

**Titre :** Méthodes et outils d'aide à la conception pour l'assistance à la propulsion éolienne des navires

**Mot clés :** Propulsion éolienne, Transport maritime décarboné, Approche système, Prediction de performances

**Résumé :** La difficulté à évaluer les performances des navires à propulsion éolienne est un frein à leur développement, alors que des solutions techniques sont déjà présentes sur le marché et offrent une solution intéressante pour la décarbonation du transport maritime. Cette thèse présente une méthode générale pour la prédiction des performances stationnaires et instationnaires des navires à propulsion éolienne (et hybride) avec 6 degrés de liberté en fonction des conditions environnementales, et son implémentation dans le programme open-source xWASP\_CN. Basée sur l'approche système, la méthode propose la modélisation indépendante des différents efforts s'appliquant sur le navire. Un algorithme de recherche d'équilibre original est présenté pour la résolution du problème stationnaire. La mé-

thode traite le cas d'un navire à vitesse fixée dont on cherche à connaître la puissance propulsive requise (Power Prediction Program), ou celui d'un navire à propulsion fixée dont on cherche à connaître la vitesse (Velocity Prediction Program). La modélisation des efforts s'adapte aux différentes étapes de la conception, allant de modèles semi-empirique requérant peu de données d'entrée à la possibilité de résoudre l'écoulement fluide par couplage avec un solveur extérieur. Un cas de validation est présenté pour le calcul de l'équilibre stationnaire, sur la base de résultats expérimentaux pour un catamaran de 18 pieds équipé d'un rotor Flettner et d'un hydrogénérateur. Un bon accord est obtenu entre le calcul et les essais.

**Title:** Design methods and tools for Wind-Assisted Ship Propulsion

**Keywords:** Wind-Assisted Ship Propulsion, Sail Propulsion, Velocity Prediction Program, System-based Modelling

**Abstract:** The uncertainties over the performance of wind-propelled ships is a strong obstacle to their development, even though wind propulsion systems already exist and offer an interesting solution for the decarbonisation of maritime transport. This thesis presents a general method for the assessment of steady and unsteady performances of wind-propelled (and hybrid) ships with 6 degrees of freedom as a function of environmental conditions, as implemented in the open-source program xWASP\_CN. Inspired by system-based modelling, the method consists in the independent modelling of the forces acting on the ship.

An original root-finding algorithm is presented for the steady-state problem. The method accounts for fixed-speed ships, providing the required propulsive power (Power Prediction Program), and fixed-propulsion ships, solving for the reached velocity (Velocity Prediction Program). It is suitable for various design stages, with semi-empirical force models requiring very little input data or the possible coupling with external flow solvers. Comparisons with experiments on a 18-ft catamaran fitted with a Flettner rotor and a water turbine show good agreement for steady-state results.