جامعة سيدي محمد بن عبد الله بفاس
UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES
كلية العلوم ظهر المهراز فاس
FACULTE DES SCIENCES DHAR EL MAHRAZ FES

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES
«SCIENCES ET TECHNIQUES ET SCIENCES MÉDICALES »

مركز الدكتوراه « العلوم والتقنيات والعلوم الطبية»

AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr **El Fallah Saad**
Soutiendra : **le Mardi 11/02/2025** à **10H00**
*Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence***

Une thèse intitulée :

«Système de Management de Batterie Basé sur l'Intelligence artificielle »

*En vue d'obtenir le **Doctorat***

*FD : **Sciences des Matériaux et Procédés Industriels***
*Spécialité : **Sciences des matériaux pour l'énergie et l'environnement***

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
REZZOUK Abdellah	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
SABOR Jalal	Ecole Nationale Supérieure des Arts et Métiers, Meknès	PES	Rapporteur & examinateur
GAGA Ahmed	Faculté Polydisciplinaire , Béni-Mellal	MCH	Rapporteur & examinateur
BOSSOUFI Badre	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur & examinateur
MASROUR Rachid	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Examinateur
RAHMOUNI Abdelaali	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examinateur
OUAZZANI Jamil Mohammed	Université Privé de Fès	PES	Co-directeur de thèse
KHARBACH Jaouad	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse

Résumé :

L'estimation précise de l'état de charge (SoC) des batteries lithium-ion est cruciale pour les systèmes de gestion des batteries, notamment dans les véhicules électriques (EV), où une surveillance en temps réel garantit un fonctionnement sûr et fiable. Cette thèse explore diverses approches basées sur des réseaux de neurones pour l'estimation du SoC, en se concentrant principalement sur trois algorithmes : le réseau neuronal profond (DNN), le réseau récurrent à unités gérées (GRU) et la mémoire à long terme (LSTM). Ces modèles ont été entraînés et validés à partir de données collectées en laboratoire sur des batteries lithium-ion 18650 et de simulations réalisées sous Matlab/Simulink pour une cellule de batterie $LiCoO_2$.

Les travaux effectués, dans le cadre de cette thèse, concernent l'amélioration des méthodes d'estimation du SoC en intégrant les effets des variations de température, des profils de courant variable, et du vieillissement des batteries. Le but principal s'attache en particulier à examiner comment ces facteurs influencent la précision des estimations, via une approche basée sur des réseaux de neurones. Ce travail repose sur une analyse comparative entre le SoC mesuré expérimentalement et celui obtenu par simulation, permettant ainsi d'évaluer la capacité des modèles DNN, GRU, et LSTM à s'adapter à différentes conditions de fonctionnement.

L'approche innovante adoptée dans cette thèse se distingue par l'intégration des effets de la température et du vieillissement dans les caractéristiques d'entrée des modèles de réseaux de neurones, offrant ainsi une estimation du SoC plus robuste et précise par rapport aux méthodologies traditionnelles, qui se concentrent principalement sur la tension et le courant. Les résultats montrent que le modèle DNN, implémenté avec des fonctions d'activation personnalisables et une architecture flexible, surpasse les modèles GRU et LSTM en termes de précision, démontrant son potentiel pour améliorer la gestion des batteries dans les applications de véhicules électriques.

Mots clés :

État de charge, Batterie lithium-ion, Véhicule électrique, Apprentissage profond, Apprentissage automatique, Réseau neuronal GRU, Réseau neuronal LSTM, Système de gestion de batterie, Réseau neuronal Feed-Forward.

UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN ABDELLAH DE FES
FACULTE DES SCIENCES DHAR EL MAHRAZ FES

CENTRE D'ETUDES DOCTORALES
«SCIENCES ET TECHNIQUES ET
SCIENCES MÉDICALES »

مركز الدكتوراه « العلوم والتقنيات
والعلوم الطبية»

BATTERY MANAGEMENT SYSTEM BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Abstract :
Accurate state of charge (SoC) estimation of lithium-ion batteries is crucial for battery management systems, especially in electric vehicles (EVs), where real-time monitoring guarantees safe and reliable operation. This thesis explores various neural network-based approaches to SoC estimation, focusing mainly on three algorithms: Deep Neural Network (DNN), Gated Recurrent Unit (GRU) and Long Short Term Memory (LSTM). These models were trained and validated using laboratory data collected on 18650 lithium-ion batteries and Matlab/Simulink simulations for a $LiCoO_2$ battery cell.

The work carried out in this thesis concerns the improvement of SoC estimation methods by integrating the effects of temperature variations, variable current profiles and battery ageing. The main aim is to examine how these factors influence estimation accuracy, using a neural network approach. This work is based on a comparative analysis between the experimentally measured SoC and that obtained by simulation, enabling us to assess the ability of the DNN, GRU and LSTM models to adapt to different operating conditions.

The innovative approach adopted in this thesis is distinguished by the integration of temperature and aging effects into the input characteristics of the neural network models, offering a more robust and accurate SoC estimation compared to traditional methodologies, which focus mainly on voltage and current. The results show that the DNN model, implemented with customizable activation functions and a flexible architecture, outperforms the GRU and LSTM models in terms of accuracy, demonstrating its potential for improving battery management in electric vehicle applications.

Key Words :
State of charge, Lithium-ion battery, Electric vehicle, Deep learning, Machine learning, GRU neural network, LSTM neural network, Battery management system, Feed-forward neural network.