



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

Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Monsieur AYOUB OUFADEL

Discipline : Image, Parole, Vidéo, Intelligence artificielle et systèmes embarqués
Spécialité : Systèmes énergétiques et Informatique

Sujet de la thèse

Digital transformation and data-driven soft sensors for innovative inspection of solar power plants

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

Thèse présentée et soutenue le **samedi 28 décembre 2024 à 10h** au Centre des Conférences de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès, devant le jury composé de :

NOM ET PRÉNOM	TITRE	ETABLISSEMENT	
Najiba EL AMRANI EL IDRISSI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Président
Ismail BERRADA	PES	Université Mohammed VI polytechnique de Ben guérir	Rapporteur
Farid ABDI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Rapporteur
Abdessalam AIT MADI	MCH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Kenitra	Rapporteur
Kamal ZARED	MCH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Examineur
Hicham GHENNIQUI	PES	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Directeur de Thèse
Aicha ALAMI HASSANI	MCH	Faculté des Sciences et Techniques de Fès	Co-Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : Signaux, Systèmes et Composants

Etablissement : Faculté des Sciences et Techniques de Fès



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

Résumé de la thèse

L'énergie solaire, une source propre, verte et renouvelable, représente une solution clé pour atténuer le changement climatique, réduire la pollution environnementale et diminuer la dépendance énergétique. Cependant, malgré son potentiel, les systèmes d'énergie solaire, tels que les centrales photovoltaïques (PV) et les centrales solaires à concentration (CSP), rencontrent de nombreux défis opérationnels liés à des facteurs environnementaux et techniques. Cette thèse, intitulée « Digital Transformation and Data-Driven Soft Sensors for Innovative Inspection of Solar Power Plants », explore la transformation numérique des processus d'inspection, ainsi que des approches basées sur les données, en mettant particulièrement l'accent sur l'utilisation des "soft sensors" pour améliorer l'inspection, la gestion et la maintenance des centrales solaires, à travers le traitement d'images et des techniques de modélisation des données pour la surveillance en temps réel et la détection des défauts.

L'étude aborde divers défis liés à la maintenance des centrales solaires, tels que l'encrassement, les pertes thermiques et les problèmes de performance électrique, essentiels pour optimiser la production d'énergie. À travers plusieurs études de cas menées sur des sites solaires au Maroc, notamment le campus de l'Université Mohammed VI Polytechnique (UM6P), la station de Missouri et le Green Energy Park (GEP), la thèse propose une analyse complète de l'impact de l'accumulation de poussière sur les miroirs CSP et les panneaux PV, ainsi que des méthodes innovantes pour détecter les fuites thermiques dans les tubes récepteurs des CSP.

Concernant les systèmes CSP, la recherche se concentre sur la modélisation de l'encrassement des miroirs en fonction des données météorologiques et sur le développement d'un système de classification basé sur l'apprentissage automatique pour estimer l'accumulation de poussière. De plus, l'utilisation des "soft sensors" dans les centrales CSP, en particulier durant les cycles thermiques et la gestion des pertes d'énergie, est étudiée. Des investigations expérimentales, réalisées au GEP avec des lentilles de Fresnel et des miroirs paraboliques cylindriques, montrent que les "soft sensors" peuvent modéliser efficacement les flux thermiques et localiser les fuites thermiques, permettant ainsi une production d'énergie stable et une durée de vie prolongée des installations.



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

Pour les systèmes photovoltaïques, l'étude introduit un modèle d'inspection hybride qui intègre les données météorologiques à l'analyse d'images thermiques et RGB afin de détecter des problèmes de performance tels que l'encrassement, l'ombrage et les déconnexions. De plus, la recherche traite de l'optimisation des performances électriques dans les systèmes PV connectés au réseau, en abordant spécifiquement les pertes d'énergie durant les périodes de limitation de courant.

Dans l'ensemble, les résultats démontrent l'efficacité des "soft sensors" basés sur les données pour améliorer le processus d'inspection, réduire les interventions manuelles et optimiser la maintenance des centrales solaires. En intégrant les données des stations météorologiques, les images thermographiques et RGB, ainsi que la technologie avancée des "soft sensors", cette recherche contribue au développement de systèmes solaires plus résilients et efficaces. Ces avancées permettront non seulement de réduire les coûts d'exploitation, mais aussi d'améliorer la fiabilité à long terme, soutenant ainsi la transition mondiale vers les énergies renouvelables.

Mots clés :

Énergie renouvelable, inspection intelligente, capteurs logiciels, photovoltaïque (PV), énergie solaire à concentration (CSP), Big Data, séries temporelles, apprentissage automatique, apprentissage profond, maintenance proactive, Internet des objets (IoT), intelligence artificielle explicable, détection de défauts.