

## Avis de Soutenance

Monsieur Jean KUCHLY

Energétique

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Optimisation Energétique de GMP Hybrides en conditions réelles (RDE) avec horizon électronique (e-horizon)*

dirigés par Monsieur YANN CHAMAILLARD

Ecole doctorale : Energie, Matériaux, Sciences de la Terre et de l'Univers - EMSTU

Unité de recherche : PRISME - Laboratoire Pluridisciplinaire de Recherche en Ingénierie des Systèmes et Mécanique  
Energétique

Soutenance prévue le **jeudi 09 décembre 2021** à 9h30

Lieu : Laboratoire PRISME 8 rue Léonard de Vinci 45100 Orléans

Salle : Amphithéâtre Cabannes

### Composition du jury proposé

|                           |                         |                       |
|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| M. YANN CHAMAILLARD       | Université d'Orléans    | Directeur de thèse    |
| Mme Hasnaa ZIDANI         | INSA Rouen              | Rapporteuse           |
| M. Antonio SCIARRETTA     | IFPEN                   | Rapporteur            |
| M. Sorin OLARU            | Université Paris-Saclay | Examineur             |
| M. Patrick LANUSSE        | Bordeaux INP            | Examineur             |
| M. Cédric NOUILLANT       | Stellantis              | Co-encadrant de thèse |
| M. Dominique NELSON-GRUEL | Université d'Orléans    | Co-encadrant de thèse |
| M. Guillaume COLIN        | Université d'Orléans    | Examineur             |
| M. Alain CHARLET          | Université d'Orléans    | Invité                |
| M. Antoine SIMON          | Stellantis              | Invité                |

**Mots-clés :** Véhicule hybride électrique, Gestion de l'énergie, Commande optimale, Gestion des polluants,

### Résumé :

Le réchauffement climatique et la pollution de l'air figurent parmi les problématiques environnementales principales auxquelles la société est aujourd'hui confrontée. Dans ce contexte, d'ambitieux objectifs d'émissions ont été fixés aux constructeurs automobiles, en termes de dioxyde de carbone d'une part, et d'autre part de polluants : monoxyde de carbone (CO), hydrocarbures imbrûlés (HC), oxydes d'azote (NOx) et particules, en nombre (PN) et en masse (PM). Dans ce cadre, l'électrification des chaînes de traction est un levier important de réduction des émissions. Devant les limites actuelles des véhicules électriques (temps de recharge, autonomie, prix), les véhicules hybrides apparaissent comme une solution intermédiaire importante entre véhicule conventionnel et véhicule électrique. L'hybridation de la chaîne de traction pose un nouveau problème technique : lorsque le conducteur appuie sur la pédale d'accélération et adresse ainsi une consigne de couple au calculateur, comment faut-il satisfaire cette demande de couple ? Faut-il utiliser uniquement le moteur thermique, utiliser uniquement la machine électrique, allouer une partie de la demande entre les deux moteurs, ou bien fournir plus d'énergie que demandé avec le moteur thermique, afin de récupérer l'excédent avec la machine électrique en mode génératrice pour recharger la batterie ? On souhaite calculer à chaque instant le couple que doivent fournir le moteur thermique et la machine électrique, de manière à minimiser la quantité de carburant consommé et de polluants émis, sous la contrainte d'une quantité finie d'énergie disponible dans la batterie. Hors-ligne et connaissant parfaitement le trajet à venir, il s'agit d'un problème de commande optimale. En ligne, il est nécessaire d'essayer d'approcher le plus possible les performances optimales atteintes hors-ligne, notamment en se basant sur une prédiction de la vitesse du véhicule qui permet de reconstruire l'information disponible hors-ligne. Les sujets traités dans le manuscrit de thèse sont les suivants : - Modélisation physique :

proposition d'un modèle d'évaporation de l'eau liquide initialement contenue dans le catalyseur, proposition d'un modèle d'émissions de particules à froid et d'une stratégie de régulation associée, et enfin proposition d'un modèle d'émissions pendant les transitoires de couple du moteur thermique. - Commande prédictive basée sur une prédiction à court terme : un horizon de prédiction de quelques secondes est cohérent avec les dynamiques rapides de la montée en couple du moteur, de la route et de la demande en couple du conducteur. Il est donc possible de mettre en place une stratégie basée sur de la commande prédictive à court terme pour gagner en performance. Il faudra donc minimiser une fonction coût quadratique si on ne considère que la consommation, et non-linéaire si on considère les polluants en plus. - Commande prédictive basée sur une prédiction à long terme : la batterie du véhicule va se vider tout au long du trajet ; pour tenir compte de cette dynamique lente en temps réel, il faut prédire la vitesse du véhicule à long terme et être capable de résoudre rapidement le problème de commande optimale basé sur cette prédiction. On propose donc un modèle prédictif de la vitesse du véhicule et un certain nombre de leviers algorithmiques pour calculer la commande optimale sur un horizon long dans un temps de calcul compatible avec un usage temps réel. - Prédiction de destination : si on souhaite prédire la vitesse d'un véhicule en se basant sur des informations cartographiques, il est nécessaire de savoir où se rend le véhicule. On propose donc une méthode basée sur du machine-learning pour prédire la destination, avant d'appliquer la stratégie de gestion d'énergie correspondante.