward the surface and the base of the ice shelves through the intrusion of relatively warm water masses onto the continental shelves. Still, quantifying the heat input and characterizing its spatial and temporal variability remain difficult due to the lack of observations in these remote and hostile regions. The advent of wide swath altimetry (SWOT) and the progress in numerical modelling provide a unique opportunity to further our understanding of the heat transfer toward the Antarctic shelves. In particular, recent literature suggests that small scales (e.g. via eddies) and tides play an important role in these transfers between the open-ocean and the shelves (Stewart et al. 2018). In this context, the Adelie Land provide an interesting regional laboratory: in this region, large cross-shelf transports have been observed and the ice sheet melts relatively fast.



Eddy density (number of eddies by 2°x2° bin) detected from SWOT images between 11/2023 and 11/2025 (middle figure) and examples of detection from the anomaly of sea surface (anticyclones are in blue and cyclones in red; side panels). From de Marez et al. (2026).

Objectives

The objective of this internship is to analyze heat transfers between the open-ocean and the shelves of the Adelie Land, and to quantify in particular the contribution of the mesoscale to these transfers.

Results will enable us to assess the importance of representing small scales in climate models which are not able to represent explicitly these scales due to a lack of resolution. Results will also contribute to show the value of SWOT data at these high latitudes where spatial scales are relatively small.

Approach and methodology

To carry out the analyses of heat transfer, output of a simulation of a global ocean-sea ice model at 1/36° from Mercator will be used. The simulation spans year 2023 and provides daily output of temperature, salinity, velocities, sea surface height (SSH), and sea ice properties.
Firstly, the model output will be compared to (1) *in situ data* to evaluate water mass properties; (2) satellite observations to evaluate sea ice extent; and (3) SSH fields derived from conventional altimetry and SWOT to evaluate the representation of mesoscale.
Secondly, model output of velocity and temperature will be used to compute the heat transport across the shelf break. A Reynolds decomposition will provide the contribution of the mesoscale to the heat transport.
Time permitting, the contribution of tides to the heat transport will also be investigated.

Supervision and work environment

The internship will be hosted at the **Laboratory of Spatial and Physical Oceanography** (LOPS) at Plouzané (near Brest). The intern will be supervised by three researchers with complementary expertise: Carolina Dufour (researcher at Ifremer/LOPS), Charly de Marez (researcher at CNRS/LOPS) and Matthis Auger (Postdoctoral researcher at ISblue/LOPS).
The intern will have the opportunity to attend the lab seminars and the meetings of the cross-cutting theme on polar research. Furthermore, the intern will benefit from interactions with ongoing polar research projects within LOPS, notably with the ANR JCJC HEAT-UP project of C. Dufour “Impact of ocean mesoscale on HEAT transport UP to sea ice in the Arctic and Antarctic” and the postdoctoral project of M. Auger “Observing cross-shelf water mass transport at the Antarctic Margins from space”.

Requirements

Master in physical oceanography and good technical abilities in data analysis and scientific programming with Python.

Contact

Please send a CV and a letter of motivation to Carolina Dufour (carolina.dufour@ifremer.fr), Charly de Marez (charly.demarez@univ-brest.fr) and Matthis Auger (matthis.auger@univ-brest.fr).

References

de Marez, C., M. Auger, and C. O. Dufour (under review): SWOT reveals mesoscale eddy hotspots and deserts in subpolar and polar oceans. *Brief Communication in Nature Geosciences.* https://archimer.ifremer.fr/doc/01003/111441/

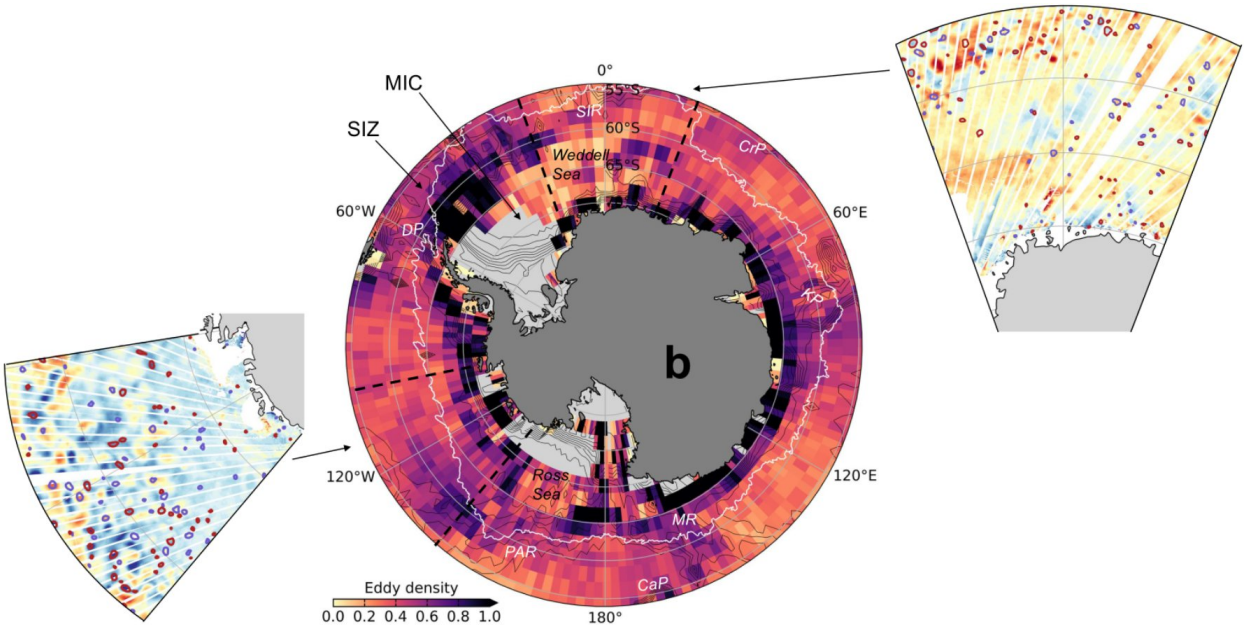
Stewart, A. L., Klocker, A., & Menemenlis, D. (2018). Circum-Antarctic shoreward heat transport derived from an eddy- and tide-resolving simulation. *Geophysical Research Letters*, 45, 834–845. https://doi.org/10.1002/2017GL075677

Stage de Master 2 recherche en océanographie polaire

Transferts de chaleur vers le plateau antarctique de la région de la Terre Adélie: étude des processus océaniques

Contexte & motivation

L'océan Austral et les marges antarctiques sont des régions en pleine mutation, notamment avec le récent déclin de la banquise et la fonte accrue de la calotte glaciaire. L'océan apparaît comme un acteur majeur de ces changements via le transport de masses d'eau qui redistribue de la chaleur vers la surface et s'introduisent sur les plateaux, gagnant la base des plateformes de glace. La quantification de l'apport de chaleur, ainsi que la caractérisation de sa variabilité spatiale et temporelle, demeurent toutefois difficiles en raison du manque d'observations dans ces régions lointaines et extrêmes. L'avènement de l'altimétrie à large fauchée (SWOT) et les progrès réalisés dans les simulations océaniques à haute résolution offrent une opportunité unique de mieux comprendre et caractériser le transfert de chaleur vers les plateaux antarctiques. En particulier, la littérature récente suggère que les petites échelles (ex. via les tourbillons) et la marée joueraient un rôle important dans ces transferts large-plateau (Stewart et al. 2018). Dans ce contexte, la Terre Adélie offre un laboratoire régional idéal : dans cette région ont lieu d'importants transports de masses d'eau à travers la pente du plateau continental, et l'écoulement de la calotte polaire est rapide.



Densité des tourbillons (nombre de tourbillons par bin de 2°x2°) détectés à partir des images SWOT entre le 11/2023 et le 11/2025 (figure centrale) et exemples de détection à partir de l'anomalie de hauteur de surface (anticyclones en bleu et cyclones en rouge; panneaux extérieurs). D'après de Marez et al. (2026).

Objectifs

L'objectif de ce stage est d'analyser les transferts de chaleur entre le large et le plateau de la Terre Adélie, en isolant notamment la contribution de la méso-échelle à ces transferts.
Les résultats permettront ainsi d'évaluer l'importance d'une représentation des fines échelles dans les modèles de climat qui ne peuvent prendre en compte explicitement ces processus en raison d'une

résolution insuffisante. Ils contribueront également à valoriser les données SWOT qui sont particulièrement adaptées à l'étude de la dynamique océanique aux hautes latitudes où les échelles spatiales sont petites.

Approche et méthodologie

Les analyses de transfert de chaleur seront basées sur des sorties d'une simulation d'un modèle océan-glace de mer global au 1/36° de Mercator. La simulation couvre l'année 2023 et fournit des sorties journalières de température, salinité, vitesses, hauteur de la surface (SSH), et caractéristiques de la banquise.
Dans un premier temps, le modèle sera comparé à (1) des données *in situ* pour valider les masses d'eau en présence; (2) des observations satellite pour évaluer l'étendue de glace; et (3) des champs SSH dérivés de l'altimétrie conventionnelle et SWOT, pour valider la représentation de la méso-échelle.
Dans un second temps, les champs de vitesse et température du modèle seront utilisés pour calculer le transport de chaleur entre le large et le plateau. Une décomposition de Reynolds fournira la contribution de la méso-échelle au transport de chaleur.
Si le temps le permet, la contribution de la marée à ce transport sera évaluée.

Encadrement et environnement

Le stage aura lieu au **Laboratoire d'Océanographie Physique et Spatiale** (LOPS) à Plouzané (près de Brest). Le/la stagiaire bénéficiera de l'encadrement de trois chercheur.e.s aux profils thématiques et techniques complémentaires: Carolina Dufour (chercheuse Ifremer/LOPS), Charly de Marez (chercheur CNRS/LOPS) et Matthis Auger (Postdoctorant ISblue/LOPS).
Le/la stagiaire sera encouragé.e à assister aux séminaires du LOPS et de l'IUEM, et aux réunions de l'axe polaire du LOPS. De plus, il/elle bénéficiera des interactions avec d'autres projets polaires connexes en cours au sein du laboratoire, notamment avec l'ANR JCJC HEAT-UP de C. Dufour "Impact of ocean mesoscale on HEAT transport UP to sea ice in the Arctic and Antarctic" et le projet de postdoc de M. Auger "Observing cross-shelf water mass transport at the Antarctic Margins from space".

Formation et expériences requises

Formation de niveau Master en océanographie physique et bonnes connaissances techniques en analyse de données et en programmation scientifique avec Python.

Contact

CV et lettre de motivation sont à envoyer à Carolina Dufour (carolina.dufour@ifremer.fr), Charly de Marez (charly.demarez@univ-brest.fr) et Matthis Auger (matthis.auger@univ-brest.fr).

Références

de Marez, C., M. Auger, and C. O. Dufour (under review): SWOT reveals mesoscale eddy hotspots and deserts in subpolar and polar oceans. *Brief Communication in Nature Geosciences.* https://archimer.ifremer.fr/doc/01003/111441/
Stewart, A. L., Klocker, A., & Menemenlis, D. (2018). Circum-Antarctic shoreward heat transport derived from an eddy- and tide-resolving simulation. *Geophysical Research Letters*, 45, 834–845. https://doi.org/10.1002/2017GL075677