

## Proposition de thèse IFSTTAR

### Optimisation conjointe consommation et émissions de polluants pour un véhicule hybride

Cette thèse sera effectuée dans le cadre d'un partenariat entre le laboratoire LTE de l'IFSTTAR (<http://www.lte.ifsttar.fr/>) et le laboratoire DRIVE de l'ISAT (<http://www.isat.fr/fr/recherche-ISAT>).

Personnes à contacter : Bruno JEANNERET, [bruno.jeanneret@ifsttar.fr](mailto:bruno.jeanneret@ifsttar.fr) Encadrant de la thèse

Alan KEROMNES, [alan.keromnes@u-bourgogne.fr](mailto:alan.keromnes@u-bourgogne.fr) Encadrant de la thèse

Serge PELISSIER, [serge.pelissier@ifsttar.fr](mailto:serge.pelissier@ifsttar.fr) Directeur de la thèse

Luis E MOYNE, [luis.le-moyne\\_isat@u-bourgogne.fr](mailto:luis.le-moyne_isat@u-bourgogne.fr) Directeur de la thèse

### Contexte

Le véhicule hybride est un système complexe constitué de plusieurs sources d'énergie. La possibilité d'avoir des dimensionnements différents de la batterie par rapport au moteur thermique, couplée aux diverses topologies possibles, représentent autant de degrés de liberté qui peuvent être exploités pour son optimisation énergétique.

Mises à part quelques applications qui visent à augmenter les performances dynamiques des véhicules (vitesse et accélération), l'objectif de l'hybridation est principalement la réduction de la consommation énergétique. Afin d'atteindre cet objectif, des optimisations sont nécessaires sur différents plans. Pour un usage donné, les performances énergétiques du véhicule hybride dépendent de trois aspects fortement interdépendants qui sont i) la topologie (série, parallèle, mixte) ii) le dimensionnement des composants iii) la stratégie de gestion de l'énergie entre les différentes sources.

Pour appréhender ces différentes dimensions et leur couplage, une approche systémique s'appuyant sur la modélisation a été mise en place avec les membres de l'équipe Véhicules électriques et hybrides du LTE. Cette approche, largement associée à une démarche expérimentale, a abouti au développement d'un outil de simulation, VEHLIB, qui a permis de capitaliser les différents travaux de modélisation. Cet outil est utilisé pour servir les objectifs d'optimisation de la gestion de l'énergie et d'aide au dimensionnement optimal des véhicules hybrides.

Le laboratoire LTE apportera ses compétences en matière de contrôle et d'optimisation du fonctionnement d'un groupe motopropulseur (GMP) hybride, le laboratoire DRIVE ses connaissances en matière de modélisation du comportement physique des composants du GMP hybride et de commande du moteur thermique.

## Sujet de thèse

La gestion de l'énergie est la partie de la commande qui assure la répartition de la demande du conducteur entre les sources d'énergie du véhicule tout en contrôlant l'état de charge de la batterie et l'actionnement des accessoires.

Il s'agit d'utiliser le degré de liberté de l'hybridation pour optimiser un critère, souvent la minimisation de la consommation de carburant (équivalent dans une première approximation à une minimisation des émissions de CO<sub>2</sub>). Cette thématique de recherche a été largement développée ces dernières années, et des avancées significatives sont aujourd'hui publiées dans la littérature.

Les mesures réalisées au laboratoire sur un vrai moteur avec une approche de simulation virtuelle de véhicule ont permis de valider ces gains de consommation, mais ont montré que cette stratégie conduit souvent à des surémissions de polluants importantes. Il est donc primordial de prendre en compte ces émissions au plus tôt dans la démarche d'optimisation.

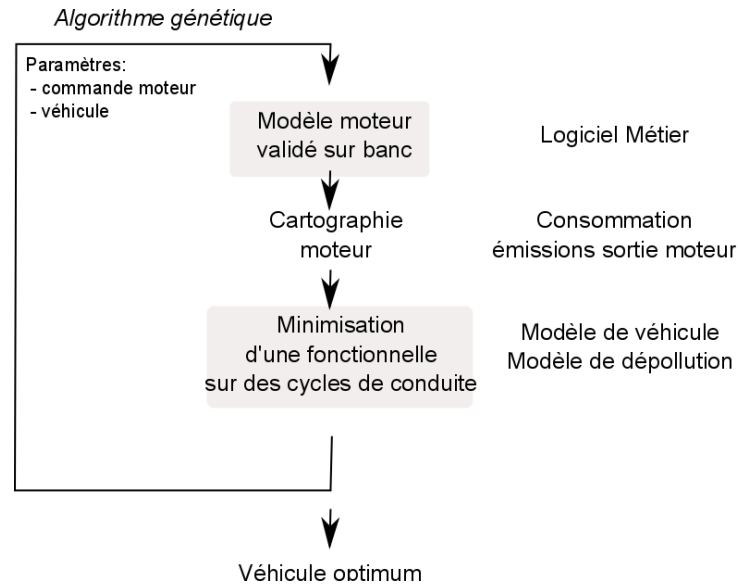
Un premier axe du travail de thèse consistera donc à développer des modèles et des algorithmes permettant de minimiser un critère tenant compte de la performance énergétique du système et émettant peu de polluants.

La validation du modèle énergétique du moteur et de sa ligne d'échappement se fera sur banc d'essai équipé d'un moteur essence à injection directe et muni d'un catalyseur trois voies répondant aux normes EURO VI.

Ces modèles seront ensuite intégrés dans les logiciels et différentes méthodes d'optimisation seront explorées.

Cette étape franchie, un deuxième axe d'optimisation concernera l'étude de la modification de lois de commande du moteur et de paramètres véhicule afin de trouver les meilleures lois de commande pour un moteur thermique fonctionnant dans une architecture de groupe moto propulseur hybride.

La démarche générale du travail pourrait se résumer avec le graphique suivant :



Dans un premier temps, l'optimisation portera sur les polluants réglementés et l'usage sera limité au cycle normalisé NEDC. Dès que possible le travail sera étendu aux émissions de particules et de polluants non réglementés, et les différents usages réels seront pris en compte (WLTP, RDE). Cela permettra en particulier de tester la robustesse des solutions trouvées.

## Planning prévisionnel de la thèse

Première période : 6 mois – Lieu : ISAT (Nevers)

La thèse débutera par une période où le candidat prendra en main les outils métiers du laboratoire DRIVE et approfondira ses connaissances en cinétique de la combustion, efficacité des moteurs et de leur système de dépollution. Au terme de cette période, le candidat aura validé un modèle de moteur thermique à partir de mesures de champs moyens et/ou de champs instantanées. Un système de dépollution sera également développé. Des allers retour avec le site de l'IFSTTAR à Bron seront nécessaires pendant cette période afin de réaliser les essais nécessaires à la validation des modèles.

Deuxième période – Lieu : IFSTTAR (Bron)

Ensuite le doctorant sera accueilli dans les locaux de l'IFSTTAR à Bron. Les travaux comprendront trois parties :

1. Prise en main des logiciels et acquisition des connaissances du laboratoire LTE
  - a. Outils de simulation système du laboratoire Transports et Environnement
  - b. Outils d'optimisation
2. Etude bibliographique sur les méthodes d'optimisation multi critère
3. Mise en œuvre des modèles et développement des méthodes

## Bibliographie

Brandt, E.P., Y. Wang, et J. W. Grizzle. «Dynamic modeling of a three-Way catalyst for SI engine Exhaust emission control.» *IEEE Transactions on control systems technology*, 1999.

Chamaillard, Y., P. Higelin, et A. Charlet. «A simple method for robust control design, application on a non-linear and delayed system: engine torque control.» s.d.

Kessels, J, et W Schoot. «Integrated energy and emission management for hybrid electric truck with SCR aftertreatment.» s.d.

Muske, R, et C Peyton-Jones. «Control the oxygen storage level of a three way automotive catalyst.» s.d.

Sanketi, P. R., J. K. Hedrick, et T. Kaga. «A simplified catalytic converter model for automotive coldstart control applications.» *IMECE2005*, s.d.

Sanketti, P. R., J. C. Zavala, et J. K. Hedrik. «Automotive engine hybrid modeling and control for reduction of hydrocarbon emissions.» *International Journal of Control* 79 (2006): 449-464.

Scordia, Julien, Matthieu Desbois-Renaudin, Trigui Rochdi, Bruno Jeanneret, François Badin, et Cédric Plasse. «Global optimization of energy management laws in hybrid vehicles using dynamic programming.» *International Journal of Vehicle Design*, Vol. 39, N°4, 2005, 2005.

Serrao, L, S Onori, et G Rizzoni. «ECMS as a realization of Pontryaguin's minimum principle for HEV control.» s.d.

Simon, A, P Michel, D Nelson-Gruel, Y Chamaillard, et C Nouillant. «Gasoline - HEV equivalent consumption and pollutant minimization strategy.» *VPPC*, 2015.

Vinot, E, et B Jeanneret. «Fuel consumption vs pollutant emission trade-off for Hybrid Electric Vehicle. An application of the Pontryagin's minimum principle.» *Vehicule Power and Propulsion Conference*, 2014.

Yildiz, Y., A. M. Annaswamy, D. Yanakiev, et I. Kolmanovsky. «Spark ignition engine fuel-to-air ratio control: An adaptative control approach.» *Control Engineering practice* 18 (2010): 1369-1378.