

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA 1
Institut d'Aéronautique et des Études Spatiales

THESE DE DOCTORAT

Spécialité : Aéronautique

CONTRIBUTION A LA DETERMINATION DU COMPORTEMENT D'UNE PALE
D'EOLIENNE EN INTERACTION FLUIDE STRUCTURE

Par

Ahmed BEKHTI

devant le jury composé de :

S. BOUKRAA	Professeur, U. Blida 1	Président
O. GUERRI	Directrice de recherche, CDER	Directrice de thèse
T. REZOUG	Professeur, U. Blida 1	Co-Directeur de thèse
Y. BENKHEDDA	Professeur, U. Blida 1	Examineur
A. MATAOUI-CHABANE	Professeur, USTHB	Examineur
S. LARBI	Professeur, ENP	Examineur

Blida, Mars 2018

RESUME

Le présent travail consiste en la simulation numérique du phénomène d'interaction fluide-structure, l'objectif étant l'analyse du comportement des pales d'éoliennes en oscillations libres.

Dans une première étape, l'écoulement autour d'un profil fixe à différentes incidences est simulé ; la polaire résultante est comparée à des données expérimentales et montre une bonne corrélation ; l'effet de la rugosité de la surface du profil est aussi étudié. La simulation de l'écoulement autour d'un profil en oscillations libres est effectuée dans la seconde étape. Le mode de vibrations considéré est un mouvement de battements vertical/horizontal combinés. Les effets de l'incidence initiale, du nombre de Reynolds et de la température sur le comportement vibratoire du profil sont étudiés.

Les équations de la dynamique du fluide sont représentées par les équations moyennées de Navier Stokes (RANS), la turbulence étant représentée par le modèle $SST k - \omega$. Les forces aérodynamiques exercées par le fluide sur le profil sont déterminées à partir de la résolution des équations RANS. La partie solide est modélisée par les équations de la dynamique des structures, en introduisant les valeurs des forces aérodynamiques obtenues précédemment. La méthode de Newmark est utilisée pour la détermination des déplacements du profil.

Les calculs sont effectués avec *code_saturne*, un code CFD libre (open source) basé sur la méthode des volumes finis. Cette étude permet de prédire le comportement des pales en identifiant les cas présentant des instabilités.

Mots clés : Éolienne, CFD, Interaction Fluide-Structure, ALE, turbulence, oscillations.

ABSTRACT

The present work is dedicated to the numerical simulation of the Fluid-Structure Interaction phenomenon and aims to wind turbines blades behaviour analysis for a free vibrations.

A first step consists in a numerical simulation of flow around a fixed airfoil, where different incidences are considered ; the obtained polar curves are compared to experimental data and show good agreements ; the effect of airfoil surface roughness is carried out. The second step consists of flow simulation around a free oscillating airfoil ; which is elastically mounted in a flap/lead-lag mode. The effect of the incidence angle, Reynolds number and temperature on the airfoil behaviour are studied.

Calculations are carried out by using an open source CFD code based on finite volume method to solve Navier Stokes equations. The turbulence is modelled by the *SST* $k - \omega$ model and aerodynamic forces are calculated. The solid part is modelled by structural dynamic equations, by introducing aerodynamic forces values performed previously. The Newmark method is used to determine the airfoil center position. This study enables the prediction of the blades behaviour by determining the instables cases.

Key words : Wind turbine, CFD, Fluid-Structure Interaction, ALE, turbulence, oscillations.

ملخص

يتمثل هذا العمل في محاكاة رقمية لظاهرة التفاعل بين مائع وهيكل بهدف تحليل سلوك شفرات التوربينات الهوائية في حالة الاهتزاز الحر.

في المرحلة الأولى تمت محاكاة التدفق حول مقطع شفرة ساكن ومثبت في وضعيات مختلفة لزوايا الاصابة المنحنيات الممثلة لتغيرات قوى الديناميكية الهوائية بدلالة زاوية الاصابة تمت مقارنتها ببيانات تجريبية حيث لوحظ تقارب في النتائج، بالمقابل تمت دراسة مدى تأثير خشونة سطح الشفرة.

المرحلة الثانية تتمثل في محاكاة التدفق حول شفرة في حالة اهتزاز حر أين أخذت بعين الاعتبار حالة الاهتزازات العمودية والأفقية مع دراسة تأثير العوامل التالية على السلوك الاهتزازي للعنفة: زاوية الإصابة الأولية، عدد Reynolds ودرجة الحرارة.

استعمل في هذه الدراسة برنامج محاكاة مفتوح Code-saturne الذي يعتمد أساسا على طريقة الحجم المحدود لحل معادلات Navier Stokes كما تم استعمال نموذج الاضطراب SST k- ω لحساب القوى الناتجة عن الديناميكية الهوائية.

فيما يخص محاكاة الشفرة، تم استخدام معادلات ديناميك الهياكل وذلك بإدراج قيمة القوى المتحصل عليها سابقا مع استعمال طريقة Newmark لتسجيل المسار الحركي لمركز الشفرة.

تمت المحاكاة باستخدام برنامج مفتوح المصدر و المعتمد أساسا على طريقة الحجم المنتهية.

تسمح هذه الدراسة بالتنبؤ لسلوك شفرات التوربينات الهوائية مع استخلاص الحالات الغير مستقرة.

الكلمات المفتاحية : توربينة هوائية ، CFD ، تفاعل مائع هيكل، ALE ، اضطراب ، اهتزازات