



Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales

## Avis de Soutenance

# THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Monsieur ABDELILAH ET-TALEBY**

Discipline : Génie Electrique

Spécialité : Génie Electrique / Systèmes Embarqués

Sujet de la thèse

**Contribution to advanced fault detection and classification techniques in photovoltaic systems using image processing and machine learning**

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique"

Thèse présentée et soutenue **le samedi 21 septembre 2024 à 10h** à l'Ecole Supérieure de Technologie de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ÉTABLISSEMENT	
El M'kaddem KHEDDIOUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Mohammedia	Président
Zakaria CHALH	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Rapporteur
Abdeljalil ELKARI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Marrakech	Rapporteur
Hamid BENNIS	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Meknès	Rapporteur
Jaouad EL-MEKKAOUI	MCH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Amine ALLOUHI	MCH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Examineur
Khalid HADDOUCH	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examineur
Mohamed BENSLIMANE	MCH	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Directeur de Thèse
Yassine CHAIBI	MC	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Invité

Laboratoire de recherche : Laboratoire des Technologies Innovantes

Etablissement : Ecole Supérieure de Technologie de Fès



**Centre d'Etudes Doctorales : Sciences et Techniques et Sciences Médicales**

## **Résumé de la thèse**

Cette recherche s'immerge dans le domaine crucial de la détection et de la classification des défauts dans les systèmes photovoltaïques (PV). Étant donné l'importance de l'énergie solaire comme source d'énergie renouvelable et propre, il existe une demande évidente pour des techniques avancées de détection et de diagnostic des défauts (FDD). Elle fournit un contexte historique, catégorise différents types de défauts et explore diverses méthodologies de détection des défauts, notamment le traitement d'images, l'apprentissage automatique et les inspections basées sur les UAV dans la maintenance des systèmes PV. L'étude suivante utilise l'algorithme de clustering K-means en tandem avec les techniques Elbow et Average Silhouette pour localiser précisément les zones endommagées dans les champs PV par la segmentation d'images thermiques. Une nouvelle approche introduite plus tard intègre l'algorithme K-means avec le multiplexage par répartition orthogonale de la fréquence (OFDM) sans fil codé pour la détection des défauts dans les systèmes photovoltaïques, ce qui promet des performances remarquables à un coût compétitif. En outre, cette approche a été mise en œuvre sur la carte STM32F4 Discovery afin de valider son adéquation aux applications de systèmes embarqués et de faciliter les tests en temps réel grâce à la simulation du processeur dans la boucle. Plus loin dans ce rapport, une technique innovante émerge qui fusionne le traitement d'images thermiques avec l'algorithme logique flou de Mamdani, atteignant un taux de précision de 98,70% dans la distinction de divers défauts du système PV tels que les points chauds et les ombres. En conclusion, un modèle hybride combinant le réseau neuronal convolutionnel (CNN) avec la machine à vecteurs de support (SVM) est présenté, axé sur la classification des défauts dans les images d'électroluminescence des modules PV et surpassant les méthodes précédentes avec un taux de précision dépassant 99%. Collectivement, ces recherches approfondies contribuent de manière significative à l'amélioration de la fiabilité, à l'augmentation de l'efficacité et au renforcement des mesures de sécurité des systèmes d'énergie solaire.

**Mots clés :** Systèmes Photovoltaïques, Détection de Défauts, K-means, Traitement d'Image thermique, OFDM, Logique Floue Mamdani, Réseau Neuronal Convolutionnel, Machine à Vecteurs de Support, Images d'Électroluminescence.