

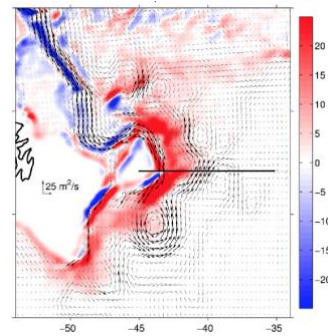
Mélange vertical et transformation des masses d'eau dans l'Atlantique Nord-Ouest subpolaire

Encadrants : Damien Desbruyères (damien.desbruyeres@ifremer.fr), Bruno Ferron (bruno.ferron@ifremer.fr).
IFREMER, Plouzané

01/04/2020 - 31/08/2020 (flexible)

Motivation. La circulation globale de retournement joue un rôle prépondérant dans la régulation du système climatique en redistribuant des propriétés physico-biogéochimiques (e.g. chaleur, carbone) entre les grands bassins océaniques (Wunsch, 2002). Un mécanisme clé soutenant cette circulation est le mélange diapycnal intérieur qui contribue à faire remonter une partie des eaux denses formées aux hautes latitudes à travers la pycnocline principale. Ce mélange est particulièrement intense au voisinage de topographies accidentées, de courants énergétiques de bord et champs turbulents de méso-échelle, ou de zones de génération d'ondes internes (Whalen et al., 2012).

En Atlantique Nord, l'Eau profonde Nord Atlantique (NADW) est formée via convection profonde hivernale avant d'être transportée vers le sud en profondeur via, notamment, les fameux courants profonds de bord ouest confinés le long des marges occidentales. Les modèles numériques suggèrent une remontée significative de NADW dans la région du Cap de Flemish et des Grand bancs de Terre-Neuve où confluent les grands courants de bord subtropicaux et subpolaires (Figure). Cet « upwelling » localisé est – dans les modèles – maintenu par un mélange diapycnal intense le long de la pente continentale qui semble cohérent avec des observations éparses de niveaux de dissipation élevés dans cette région (Walter et al., 2005). En exploitant une large base de données *in situ*, ce stage s'attachera à produire une cartographie détaillée du mélange diapycnal dans la région de Terre-Neuve, et à la replacer dans un contexte plus général de transformation des masses d'eau à l'échelle du bassin Atlantique Nord.



La transformation de NADW (en Sv) à travers $\sigma_2 = 36.72$ par mélange diapycnal au voisinage de Terre-Neuve dans un modèle numérique (Xu et al., 2018). L'« upwelling » le long de la pente continentale (valeurs positives) suggère un rôle clé de cette région pour la structure de la circulation méridienne de retournement. Le stage visera à quantifier le mélange diapycnal sous-jacent dans les observations via l'application de paramétrisations fines-échelles à des profils de densité et de vitesse.

Méthodes. On visera donc une cartographie tridimensionnelle détaillée du mélange diffusif vertical dans la région de Terre-Neuve via l'application de paramétrisations fines-échelles à une collection de profils CTD (densité) et LADCP (vitesse) (Ferron et al., 2016). L'analyse de profils issus de flotteurs autonomes dérivants *Argo* sera également entreprise (Whalen et al., 2012). Sous certaines hypothèses (e.g. balance advection-diffusion), les vitesses verticales et la transformation diapycnal associées pourront être calculées, permettant ainsi d'évaluer le rôle de la région dans la circulation méridienne de retournement (Xu et al., 2018). Un modèle numérique à très haute résolution (3 km) sera utilisé pour compléter les résultats observationnels obtenus.

Prérequis. L'étudiant(e) devra montrer un intérêt fort pour l'utilisation et l'analyse de données océanographiques *in situ*, ainsi qu'une maîtrise (autonomie) d'un outil de programmation (Matlab, Python).

Ferron, B., Kokoszka, F., Mercier, H., Lherminier, P., Huck, T., Rios, A., & Thierry, V. (2016). Variability of the Turbulent Kinetic Energy Dissipation along the A25 Greenland–Portugal Transect Repeated from 2002 to 2012. *Journal of Physical Oceanography*, 46(7), 1989–2003. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-15-0186.1>

Walter, M., Mertens, C., & Rhein, M. (2005). Mixing estimates from a large-scale hydrographic survey in the North Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 32(13), 1–4. <https://doi.org/10.1029/2005GL022471>

Whalen, C. B., Talley, L. D., & MacKinnon, J. A. (2012). Spatial and temporal variability of global ocean mixing inferred from *Argo* profiles. *Geophysical Research Letters*, 39(17), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2012GL053196>

Wunsch, C. (2002). What is the thermohaline circulation? *Science*, 298(November), 1179–81. <https://doi.org/10.1126/science.1079329>

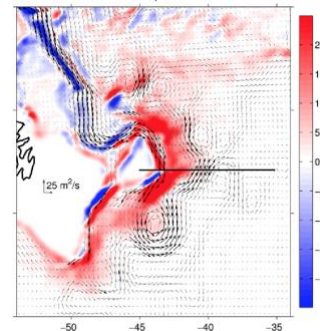
Xu, X., Rhines, P. B., Chassignet, E. P., Xu, X., Rhines, P. B., & Chassignet, E. P. (2018). On mapping the diapycnal water mass transformation of the upper North Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, (October), JPO-D-17-0223.1. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-17-0223.1>

Vertical mixing and water mass transformation in the northwestern Subpolar Atlantic

Supervisors : Damien Desbruyères (damien.desbruyeres@ifremer.fr), Bruno Ferron (bruno.ferron@ifremer.fr).
IFREMER, Plouzané
01/04/2020 - 31/08/2020 (flexible)

Motivation. The global overturning circulation plays a key role in the regulation of the climate system by redistributing physical and biogeochemical properties (eg heat, carbon) between large ocean basins (Wunsch, 2002). A key mechanism supporting this circulation is diapycnal mixing in the ocean interior, which helps to upwell through the main pycnocline some of the dense waters formed at high latitudes. Such mixing is particularly intense in the vicinity of rough topography, energetic boundary currents and turbulent mesoscale fields, or internal wave generation zones (Whalen et al., 2012).

In the North Atlantic, North Atlantic Deep Water (NADW) is formed in winter through deep convection before being transported at depth and equatorward via, notably, deep western boundary currents confined along the continental slopes. Numerical models suggest a significant upwelling of NADW around Flemish Cap and the Grand Banks of Newfoundland, where the large-scale subtropical and subpolar gyres intersect (Figure). This localized upwelling is - in the models - maintained by intense diapycnal mixing along the continental slope that seems consistent with scattered observations of relatively high dissipation levels in this region (Walter et al., 2005). Using a large in situ database, this internship will focus on producing a detailed mapping of the diapycnal mixing in the Newfoundland region, and placing it in a more general context of water mass transformation and large-scale circulation.



The simulated transformation of NADW across $\sigma_2 = 36.72$ (in Sv) by diapycnal mixing in the vicinity of Newfoundland (Xu et al., 2018). Upwelling along the continental slope (positive values) suggests a key role of this region for the structure of the meridional overturning circulation. The internship will aim to quantify the underlying diapycnal mixing with observational data via fine-scale parametrizations of density and velocity profiles.

Methods. A detailed three-dimensional mapping of vertical diffusivities in the Newfoundland region will be sought through the application of fine-scale parameterizations to a collection of CTD (density) and LADCP (velocity) profiles (Ferron et al., 2016). Analysis of Argo autonomous drifting floats will also be undertaken (Whalen et al., 2012). Under certain assumptions (e.g., balance advection-diffusion), the associated vertical velocities and diapycnal transformation will be calculated, thus allowing to how the region influences the meridional overturning circulation (Xu et al., 2018). A very high-resolution numerical model (3 km) will be used to supplement the observational results.

Prerequisites. The student will should have a strong interest in the use and analysis of in situ data, as well as good programming skills (autonomy in Matlab or Python).

- Ferron, B., Kokoszka, F., Mercier, H., Lherminier, P., Huck, T., Rios, A., & Thierry, V. (2016). Variability of the Turbulent Kinetic Energy Dissipation along the A25 Greenland–Portugal Transect Repeated from 2002 to 2012. *Journal of Physical Oceanography*, 46(7), 1989–2003. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-15-0186.1>
- Walter, M., Mertens, C., & Rhein, M. (2005). Mixing estimates from a large-scale hydrographic survey in the North Atlantic. *Geophysical Research Letters*, 32(13), 1–4. <https://doi.org/10.1029/2005GL022471>
- Whalen, C. B., Talley, L. D., & MacKinnon, J. A. (2012). Spatial and temporal variability of global ocean mixing inferred from Argo profiles. *Geophysical Research Letters*, 39(17), 1–6. <https://doi.org/10.1029/2012GL053196>
- Wunsch, C. (2002). What is the thermohaline circulation? *Science*, 298(November), 1179–81. <https://doi.org/10.1126/science.1079329>
- Xu, X., Rhines, P. B., Chassignet, E. P., Xu, X., Rhines, P. B., & Chassignet, E. P. (2018). On mapping the diapycnal water mass transformation of the upper North Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, (October), JPO-D-17-0223.1. <https://doi.org/10.1175/JPO-D-17-0223.1>