



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mme **EL HOUTI Rime**

Soutiendra : le Samedi 18/07/2026 à 10H00

Lieu : Centre des Etudes Doctorales - USMBA - Amphi 2

Une thèse intitulée :

Optimisation et commande tolérante aux défauts d'un système éolien

En vue d'obtenir le **Doctorat**

FD : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication
Spécialité : Génie Electrique

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr. EL OUGLI Abdelghani	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr. LAGRAT Ismail	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Kenitra	PES	Rapporteur
Pr. DIB Faiza	Faculté des Sciences et Techniques, Al Hoceima	MCH	Rapporteur
Pr. CHARQI Mohammed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur
Pr. EL BAKRI Ayoub	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur
Pr. BOUKILI Bensalem	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr. SEFRITI Selma	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Co-directeur de thèse
Pr. BOUMHIDI Ismail	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse



Résumé :

Cette thèse s'inscrit dans le domaine des systèmes à énergies renouvelables. L'objectif principal est de modéliser et concevoir des commandes prédictives optimales et robustes du système éolien. Dans un premier temps, une modélisation de l'éolienne à vitesse variable est établie. Celle-ci comprend le modèle aérodynamique de la turbine, et la génératrice. Ensuite, nous avons utilisé ces modèles pour la conception et le développement de différentes commandes prédictives optimales. La première approche propose une technique de commande tolérante aux défauts pour un système d'éolienne. Cette approche développée combine les modes glissants avec un commande prédictive basé sur le modèle. En intégrant les réseaux de Laguerre, la commande prédictive continue (CMPC) est conçu comme une commande nominale permettant le suivi de la puissance maximale tout en tolérant les pertes d'efficacité des actionneurs. Le terme additif par mode glissant, quant à lui, renforce la robustesse du système face aux dynamiques négligées de modélisation.

La commande utilise l'état complet du système, ce qui nécessite le développement et la mise en place d'un observateur robuste pour estimer cet état. Les résultats de simulation démontrent l'efficacité de la méthode proposée, aussi bien pour le suivi de la puissance maximale que pour la gestion des défauts des actionneurs. Le choix des paramètres de la fonction de Laguerre se fait de manière aléatoire pour la synthèse d'une loi de commande prédictive, pour résoudre ce problème nous avons proposé d'améliorer nos approches, d'abord, par l'utilisation des algorithmes génétiques pour optimiser ces paramètres. Ensuite l'algorithme d'optimisation par essaim de particules (PSO). La conception et la mise en œuvre de la commande prédictive continue nécessite un modèle linéarisé du système d'éolienne.

La logique floue de type Takagi-Sugeno est utilisée pour générer un modèle linéaire robuste, qui sert ensuite à concevoir la commande prédictive basée sur modèle en temps continu (CMPC). Le paramétrage de type Laguerre permet d'exprimer la séquence de contrôle future à l'aide d'un ensemble réduit de fonctions de Laguerre, réduisant ainsi significativement le nombre de paramètres et permettant une convergence plus rapide et des coûts de calcul plus faibles. Afin de valider les modèles et les lois de commande proposées, nous avons effectué des simulations sous MATLAB.

Les résultats obtenus montrent une amélioration significative des performances du système, notamment en termes de stabilité et de robustesse face aux perturbations et aux défauts. Les mots clés : Système éolien, commande prédictive, Modélisation Takagi-Sugeno, commande tolérante aux défauts, optimisation par essaim de particules, algorithmes génétiques.

Les mots clés :

Système éolien, commande prédictive, Modélisation Takagi-Sugeno, commande tolérante aux défauts, optimisation par essaim de particules, algorithmes génétiques.



Optimization and Fault-Tolerant Control of a Wind Energy System

Abstract :

This thesis falls within the field of renewable energy systems and focuses on the modeling and design of optimal and robust predictive control strategies for wind energy systems.

First, a comprehensive model of a variable-speed wind turbine is developed. This model includes both the aerodynamic model of the turbine and the generator model. These models are then used as a basis for the design and development of various optimal predictive control strategies.

The first approach proposes a fault-tolerant control strategy for a wind turbine system. This approach combines sliding mode control with model predictive control. By incorporating Laguerre functions, the continuous-time model predictive control (CMPC) is designed as a nominal controller to ensure maximum power tracking while tolerating actuator efficiency losses. The additive sliding mode term enhances system robustness against unmodeled dynamics. The control strategy relies on the full state of the system, which requires the development of a robust observer for state estimation.

Simulation results demonstrate the effectiveness of the proposed method in both maximum power tracking and actuator fault management.

The selection of Laguerre function parameters is often performed empirically for predictive control synthesis. To address this issue, improved approaches are proposed using optimization techniques. First, genetic algorithms (GA) are employed to optimize these parameters, followed by particle swarm optimization (PSO).

The design and implementation of continuous-time model predictive control require a linearized model of the wind turbine system. Takagi–Sugeno fuzzy modeling is used to generate a robust linear representation, which is then utilized to design the CMPC. The Laguerre-based parameterization allows the future control sequence to be expressed using a reduced set of basis functions, significantly decreasing the number of parameters, accelerating convergence, and reducing computational cost.

To validate the proposed models and control strategies, simulations are carried out using MATLAB. The obtained results show a significant improvement in system performance, particularly in terms of stability and robustness against disturbances and faults.

Keywords:

Wind energy system, model predictive control, Takagi–Sugeno modeling, fault-tolerant control, particle swarm optimization, genetic algorithms.