



## Avis de Soutenance

Madame Wendan DU

Présentera ses travaux en soutenance

Soutenance prévue le **vendredi 17 décembre 2021** à 10h30

Lieu : UTBM (site de Belfort), 13 Rue Ernest Thierry Mieg, 90000 BELFORT

Salle : B455

URL salle virtuelle :

<https://us06web.zoom.us/j/85254735308?pwd=Wjg1UkdZMzJ2bnJhZ0dBN3ZwcWRzdz09>

Titre des travaux : Contribution à la fluidification du trafic basée sur la formation de pelotons de véhicules autonomes et les carrefours connectés et intelligents.

Ecole doctorale : SPIM - Sciences Physiques pour l'Ingénieur et Microtechniques

Section CNU : 27

Unité de recherche : CIAD - Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées

Directeur de thèse : Abdeljalil ABBAS-TURKI

Codirecteur de thèse :  HDR  NON HDR

Soutenance :  Publique  A huis clos

Membres du jury :

<u>Nom</u>	<u>Qualité</u>	<u>Etablissement</u>	<u>Rôle</u>
M. Abdeljalil ABBAS-TURKI	Professeur des universités	Université Bourgogne - Franche-Comté	Directeur de thèse
M. Mohamed QUAFAROU	Professeur des universités	Polytech Marseille-Université d Aix-Marseille	Rapporteur
M. Stéphane GALLAND	Professeur des universités	Université de Bourgogne Franche-Comté, UTBM	Examineur
M. Nadhir MESSAI	Maître de conférences	Université de Reims Champagne-Ardennes, Reims	Rapporteur
M. Mourad ABED	Professeur des universités	Université Polytechnique Haut de France Valenciennes	Examineur

**Mots-clés :** Fluidification du trafic, pelotons virtuels, Véhicule autonome et connecté, Intersection autonome,

## Résumé de la thèse (en français) :

Les intersections sont au centre des congestions urbaines. Depuis plus d'une décennie, de nouvelles approches basées sur la conduite autonome et connectée ont été proposées. Elles visent à améliorer les performances de la régulation du trafic aux intersections, en exploitant la connectivité et l'autonomie de la conduite (commande longitudinale). Ces approches ont en commun le fait que les véhicules sont capables de négocier ensemble leur droit de passage dans l'espace conflictuel. Cependant, elles sont différentes des points de vue des modalités de partage de l'espace et des techniques d'optimisation. Ces approches doivent à la fois définir l'ordre des accès des véhicules aux espaces communs (quel véhicule passe en premier, lequel est le second et ainsi de suite) tout en calculant une commande longitudinale pour éviter, si possible, des arrêts inutiles. Il en sort de la littérature la difficulté de résoudre d'une manière optimale les deux problèmes simultanément dans un contexte dynamique sous des contraintes temps-réel dures. Pour résoudre le problème de la manière la plus réaliste possible, la thèse aborde des politiques de régulation qui répondent aux exigences de sécurité et aux contraintes temps-réels dures. En ce qui concerne la sécurité, les véhicules accèdent aux espaces conflictuels en formant des pelotons virtuels. Ainsi, ils assurent le maintien d'un espace de sécurité suffisant pour réagir en cas de danger. En ce qui concerne les contraintes temps réel, le choix s'est porté sur un système à base de règles pour former les séquences. Afin d'améliorer les performances de l'intersection, deux propriétés ont été exploitées. Permettre aux véhicules qui se suivent (propriété 1) ou à ceux qui peuvent passer en parallèle (propriété 2) de former des groupes. Les véhicules appartenant au même groupe passent ensemble. Un algorithme distribué de négociation des droits de passage est proposé et comparé à d'autres politiques. La simulation montre un gain en termes de capacité de l'intersection par rapport aux politiques de la littérature. Afin d'améliorer encore plus les performances de la régulation du trafic proposée, la thèse s'est intéressée à la commande longitudinale. Elle définit un état optimal de sortie atteignable à l'aide de la commande optimale. Une commande à base de la programmation quadratique montre l'intérêt de l'approche sur une intersection élémentaire. Elle permet d'une part, de réduire les temps inter-véhiculaire lors des conflits et d'autre part, la modification des séquences pendant la commande. Ces deux propriétés contribuent largement à l'augmentation du débit de sortie. La nouvelle approche a été étendue à une intersection complexe. Plusieurs politiques de formation de séquence à base de l'état optimal ont été simulées. La simulation montre que la politique basée sur les algorithmes par essais particuliers distribués améliore considérablement les performances de l'intersection en termes de capacité et de vitesse. Les essais particuliers distribués permettent d'adapter la formation des pelotons selon le contexte du trafic.

## Abstract (in English):

Intersections are at the core of urban congestion. For more than a decade, new approaches based on autonomous and connected driving have been proposed. They aim to improve the performance of traffic control at intersections, by harnessing connectivity and driving automation (longitudinal control). These approaches have in common the fact that vehicles can negotiate together their right of way to use the conflicting space. However, they are different in terms of the way they share the space and optimization techniques. The challenge is to define the sequence of access of vehicles to the common space (which one goes first, which is the second, and so on) and the speed profile of vehicles to avoid, if possible, unnecessary stops. The literature shows that it is difficult to optimally solve both problems simultaneously in a dynamic context under strong real-time constraints. To solve the problem with respect to reality, the thesis explores the negotiation protocol as well as the policy that meets the safety requirements and respects the hard real-time constraints of the system. From the safety standpoint, vehicles access conflicting spaces by forming virtual platoons. In this way, they can maintain a sufficient safety gap to be ready to react safely in the case of danger. Regarding the real-time constraints, a rule-based system was chosen to form the sequences. In order to improve the

performance of the intersection, two properties were exploited. The rules allow vehicles that follow each other (property 1) or those that can pass in parallel (property 2) to form groups. The group crosses the intersection together. A distributed right-of-way negotiation algorithm is proposed and compared to other policies of the literature. The simulation shows a significant gain in terms of intersection capacity. To further improve the performance of the proposed cooperative traffic control at intersections, the thesis focused on the longitudinal control issue. It defines an optimal output state achievable, using optimal control theory. Control based on quadratic programming shows the interest of the approach on an elementary intersection. On the one hand, the optimal output state minimizes the headway times between two conflicting vehicles. This improves the throughput of the intersection. On the other hand, it allows the modification of the sequences during the longitudinal control to improve the sequence dynamically according to the new incoming vehicles. The new approach was extended to a complex intersection. Several optimal output state-based sequence formation policies were simulated. The simulation shows that the policy based on distributed particle swarm optimization significantly improves the performance of the intersection in terms of capacity and speed. Distributed particle swarm optimization allows the formed group of platoons to be adapted to the dynamic traffic demand patterns.