

**UNIVERSITE BOURGOGNE FRANCHE-COMTE**

Ecole Doctorale Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

**Thèse préparée à l'Université de Technologie de Belfort-Montbéliard**

**AVIS DE SOUTENANCE**

Monsieur Xuguang HAO

Candidat au DOCTORAT Automatique

**de l'Université Bourgogne Franche-Comté**

Soutiendra sa thèse

**Le vendredi 21 avril 2017 à 15h00**

**Amphithéâtre I102 - BELFORT**

Sur le sujet suivant :

**« Contribution à l'intersection coopérative : commandes longitudinale et latérale »**

Le jury est composé de :

**Monsieur Najib ESSOUNBOULI, Professeur Des Universites  
Iut Troyes Université Reims, Rapporteur**

**Monsieur Said HAYAT, CHARGE DE RECHERCHE HDR  
Institut Français Des Sciences Et Technologies Des Transports, De L'Aménagement Et Des Réseaux,  
Rapporteur**

**Monsieur Abdelkhalak EL HAMI, Professeur Des Universites  
Inst Nat Sc Appliq Rouen**

**Monsieur Abdellah EL MOUDNI, Professeur Des Universites  
Univ Techn Belfort Montbéliard**

**Monsieur Rachid BOUYEKHF, Maitre De Conférences Des Universites, HDR  
Univ Techn Belfort Montbéliard**

**Monsieur Abdeljalil ABBAS-TURKI, Maitre De Conférences Des Universites  
Univ Techn Belfort Montbéliard**

L'amélioration de la fluidité du trafic aux intersections a reçu une attention particulière depuis près d'un siècle. Avec la perspective de véhicules contrôlés et communicants, la régulation aux intersections connaît un nouvel essor. Dans cette thèse nous nous intéressons à la régulation coopérative des intersections par la synchronisation des vitesses. Afin d'éviter des arrêts inutiles aux intersections, les véhicules régulent leur vitesse en fonction non seulement des véhicules qui les devancent sur la même voie mais aussi des véhicules prioritaires provenant des autres voies en conflit. La synchronisation des vitesses grâce à la communication sans-fil a plusieurs avantages mais pour les exploiter pleinement, il est nécessaire d'aborder les problématiques des commandes longitudinale et latérale des véhicules.

En ce qui concerne la commande longitudinale, la thèse s'intéresse à deux problématiques. Pour des raisons évidentes de sécurité, les délais de communication sans-fil avec les véhicules des autres voies, à savoir hors de la portée des capteurs, doivent être pris en compte. Pour ce faire, la commande longitudinale adoptée est une fonction non linéaire qui considère un temps maximal de communication et une borne de décélération. Si les contraintes ne sont pas respectées, la fonction déclenche l'arrêt du véhicule. Etant donné que les résultats de simulations sont concluants dans des cas extrêmes, la thèse aborde la problématique de fluidité du trafic à base de la commande proposée. En effet, le comportement du trafic dépend du choix du lieu où commence la synchronisation des vitesses. La thèse discute les deux approches classiques et propose une solution intermédiaire. Sur un circuit sous la forme d'un huit, l'approche proposée permet de réduire considérablement le recours au freinage contrairement aux deux autres approches actuelles.

En ce qui concerne la commande latérale, l'intersection pose deux problèmes. Le premier est la limite du champ de vision à cause des courbures serrées des mouvements tournant et la deuxième est le délai du traitement par les caméras. Dans ce sens, la thèse propose une commande basée sur le calcul de la courbure de Frenet couplé à la correction des écarts. Le suivi des courbures et la correction sont tous les deux déduit à partir du mouvement circulaire induit par l'angle du volant. Les avantages de cette approche par rapport aux approches classiques (LQRwFF et Stanley) est d'une part, de ne pas être gourmande en termes de champs de vision nécessaire et d'autre part d'avoir des contraintes temps-réels plus souples que les approches de la littérature. La comparaison avec les techniques actuelles démontrent que notre approche, dans des conditions de circulation urbaine est capable de résister à des temps d'échantillonnage plus longs contrairement aux deux autres avec une visibilité plus faible.

#### Abstract

The intersection management has received a particular attention during more than a half of century for improving the urban traffic throughput. The perspective of autonomous vehicles able to communicate with the surrounding environment allows reconsidering the traffic management at intersections. This thesis focuses on cooperative intersection management by synchronizing the velocities of conflicting vehicles, in order to avoid unnecessary braking and acceleration. More precisely, the vehicles adapt their speed according to the vehicle ahead detected by sensors as well as to the priority vehicles coming from the other routes. The position and the velocity of the vehicles that are out of the field of vision are received by an onboard unit through a centralized dedicated short range communication network. In order to fully benefit from the cooperative intersection management, the longitudinal control and lateral control of vehicles are considered.

In this thesis, two issues of cooperative longitudinal are treated. The first one is raised by the communication problems and kinetic constraints. The adopted longitudinal control is a non-linear function in which a maximum communication time that should be respected at the worse case and a deceleration constraint are considered. If the constraints are not respected, the function triggers the stop of vehicle. The results of simulation in dangerous cases show that the control approach allows a safer and more comfortable braking. The thesis addresses also the problem of traffic efficiency. There are two approaches for the speed synchronization but because the synchronization point is determined, each of both raises either the problem of empty lanes or the problem of slow clearing of the potential zones of collision. The thesis proposes an approach that spreads out the synchronization during all the travel of vehicle. The simulation results in eight-shaped circuit show that the proposed longitudinal control significantly reduces the use of braking in contrary to the other two existing approaches.

For the lateral control of vehicle at intersection, there are two problems. The first is the limit of the field of vision due to sharp curves. The second is the delay of the processing by cameras. Thus the thesis proposes a control based on the calculation of Frenet curvature coupled with correction of deviation from tracking path. Both the curve tracking and the correction are deduced from the circular motion induced by the steering wheel angle. The advantages of this approach compared to traditional approaches (the Linear Quadratic Regulator with Feed Forward and the Stanley) are to be not greedy in terms of the necessary field of view and to have more flexible real-time constraints. The comparison with current approaches shows that the proposed approach under urban traffic conditions is able to resist against a longer sampling time in contrary to the other two traditional approaches.

