

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

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THESE DE DOCTORAT**

**Monsieur HRAICH Abdellatif**  
**Présentera ses travaux de recherche en vue de l'obtention du Doctorat**



**Formation Doctorale : Sciences Mathématiques-Physique et Nouvelles Technologies (SMPNT)**

**Discipline : Génie Electrique**

**Spécialité : Informatique, Electronique, Énergies Renouvelables**

**Le 28/03/2026 à 10H30 à la Salle de Réunion de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Tétouan, UAE**

**Sous le thème**

**Analyse stochastique et évaluation expérimentale de l'efficacité des systèmes suiveurs solaires pour photovoltaïques intégrés dans un réseau intelligent – Smart Grid**

**Devant le jury composé de :**

<b>Nom et Prénom</b>	<b>Etablissement</b>	<b>Qualité</b>
Pr. MEDOURI Abdellatif	ENSA de Tétouan, UAE	Président
Pr. YOUSFI Driss	ENSA de Oujda, UMP	Rapporteur
Pr. El FADIL Hassan	ENSA de Kénitra, UIT	Rapporteur
Pr. ZBITOU Jamal	ENSA de Tétouan, UAE	Rapporteur
Pr. EL FADAR Abdellah	ENSA de Tanger, UAE	Examinateur
Pr. AYRIR Wiam	ENSA de Kénitra, UIT	Examinatrice
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



Aujourd'hui, nous nous efforçons d'utiliser des sources d'énergie renouvelables dans presque tous les secteurs afin de lutter contre la pollution. Leur conception repose sur un contrôle efficace de la production d'énergie intermittente grâce à une communication bidirectionnelle entre la production et la consommation d'énergie, tout au long de la chaîne de valeur du réseau électrique. Notre objectif principal est de démontrer que le suiveur du soleil qui dispose d'un ou deux degrés de liberté, produit plus d'énergie que les panneaux solaires fixes.

Le suiveur solaire joue un rôle majeur dans l'amélioration de l'efficacité énergétique du système technologique exploitant le solaire ; cependant, l'étude expérimentale de nombreux systèmes de suivi solaire, sous-estime la consommation d'énergie électrique parasite des systèmes internes utilisés, qu'on trouve peu dans la littérature existante. Pour combler ce besoin, cette étude explore de manière expérimentale l'efficacité énergétique de trois systèmes de suivi solaire avec trois types de degrés de liberté (DOF: un seul axe pour degré Elévation (1DOF\_Elev) et l'Azimut (1DOF\_Azim), et deux axes (2DOF), intégrés dans des panneaux photovoltaïques (PVs).

Les trois configurations de suivi solaire sont évaluées et comparées au système fixe (0DOF), en tenant compte à la fois de la production électrique nette du système photovoltaïque étudié et de la consommation énergétique de chaque configuration pendant son fonctionnement. Pour atteindre cet objectif, des matériels (panneaux photovoltaïques, capteurs, microcontrôleur) et des logiciels (Arduino IDE, PhP et MySQL, langages Python et C/C++, Framework Django, base de données) ont été déployés pour créer un prototype équivalent. Les techniques de suivi solaire sont basées sur l'algorithme de position du soleil (calculs astronomiques).

Les différentes données (temps, tension, courant, puissance, azimut et élévation) provenant du microcontrôleur sont stockées en temps réel dans une base de données développée localement. Les résultats ont révélé que le système 2DOF présente un rendement énergétique plus élevé (37,23 %), suivi du système 1DOF\_Azim (12,86 %) et du système 1DOF\_Elev (10,05 %), par rapport au système 0DOF. Dans l'ensemble, cette étude fournit des solutions pour optimiser la production d'énergie photovoltaïque et pourrait être intégrée dans tout appareil alimenté par batterie, afin d'accélérer la recharge de cette dernière de plus de 30 %.

**Mots clés :** Energie solaire ; batterie ; numérisation des données ; efficacité énergétique ; photovoltaïque ; optimisation de l'énergie ; suiveur solaire ; smart Grid