

Projet Doctoral

Titre provisoire de la thèse

Stratégies de routage des navires sous incertitude de prévision et changement climatique

Contexte et motivation

La décarbonation du transport maritime repose en partie sur le développement de navires intégrant assistance vérique, propulsion hybride et solutions de stockage d'énergie. Toutefois, pour ces navires complexes, la performance énergétique ne dépend pas uniquement des choix technologiques et du dimensionnement initial : elle est également fortement conditionnée par la qualité de la conduite. Dans ce contexte, **les passerelles s'équipent progressivement d'outils d'aide à la décision capables de coupler modèles énergétiques et stratégies de routage météorologique.**

Deux thèses récentes menées au sein de l'équipe ont abordé ce couplage à partir de données météorologiques historiques, principalement dans une optique de dimensionnement/comparaison d'architectures. Toutefois, en situation opérationnelle, la conduite du navire repose sur l'utilisation de prévisions météorologiques, dont la qualité se dégrade avec l'horizon temporel. Cette dépendance à la fenêtre de prévision introduit une incertitude structurante dans le processus de décision et soulève une question encore peu explorée : **quelle stratégie de routage permet de minimiser la consommation énergétique en tenant compte de l'incertitude liée aux prévisions ?**

Par ailleurs, ces navires sont conçus pour des durées de vie longues, souvent supérieures à 25 ans, et s'inscrivent dans des modèles technico-économiques sensibles à l'évolution des conditions environnementales. Le changement climatique est susceptible de modifier durablement les régimes de vent, l'état de la mer et la fréquence des événements extrêmes, avec des impacts récemment documentés sur des systèmes énergétiques marins de long terme, notamment dans le domaine de l'éolien offshore. Certaines études en sciences maritimes ont également mis en évidence des évolutions potentielles des routes de navigation sous l'effet du changement climatique, en particulier dans les régions arctiques. **En revanche, aucun travail identifié n'évalue l'impact du changement climatique à moyen terme sur la performance d'un navire à assistance vérique.**

Ces deux dimensions — l'incertitude à court terme associée aux prévisions météorologiques et l'évolution à long terme des conditions climatiques — restent peu explorées dans la littérature scientifique. L'enjeu central de la thèse est ainsi de développer un cadre méthodologique permettant de simuler ces deux sources de variabilité dans l'analyse des performances des navires, afin de contribuer à une compréhension plus fine de leur comportement.

Objectifs de la thèse

La thèse se situe clairement en aval des travaux existants fondés sur des données météorologiques et climatiques statistiques, en se concentrant sur le routage en conditions prévisionnelles. Elle vise à :

- développer des méthodologies de routage énergétique intégrant explicitement les incertitudes liées à la qualité des prévisions météorologiques ;
- analyser l'influence de l'horizon de prévision sur la performance énergétique de navires intégrant une assistance vélisque, une propulsion hybride et des solutions de stockage d'énergie ;
- enfin, évaluer l'impact des évolutions climatiques à moyen terme en se basant sur un ensemble récent de modèles climatiques issus du *Coupled Model Intercomparison Project 6* pour plusieurs scénarios de changement climatique. Cela comprend le développement de procédures novatrices permettant de traiter et d'adapter les données de projections climatiques pour tester de façon pertinente les stratégies de routage.

Références clés

- France Énergies Marines, *Impact du changement climatique sur l'éolien offshore*¹.
- Nature Scientific Reports (2024), *Climate change and future maritime routes*.
- Mason et al. (2023), *Mitigating stochastic uncertainty from weather routing for ships with wind propulsion*, *Ocean Engineering*.

Profil candidat

Le ou la candidat(e) pourra être issu(e) d'une formation de niveau M2 en météorologie, mathématiques appliquées ou informatique. Il ou elle disposera de solides compétences en modélisation, algorithmique et programmation scientifique (Python, Matlab ou équivalent).

Une sensibilité aux enjeux de décarbonation du transport maritime, de transition énergétique et de changement climatique est attendue. Des bases en systèmes énergétiques marins constitueront un atout, sans être indispensables. Rigueur scientifique, autonomie et motivation pour la recherche complètent le profil.

¹ <https://www.france-energies-marines.org/fr/projets/2c-now/>

Encadrement

Directeur de thèse Alain Maiboom (LHEEA/ équipe D2SE)

Encadrant Maxime Canard (LHEEA/ équipe IIHNE)

Encadrant Jonas Thiaucourt (LHEEA/équipe D2SE)

Conditions

Condition financière Rémunération dédiée à la préparation du doctorat (3 ans)

Statut du doctorant Salarié – Contrat doctoral de droit public

Type d'employeur Université, école (EPSCP)

Financement En cours d'acquisition

Unité de recherche UMR6598 (laboratoire LHEEA)

Date de début 01/09/2026 (flexible)

Date de fin 30/09/2029 (flexible)

Présentation des moyens

- Un budget spécifique dédié au matériel informatique et logiciels nécessaires
- Un budget spécifique dédié aux frais de déplacements pour des communications scientifiques.
- Trois encadrants et une collaboration interdisciplinaire

Candidature

Via AMETHIS : <https://amethis.doctorat.org/amethis-client/>