



Sujet de thèse :

## Estimation de l'État de Santé de Batteries de véhicules électriques

*Mots-clés* : Batteries, Modélisation, Observation, Estimation, Diagnostic, Data driven

*Laboratoire* : LAMIH, département Automatique

*Etablissement* : UPHF / INSA Hauts de France (à Valenciennes)

*Directeurs de thèse* :

Sébastien Delprat ([sebastien.delprat@uphf.fr](mailto:sebastien.delprat@uphf.fr)) et Jimmy Lauber ([jimmy.lauber@uphf.fr](mailto:jimmy.lauber@uphf.fr))

### I. Sujet de recherche et contexte scientifique

La thèse s'inscrit dans le cadre du projet D2R (Diagnostic/Réparation/Réutilisation des packs batteries V.E et de leurs sous-ensemble) réalisé en partenariat avec la société Mobivia, leader européen de l'équipement, de l'entretien et de la réparation automobile, qui compte une dizaine de marques. Dans le contexte de l'essor des motorisations électriques dans les véhicules qui s'est avéré être un moyen efficace pour réduire les émissions CO<sub>2</sub>. Les batteries lithium-ion (Li-ion) sont considérées comme le principal moyen de stockage d'énergie pour les véhicules électriques en raison de leur densité énergétique élevée et de leur longue durée de vie. Pour maintenir des conditions de fonctionnement sûres, efficaces et stables du système de batterie, il est important de surveiller l'état de la batterie, en particulier son état de santé (ou SOH State of Health).

La problématique de l'estimation du SOH est relativement difficile car elle nécessite d'étudier le comportement du pack de batterie sur de très longues durées (le SOH a une évolution très lente, de l'ordre de grandeur la durée de vie du véhicule).

Dans le contexte du projet, il est envisagé de proposer des outils adaptables « facilement » et rapidement à des différents véhicules (différents constructeurs, différents modèles de pack). Le recueil de données expérimentales sur de très grandes durées et un grand nombre de modèles de pack de batterie différents n'étant pas envisageable, cette thèse propose d'utiliser des approches à base de modèles, permettant de paramétrer différents algorithmes (estimations

du SOC, caractérisation de cellules, etc.) sur la base d'un petit nombre de mesures réalisables dans un contexte industriel.

L'approche retenue consiste à construire un modèle de cellule et de pack de batteries, de type boîte grise, dont les paramètres sont facilement identifiables à partir d'essais de relativement courte durée et simple à mettre en place (typiquement mesure courant-tension-température) dans différents cas d'usage. Des données fournies par notre partenaire Mobivia seront disponibles dès le début de la thèse et un banc d'essais batterie dédié sera prochainement disponible au LAMIH (début 2026) pour répondre à nos besoins.

Les travaux de recherche seront réalisés au sein du département d'Automatique du LAMIH qui dispose d'une longue expérience dans la recherche sur les véhicules électrifiés. On peut citer par exemple les premiers travaux sur les véhicules hybrides réalisés avec Stellantis (PSA Peugeot-Citroën) en 1996 [1] jusqu'à la commande de bateaux hybrides à piles à combustibles [2] dans le cadre d'un projet Interreg (ISHY 2019-24). Dans le cadre des projets CPER successifs autour du transport, le département Automatique a développé de nombreuses plateformes expérimentales d'envergure (plateforme énergétique et banc dynamométrique (cf. Figure 1), véhicule hybride etc.) qui ont permis d'acquérir une connaissance fine du comportement des véhicules électrifiés, de la mesure embarquée sur véhicule expérimental, etc. Par exemple, une stratégie de commande a été validée sur 16 000km de données de roulage enregistrées sur véhicule réel [3].

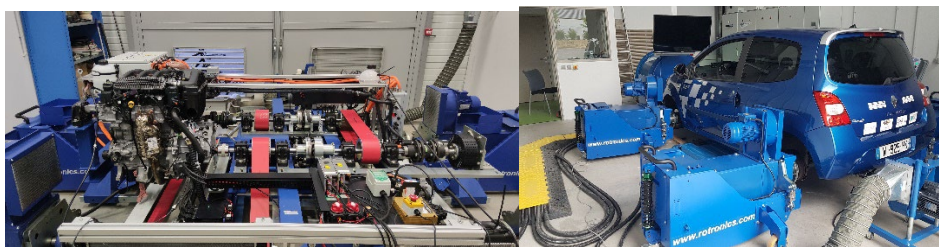


Figure 1 : Plateforme énergétique (gauche) et banc dynamométrique (droite) du LAMIH

Du point de vue plus théorique, le département d'Automatique est reconnu internationalement pour ses compétences dans le domaine de la commande des systèmes non linéaires, et plus spécifiquement des approches quasi-LPV [4], [5]. Cette approche permet de formuler, de manière exacte, une dynamique non linéaire comme la somme convexe de sous-systèmes linéaires. L'étude de la stabilité, stabilisation et observation repose sur l'utilisation de fonctions de Lyapunov, quadratiques ou non. L'intérêt de cette approche est qu'il est possible



de prendre en compte de nombreuses spécificités, comme par exemple, des systèmes à événement discrets [5], des saturations sur la commande [6], des mesures aperiodiques [7], etc.

## Profil recherché

Les candidats doivent être titulaires d'un Master ou équivalent en automatique ou dans un domaine similaire, avec une solide formation théorique et un intérêt marqué pour la théorie du contrôle ou de l'estimation. Des connaissances sur les batteries et leurs différentes technologies, et l'automobile sont un plus (Projets, TP, stages...). Les candidats intéressés sont invités à envoyer leur CV ainsi que les relevés de notes de niveau Bac+3 à Bac+5 aux responsables de la thèse ([sebastien.delprat@uphf.fr](mailto:sebastien.delprat@uphf.fr) et [jimmy.lauber@uphf.fr](mailto:jimmy.lauber@uphf.fr)).

*Date de début escomptée* : Septembre 2025

*Salaire Mensuel Net* : environ 1800€

## Références

- [1] G. Paganelli, T. Guerra M., J. Santin J, A. Noël, M. Delhom, et E. Combes, « Single shaft parallel hybrid car powertrain : modelisation and control », présenté à IEEE ACVS 98, janv. 1998.
- [2] C. Armenta, S. Delprat, R. R. Negenborn, A. Haseltalab, J. Lauber, et M. Dambrine, « Computational Reduction of Optimal Hybrid Vehicle Energy Management », *IEEE Control Systems Letters*, vol. 6, p. 25-30, 2022, doi: 10.1109/LCSYS.2020.3046609.
- [3] S. Delprat et M. Riad Boukhari, « Reducing the Computation Effort of a Hybrid Vehicle Predictive Energy Management Strategy », *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 70, n° 7, p. 6500-6513, juill. 2021, doi: 10.1109/TVT.2021.3082624.
- [4] S. Delprat, J. Álvarez, M. Sánchez, et M. Bernal, « A Tighter Exact Convex Modeling for Improved LMI-Based Nonlinear System Analysis and Design », *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, vol. 29, n° 9, p. 2819-2824, sept. 2021, doi: 10.1109/TFUZZ.2020.3005345.
- [5] F. Viadero-Monasterio, A.-T. Nguyen, J. Lauber, M. J. L. Boada, et B. L. Boada, « Event-Triggered Robust Path Tracking Control Considering Roll Stability Under Network-Induced Delays for Autonomous Vehicles », *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 24, n° 12, p. 14743-14756, déc. 2023, doi: 10.1109/TITS.2023.3321415.
- [6] S. Houti, D. Berdjag, M. Defoort, et J. Lauber, « LMI-Based Anti-Windup Control Design for Discrete-Time Switched Systems With Actuator Saturation », *IFAC-PapersOnLine*, vol. 55, n° 15, p. 81-86, janv. 2022, doi: 10.1016/j.ifacol.2022.07.612.
- [7] H. Bouchama, M. Defoort, J. Lauber, D. Berdjag, « Observer design with exponential time-varying gain for Takagi–Sugeno fuzzy systems with continuous and aperiodic sampled outputs », *Journal of the Franklin Institute* 360 (13), 10041-10063.