Thèse de doctorat

Estimation et modélisation en temps réel de la dynamique latérale des véhicules à partir de signaux embarqués

Application au déplacement latéral, aux forces latérales des pneus et à l'estimation du dérapage / angle de glissement

Nous proposons un poste de doctorant (3 ans) dans le cadre du programme Embedded Tire Digital Twin de Michelin et du laboratoire commun LabCom I-TireLab, soutenu par Michelin, l'Université de Poitiers, l'Université Grenoble Alpes, Grenoble INP et le CNRS, à travers les laboratoires LIAS et GIPSA-Lab.

Vous rejoindrez une équipe pluridisciplinaire (data scientists, physiciens, développeurs logiciels, etc.), travaillant en étroite collaboration avec les équipes R&D de Michelin, et en interface directe avec des constructeurs automobiles et des clients de flottes.

Mots-clés : dynamique latérale véhicule, interaction pneu route, observateurs, filtrage de Kalman, estimation d'état, robustesse, analyse de sensibilité, implémentation embarquée temps réel, modélisation hybride / basée sur les données.

Contexte et description du projet

Contexte Michelin – Embedded Tire Digital Twin

Michelin accélère le développement et la mise sur le marché de solutions logicielles embarquées permettant de prédire l'état et la performance des pneus (usure, pression, adhérence, etc.). Cette thèse vise à renforcer le programme Embedded Tire Digital Twin en développant des briques algorithmiques robustes pour un déploiement en conditions réelles, contribuant ainsi à l'écosystème produit et à la feuille de route d'industrialisation.

Contexte LabCom I-TireLab – écosystème de recherche et ambition

Cette thèse s'inscrit dans le cadre du LabCom I-TireLab, un laboratoire public-privé dédié à la modélisation, à l'estimation et au contrôle pour les pneus connectés et les procédés de transformation du caoutchouc.

La vision du LabCom est d'exploiter les données et les outils scientifiques afin de concevoir des solutions de mobilité plus efficaces, plus sûres et plus respectueuses de l'environnement.

Les collaborations passées ont mis en évidence plusieurs défis majeurs :

- exploiter au mieux les données embarquées véhicule,
- garantir des performances temps réel avec des capteurs/actionneurs standards,
- transférer les avancées théoriques vers des applications réelles.

Pour répondre à ces enjeux, le LabCom s'appuie sur trois piliers :

- Développement de bases théoriques solides, appuyées par des preuves mathématiques,
- Conception d'algorithmes efficaces capables de traiter des données en temps réel,

- Déploiement de démonstrateurs pour valider les approches en conditions réelles.

Enfin, de fortes contraintes industrielles sont imposées : les solutions doivent utiliser les capteurs existants des véhicules de série et des installations Michelin, et être compatibles avec une implémentation embarquée temps réel.

Orientation scientifique – la dynamique latérale comme socle

Alors que de nombreuses approches industrielles commencent par la dynamique longitudinale, celle-ci reste limitée car elle sollicite moins le pneu et fournit moins d'informations sur le comportement latéral. Cette thèse se concentre donc sur la dynamique latérale du véhicule, afin d'améliorer la compréhension, la modélisation et l'estimation des phénomènes latéraux en conditions réelles.

Grandeurs et phénomènes étudiés

La thèse portera sur l'estimation en temps réel de :

- le déplacement latéral (noté Dz en interne),
- les forces latérales au contact pneu/route,
- le lien entre forces latérales, états du véhicule et comportement dynamique global, avec une clarification précoce de leur contribution aux besoins du digital twin du pneu.

Estimations intermédiaires nécessaires

Pour atteindre ces objectifs à partir des signaux disponibles, certaines grandeurs intermédiaires seront nécessaires :

Angle de dérive du véhicule (side-slip) : variable clé pour la dynamique latérale et la stabilité ; une piste attendue est l'estimation basée sur IMU + vitesse véhicule, avec analyse de robustesse en conditions réelles.

Angle de glissement du pneu : son lien avec les forces latérales et les problématiques d'observabilité / dépendances circulaires liées aux modèles de pneus seront explicitement étudiés.

Modélisation, estimation et robustesse

La thèse couvrira des modèles de dynamique latérale (du simple au plus élaboré), des méthodes d'estimation (observateurs physiques, filtrage de Kalman, approches hybrides si pertinent). Un axe majeur sera l'étude :

- de la sensibilité aux paramètres incertains (masse, centre de gravité, paramètres pneus, répartition de charge, etc.),
- de leur impact sur les performances d'estimation.

Objectifs du projet

L'objectif principal est de développer des outils d'estimation robustes en temps réel, compatibles avec une implémentation embarquée, et alignés avec :

- la feuille de route Michelin Embedded Tire Digital Twin,
- les piliers du LabCom (théorie → algorithmes → démonstrateurs).

Objectifs scientifiques et techniques :

- Formaliser les grandeurs à estimer et leurs conditions d'observabilité,
- Concevoir et évaluer des estimateurs temps réel robustes (ex. filtres de Kalman),
- Construire un cadre d'analyse systématique de sensibilité et de robustesse,
- Valider les approches via :
  - simulation,
  - replay de données réelles,
  - démonstrateur lorsque disponible.

Encadrement

Cette thèse sera co-encadrée par des partenaires académiques et industriels :

Guillaume Mercère, Professeur – Université de Poitiers / LIAS (Directeur de thèse)
Emmanuel Witrant, Professeur – Université Grenoble Alpes / GIPSA-Lab (Co-directeur)
Hugo Koide et Romain Tomasso, Ingénieurs de recherche – Michelin (Embedded Tire Digital Twin)

Conditions

Durée : 3 ans

Environnement : LabCom I-TireLab & Michelin

Profil recherché

- Diplôme d'ingénieur ou Master en sciences de l'ingénieur ou mathématiques appliquées,
- Spécialisation en contrôle, traitement du signal ou mathématiques appliquées,
- Solides compétences en modélisation de systèmes dynamiques et algorithmique,
- Maîtrise de la programmation (Python, MATLAB, C++),
- Excellentes capacités de communication en anglais (oral et écrit).

Candidature

Pour candidater, merci de contacter :

guillaume.mercere@univ-poitiers.fr

emmanuel.witrant@univ-grenoble-alpes.fr

hugo.koide@michelin.com

romain.tomasso@michelin.com

Objet du mail :

PhD application – Real-time estimation of vehicle lateral dynamics (LabCom I-TireLab)

Merci de joindre :

- CV
- Lettre de motivation
- Relevés de notes / diplômes
- Tout élément valorisant (projets, publications, code, etc.)