

Resumé

Les turbines à flux transverse constituent une technologie prometteuse pour l'exploitation de l'énergie marémotrice, en raison de leur fonctionnement omnidirectionnel et de leur densité de puissance surfacique supérieure à celle des turbines à flux axial. Cependant, la rotation des pales autour de l'axe central induit des variations de l'angle d'incidence en fonction de leur position azimutale. Il en résulte une hydrodynamique complexe autour du rotor, qui dégrade les performances de la turbine et augmente les charges cycliques responsables de l'usure et de la fatigue structurelle de l'installation. Une approche efficace pour atténuer ces effets néfastes consiste à recourir à un système de contrôle actif, dans lequel les angles de calage et par conséquent les angles d'incidence des pales sont contrôlés tout au long de la rotation de la turbine.

Dans ce contexte, le projet interdisciplinaire OPTIDE (optimisation expérimentale et numérique d'une turbine à flux transverse) vise à évaluer numériquement et expérimentalement l'intérêt de l'intégration du contrôle actif des angles de calage des pales, afin d'améliorer simultanément les performances énergétiques et de réduire les charges structurelles responsables de la fatigue. Dans ce cadre, cette thèse contribue au développement et à l'application d'une méthodologie d'optimisation combinant une optimisation numérique de la géométrie des pales dans un premier temps et une optimisation expérimentale du contrôle actif des pales de la turbine ensuite.

Sur le plan numérique, des simulations 2D instationnaires basées sur les équations de Navier-Stokes moyennées (URANS) sont mises en œuvre afin de caractériser le comportement d'une turbine à angle de calage fixe. Ces simulations sont couplées à un algorithme génétique, permettant une optimisation entièrement automatisée de la géométrie des pales. Cette optimisation intègre un nouvel indicateur comparatif des charges cycliques subies par le système, ainsi que les contraintes liées à l'intégration d'un système à contrôle actif des angles de calage. Les résultats numériques mettent en évidence des géométries de pales optimales, conduisant à une augmentation significative du coefficient de puissance, ainsi qu'à une réduction des charges structurelles par rapport à une turbine de référence.

Sur le plan expérimental, un modèle réduit d'hydrolienne instrumenté et intégrant des actionneurs dédiés au réglage de l'angle de calage des pales est développé et testé en laboratoire. Le dispositif expérimental est d'abord mis en œuvre pour une configuration à angle de calage fixe. Le système est ensuite couplé à un algorithme d'optimisation permettant d'ajuster la loi de calage avec pour objectif de maximiser la puissance générée par la turbine. Les résultats expérimentaux mettent en évidence des gains de performance significatifs de près de 100% par rapport à la configuration de référence et révèlent des compromis favorables entre les performances énergétiques, les efforts sur les actionneurs, l'amplitude des variations de l'angle de calage et un indicateur des charges subies par les pales, ouvrant ainsi la voie à de futures recherches dans le domaine.