

Titre : Simulations numériques haute-fidélité pour la prédiction de performance des voiliers de course.

Mot clés : Mécanique des fluides numériques, Voiliers, Hydrofoils, Interaction Fluide-Structure

Résumé : L'objectif de cette thèse est d'améliorer un programme de prédiction de performance (VPP) développé en interne à finot-conq et qui repose sur la suite FINE/Marine dont le solveur ISIS-CFD est développé à l'ECN. Le code VPP calcule des efforts propres au voilier (efforts des voiles, du safran, fardage des super-structures, etc) et les transmet au solveur hydrodynamique. Ce dernier résolvant à la fois l'écoulement et les mouvements du navire, il en résulte un couplage aéro-hydrodynamique. Pour un angle et une vitesse de vent donnés, un paramètre de puissance des voiles est optimisé afin d'obtenir la meilleure vitesse bateau possible dans la limite de contraintes de gîte.

Dans le cadre de cette thèse, ce programme a fait l'objet de nombreux développements, aussi bien sur la partie modélisation du voilier et le code VPP en lui-même (pilote automatique, modélisation

des efforts aérodynamiques, etc) que sur la partie hydrodynamique et le solveur CFD (maillage et déformation des foils, modélisation des vagues, etc). Ces modifications ont pour objectif de disposer d'un outil permettant l'optimisation des carènes de voiliers de course au large dans des conditions le plus réaliste possibles : présence de vagues, déformation des appendices, cavitation, etc.

Le fonctionnement du VPP est exposé en détail, aussi bien dans son aspect théorique que numérique. Une attention particulière sera portée sur les développements récents apportés au programme VPP afin de permettre son évolution en un outil dynamique capable de simuler des voiliers aussi bien sur mer plate que dans les vagues. Plusieurs cas-tests représentatifs des utilisations possibles de l'outil VPP développé sont présentés, allant du simple voilier de croisière rapide au voilier de course à foils.

Title: Racing yachts performance prediction using high-fidelity numerical simulations.

Keywords: Computational Fluid Dynamics, Sailing, Hydrofoils, Fluid-Structure Interaction

Abstract: The objective of this thesis is to improve an existing Velocity Prediction Program (VPP) developed by finot-conq and integrated in FINE/Marine. The VPP code computes sailing-related efforts (sails forces, rudder forces, windage, etc) and inputs them to the hydrodynamic solver ISIS-CFD, developed by ECN. Both the flow and the motions of the boat are solved in the same time by the solver, resulting in a closely coupled VPP. For a given True Wind Angle and True Wind Speed a sail power parameter is optimised to obtain the best possible boat speed within heel angle constraints.

During this thesis many developments have been brought to this program, either on the VPP code and the modelling of the sailing boat (automatic pilot, aerodynamic efforts model, etc) or on the

hydrodynamics part and the CFD solver (meshing and deformation of the hydrofoils, wave modelling, etc). These modifications aim on making this tool usable to optimize the design of racing sailing yachts' hulls in realistic conditions : accounting for performance in waves, appendices' deformation, cavitation, etc.

The VPP is described both on its theoretical aspect than its numerical aspect. Recent developments that have enabled the transformation of the VPP into a dynamic tool – capable of simulating yacht performance in both steady flat-water conditions and unsteady environments – are thoroughly addressed. Several test cases are presented to illustrate the broad applicability of the tool, ranging from fast-cruising yachts to high-performance racing yachts equipped with hydrofoils.