



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

Mme **ZOUBAA Yassamine**
Soutiendra : le Samedi 20/06/2026 à 10H00
Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :

Modélisation et commande fractionnaire: Application aux systèmes éoliens

En vue d'obtenir le **Doctorat**

FD : Sciences et Techniques
Spécialité : Génie Electrique

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr. EL BEKKALI Moulhime	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, 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. CHAIBI Noredine	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Rapporteur
Pr. EL BAKRI Ayoub	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr. SEFRITI Selma	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	MCH	Examineur
Pr. BOUMHIDI Ismail	Faculté des Sciences Dhar EL Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse



MODELISATION ET COMMANDE FRACTIONNAIRES : APPLICATION AUX SYSTEMES A ENERGIES RENOUVELABLES

Par
ZOUBAA Yassamine

Champs Disciplinaire : Physique
FD : Sciences et Technique
Spécialité : Génie Electrique
Soutenu le :

Résumé :

Le travail présenté dans cette thèse porte sur le développement de stratégies de commande robustes pour les éoliennes à vitesse variable basées sur une génératrice asynchrone à double alimentation (DFIG), en exploitant les propriétés du calcul fractionnaire. Face aux non-linéarités du système, au caractère stochastique du vent et à l'indisponibilité de sa mesure directe, nous proposons des solutions fondées sur les opérateurs d'ordre non entier. Un modèle dynamique complet du système éolien est d'abord établi, intégrant une modélisation fractionnaire de l'arbre à deux masses. De nouvelles structures de commande par mode glissant d'ordre fractionnaire sont ensuite développées, notamment le DFO-ISMC et le FFOSMC, optimisées par métaheuristiques (évolution différentielle et algorithmes génétiques). Ces approches permettent d'améliorer la précision du suivi du point de puissance maximale (MPPT) tout en réduisant le phénomène de chattering. Par ailleurs, une commande tolérante aux défauts combinant un observateur non linéaire et une commande adaptative fractionnaire est conçue pour faire face aux défaillances d'actionneurs. Pour reconstruire la vitesse du vent non mesurable, deux architectures estimation-commande sont intégrées : observateur d'état avec algorithme de Newton-Raphson, et filtre de Kalman associé à une commande par mode glissant fractionnaire. Les résultats de simulation démontrent la supériorité des approches fractionnaires proposées en termes de robustesse, de précision du suivi MPPT et de réduction des efforts mécaniques par rapport aux commandes conventionnelles.

Mots clés :

Éolienne à vitesse variable, Génératrice asynchrone à double alimentation (DFIG), Calcul fractionnaire, Commande par mode glissant d'ordre fractionnaire, Commande par retour d'état d'ordre fractionnaire, Suivi du point de puissance maximale (MPPT), Commande tolérante aux défauts (FTC), Estimation de la vitesse du vent, Optimisation par métaheuristiques.



Fractional-order modeling and control: Applications to renewable energy systems

Abstract:

The work presented in this thesis focuses on the development of robust control strategies for variable-speed wind turbines based on a Doubly Fed Induction Generator (DFIG), exploiting the properties of fractional calculus. Facing the nonlinearities of the system, the stochastic nature of the wind, and the unavailability of its direct measurement, solutions based on non-integer order operators are proposed. First, a complete dynamic model of the wind energy conversion system is established, incorporating a fractional-order modeling of the two-mass shaft dynamics. New fractional-order sliding mode control structures are then developed, namely the DFO-ISMC and FFOSMC controllers, whose parameters are optimized using metaheuristic techniques such as Differential Evolution and Genetic Algorithms. These approaches improve the accuracy of Maximum Power Point Tracking (MPPT) while reducing the chattering phenomenon. Furthermore, a fault-tolerant control strategy combining a nonlinear observer with an adaptive fractional-order controller is designed to address actuator faults. To reconstruct the unmeasurable wind speed, two estimations–control architectures are integrated: a state observer combined with a Newton–Raphson algorithm, and a Kalman filter coupled with a fractional-order sliding mode controller. Simulation results demonstrate the superiority of the proposed fractional-order approaches in terms of robustness, MPPT tracking accuracy, and reduction of mechanical stresses compared with conventional control strategies.

Key Words:

Variable-speed wind turbine, Doubly Fed Induction Generator (DFIG), Fractional calculus, Fractional-order sliding mode control, Fractional-order state feedback control, Maximum Power Point Tracking (MPPT), Fault-tolerant control (FTC), Wind speed estimation, Metaheuristic optimization.