



Sujet de Thèse - Chaire INSA Lyon / Renault Trucks

Modélisation multiphysique et observation d'état pour le diagnostic et le contrôle des oscillations de torsion dans les chaînes cinématiques électriques

Version : v2.1

Date : 10 avril 2026

Contexte et problématique industrielle

L'électrification des chaînes cinématiques des véhicules lourds fait apparaître de nouvelles problématiques liées aux interactions entre la machine électrique, son électronique de puissance et la transmission mécanique. De nombreux industriels confrontés à l'électrification de leurs transmissions observent des oscillations de couple générées par les moteurs électriques et induites par les engrènements de dentures. Ces deux phénomènes pouvant exciter les mêmes modes de vibrations de la transmission. Ces oscillations, souvent de nature non linéaire, peuvent engendrer des résonances dans la transmission. Les stratégies de contrôle actuelles, efficaces en dessous de 20 Hz, peuvent amplifier certains phénomènes au-delà de cette fréquence. De plus, l'absence de modélisation couplée de l'ensemble commande + machine électrique + transmission, ainsi que le fonctionnement en boucle ouverte vis-à-vis de la transmission limitent les performances du contrôle. Par ailleurs, le développement de nouvelles architectures de transmission engendre de nouveaux modes de défaillance dont la détection précoce est essentielle pour la maintenance prédictive.

Objectifs scientifiques

Cette thèse vise à développer une modélisation multiphysique phénoménologique couplant les domaines de l'électronique de puissance (convertisseur), de l'électromagnétisme (machine électrique) et de la mécanique (transmission), afin d'établir les liens fondamentaux entre les grandeurs mesurables (courants statoriques, vitesse, couple) et les phénomènes vibratoires dans la chaîne cinématique. Sur la base de ce modèle, des observateurs d'état seront conçus pour estimer les grandeurs non mesurées (couple de torsion interne, efforts aux liaisons (engrènement ou roulement), vibrations de la transmission) avec comme objectif final utiliser si possible uniquement les signaux électriques. Ces observateurs serviront un double objectif : le contrôle actif des oscillations de torsion et ordre d'engrènement de denture sur une plage de fréquences étendue et la détection de défauts dans la transmission par analyse des signatures dans les signaux moteur. Des méthodes de traitement du signal (analyse angulaire, analyse cyclo-stationnaire, démodulation, ...) compléteront l'approche. On s'intéressera également à la mise en place de commandes avancées prenant en compte les phénomènes périodiques inhérents à la chaîne cinématique. Les algorithmes développés seront validés expérimentalement sur des bancs moteur disponibles à l'INSA de Lyon, au laboratoire Ampère.

Verrous scientifiques

- **Modélisation multiphysique couplée** : Établir un modèle phénoménologique fidèle capturant le couplage entre les ondulations de couple de la machine électrique (harmoniques de courant, effets de crantage) et la dynamique de torsion/flexion de la transmission, tout en restant compatible avec

une implémentation temps réel pour le contrôle. On veillera en particulier à lever systématiquement les hypothèses de vitesse de rotation constante dans ces modèles

- **Conception d’observateurs en conditions non stationnaires** : Concevoir des observateurs d’état robustes capables d’estimer les grandeurs mécaniques internes à partir des mesures électriques (courants, tensions, position), dans des conditions de fonctionnement en régime permanent non stationnaire, en particulier en vitesse.
- **Séparation des signatures de défauts et des excitations nominales** : Discriminer, dans les signaux électriques du moteur, les composantes liées aux défauts mécaniques de la transmission (excentricité, usure d’engrenages) ou défauts électriques (défauts d’isolation, défauts de bobinage, ...), de celles liées au fonctionnement normal (ondulations de couple, harmoniques d’alimentation), en particulier lorsque les bandes fréquentielles se recouvrent.
- **Extension de la bande passante du contrôle actif** : Dépasser la limitation actuelle à 20 Hz en intégrant l’information issue des observateurs dans une boucle de contrôle fermée incluant la transmission, tout en garantissant la stabilité du système couplé sur une large plage de fréquences.

Profil du candidat

Ce sujet pluridisciplinaire se situe à l’interface entre l’automatique, le génie électrique et la mécanique. Le candidat recherché présente un profil pluridisciplinaire, avec des compétences en génie électrique et/ou en mécanique et/ou en automatique. Une appétence particulière pour la modélisation multiphysique est attendue. La thèse comportant un volet expérimental important, un intérêt marqué pour la mise en œuvre pratique sera particulièrement apprécié.

Déroulé de la thèse

Cette thèse se déroulera à l’INSA de Lyon. Le candidat bénéficiera de l’expertise de Renault Trucks pour accompagner ces travaux. À l’INSA, l’équipe d’encadrement sera composée de membres du Laboratoire Ampère (Automatique et Génie Électrique), du LaMCoS (Mécanique) et du LVA (Vibrations).

Financement

Ce thèse bénéficiera d’un financement sur 3 ans, dans la cadre de la chaire industrielle INSA Lyon / Renault Trucks, avec un salaire mensuel brut conforme aux grilles de rémunération des doctorants en France.

Candidatures

Les candidats intéressés sont invités à envoyer un CV, une lettre de motivation et les relevés de notes de leur Master ou diplôme d’ingénieur à l’adresse suivante : Romain DELPOUX (romain.delpoux@insa-lyon.fr)