

## Soutenance de thèse

lundi 3 octobre 2017 à 10h30

Université de Cergy Pontoise, (5 Mail Gay Lussac 95000, Cergy Pontoise)

Auditorium de la Maison Internationale de la Recherche

**« Commande sensorless d'une MSAP appliquée à une chaîne de traction d'un véhicule électrique »**

**Wided Zine**

### Composition du jury :

Eric Monmasson, Professeur des Universités, Université de Cergy Pontoise : Directeur de thèse

Farid Meibody-Tabar, Professeur des Universités, Université de Lorraine : Président du jury

Mohamed El Hachemi Benbouzid, Professeur des Universités, Université de Brest : Rapporteur

Vincent Lanfranchi, Professeur, Université de Technologie de Compiègne : Rapporteur

Bruno Condamin : Chef d'équipe Plateforme Inverter/DC-DC à Valeo-Siemens : Examineur

Zaatar Makni , Expert et algorithmes team leader à Valeo : Encadrant de thèse

Lahoucine Idkhajine, Maître de conférences, Université de Cergy Pontoise : Encadrant

Emilio Bueno, Professeur, Université de l'Alcala de Henares Madrid : Invité

### Résumé des travaux de thèse :

L'application véhicule électrique s'inscrit dans un contexte industriel fortement corrélé aux contraintes environnementales que le monde connaît aujourd'hui. Néanmoins, un tel contexte où la minimisation des coûts est également vitale, impose par conséquent des contraintes de développement et de réalisation. Afin de gérer au mieux tous ces défis, des efforts considérables sont par exemple investis pour substituer certains éléments mécaniques de la chaîne de traction par des algorithmes numériques. Ceci est typiquement le cas des capteurs de position/vitesse dont la taille est importante, le coût de maintenance est élevé et la fiabilité est par moment mise en question. Il est alors possible grâce aux algorithmes dits "sensorless" de remplacer ces capteurs mécaniques et d'assurer ainsi la commande vectorielle dédiée à la traction. Une deuxième utilisation possible de ces estimateurs numériques est d'assurer la sûreté de fonctionnement, à travers une information redondante de la position/vitesse du moteur.

Pendant les dernières décennies, les travaux de recherche à travers le monde, ont fourni des réponses pertinentes à ce besoin industriel en développant une multitude d'algorithmes "sensorless". Parmi les solutions proposées dans littérature, il est primordial de sélectionner celle(s) répondant au mieux au cahier des charges de l'application en question. Pour des applications type chaîne de traction d'un VE, il est d'abord nécessaire de couvrir toute la plage de fonctionnement en couple et en vitesse. Ensuite, il est important de préserver les performances requises dans le cas d'une commande vectorielle classique basée sur un capteur de position. Afin de réussir ceci, il faut que la commande vectorielle basée sur la position/vitesse estimée soit suffisamment précise, et en même temps qu'elle assure le minimum d'ondulations sur le couple. D'un autre côté, il est recommandé de se baser sur une méthodologie de développement adaptée à l'application automobile. Dans ce travail, la méthodologie mise en place se base sur un profil VE typique. Les algorithmes choisis pour répondre aux besoins mentionnés sont d'abord l'algorithme d'injection d'un signal haute fréquence (HF) dédié au démarrage et aux basses vitesses et ensuite l'algorithme basé sur le "machine learning" dédié aux moyennes et hautes vitesses.

En ce qui concerne la méthode d'injection d'un signal HF, les techniques dites "rotative" et "pulsative" ont été testées. Les auteurs ont également contribué à l'amélioration des performances de ces méthodes, en passant au

crible deux aspects importants. Le premier concerne les imperfections du système physique, typiquement les problèmes liés à la saturation magnétique. Afin de compenser ces effets, une caractérisation expérimentale de la machine électrique a été réalisée. Le deuxième aspect concerne les réglages de la commande implantée, qui a été optimisée de façon à garantir les performances précédemment mentionnées.

En ce qui concerne la méthode de "machine learning", elle est utilisée pour la première fois dans le cadre des applications sensorless. Le but était donc d'évaluer son efficacité, et ce aussi bien à travers des tests de simulation, qu'à travers des essais expérimentaux. Il en revient que cette approche basée sur l'apprentissage en faisant appel au concept du "machine learning" est capable de remplir les performances attendues, si l'outil est correctement exploité. Dans le cas de l'application VE, l'intérêt principal de cette approche réside dans le fait de mettre en place une méthodologie plus économique en terme de temps de développement et des ressources associées.

En combinant ces deux approches différentes, il devient alors possible de profiter des avantages de l'une et de l'autre et de donner naissance à une nouvelle stratégie "sensorless" hybride, couvrant l'intégralité de la zone de fonctionnement dictée par le cahier des charges.

Afin d'évaluer ces solutions dans le contexte des véhicules électriques, une validation expérimentale a été menée, et ce en se basant sur deux machines synchrones à aimants permanents internes (180 kW et 120 kW).