

Développement de méthodes de conception pour hélices de propulsion en composite

Design methods development for composite blade propellers

Pierre Berthelot (MECA), Samuel Durand (MECA), Laure-Aline Vialle (Loiretech), Pol Muller (Sirehna), Boris Martin (DCNS), Frédérique Le Lay (DCNS)

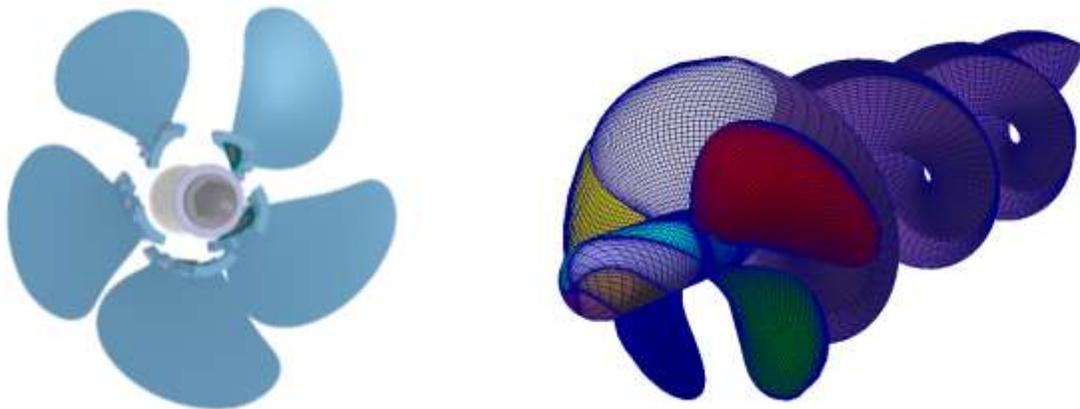
Mots-clefs : hélice – composite – conception - optimisation

Keywords : propeller – composite – design - optimization

Les hélices de propulsion en matériaux composites sont encore à ce jour une solution technique en devenir, peu explorée par les industriels de la filière navale civile et militaire. Des performances peuvent être attendues par l'emploi de matériaux plus légers (rayonnement acoustique moindre, efforts transmis sur l'arbre moteur moins importants, consommation énergétique réduite) et par des profils plus adaptables et déformables en comparaison avec les matériaux métalliques.

Le projet Rapid FabHéli (Loiretech, Méca, DCNS), soutenu par la DGA/DGE a pour objectifs de concevoir, fabriquer et tester, en situation réelle des hélices optimisées en matériaux composites.

La conception, le dimensionnement et le contrôle des hélices de propulsion métalliques sont régis, dans le domaine naval, par des documents de référence des bureaux de classification [1] [4] et des normes de performance [2][3]. La première étape du projet FabHéli a consisté à définir des méthodes de conception pour hélices de propulsion adaptées aux spécificités des matériaux composites. Ce travail a été effectué en concertation avec le Bureau Veritas.



Le dimensionnement en hélice métallique est classiquement effectué en linéaire statique à partir des charges considérées au point de fonctionnement (régime maximal continu). Les chargements de pression peuvent provenir de différentes méthodes de calcul hydrodynamique (analytique, CFD, BEM).

La méthodologie de dimensionnement, et notamment le coefficient de sécurité minimal, a été adaptée pour tenir compte des propriétés particulières des matériaux composites (effets

moindres de la fatigue, dispersion des caractéristiques mécaniques plus importante, cas des chargements incidentels de type choc/impact, ...).

Le dimensionnement mécanique s'appuie sur les derniers développements effectués sur les turbines hydroliennes dont les pales sont en général en matériaux composites.

La méthode de validation de conception utilise des essais normalisés et des essais spécifiques développés dans le cadre du projet.

La deuxième étape du projet FabHéli est en cours et concerne la mise au point d'un procédé de fabrication permettant de réaliser les pales en composite optimisées dans la première partie de l'étude.

Abstract

Structural design methodologies development for marine composite propeller

Marine composite propellers in the naval industry (civil & military) are a promising technological solution for naval vehicles. Very few applications exist in the naval industry or literature. Technological advantages with the use of lighter materials, compared with metallic materials, benefits acoustic emissions, transmission forces and energy consumptions as composite materials allow for geometrical deformation during application. The Rapid Fab-Héli project (Loiretech, Meca & DCNS) with the support of the French department of Defense (DGA) aims at designing, manufacturing and testing a composite propeller in real naval conditions.

Classification societies [1][4] and standards [2][3] specify structural design and controls for metallic propeller in the naval industry to be performed based on static linear theory. The latter theory is not adapted for composite materials and requires the definition of a specific design process. This aspect has been investigated in partnership with the Bureau VERITAS.

Metallic propellers structural design is done using static linear theory considering the loading at the application target RPM. The corresponding pressure fields are obtained using hydrodynamics calculation (analytical, CFD or BEM). With composite materials, structural design and factors of safety need to be specified accordingly due to differences in mechanical behavior (fatigue performances, mechanical properties heterogeneities, impact sensitivity, etc...). In this work, structural design uses latest development applied to hydrokinetic turbines composite blades. Design validation requires normalized testing as well as non-normalized testing developed specifically for Fab-Héli needs.

Next step of the project is underway and concerns optimization of the RTM light process chosen to manufacture the propeller.

[1] Bureau Veritas, BV NR-467, Rules for the Classification of Steel, July 2016

[2] ISO 484-2: 2015, Shipbuilding – Ship screw propellers – Manufacturing tolerances – Part 2 : Propellers of diameter between 0,80 and 2,50 m inclusive

[3] ISO 1940-1: 2003, Mechanical vibration – Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state – Part1 : Specifications and verification of balance tolerances

[4] DNVGL. CG-0039 – Calculation of marine propellers, Dec 2015