



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

## Avis de Soutenance

# THESE DE DOCTORAT

Présentée par

**Madame HOUDA BOUHAREB**

Discipline : Systèmes embarqués  
Spécialité : Energies renouvelables

Sujet de la thèse

**Développement des nouvelles stratégies pour estimation niveau de charge batterie lithium (Battery management system)**

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

Thèse présentée et soutenue **le samedi 21 décembre 2024 à 10h30** à l'Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès, devant le jury composé de :

| NOM ET PRÉNOM             | TITRE | ETABLISSEMENT                                      |                    |
|---------------------------|-------|--|--------------------|
| Nabil KABBAJ              | PES   | Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès         | Président          |
| Ismail LAGRAT             | PES   | Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Kenitra | Rapporteur         |
| Mohammed SABBANE          | PES   | Faculté des Sciences de Meknès                     | Rapporteur         |
| Ismail BOUMHIDI           | PES   | Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès         | Rapporteur         |
| Amine YAZIDI              | PES   | Université de Picarde Jules Verne France           | Examineur          |
| Houcine CHAFOUK           | PES   | ESIGELEC Ecole d'Ingénieurs Généralistes France    | Examineur          |
| Chakib EL BEKKALI         | PES   | Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès         | Examineur          |
| Kouider-Nacer M'SIRDI     | PES   | Ecole Polytech Marseille                           | Examineur          |
| Mohammed OUDGHIRI BENTAIE | MCH   | Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès     | Directeur de Thèse |

Laboratoire de recherche : laboratoire Ingénierie, Systèmes et Applications  
Etablissement : Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès



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

**Résumé de la thèse**

Les batteries Lithium-ion se sont imposées comme la technologie de référence dans le parc automobile des véhicules électriques (EVs) et des véhicules hybrides (HEVs) en raison de leurs densités énergétiques et de puissance élevées, leur longue durée de vie et leur faible taux d'autodécharge. La batterie représente l'élément principal de toute voiture électrique ou hybride. Pour des raisons de sécurité et de fiabilité, le pack de batterie doit être surveillé et contrôlé avec précision. D'où la nécessité d'un système de gestion de batterie (BMS) efficace et fiable. Un système de gestion de batterie assure pilotage, control et surveillance continus et précis du pack de batterie en question. L'estimation optimale, affinée et temps réels des états internes de la batterie, notamment l'état de charge (SOC), l'état de santé (SOH) et l'état thermique (TS), est parmi les tâches primordiales du BMS. La présente thèse se focalise sur le développement et la mise en œuvre de nouvelles stratégies assurant un fonctionnement sécurisé et optimal des batteries Lithium-ion. Prenant en considération la dépendance entre les états internes de la batterie et la variation température, une batterie LMO a été simulée sur COMSOL Multiphysiques sous différentes conditions d'essais. De plus, les données expérimentales nécessaires en été généré à partir du modèle de batterie COMSOL réalisé, pour développer à cette base un modèle de batterie électrothermique amélioré à circuits équivalents (EET-ECM), combinant un modèle de batterie à circuits équivalents de deux blocs RC (2RC-ECM) et un modèle de batterie thermique à deux états (TSM). Ses paramètres ont été estimés en utilisant la méthode des moindres carrés récursifs (RLS). L'estimation jointe du SOC, de la température au cœur et de surface de la batterie est réalisée par un observateur en mode glissant.

Pour remédier aux lacunes des méthodes d'estimation préalablement étudiées en littérature, cette étude propose une approche d'estimation conjointe avancée qui intègre un filtre de Kalman adaptatif à Points Sigma (ASPKF) avec un 2RC-ECM. Le système développé estime non seulement l'état de charge de la batterie, mais identifie également de manière dynamique les paramètres du modèle de la batterie en temps réel. Une stratégie améliorée combinant la méthode des moindres carrés récursifs à facteur d'oubli (FFRLS) avec un observateur de mode glissant non linéaire adaptatif (AN-SMO) est considéré pour estimer conjointement les paramètres du modèle de batterie 2RC-ECM et l'état de charge SOC. Des données expérimentales fiables et robustes, acquis à partir de simulations de dynamique des fluides numérique (CFD) COMSOL et de l'université McMaster à Hamilton, Ontario, Canada



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

réalisées par Dr. Phillip Kollmeyer, sont utilisées pour valider et tester l'efficacité des méthodes proposées dans cette thèse.

**Mots-clés:** Batteries Lithium-ion, véhicules électriques (EVs), état de charge (SOC), filtre de Kalman adaptatif à Points Sigma (ASPKF), méthode des moindres carrés récurrents à facteur d'oubli (FFRLS), observateur de mode glissant non linéaire adaptatif (AN-SMO).