



[English version below]

Thèse CIFRE : Analyse et modélisation du vieillissement des batteries Li ion à l'aide de l'intelligence artificielle

Contexte

Dans le contexte de la transition énergétique, les systèmes de stockage par batterie jouent un rôle de plus en plus important aussi bien pour la mobilité électrique que pour les applications stationnaires. Le Groupe EDF s'est positionné comme un acteur important en France et dans le monde dans ce domaine grâce à de nombreux projets de stockage développés et exploités par ses filiales.

Le sujet du vieillissement des batteries Li ion est un sujet technologique majeur sur lequel la R&D d'EDF travaille depuis de nombreuses années. Ces travaux s'appuient notamment sur un riche historique de données expérimentales collectées sur des dizaines de références de cellules commerciales distinctes pour un total de près de 15000 tests individuels effectués dans les laboratoires de la R&D d'EDF. Ces données de type séries temporelles sont centralisées sur un datalake à partir duquel des traitements de données peuvent être effectués avec des outils adaptés au contexte big data. Aujourd'hui ces données sont entre autres utilisées pour construire des modèles de vieillissement analytiques mais qui n'exploitent qu'une petite partie des données collectées.

Objectifs

L'objectif de cette thèse est de renforcer à la fois notre compréhension du vieillissement des batteries Li ion et notre capacité à le modéliser grâce à l'intelligence artificielle. Plus particulièrement, cette thèse se donne comme double objectif d'utiliser les approches de Machine Learning afin :

1. D'exploiter toute la diversité de la base de données expérimentale pour mettre en lumière de **nouveaux liens entre causes et conséquences du vieillissement**.
2. De concevoir et tester de **nouveaux modèles de vieillissement basés sur l'IA**, permettant d'apporter un avantage par rapport aux modèles analytiques classiques. Cela pourrait par exemple correspondre au développement de modèles légers, embarquables et adaptatifs, mettant à jour leurs paramètres de manière continue, à mesure que les nouvelles données arrivent. Un des objectifs finaux est d'optimiser les performances et la durée de vie des batteries en fonction des conditions spécifiques d'utilisation.



Organisation

Cette thèse CIFRE sera co-encadrée par EDF R&D et le laboratoire ICube-CNRS de l'INSA Strasbourg :

- Au sein de la R&D d'EDF, des experts des départements Laboratoire des Matériels Electriques (LME) et Services, Economie, Questions hUmaines, Outils innovants et IA (SEQUOIA) seront mobilisés pour apporter la double compétence batteries et science des données.
- Au sein du laboratoire ICube qui est sous la tutelle du CNRS, l'Université de Strasbourg, l'ENGEES et l'INSA Strasbourg. Il rassemble deux communautés scientifiques à parts égales, à l'interface entre le monde numérique et le monde physique, ce qui lui confère une configuration unique. Ce laboratoire, avec près de 650 membres, est une force majeure de la recherche à Strasbourg, axée sur des domaines tels que l'ingénierie pour la santé, l'environnement et le développement durable. Le suivi de la thèse se fera conjointement par les équipes SDC et EM3. L'équipe SDC (Science de Données et Connaissances) et EM3 (Équipe Modélisation, Méthodes et Méta-modélisation) du laboratoire ICube se consacrent à l'exploration et à l'exploitation des données pour extraire des connaissances applicables dans divers domaines scientifiques et industriels. L'équipe SDC se spécialise dans la fouille de données, l'apprentissage automatique et la modélisation des connaissances, en développant des techniques innovantes pour analyser de grandes quantités de données complexes. L'équipe EM3 se concentre sur la modélisation mathématique et la méta-modélisation, en créant des méthodes avancées pour la simulation et l'optimisation de systèmes complexes. Ensemble, ces équipes contribuent de manière significative à l'avancement des connaissances et des technologies dans le domaine du stockage de l'énergie piloté par l'IA.

Le ou la doctorant(e) sera accueilli(e) à la fois dans le centre EDF Lab Les Renardières (accessible en transport en commun depuis Paris Gare de Lyon et en navette entreprise depuis les villes alentours) et à l'INSA Strasbourg, avec un rythme qui sera à définir.

Profil souhaité

Etudiant(e) titulaire d'un diplôme d'ingénieur ou d'un Master 2 avec une spécialisation en Machine Learning ou génie électrique avec un mineur en science de données.

Idéalement, le ou la candidat(e) aura débuté avec une formation d'ingénieur(e) généraliste ou une formation initiale en chimie, physique, électrochimie, science des matériaux ou informatique.



Un intérêt fort pour le domaine des batteries est indispensable et une première expérience sur ce sujet serait un plus.

Note : une seconde thèse sur l'IA et le vieillissement des batteries à EDF R&D avec un périmètre complémentaire à celle-ci sera publiée prochainement.

Candidatures : <https://www.edf.fr/edf-recrute>

Contact : emeric.brun@edf.fr / tedjani.mesbahi@insa-strasbourg.fr



CIFRE PhD offer: Analysis and modeling of the ageing of Li ion batteries using artificial intelligence.

Context

In the context of the energy transition, battery storage systems are playing an increasingly important role for both electric mobility and stationary applications. The EDF Group has positioned itself as a major player both in France and worldwide in this field, thanks to numerous storage projects installed and operated by the EDF Group.

The subject of ageing of Li ion batteries is a major technological issue on which EDF's R&D has been working for many years. This work is based in particular on a rich history of experimental data collected on dozens of distinct commercial cell references for a total of nearly 15,000 individual tests carried out in EDF's R&D laboratories. These time series data are centralized on a datalake from which data processing can be carried out with tools adapted to the big data context. Today these data are, among other things, used to build analytical ageing models, but these models only exploit a small portion of the collected data today.

Objectives

The objective of this thesis is to strengthen both our understanding of the ageing of Li ion batteries and our ability to model it by using artificial intelligence. In particular, this thesis sets itself the double objective of using machine learning approaches in order to:

1. Exploit all the diversity of the experimental database to **highlight new links between causes and manifestations of ageing.**
2. Design and test **new AI-based ageing models** that would bring an advantage compared to classical analytical models. This could for example correspond to the development of light, embeddable and adaptive models, updating their parameters continuously, as new data arrives. One of the final objectives is to optimize the performance and lifespan of batteries according to specific usage conditions.

Organization

This CIFRE thesis will be co-supervised by EDF R&D and the ICube-CNRS laboratory of INSA Strasbourg:

- Within EDF R&D, experts from the Electrical Equipment Laboratory (Laboratoire des Matériels Electriques - LME) and the Services, Economy, Human Questions, Innovative Tools and AI (Services, Economie, Questions hUmaines, Outils



innovants et IA - SEQUOIA) departments will be mobilized to provide both battery and data science expertise.

- The ICube laboratory, which is joint laboratory bringing together the CNRS, the University of Strasbourg, ENGEES and INSA Strasbourg. It brings together two scientific communities in equal parts, at the interface between the digital world and the physical world, which gives it a unique configuration. This laboratory, with nearly 650 members, is a major force in research in Strasbourg, focused on areas such as engineering for health, the environment and sustainable development. The monitoring of the thesis will be jointly carried out by the SDC and EM3 teams. The SDC (Data Science and Knowledge - Science de Données et Connaissances) and EM3 (Modeling, Methods and Meta-modeling - Équipe Modélisation, Méthodes et Méta-modélisation) teams of the ICube laboratory are dedicated to the exploration and exploitation of data to extract knowledge applicable in various scientific and industrial fields. The SDC team specializes in data mining, machine learning and knowledge modeling, developing innovative techniques to analyze large amounts of complex data. The EM3 team focuses on mathematical modeling and meta-modeling, creating advanced methods for the simulation and optimization of complex systems. Together, these teams contribute significantly to the advancement of knowledge and technologies in the field of AI-driven energy storage.

The PhD student will be working both at the EDF Lab Les Renardières (accessible by public transport from Paris Gare de Lyon and by company shuttle from the surrounding towns) and at INSA Strasbourg.

Desired profile

Students with an engineering degree or a Master 2 with a specialization in Machine Learning or electrical engineering with a minor in data science.

Ideally, the candidate will have a general engineering degree or an initial training in chemistry, physics, electrochemistry, materials science or computer science.

A strong interest in the field of batteries is essential and a first experience on this subject would be a plus.

Note: a second thesis on AI and battery ageing at EDF R&D with a scope complementary to this one will be published soon.

Applications : <https://www.edf.fr/edf-recrute>

Contact : emeric.brun@edf.fr / tedjani.mesbahi@insa-strasbourg.fr