

## Offre de Thèse: Propulsion navale hybride

Localisation: LHEEA, Nantes, France

Directeur: Alain Maiboom

Co-encadrants : Jonas Thiaucourt, Pierre Marty

Partenariat industriel : MAN Energy Solutions France <https://www.man-es.com/global/france>

Contact: Les candidats intéressés doivent adresser une lettre de motivation et un CV à [jonas.thiaucourt@ec-nantes.fr](mailto:jonas.thiaucourt@ec-nantes.fr) ; [pierre.marty@ec-nantes.fr](mailto:pierre.marty@ec-nantes.fr) ; [alain.maiboom@ec-nantes.fr](mailto:alain.maiboom@ec-nantes.fr)

### Sujet

Le transport maritime repose aujourd'hui à plus de 99 % sur la combustion d'énergie fossile. Décarboner ce secteur est un enjeu majeur et essentiel de la transition énergétique. Un moyen pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la propulsion est de recourir à une propulsion hybride associant un moteur à combustion interne (MCI), des générateurs d'électricité (MCI + générateur, PAC), des systèmes de propulsion vélique et de stockage (batteries, volant d'inertie,...). Par ailleurs, sur certains navires (pêche, paquebots, navires de travail (dragues)...), les consommateurs hors-propulsion représentent une part importante de la consommation d'énergie et des émissions de CO<sub>2</sub>.

Ce projet de thèse ambitionne de développer une méthodologie permettant, pour une architecture hybride donnée, de définir des lois de contrôle dynamiques permettant de minimiser la consommation de carburant. Cette méthodologie s'appuiera sur des simulations dynamiques des systèmes de propulsion prenant en compte les conditions d'usage du navire (état de mer, vent, température, localisation (zone ECA et NECA),...). Dans un deuxième temps, on ambitionne également d'étudier les consommateurs hors-propulsion pour définir des lois de contrôle de l'ensemble des systèmes de propulsion + consommateurs.

Un état de l'art rapide sur ce sujet fait apparaître deux thématiques :

- Celle du routage météo mixte qui lie les conditions environnementales (modèles statistiques de houle, vent, courant, ensoleillement) aux performances des systèmes de propulsion.
- Celle de la simulation énergétique navire qui, à partir d'un profil de charge (pour la propulsion et les autres consommateurs), de modèles des producteurs d'énergie et systèmes de stockage, permet d'évaluer, notamment la consommation du navire.

Chaque discipline fait l'objet d'une littérature abondante. Toutefois les deux sujets ont rarement été étudiés de façon couplée dans le cadre d'une approche globale. Ce couplage doit permettre d'éditer de nouvelles règles du PEMS (Power & Energy Management System) qui améliorent l'efficacité énergétique du navire.

Ce projet de thèse implique la mise en place de cet environnement de simulation à partir d'outils existants.

Un ou des cas d'étude(s) sera/ont sélectionné(s) puis la gestion optimale de l'énergie lors d'un voyage sera formulée comme un problème d'optimisation multi-objectifs et multi-contraintes. L'objectif sera d'investiguer les méthodes de résolution (algorithme glouton, algorithme évolutionniste, algorithmes heuristiques, avec apprentissage automatique, ...), leurs limites et leur applicabilité à bord.

Une perspective à ce travail pourra être d'optimiser l'architecture du système de propulsion.

## Référence bibliographiques

<https://www.boatindustry.fr/article/35620/d-ice-satori-rendre-le-routage-statistique-des-bateaux-plus-accessible>

[https://ladeas.no/wp-content/uploads/2019/10/Walther et al 2015 Weather routing for a wind driven hybrid merchant vessel.pdf](https://ladeas.no/wp-content/uploads/2019/10/Walther_et_al_2015_Weather_routing_for_a_wind_driven_hybrid_merchant_vessel.pdf)

<https://www.energy-observer.org/fr/ressources/ems-energy-management-system>

Bassam A. Use of voyage simulation to investigate hybrid fuel cell systems for marine propulsion. undefined. 2017.

Tillig F, Ringsberg JW, Psaraftis HN, Zis T. Reduced environmental impact of marine transport through speed reduction and wind assisted propulsion. Transp Res Part D Transp Environ. 2020 Jun 1;83:102380.

Gershanik VI. Weather routing optimisation—challenges and rewards. J Mar Eng Technol. 2011;10(3):29–40.

Hinnenthal J, Clauss G. Robust Pareto-optimum routing of ships utilising deterministic and ensemble weather forecasts. Ships Offshore Struct. 2010;5(2):105–14.

Kim S, Kim J. Optimal Energy Control of Battery Hybrid System for Marine Vessels by Applying Neural Network Based on Equivalent Consumption Minimization Strategy. J Mar Sci Eng [Internet]. 2021 Nov 6 [cited 2021 Nov 30];9(11):1228.

Yavasoglu HA, Tetik YE, Ozcan HG. Neural network-based energy management of multi-source (battery/UC/FC) powered electric vehicle. Int J Energy Res [Internet]. 2020 Dec 4 [cited 2021 Nov 30];44(15):12416–29.

## Cadre de travail :

Le doctorant sera intégré à l'équipe D2SE du LHEEA, et plus particulièrement à l'équipe-projet de la chaire industrielle Ecole Centrale Nantes – MAN ES intitulée « décarbonation progressive de la propulsion marine et de la production d'électricité » (porteur de la chaire : Pr. Xavier Tauzia).

<https://www.ec-nantes.fr/recherche/chaieres-industrielles/chaire-man-energy-solutions-centrale-nantes>

## Compétences attendues :

- Energétique – électrotechnique
- Systèmes énergétiques / conversion énergétiques
- Approche système, modélisation de systèmes énergétiques complexes et de leurs couplages
- Optimisation mathématique