AVIS DE SOUTENANCE D'UNE THESE DE DOCTORAT

Le Directeur de l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées a le plaisir d'informer le public qu'une soutenance de thèse de Doctorat en

«Sciences et ingénierie»

aura lieu le 21/10/2026 à 15H00 à l'ENSA, Kénitra

La Thèse sera présentée par Mme ELMOUSAID RACHIDA

Sous le thème :

Modeling and Forecasting Solar Irradiation Using Artificial Intelligence–Based Approaches

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement
BAHATTI LHOUSSAIN	Président	ENSET, Mohammedia
MOURADI ABDERRAHMAN	Rapporteur	ENS, Tétouan
MEZOUARI ABDELKADER	Rapporteur	EST, Kénitra
LOKRITI ABDESSLAM	Rapporteur	ENSA, Khouribga
EL HAMDAOUY ACHOUR	Examinateur	EST, Kénitra
ELBAKALI ABDELMAJID	Examinateur	Faculté des Sciences, Meknès
ADNANI YOUNES	Co-Directeur de thèse	EST, Kénitra
EL GOURI RACHID	Directeur de thèse	ENSA, Kénitra

UNIVERSITE IBN TOFAIL ★ PÔLE DES ETUDES DOCTORALES ★ KENITRA

Nom et Prénom : ELMOUSAID RACHIDA
Date de soutenance : 21/10/2026
Directeur de Thèse : EL GOURI RACHID

Sujet de thèse :

Modeling and Forecasting Solar Irradiation Using Artificial Intelligence–Based Approaches

Résumé:

La demande mondiale en énergie continue d'augmenter sous l'effet de la croissance démographique et du développement économique, tandis que les préoccupations environnementales et l'épuisement des ressources fossiles accélèrent la transition vers les énergies renouvelables. Parmi celles-ci, l'énergie solaire occupe une place centrale en raison de son abondance et de sa durabilité. Cependant, la variabilité et l'intermittence du rayonnement solaire constituent un défi majeur pour la gestion des systèmes photovoltaïques (PV) et la stabilité du réseau électrique. Dans ce contexte, une prévision précise de l'irradiation globale horizontale (Global Horizontal Irradiance – GHI) est essentielle pour optimiser la production d'énergie et améliorer la planification opérationnelle.

Cette thèse traite le problème de la prévision du GHI à court et ultra-court terme en développant des modèles avancés basés sur l'intelligence artificielle et l'apprentissage profond. La première contribution propose un modèle basé sur les réseaux convolutionnels temporels (Temporal Convolutional Network – TCN). Des configurations univariées et multivariées ont été étudiées et évaluées à l'aide des indicateurs RMSE, MAE et R 2 . Les résultats montrent que le modèle TCN univarié obtient les meilleures performances pour des horizons de prévision de 5 à 20 minutes.

La seconde contribution introduit un modèle hybride GRU-TCN combinant la capacité du GRU à capturer les dépendances temporelles à long terme et celle du TCN à extraire les corrélations multi-échelles. Les résultats expérimentaux démontrent que ce modèle surpasse plusieurs architectures de référence telles que LSTM, GRU et TCN.

Globalement, les résultats confirment l'efficacité des architectures TCN et hybrides GRU-TCN pour la prévision du rayonnement solaire et leur potentiel pour améliorer la gestion des systèmes photovoltaïques et l'intégration des énergies renouvelables au réseau électrique.

Mots-clés : Irradiation Globale Horizontale (GHI), Prévision du Rayonnement Solaire, Apprentissage Profond, Réseau Convolutionnel Temporel (TCN), Modèle Hybride GRU-TCN, Prévision à Court Terme.

Abstract:

Global energy demand continues to increase due to population growth and economic development, while environmental concerns and the gradual depletion of fossil resources are accelerating the transition toward renewable energy systems. Among these resources, solar energy occupies a central position because of its abundance and sustainability.

However, the variability and intermittency of solar radiation represent major challenges for the management of photovoltaic (PV) systems and the stability of the electrical grid. In this context, accurate forecasting of Global Horizontal Irradiance (GHI) is essential to optimize photovoltaic energy production and improve operational planning.

This thesis addresses the problem of short-term and ultra-short-term GHI forecasting through the development of advanced models based on artificial intelligence and deep learning techniques. The first contribution proposes a model based on Temporal Convolutional Networks (TCN). Both univariate and multivariate configurations were investigated and evaluated using standard performance metrics such as Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), and the coefficient of determination R 2 . The results indicate that the univariate TCN model achieves the best performance for forecasting horizons ranging from 5 to 20 minutes.

The second contribution introduces a hybrid GRU–TCN model that combines the ability of the Gated Recurrent Unit (GRU) to capture long-term temporal dependencies with the capability of TCN to extract multi-scale correlations among variables. Experimental results demonstrate that this hybrid model outperforms several benchmark architectures, including LSTM, GRU, and TCN.

Overall, the results confirm the effectiveness of TCN and hybrid GRU–TCN architectures for solar radiation forecasting and highlight their potential to improve photovoltaic system management and facilitate the integration of renewable energy into electrical grids.

Keywords : Global Horizontal Irradiance (GHI), Solar Radiation Forecasting, Deep Learning, Temporal Convolutional Network (TCN), GRU-TCN Hybrid Model, Short-Term Forecasting.