



Proposition de stage master 2eme année ou fin d'études d'ingénieur

Comment quantifier l'apport de la modélisation à haute résolution pour la qualité des analyses et prévisions océaniques ?

Nom et statut des responsables de stage :

Marie Drévilion, responsable du service Evaluation des Analyses et Prévisions
Bruno Levier, océanographe modélisation régionale
Mathieu Hamon, océanographe assimilation de données

Coordonnées des responsables de stage :

Contact : marie.drevillon@mercator-ocean.fr
Mercator Océan
Parc technologique du canal
8-10 rue Hermès
31520 Ramonville St Agne France

Sujet du stage :

Dans le cadre du service Européen d'océanographie opérationnelle « Copernicus Marine Environment Monitoring Service » appelé également « CMEMS », Mercator Océan opère un système d'analyse et de prévision océanique global à haute résolution (1/12°, i.e. entre 9km et 2km selon la région du globe). Ce système produit chaque semaine 14 jours d'analyse (dans le passé) et chaque jour 10 jours de prévisions de température, de salinité et des courants de la surface au fond. Les états océaniques sont obtenus grâce au modèle océanique NEMO, couplée au système d'assimilation de données SAM2V1 développé par Mercator Océan (Lellouche et al, 2018). La température de surface et les anomalies de hauteur de mer satellitales, ainsi que les données in situ de profils de température et salinité sont assimilés conjointement. Mercator Océan développe également un système d'analyse et de prévision au 1/36° de résolution horizontale pour l'Atlantique Nord-Est, qui est opéré quotidiennement par Puertos del Estado (Espagne) pour CMEMS. Mercator Océan produit aussi des simulations océaniques du passé avec assimilation de données (réanalyses) telles

que GLORYS2V4 (Global 1/4° 1993-2007), GLORYS12 (Global 1/12° 1993-2017) et IBIRYS (Atlantique Nord-Est 1/12° 1993-2017).

Les modèles à haute résolution spatiale et temporelle permettent de décrire de façon plus réaliste les phénomènes océaniques d'échelle comprises entre 10 et 100km (mésos-échelle). Cependant c'est encore aujourd'hui un défi d'obtenir un phasage spatio-temporel satisfaisant de ces phénomènes avec la réalité observée, pour initialiser des prévisions. Les raisons sont le manque d'observations disponibles à ces mêmes résolutions spatiales et temporelles (voir l'effet de « double penalty », Ebert et al 2008), mais aussi la difficulté d'assimiler les observations existantes à méso-échelle, ou encore les incertitudes qui persistent sur les approximations du modèle, la bathymétrie, le forçage atmosphérique ou encore les apports fluviaux. Une des clefs de l'amélioration des systèmes d'analyse et de prévision réside en une meilleure compréhension des échelles spatio-temporelles disponibles dans les observations par rapport à celles que les modèles sont capables de représenter : quels niveaux d'énergie et de précision obtient-on en fonction de la résolution de la grille du modèle, ou des réglages de la physique du modèle ? Cette compréhension est également une étape préliminaire très importante pour l'assimilation des futures données à haute résolution de la mission SWOT (altimétrie large fauchée haute résolution) par exemple.

L'objectif de ce stage est de contribuer à une meilleure évaluation de l'apport de la modélisation haute résolution pour l'océanographie opérationnelle, en utilisant conjointement un ensemble de diagnostics physiques et statistiques ou « metrics » permettant de quantifier cet apport en termes de qualité des analyses et prévisions océaniques. Dans un premier temps, le stagiaire étudiera les fréquences représentées dans les observations et dans les modèles à l'aide de comparaisons à des données altimétriques le long des traces, à des observations de bouées et marégraphes haute-fréquence ou encore à des radars côtiers haute-fréquence. Pour cela, le stagiaire disposera de codes existants d'analyse spectrale, de filtrage et de tracé des observations, ainsi que d'outils de calcul de statistiques diverses qu'il appliquera à des simulations numériques au 1/12° dans un premier temps, puis au 1/36°, avec ou sans assimilation de données. Par la suite, en fonction de l'avancée des travaux du stage, ces metrics seront également appliqués à la comparaison de simulations où l'on fait varier le nombre et le type de données analysées. Ceci permettra de quantifier les variations d'énergie aux différentes fréquences, et potentiellement de mieux comprendre quelles échelles peuvent être représentées par les observations et par les modèles.

Le stagiaire sera amené à manipuler des outils statistiques développés en python et fortran, ainsi que des fichiers très volumineux en provenance des systèmes à haute résolution (plusieurs Go).

But du stage :

- Réaliser une comparaison des échelles résolues dans les observations et dans les produits Mercator Océan à différentes résolutions.
- Quantifier l'apport de la haute résolution, et de l'assimilation de différents types d'observations, pour les analyses et prévisions océaniques dans des régions clef.

- Contribuer à l'amélioration de la base existante de metrics de validation des analyses et prévisions Mercator Océan (Lellouche et al 2013, Hernandez et al 2015)

Prérequis pour effectuer ce stage :

Master ou diplôme d'ingénieur en physique, géosciences, maths, maths appliquées, ou informatique

Connaissance de langages de programmation (python, Fortran...) et de l'environnement linux

Connaissances solides en océanographie physique

Connaissances en traitement du signal et analyse numérique

Bonne maîtrise de l'anglais (le stagiaire pourra être amené à collaborer avec des scientifiques européens dans le contexte CMEMS)

Mots clés: Océanographie, modélisation, haute résolution, observations, validation, analyse spectrale, statistiques

Références :

Ebert, E. E. (2008). Fuzzy verification of high-resolution gridded forecasts: a review and proposed framework. *Meteorological applications*, 15(1), 51-64.

Hernandez, F. et al (2015) Recent progress in performance evaluations and near real-time assessment of operational ocean products, *Journal of Operational Oceanography*, 8:sup2, s221-s238, DOI: 10.1080/1755876X.2015.1050282

Lellouche, J.-M., et al (2018) Recent updates to the Copernicus Marine Service global ocean monitoring and forecasting real-time 1/12° high-resolution system, *Ocean Sci.*, 14, 1093-1126, <https://doi.org/10.5194/os-14-1093-2018>, 2018.

Lellouche, J.-M., et al. (2013): Evaluation of global monitoring and forecasting systems at Mercator Océan. *Ocean Science*, 9, 57-81, <https://doi.org/10.5194/os-9-57-2013>