



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

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

Mme (elle). **BOUDERBALA Manale**

Soutiendra : le 25/03/2022 à 15h

Lieu : Centre de Visioconférence

**Une thèse intitulée :**

**Optimisation et réalisation de la commande prédictive d'un système éolien à base de GADA :  
solutions numériques Dspace et FPGA**

**FD :** Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)  
**Spécialité :** Génie Electrique

**Devant le jury composé comme suit :**

	NOM ET PRENOM	GRADE	ETABLISSEMENT
<b>Président</b>	Pr KARIM Mohammed	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Directeur de thèse</b>	Pr BOSSOUFI Badre	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès
<b>Co-directeur de thèse</b>	Pr LAGRIOUI Ahmed	PH	Ecole Nationale d'Arts et Métiers -Meknès
<b>Rapporteurs</b>	Pr BOUCHNAIF Jamal	PES	Ecole Supérieure de Technologie - Oujda
	Pr DEROUICH Aziz	PES	Ecole Supérieure de Technologie - Fès
	Pr BOUZI Mostafa	PES	Faculté des Sciences et Techniques - Settat
<b>Membres</b>	Pr ZIANI El Mostafa	PES	Ecole Supérieure de Technologie - Oujda
	Pr EL BEKKALI Chakib	PES	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz - Fès

## **Résumé :**

Partant d'un ensemble des systèmes mécaniques non linéaires complexes exposés à des profils de vent incontrôlés, cela fait de la conception des contrôleurs une tâche difficile. En conséquence, le contrôle des systèmes de conversion de l'énergie éolienne est difficile en raison de l'absence de méthodes systématiques permettant d'identifier les conditions requises, robustes et suffisamment stables, pour respecter les exigences relatives à l'injection dans le réseau électrique. Le problème devient plus complexe lorsque les paramètres internes de la machine deviennent incertains. Outre la stabilité, la robustesse est également une exigence importante à prendre en compte dans l'étude des systèmes de commande non linéaires incertains. Afin de surmonter la non-linéarité et les incertitudes, cette thèse présente plusieurs techniques de contrôle pour les générateurs asynchrone doublement alimentés (GADA) dans les systèmes d'éoliennes à vitesse variable. Tout d'abord, des modèles mathématiques complets des systèmes de conversion de l'énergie éolienne avec GADA sont présentés.

La contribution de cette thèse réside dans la proposition d'une nouvelle stratégie de commande prédictive robuste pour la GADA sans capteurs de courant rotoriques (PFSC). Une approche indirecte de commande a été utilisée pour estimer les courants rotoriques. Cette stratégie proposée réduit considérablement la charge de calcul du FSC classique. En outre, la stratégie est basée sur un observateur de perturbations pour estimer les perturbations causées par les variations des paramètres du GADA par toute dynamique non modélisée afin d'améliorer la robustesse de l'algorithme et réduire les ondulations des puissances. Les performances des techniques de contrôle et des observateurs proposés mentionnés ont été validées et comparées aux autres techniques.

Une validation expérimentale de nos résultats de simulation est réalisée grâce au kit de prototypage des lois de commande à base de la carte dSPACE 1104 et la carte FPGA. Les résultats expérimentaux obtenus dévoilent les hautes performances dynamiques et statiques de la commande proposée.

**Mots clés :** Turbine éolienne, Machine Asynchrone à Double Alimentation, Commande prédictive, Deadbeat, Finit Set Control, Implémentation, Dspace, FPGA.

# **OPTIMIZATION AND IMPLEMENTATION OF THE PREDICTIVE CONTROL OF A WIND POWER SYSTEM BASED ON GADA: DSPACE AND FPGA DIGITAL SOLUTIONS**

## **Abstract:**

Starting from a set of complex nonlinear mechanical systems exposed to uncontrolled wind profiles, this makes the design of controllers a difficult task. As a result, the control of wind energy conversion systems is difficult due to the lack of systematic methods to identify robust and sufficiently stable conditions to meet the requirements for feeding into the power grid. The problem becomes more complex when the internal parameters of the machine become uncertain .

In addition to stability, robustness is also an important requirement to consider when studying uncertain nonlinear control systems. In order to overcome nonlinearity and uncertainties, this thesis presents several control techniques for doubly-fed asynchronous generators (DFIG) in variable speed wind turbine systems. First, comprehensive mathematical models of wind power conversion systems with GADA are presented .

The contribution of this paper lies in the proposal of a new robust predictive control strategy for DFIG without rotor current sensors (PFSC). An indirect control approach has been used to estimate the rotor currents. This proposed strategy significantly reduces the computational load of the classical FSC. In addition, the strategy is based on a disturbance observer to estimate the disturbances caused by the variations of the DFIG parameters by any unmodeled dynamics in order to improve the robustness of the algorithm and reduce the power ripples. The performance of the proposed control techniques and observers mentioned have been validated and compared to other techniques .

An experimental validation of our simulation results is performed using the dSPACE 1104 board and FPGA-based control prototyping kit. The experimental results obtained reveal the high dynamic and static performance of the proposed control.

**Key Words:** Doubly Fed Induction Generator, Predictive control, Deadbeat, Finit Set Control, Implementation, Dspace, FPGA.