

SOUTENANCE DE THÈSE

M. Abbas Chokor

Soutiendra sa thèse de **Doctorat** sur le sujet :

**Développement de plusieurs architectures multicouches
pour le contrôle global du châssis**

Dans l'Unité de Recherche :

HEUDIASYC UMR CNRS 7253

Vendredi 8 novembre 2019 à 14h
à l'UTC, centre Pierre Guillaumat, amphî L103

devant le jury composé de :

M. Olivier Sename, professeur, GIPSA-lab, Grenoble

M. Xavier Moreau, professeur des universités, IMS, Bordeaux

M^{me} Brigitte D'Andréa Novel, professeur, CAOR - Centre de robotique, Paris

M. Ahmed El Hajjaji, professeur, UPJV laboratoire MIS, Amiens

M^{me} Reine Talj, chargée de recherche, université de technologie de Compiègne, Laboratoire Heudiasyc

M. Moustapha Doumiati, enseignant-chercheur, ESEO, Angers

M. Ali Charara, professeur des universités, université de technologie de Compiègne, Laboratoire Heudiasyc

M. Jérôme De Miras, enseignant-chercheur, université de technologie de Compiègne, Laboratoire Heudiasyc

Abstract

Global Chassis Control (GCC) is crucial task in intelligent vehicles. It consists of assisting the driver by several automated functionalities especially for active safety and comfort purposes. Due to the fact that the dynamics of these functionalities are interconnected, thus the awaited performances are sometimes contradictory. Hence, the main task in GCC field is to coordinate the different Advanced Driving Assistance Systems (ADAS) to create synergies between the interconnected dynamics in order to improve the overall vehicle performance. Several powerful coordination strategies have already been developed either in the academic world or in the industrial one to manage these interconnections. Because the active safety needs are increasing from one side, and the technology that can be embedded into vehicles is evolving, an intense research and development is still involved in the field of global chassis control.

This thesis analyzes different dynamics interconnections and develops new several GCC strategies where the Active Front Steering, Active Differential Braking, and the Active Suspensions are coordinated - all together or partially - to improve the vehicle overall performance i.e. the rollover avoidance, the lateral stability, the driving comfort (maneuverability), and the ride comfort. Several multilayer architectures formed by three hierarchical layers are proposed. The lower layer represents the actuators implemented into the vehicle which generate their control inputs based on the orders sent from the middle layer. The middle layer is the control layer which is responsible to generate the control inputs that minimize the errors between the desired and actual vehicle state variables i.e. the yaw, side-slip, roll, pitch, and heave motions, regardless of the driving situation. The higher layer is the decision making layer. It instantly monitors the vehicle dynamics by different criteria, then, it generates weighting parameters to adapt the controller's performances according to the driving conditions i.e. to improve the vehicle's maneuverability, lateral stability, rollover avoidance, and ride comfort.

The proposed architectures differ in the control and decision layers depending on the proposed embedded actuators. For instance, the decision layers differ in the monitored criteria and the way the decision is taken (fuzzy logic or explicit relations). The control layers differ in structure, where centralized and decentralized controllers are developed. In the centralized architecture, one single Multi-Input-Multi-Output optimal controller generates the optimal control inputs based on the Linear Parameter Varying (LPV)/ H^∞ control technique. In the decentralized architecture, the controllers are decoupled, where the Super-Twisting Sliding Mode (STSM) technique is applied to derive each control input apart.

The proposed architectures are tested and validated on the professional simulator SCANeR Studio and on a Full vehicle nonlinear complex model. Simulation shows that all architectures are relevant to the global chassis control. The centralized one is optimal, complex and overall stability is guaranteed, while the decentralized one does not guarantee the overall stability, but it is intuitive, simple, and robust.

Key Words: Global Chassis Control, Hierarchical control, Centralized control, Decentralized control, Super-twisting sliding mode, LPV/ H^∞ .

Résumé

Le Contrôle Global du Châssis (CGC) est une tâche cruciale dans les véhicules intelligents. Il consiste à assister le conducteur par l'intermédiaire de plusieurs fonctionnalités automatisées, notamment à des fins de sécurité active et de confort. Étant donné que les dynamiques de ces fonctionnalités sont interconnectées, les performances attendues sont parfois contradictoires. Par conséquent, le CGC consiste à coordonner les différents systèmes ADAS « Advanced Driving Assistance Systems » afin de créer des synergies entre les dynamiques interconnectées pour améliorer les performances globales du véhicule. Plusieurs stratégies de coordination puissantes ont déjà été développées, soit dans le monde académique, soit dans le monde industriel pour gérer ces interconnexions. Du fait que les besoins en matière de sécurité active augmentent d'un côté et que la technologie pouvant être intégrée dans les véhicules évolue, une intense activité de recherche et développement est toujours en cours dans le domaine du contrôle global du châssis.

Cette thèse analyse différentes interconnexions dynamiques et développe des nouvelles stratégies CGC dans lesquelles le braquage actif avant, le freinage différentiel actif et les suspensions actives sont coordonnés - tous ensemble ou partiellement afin d'améliorer les performances globales du véhicule, à savoir l'évitement du renversement, la stabilité latérale, le confort de conduite (manœuvrabilité) et confort des passagers. Plusieurs architectures multicouches formées par trois couches hiérarchiques sont proposées. La couche inférieure représente les actionneurs implémentés dans le véhicule qui génèrent leurs entrées de commande en fonction des ordres envoyés depuis la couche intermédiaire. La couche intermédiaire est la couche de contrôle qui est chargée de générer les entrées de contrôle qui minimisent les erreurs entre les variables d'état souhaitées et réelles du véhicule, à savoir les mouvements de lacet, de dérapage, de roulis, de tangage

et de soulèvement, quelle que soit la situation de conduite. La couche supérieure est la couche de prise de décision. Elle surveille instantanément la dynamique du véhicule selon différents critères, puis génère des paramètres de pondération pour adapter les performances des contrôleurs en fonction des conditions de conduite, c'est-à-dire pour améliorer la manœuvrabilité, la stabilité latérale, l'évitement du renversement et le confort de conduite du véhicule.

Les architectures proposées se diffèrent dans les couches de contrôle et de décision en fonction des actionneurs intégrés proposés. Par exemple, les couches de décisions se diffèrent par les critères qui surveillent la dynamique du véhicule et la manière dont la décision est prise (logique floue ou relations explicites). Les couches de contrôle se diffèrent par leurs structures, où des contrôleurs centralisés et décentralisés sont développés. Dans l'architecture centralisée, un seul contrôleur optimal MEMS Multi-Entrées-Multi-Sorties génère les entrées de commande optimales basées sur la technique de commande LPV/ H^∞ . Dans l'architecture décentralisée, les contrôleurs sont découplés. La technique STSM (Super-Twisting Sliding Mode) est appliquée pour déduire chaque entrée de commande. Les architectures proposées sont testées et validées sur le simulateur professionnel SCANeR Studio et sur un modèle complexe non linéaire du véhicule. La simulation montre que toutes les architectures sont pertinentes pour le contrôle global du châssis. Celle centralisée est optimale, complexe et garantit la stabilité globale, tandis que celle décentralisée ne garantit pas la stabilité globale, mais elle est intuitive, simple et robuste.

Mots Clés : Contrôle Global du Châssis, Contrôle hiérarchique, Contrôle centralisé, Contrôle décentralisé, Mode glissant Super-twisting, LPV/ H^∞ .