

Sujet de thèse en co-tutelle entre l'UTC et l'Université Libanaise

1. Titre ou intitulé de la thèse

Contrôle couplé longitudinal/latéral dans le cadre de manœuvres coopératives multi-véhicules autonomes, avec une approche système de systèmes.

2. Directeur(s) de thèse

La thèse, en cotutelle entre le laboratoire Heudiasyc à l'UTC et l'Université Libanaise, sera co-dirigée par :

- Ali Charara, Professeur, laboratoire Heudiasyc, UMR CNRS 7253, UTC (ali.charara@hds.utc.fr)
- Reine Talj, Chargée de Recherche CNRS, laboratoire Heudiasyc, UMR CNRS 7253, UTC (reine.kfoury@hds.utc.fr)
- Clovis Francis, Professeur, CRSI (Centre de Recherche Scientifique en Ingénierie), Université Libanaise - Faculté de Génie, Liban (cfrancis@ul.edu.lb)

3. Objectif et cadre de la thèse

Le développement de véhicules autonomes et la coopération multi-véhicules sont d'actualité et intéressent autant les industriels de l'automobile que les académiques. Ce sujet de thèse s'intègre dans les axes de recherche du laboratoire Heudiasyc portant sur les systèmes de systèmes et les véhicules autonomes. L'objectif de la thèse est de développer une approche Système de Systèmes, pour la coopération entre plusieurs véhicules autonomes. Certaines manœuvres complexes de conduite comme le dépassement et le changement de voie seront traitées ; l'objectif étant d'éviter les collisions et de faire communiquer et coopérer les véhicules pour une meilleure gestion locale de leurs interactions. L'architecture de ce système de systèmes nécessite que chaque véhicule autonome soit muni de ses propres fonctionnalités pour les manœuvres de base qui sont, le contrôle longitudinal/latéral et la planification de trajectoire locale. Ces aspects seront également traités, dans le cadre de cette thèse, dans le contexte multi-véhicules. Le travail de la thèse s'appuie sur :

- les travaux développés par le laboratoire Heudiasyc dans le domaine du contrôle et de la planification de trajectoires pour les véhicules autonomes, ainsi que dans le domaine des systèmes de systèmes dans le cadre du Labex MS2T ;
- les travaux communs entre Heudiasyc et le CRSI (Centre de Recherche Scientifique en Ingénierie) de l'Université Libanaise - Faculté de Génie, dans le domaine de véhicules intelligents.

4. Descriptif détaillé de la thèse

Mots clés : coopération multi-véhicules, véhicule autonome, contrôle couplé longitudinal/latéral, planification de trajectoire, système de systèmes.

L'autonomie décisionnelle à bord des véhicules est en plein développement au niveau mondial. C'est une stratégie qui mobilise de nombreuses équipes académiques et industrielles, depuis plus de deux décennies. Différentes compétitions ont été organisées autour du véhicule autonome, pour faire de la concurrence un élément moteur stimulant

des avancées technologiques rapides. Parmi ces compétitions, on peut citer les DARPA Challenges aux USA (2004, 2005, 2007), les compétitions coréennes pour véhicule autonome, les compétitions européennes GCDC (2013, 2016), et bien d'autres. Malgré le développement indéniable des technologies d'automatisation du « bas niveau », restent beaucoup de verrous à lever pour atteindre une autonomie décisionnelle qui pourra imiter l'intelligence humaine face à des situations de conduite complexes. Notamment, certains systèmes d'aide à la conduite avancés, qui consistent à automatiser le volant pour le contrôle latéral du véhicule (e.g. lane keeping, lane centering, etc.) ou les pédales pour le contrôle longitudinal (e.g. Cruise Control, Active Cruise Control, etc.) sur autoroute, ont été développés et commercialisés. Mais, en ajoutant la dimension décisionnelle, la complexité est bien plus élevée.

Dans ce contexte, cette thèse vise à traiter l'aspect décisionnel en présence de plusieurs véhicules autonomes en interaction. Une approche système de systèmes (SdS) sera développée pour gérer certaines manœuvres complexes de conduite (comme le dépassement et le changement de voie), par la coopération multi-véhicules. L'évitement de collisions, le respect des distances de sécurité et le code de la route seront considérés au niveau de ce SdS multi-véhicules.

L'architecture du SdS se limite à la décision « haut niveau » (manœuvres), et nécessite donc que chaque véhicule autonome soit équipé de ses propres fonctionnalités de base qui sont, le contrôle longitudinal/latéral et la planification de trajectoire locale. Ces aspects seront également traités, dans la cadre de cette thèse, dans le contexte multi-véhicules.

Cette thèse se base sur les travaux développés par le laboratoire Heudiasyc d'une part, et par le CRSI à l'Université Libanaise d'autre part. Il est à noter qu'une collaboration existe entre le laboratoire Heudiasyc et le CRSI à travers plusieurs projets de recherche, traitant essentiellement des modules d'aide à la conduite [1] [2] [3]. Ce sujet vient étendre à une nouvelle collaboration qui traite le contrôle de véhicule autonome et l'aspect multi-véhicules. Les compétences des deux équipes sont complémentaires, par exemple : au CRSI (Centre de Recherche Scientifique en Ingénierie), la communication inter-véhicules et les réseaux de neurone ; à Heudiasyc, le contrôle [4] [5] [6] et la planification de trajectoire [7] [8] pour véhicule autonome, l'approche système de systèmes [9] et la validation expérimentale sur des véhicules robotisés de l'Equipex Robotex.

Cette thèse s'intègre dans les axes 1 (Autonomie des robots mobiles en interaction avec l'humain) et 3 (Systèmes multi-robots en interaction) de l'équipe SyRI à Heudiasyc. En plus, elle est en lien étroit avec le Labex MS2T (notamment l'axe 1 : Interaction et coopération entre systèmes).

5. Programme et échéancier de la thèse

Le travail de cette thèse sera réparti selon les étapes suivantes :

- Etude bibliographique sur la coopération multi-véhicules, le contrôle et la planification de trajectoire pour véhicule autonome.
- Le développement d'une approche système de systèmes pour la coopération multi-véhicules, pour certaines manœuvres de conduite.
- Adaptation des lois de commande couplées, développées au laboratoire Heudiasyc, pour un véhicule autonome.

- Extension au contexte multi-véhicules de la planification de manœuvres locales.
- Adaptation des travaux de CRSI (projet avec Heudiasyc), sur la communication multi-drones, au cas multi-véhicules terrestres autonomes.
- Validation expérimentale sur les véhicules robotisés du laboratoire Heudiasyc.

Références :

- [1] A. Chokor, R. Talj, A. Charara, H. Shraim, C. Francis, "Active suspension control to improve passengers comfort and vehicle's stability", 19th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, pp. 296 - 301, Rio de Janeiro, Brazil, 2016.
- [2] C. Bardawil, R. Talj, C. Francis, A. Charara, M. Doumiati, "Integrated Control for Vehicle Lateral Dynamics Improvements using Second Order Sliding Mode", 2014 IEEE Multi-Conference on Systems and Control, Antibes, France, Octobre 2014.
- [3] C. Bardawil, R. Talj, C. Francis, A. Charara, M. Doumiati, "Integrated Vehicle Lateral Stability Control with Different Coordination Strategies between Active Steering and Differential Braking", IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, Qingdao, Chine, 8-11 Octobre, 2014.
- [4] G. Tagne, R. Talj, A. Charara, "Design and Validation of a Robust Immersion and Invariance Controller for the Lateral Dynamics of Intelligent Vehicles", Control Engineering Practice, Elsevier, Issue 40, pp.81-92, 2015.
- [5] G. Tagne, R. Talj, A. Charara, "Design and comparison of Robust Nonlinear Controllers for the Lateral Dynamics of Intelligent Vehicles", IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol 17, Issue 3, pp. 796-809, 2016.
- [6] A. Chebly, R. Talj, A. Charara. "Coupled Control for an autonomous vehicle dynamics modeled using a robotics formalism", 20th IFAC World Congress 2017, Toulouse, France, Juillet 9-14, 2017.
- [7] A. Chebly, R. Talj, A. Charara, "Maneuver planning for autonomous vehicles, with clothoid tentacles for local trajectory planning", IEEE 20th International Conference on Intelligent Transportation ITSC 2017, Yokohama, Japon, 16-19 Octobre 2017.
- [8] H. Mouhagir, R. Talj, V. Cherfaoui, F. Guillemard, F. Aioun, "A Markov Decision Process-based approach for trajectory planning with clothoid tentacles", IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV) 2016, pp. 1254 - 1259, Göteborg, Sweden, Juin 2016.
- [9] M.A. Assaad, R. Talj, A. Charara, "A view on Systems of Systems (SoS)", 20th IFAC World Congress 2017, special session for GDR MACS, Toulouse, France, 9-14 Juillet 2017.

Profil recherché :

Compétences en automatique, contrôle/commande, robotique, bon niveau d'anglais.

Le(a) candidat(e) sera amené(e) à valider les résultats par simulation sur Matlab/Simulink et sur des véhicules expérimentaux.