

Appel à candidature

Thèse de doctorat : Apprentissage Profond pour l'Optimisation des Batteries des Véhicules Électriques

Résumé de thèse :

Avec l'essor des plateformes de calcul ultra-performantes comme les GPU dans le Edge Computing et le big data, l'apprentissage profond (Deep Learning - DL) est devenu un levier majeur en intelligence artificielle (IA). Son potentiel est particulièrement prometteur pour optimiser l'utilisation des batteries dans les véhicules électriques, un domaine clé pour la transition énergétique.

La motorisation électrique s'impose aujourd'hui comme une solution incontournable pour réduire les émissions de CO₂. Au cœur de cette révolution, les batteries lithium-ion (Li-ion) offrent une densité énergétique élevée. Toutefois, pour garantir une durée de vie plus importante, il est essentiel de surveiller leur état de santé (State of Health - SOH) en temps réel.

Cette thèse propose une approche innovante basée sur le DL pour améliorer la précision de l'estimation du SOH des batteries. Elle se déroulera en deux phases :

- Analyse des algorithmes existants en ML pour identifier leurs forces et leurs limitations. Une attention particulière sera portée à l'impact des jeux de données, à leurs caractéristiques et à l'optimisation des hyperparamètres.
- Développement de nouveaux algorithmes de Deep Learning indépendants du constructeur, visant une précision supérieure à 90 %.

Ce projet représente une opportunité unique d'explorer l'IA de contribuer à l'avenir des véhicules électriques et de l'écologie. Vous souhaitez relever ce défi technologique et apporter votre expertise en data science, machine learning et développement IA ? Rejoignez-nous !

Mots clés : Data-Driven, Intelligence artificielle, Machine learning, Deep learning, Données temps réel, Qualité des données, Diagnostique, SOH - State of Health.

- **Directeurs de thèse :** Pr Smail NIAR et Pr Abdessamad Ait El Cadi
- **Co-Encadrants de thèse :** Dr Mohamed Amine BOUDIA et Dr Hamza OUARNOUGHI
- **Laboratoire :** LAMIH UMR CNRS 8201 : Laboratoire d'Automatique de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines
- **Département :** Informatique
- **Durée :** 36 mois
- **Rémunération :** approximativement 36 750,00 euro brute / an
- **Lieu de travail :** Bâtiment JONAS, campus Mont Houy, Valenciennes

A- Éléments de Candidature :

1. CV détaillé comprenant votre expérience et vos connaissances professionnelles pertinentes,
2. Lettre de motivation et d'intérêts pour la recherche (avec les coordonnées d'au moins deux personnes de référence), expliquant votre intérêt pour la thèse et vos perspectives scientifiques.
3. Copie du ou des certificats et relevés de notes universitaires de vos établissements universitaires antérieurs.

4. (Optionnel) Publications ou projets significatifs réalisés en lien avec le sujet.

Veillez envoyer ces documents à l'adresse suivante :

- Objet : [D2R/ thèse doctorat]
- Email : smail.niar@uphf.fr, Abdessamad.Aitelcadi@uphf.fr , mohamedamine.boudia@uphf.fr, Hamza.Ouarnoughi@uphf.fr

B- Profil recherché :

- Diplôme de Master 2 ou équivalent (ou dernière année d'école d'ingénieur) en Informatique, Data Science, Intelligence Artificielle ou domaine connexe.
- Compétences techniques : Programmation en Python (bibliothèques : TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn).
- Connaissances solides en apprentissage automatique (machine learning) et apprentissage profond (deep learning).

C- Qualités personnelles :

- Autonomie, curiosité scientifique, et goût pour la recherche appliquée
- Aptitude à travailler en collaboration avec une équipe multidisciplinaire

D- Date limite de candidature :

Les candidatures seront examinées au fil de l'eau, mais pour maximiser vos chances, veuillez envoyer votre dossier avant le 30 avril 2025.

Le département Informatique du laboratoire LAMIH lance un appel à candidature pour un doctorant souhaitant participer à un projet de recherche dans le cadre du projet D2R intitulé "Estimation de l'État de Santé des Batteries par Apprentissage Profond Data-Driven". Ce projet passionnant vise à développer des modèles d'apprentissage profond pour évaluer et prédire l'état de santé des batteries en utilisant des données complexes.

1- Présentation du LAMIH :

Le Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique Industrielles et Humaines (LAMIH) est une unité mixte de recherche entre l'Université Polytechnique Hauts de France (UPHF) et le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS). Spécialisé dans le domaine du transport et de la mobilité humaine, le LAMIH UMR CNRS 8201 joue un rôle essentiel dans la recherche liée aux véhicules non polluants, au transport intelligent, à l'aide à la conduite, à l'écoconduite, à l'allègement des structures, à la logistique des transports, à la mobilité pour tous et à la mobilité intelligente.

Voici quelques points clés sur le LAMIH UMR CNRS 8201 :

1. **Pluridisciplinaire et reconnu** : Le LAMIH est un laboratoire pluridisciplinaire qui excelle dans les domaines du transport et de la mobilité. Il se concentre sur des sujets tels que les véhicules respectueux de l'environnement, le transport intelligent, l'aide à la conduite et la logistique des transports.
2. **Organisation en 4 départements** : Le laboratoire est structuré en quatre départements :
 - Automatique
 - Informatique
 - Mécanique
 - Sciences de l'Homme et du Vivant (SHV)
3. **Membre de la Fédération de Recherche du CNRS Transports Terrestres & Mobilité (FR 3733)** : Le LAMIH UMR CNRS 8201 est un acteur clé de la recherche dans ce domaine et co-dirige la Fédération de Recherche du CNRS Transports Terrestres & Mobilité.
4. **Partenaire du développement de l'IRT Railenium** : En plus de sa collaboration avec le CNRS, le LAMIH est un partenaire privilégié du développement de l'IRT Railenium, contribuant ainsi à l'innovation dans le secteur ferroviaire.
5. **Label Carnot et membre de l'Institut Carnot ARTS** : Grâce à sa recherche partenariale d'excellence, le LAMIH

2- Description du projet :

Le projet D2R permettra de développer des activités de recherche, d'innovation et de formation sur le territoire du Nord Pas de Calais pour les acteurs du secteur de la mobilité électrique.

Les investissements et les activités liées à la modélisation des comportements thermiques, électriques, au diagnostic, apporteront une avance technologique importante au secteur, permettant ainsi de développer le leadership de la filière en Hauts de France. Le projet D2R peut donc répondre aux enjeux du Schéma Régional de Développement Economique, d'Innovation et d'Internationalisation (SRDEII)

Le projet s'inscrit aussi dans la feuille de route REV3 et la feuille de route Economie Circulaire des Hauts-de-France, en contribuant directement à l'émergence d'une filière d'avenir innovante, avec création de richesse et d'emplois. Le projet permettra de :

- Proposer une mobilité décarbonée à l'ensemble des citoyens, par une gestion optimisée des batteries,
- Préserver les ressources grâce à l'allongement de la durée d'utilisation, sur le territoire, et la proposition des solutions de réemploi adaptées à l'état de santé de la batterie,

Développer des nouveaux modes d'usage par le déploiement de service de réparation, régénération, réutilisation.

Le projet D2R (Diagnostic, Réparation et Réutilisation) répond aux défis majeurs liés à la transition vers une mobilité électrique durable. Il se concentre sur le développement de solutions innovantes pour diagnostiquer, réparer et réutiliser les batteries des véhicules électriques. En raison des verrous technologiques et réglementaires imposés par les constructeurs, ce projet vise à proposer une approche indépendante et standardisée adaptée aux besoins des réparateurs multi-marques et des acteurs de l'économie circulaire.

Défis et enjeux du projet :

- Diagnostic indépendant : Développer des outils capables d'évaluer avec précision l'état de santé (State of Health, SOH) des batteries, en l'absence des données propriétaires fournies par les constructeurs.
- Réparation accessible : Rendre possible la réparation des batteries défectueuses grâce à des méthodologies standardisées, tout en réduisant les coûts et les délais d'intervention.
- Réutilisation et seconde vie : Explorer de nouvelles opportunités pour offrir une seconde vie aux batteries usagées (par exemple, comme stockage stationnaire), en favorisant une économie circulaire performante.
- Le projet est structuré en différents lots de travail pour aborder ces défis de manière globale et coordonnée. Chaque lot traite un aspect clé du cycle de vie des batteries.

3- Sujet de la thèse :

Les travaux envisagés dans le cadre de cette thèse sont très importants pour la réalisation des objectifs finaux du projet D2R. La thèse vise en effet à développer un process de calcul générique du SOH. Cette thèse s'inscrit dans le cadre du lot 1 « Étude générale des batteries », tâche 4 « Développement des outils pour l'estimation du SOH ».

La thèse utilisera les résultats et les données produits par la tâche 2. « Modélisation numérique des batteries ». Elle sera en effet basée sur les données collectées sur le banc d'essai et validera les modèles numériques de cette tâche.

Enfin le thésard participera dans la Tâche 3. « Banc d'essais de validation des modèles et de diagnostic SOH » pour la définition d'un protocole expérimental pour l'étude du vieillissement des batteries.

L'objectif principal de cette thèse est de développer des approches basées sur l'apprentissage profond et les méthodes data-driven pour estimer de manière précise et robuste l'état de santé (State of Health - SOH) des batteries des véhicules électriques.

La thèse vise à :

- Identifier et lister les méthodes data-driven pour le calcul des pertes et du vieillissement.
- Effectuer une comparaison des méthodes existantes au niveau besoin de calcul et occupation mémoire des différents algorithmes.
- Détermination des caractéristiques de la batterie les plus importantes pour le calcul du SOH, comme la température, la tension, le courant, l'âge de la cellule ou du pack batterie.

Au niveau du LAMIH, plusieurs thèses ont été réalisées sur l'utilisation des approches IA pour l'estimation et la prédiction des performances des systèmes. Dans la thèse d'Ismet Chaib-Draa [Chaib-Draa2018] de nouvelles techniques utilisant les réseaux de neurones ont été mises au point pour l'optimisation de la consommation d'énergie dans les plateformes mobiles. Cette thèse a été réalisée en coopération avec Intel corp. L'originalité des techniques que nous avons mis-au-point est qu'elles prennent en compte d'un côté l'important flux de données issu de la multitude de capteurs existants dans les systèmes mobiles à faible ressource de calcul et de l'autre côté les besoins et les habitudes de l'utilisateur. Des algorithmes IA ont été utilisés pour obtenir un compromis entre les opportunités de réduction de la consommation de l'énergie et la satisfaction de l'utilisateur.

Dans la thèse de Halima Bouzidi [Bouzidi2024] [Bouzidi2022] des méthodes innovantes qui élargissent les cadres traditionnels de la conception de algorithmes de DL ont été développées. Ces méthodes intègrent les caractéristiques contextuelles de la plateforme matériel support et l'environnement externe d'exécution. Nous avons développé par ailleurs des techniques d'estimation des performances des algorithmes IA sur les plateformes matérielles légères et mobiles en utilisant des méthodes basées sur l'IA. Grâce aux techniques et algorithmes IA proposés, il est possible d'estimer rapidement et précisément le temps d'exécution, la consommation énergétique et l'occupation mémoire d'une application IA sur une plateforme informatique embarquée. Le cas d'étude qui a été utilisé dans cette thèse est le véhicule autonome.

La thèse de doctorat proposée dans le cadre du projet D2R, utilisera les méthodes développées dans les deux thèses. Ces méthodes seront appliquées et adaptées au cas de l'estimation du SOH au niveau cellule et pack des batteries pour véhicules électriques.

Le programme de travail avec les livrables et l'échéancier prévisionnel

Le programme de travail avec l'échéancier :

- a) T0 à T12 :
 - État de l'art sur les méthodes IA/DL pour l'estimation du SOH
 - Analyse et organisation des résultats de la tâche "Modélisation numérique des batteries"
 - Définition de l'environnement de développement des algorithmes : TensorFlow, PyTorch, etc.
 - Squelette de la méthodologie générique de calcul SOH

b) T12 à T24 :

- Développer un algorithme de calcul SOH avec les données récupérées du banc d'essai.
- Détermination des caractéristiques (features), déterminer les corrélations entre les valeurs paramètres.
- Développement d'une approche à base de modèle pour la détermination du SOH.

c) T24 à T36

- Entraînement des modèles deep learning pour l'estimation du SoH
- Interprétation du SOH en durée de vie restante
- Tests et comparaison des résultats des modèles de prédiction du SoH avec les tests réalisés sur le banc d'essai.
- Correction des modèles
- Détermination des scénarios où la modélisation est précise.
- Détermination des scénarios où la modélisation n'est pas précise. Les pistes pour améliorer nos solutions.

Les livrables

- T12 : Publication, « Classification et comparaison des méthodes existantes basées sur les donnée »
- T36 : Code « Estimation du SOH par une méthode basée sur l'apprentissage profond data-driven».
- T36 : Rapport de fin de thèse.

Bibliographie :

1. [Benmezaine2023] Hadjer Benmezaine, Hamza Ouarnoughi, Kaoutar El Maghraoui, Smaïl Niar: Multi-objective Hardware-aware Neural Architecture Search with Pareto Rank-preserving Surrogate Models. ACM Trans. Archit. Code Optim. 20(2): 29:1-29:21 (2023)
2. [Bouzidi2022] H. Bouzidi, H .Ouarnoughi, S.Niar, A.Ait-El-Kadi. (2022). Performances Modeling of Computer Vision-based CNN on Edge GPUs. ACM Transactions on Embedded Computing Systems. Vol. 21/2022, pp 1-33.
3. [Bouzidi2024] Halima Bouzidi « Vers un Déploiement Efficace des Réseaux de Neurones Profonds sur les Dispositifs Matériels pour l'IA en Edge », Thèse de doctorat, UPHF/LAMIH, 2024.
4. [Chaib-Draa2018] Ismet Chaib-Draa, « Optimisation de la consommation d'énergie des systèmes mobiles par l'analyse des besoins de l'utilisateur via l'application d'IA et fouille de données », Thèse de doctorat, UPHF/LAMIH, 2018.
5. [Chaib-Draa2019] Ismat Chaib Draa, Smaïl Niar, Emmanuelle Grislin-Le Strugeon, Morteza Biglari-Abhari, Jamel Tayeb: ENOrMOUS: ENergy Optimization for MOBILE platform using User needS. Journal of System Architecture. 97: 320-334 (2019)
6. [Boudia 2023] Boudia, M. A. (2023, October). Evaluate the Training Set: is it necessary? A theoretical Presentation of Y_Measure: New Metric for Evaluating Training Sets for Supervised Classification. In 2023 IEEE International Conference on Networking, Sensing and Control (ICNSC) (Vol. 1, pp. 1-6). IEEE.

