



AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées a le plaisir d'informer le public
qu'une soutenance de thèse de Doctorat en

«**Sciences et ingénierie**»

aura lieu le 17/02/2025 à l'ENSA de Kénitra

La Thèse sera présentée par Mr ESSAHRAOUI MAROUANE

Sous le thème :

A contribution to the numerical analysis and aerodynamic optimization for energy applications : Cylinders, Vehicles, Savonius Wind turbine

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
BOUZIANE KHALID	Président	Université Internationale de Rabat
ZIAD NADIA	Rapporteur	ENSA, Kénitra
IDCHABANI RACHIDA	Rapporteur	ENSM, Rabat
MABROUKI MUSTAPHA	Rapporteur	FST, Béni Mellal
EL GANAOUI MOHAMMED	Examineur	Université de Lorraine, France
EL BOUAYADI RACHID	Examineur	ENSA, Kénitra
SAAD AOUATIF	Directeur de thèse	ENSA, Kénitra





Nom et Prénom : ESSAHRAOUI MAROUANE

Date de soutenance : 17/02/2025

Directeur de Thèse : SAAD AOUATIF

Sujet de thèse :

A contribution to the numerical analysis and aerodynamic optimization for energy applications : Cylinders, Vehicles, Savonius Wind turbine

Résumé:

Nous avons étudié numériquement le comportement des écoulements autour de diverses géométries selon trois axes principaux. Des simulations 2D ont été réalisées sur des cylindres circulaires stationnaires et en rotation, avec des nombres de Reynolds de 5 à 3900. Les régimes d'écoulement et les caractéristiques aérodynamiques (traînée, portance, nombre de Strouhal) ont été analysés pour deux tailles de cylindres ($D_1 = 100mm$ et $D_2 = 300mm$). Les effets des « Lateral boundaries » ont été examinés pour valider les études sur le phénomène de « Blockage ratio ». Pour les cylindres en rotation, le paramètre α , étudié entre -1 et 5, a révélé aux valeurs $\alpha = 2,5$ et 5 des indications sur la suppression des tourbillons en aval.

Deuxièmement, nous avons analysé la réduction de la traînée aérodynamique sur des véhicules à l'aide de simulations 3D des géométries Ahmed et Windsor. Des techniques de contrôle de l'écoulement ont été appliquées par effilement. Les angles d'effilement du modèle Ahmed variaient de 2° à 16° . Pour Windsor, les angles supérieurs et inférieurs allaient de 12° à 20° , avec un effilement inférieur fixé à 4° lorsque seul l'effilement supérieur était appliqué.

Finalement, nous avons amélioré le coefficient de puissance de l'éolienne modèle Savonius avec une forme ondulée inspirée du concept de la « fleur de vie ». Les ondulations sur les pales variaient en rayon de 22 mm à 80 mm, favorisant la réattachement des écoulements sur la surface concave.

Cette étude systématique, des formes simples aux géométries complexes, offre des pistes pour optimiser la conception des éoliennes performantes.

Mots Clés: Ahmed body, CFD, Cylindres circulaire, Turbulence, SWT, Windsor body.

Abstract:

In this thesis, we numerically analyzed fluid flow behavior around various geometries across three main topics. First, we conducted 2D simulations on stationary and rotating circular cylinders, systematically varying Reynolds numbers from 5 to 3900. We investigated flow regime variations and aerodynamic characteristics (drag, lift, Strouhal number) for two-cylinder sizes ($D_1 = 100mm$ and $D_2 = 300mm$) and analyzed lateral boundary effects to validate prior studies on blockage ratio. For rotating cylinders, rotation rates ranged from $-1 < \alpha < 1$, with specific values of $\alpha = 0.5, 1, 2.5, \text{ and } 5$. At higher rotation rates ($\alpha = 2.5, 5$), we explored vortex suppression effects.

Second, we examined aerodynamic drag reduction in vehicles using 3D simulations of Ahmed and Windsor geometries. Flow control techniques were applied through tapering. For the Ahmed body, upper taper angles varied from 2° to 16° in 2° increments. For Windsor geometry, both upper and lower taper angles were adjusted from 12° to 20° , with lower taper angles maintained at 4° while the upper part remained untapered.

Ultimately, we enhanced the power coefficient of Savonius wind turbine (SWT) using a novel undulatory blade design inspired by the "flower of life" concept. Undulations on Savonius blades varied in radius from 22 mm to 80 mm, promoting reattachment flow regions on the concave surface.

This study systematically examined fluid-structure interactions, progressing from simple to complex geometries, to enhance understanding of flow behavior and provide insights for optimizing efficient SWT designs.

Key words: Ahmed body, CFD, Circular cylinders, Turbulence, SWT, Windsor body.