



Pôle des Etudes Doctorales
Centre des Etudes Doctorales
Sciences et Techniques et Sciences Médicales

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT

Monsieur BOUSLA Mohamed
Présentera ses travaux de recherche en vue de l'obtention du
Doctorat



**Formation Doctorale : Sciences Mathématiques-Physique et
Nouvelles Technologies (SMPNT)**
Discipline : Physique
Spécialité : Génie Électrique, Énergétique et Énergies Renouvelables

**Le 15/07/2025 à 11H00 à la salle de réunion de l'Ecole Nationale
des Sciences Appliquées de Tétouan, UAE**

Sous le thème

**Intégration de l'Intelligence Artificielle pour l'Optimisation des Prévisions
Énergétiques et de la Maintenance Prédicative : Étude de cas du Parc Éolien
Industriel de Tétouan, Maroc**

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
Pr. MEDOURI Abdellatif	ENSA de Tétouan, UAE	Président
Pr. DEROUICH Aziz	EST de Fès, USMBA	Rapporteur
Pr. DERRHI Mostafa	ENSA de Tanger, UAE	Rapporteur
Pr. MAHBOUB Oussama	ENSA de Tétouan, UAE	Rapporteur
Pr. BOUSSOUFI Badr	EST de Fès, USMBA	Examineur
Pr. OULAD BEN ZAROUALA Rachad	ENSA de Tétouan, UAE	Examineur
Pr. EL MOURABIT Youness	EST de Fès, USMBA	Co-Directeur
Pr. HADDI Ali	ENSA de Tétouan, UAE	Directeur

Structure de recherche : Laboratoire des Sciences et Technologies Industrielles et Civiles (LabSTIC) : Equipe de recherche Sciences et technologies avancées

Résumé



La production d'électricité à partir de l'énergie éolienne s'impose aujourd'hui comme une solution incontournable pour accompagner la transition énergétique mondiale. Toutefois, l'exploitation optimale des parcs éoliens se heurte à plusieurs défis, notamment la variabilité du vent, l'incertitude des prévisions à différentes échelles temporelles, ainsi que la nécessité de garantir une maintenance efficace afin de réduire les indisponibilités coûteuses.

C'est dans ce contexte que s'inscrit la présente thèse, dont l'objectif est de développer une approche intégrée combinant analyse statistique, modélisation physique et intelligence artificielle, appliquée au parc éolien industriel de Tétouan, situé au nord du Maroc.

La première contribution porte sur la caractérisation détaillée du potentiel éolien local à l'aide de la distribution de Weibull. Une comparaison de onze méthodes d'estimation des paramètres a été menée afin d'identifier les approches offrant la meilleure précision, permettant ainsi une évaluation rigoureuse de l'énergie théorique exploitable sur le site étudié. En complément, une stratégie de maintenance prédictive a été élaborée, reposant sur l'analyse des données issues du système SCADA.

Cette démarche est enrichie par des modélisations CFD, permettant de diagnostiquer l'influence du relief sur les performances de la turbine critique WTG 30, avec un accent particulier porté sur les défaillances du système d'orientation Yaw. Pour renforcer la fiabilité de l'exploitation, des modèles avancés d'intelligence artificielle ont également été développés et comparés afin de prévoir la production énergétique à court, moyen et long terme. Les modèles évalués incluent la machine à vecteurs de support (SVM), les réseaux de neurones profonds (DNN) et récurrents (RNN), avec une évaluation de performance basée sur des indicateurs tels que le MSE, le MAPE, le MAE et le coefficient de détermination R^2 .

Les résultats obtenus mettent en évidence l'efficacité accrue des approches IA, qui permettent une meilleure planification de la production ainsi qu'une optimisation des opérations de maintenance. Les apports de cette recherche résident dans la mise en œuvre d'une méthodologie multidisciplinaire rigoureuse, appliquée à un site industriel réel en fonctionnement. La démarche proposée contribue ainsi à améliorer la disponibilité, la fiabilité et la performance des installations éoliennes, tout en ouvrant des perspectives concrètes pour la gestion intelligente des parcs de production d'énergie renouvelable, dans un contexte de transition énergétique durable.

Mots clés: Énergie éolienne ; Transition énergétique ; Intelligence artificielle ; Prévision énergétique ; Maintenance prédictive ; Distribution de Weibull ; Modélisation CFD ; Données SCADA ; Réseaux de neurones (DNN, RNN) ; SVM ; Système Yaw ; Parc éolien de Tétouan.