



## Characterization of the Fluid-Structure Interaction on a Vertical Axis Turbine with Deformable Blades

### Resumé

Dans cette thèse, l'interaction fluide-structure (FSI) au sein d'une hydrolienne à axe vertical (VAWT) munie de pales flexibles est étudiée, avec une approche numérique et une approche expérimentale.

Après une courte présentation des particularités des VAWT et de l'état de l'art de la recherche en FSI dans ces turbines, une étude numérique est présentée. Cette approche numérique est basée sur le logiciel open source foam-extend. Le code est évalué et ses fonctionnalités sont étendues. Une simulation d'un profil oscillant avec de fortes déformations est réalisée, incluant un couplage bidirectionnel ; dans cette simulation, les propriétés du fluide et de la structure composite sont significativement simplifiées. Bien que la complexité du cas d'étude ne soit pas entièrement modélisée, ce résultat fournit une première perspective sur le potentiel et les limitations d'une approche numérique.

Au sein de l'étude expérimentale, les interactions multiphysiques complexes au sein du rotor d'une VAWT sont modélisées avec un profil oscillant en veine hydraulique. Il est montré que de très nombreuses configurations de turbine peuvent être reproduites par variation de la trajectoire et de la fréquence du profil oscillant, sans nécessiter de changement du matériel expérimental. Une manipulation expérimentale est mise au point. Un contrôle précis de la position du profil est obtenu pour les oscillations forcées, et une chaîne d'acquisition de données est mise au point. Les mesures de force et de couple montrent que les pales flexibles fournissent un avantage significatif par rapport aux pales rigides pour une vitesse spécifique  $\lambda = 2$ , sur une large plage de configurations de turbine. Pour approfondir la compréhension de la FSI au niveau de la pale, l'écoulement instantané est capturé au fil du temps avec une vélocimétrie par image de particules (PIV) à haute fréquence, deux composants, et en deux dimensions (2D2C). Un algorithme de masquage adaptatif est développé pour masquer les déformations dynamiques de la structure. La séparation périodique de l'écoulement, avec de forts composants chaotiques, est visualisée ; l'influence des déformations structurales est mise en évidence.

Les déformations structurelles des pales flexibles sont mesurées de façon synchronisée avec les forces hydrodynamiques et la position du servomoteur de la pale. L'interdépendance entre, d'une part, la configuration et la vitesse de la turbine, et d'autre part, la déformation de la pale et les forces associées, est caractérisée. Deux méthodes indépendantes sont mises au point et appliquées pour mesurer la déformation du profil. La première mesure la position d'une coupe du profil avec une technique de masquage des images obtenues par PIV. La seconde est basée sur la projection et la capture vidéo d'un motif lumineux projeté sur le profil ; elle permet de mesurer la déformation de la surface entière avec une haute résolution spatiale et temporelle.

Dans la dernière partie, une analyse spectrale spatiale des déformations, ainsi qu'une analyse spectrale temporelle des déformations, des forces et du mouvement, sont effectuées. Ce travail permet de faire la distinction entre les déformations et forces hydrodynamiques qui sont directement liées aux oscillations forcées, et celles qui découlent des effets secondaires de la FSI.