

## Coopération multi-niveau entre conducteur et véhicule automatisé pour la gestion des situations complexes : application au cas du rond-point

Selsabil Bougherara<sup>1\*</sup>, Chouki Sentouh<sup>1</sup>, Jean-Christophe Popieul<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LAMIH UMR CNRS 802, Université Polytechnique Hauts de France Valenciennes, France;

\* Selsabil.Bougherara@uphf.fr

Les véhicules automatisés sont aujourd'hui capables d'évoluer dans des environnements relativement simples, tels que les autoroutes à vitesse modérée. Toutefois, leur déploiement à grande échelle nécessite une adaptation à des situations de circulation plus complexes, notamment les intersections et les ronds-points non signalisés. Ces environnements présentent des défis supplémentaires pour la prise de décision autonome, car ils impliquent la gestion simultanée de plusieurs comportements de conduite complexes (insertion, maintien de voie, changement de voie) ainsi qu'une anticipation fine des actions des autres usagers de la route.

Le rond-point constitue un cas d'étude particulièrement complexe, du fait de la nécessité pour le véhicule automatisé de maîtriser plusieurs manœuvres dans un environnement dense, dynamique et hétérogène. Dans ce contexte, la prédiction des intentions des usagers environnants et l'adaptation des trajectoires du véhicule automatisé deviennent des étapes clés. L'objectif de ce travail est de développer une approche fondée sur une architecture de coopération multi-niveau entre le conducteur et le système automatisé, reposant notamment sur des techniques de contrôle partagé haptique pour mieux gérer ces situations complexes. Ce type d'approche a déjà fait ses preuves dans des scénarios moins complexes, comme l'insertion ou le changement de voie sur autoroute [2][3][4], et sera ici adapté aux spécificités du franchissement des ronds-points afin de garantir une navigation fluide et sécurisée.

Ce franchissement est structuré en trois phases principales : l'insertion dans le rond-point, la circulation à l'intérieur de celui-ci, et la sortie [1]. Dans un premier temps, les travaux se concentrent sur la phase d'insertion, considérée comme la plus critique en termes de prise de décision. Cette phase repose sur la prédiction des mouvements des véhicules déjà engagés dans le rond-point, afin de permettre une anticipation précise de leur comportement. À cette fin, des algorithmes de prédiction de trajectoire basés sur des modèles de mouvement seront développés. En parallèle, des méthodes de planification de trajectoire seront mises en œuvre pour générer des trajectoires d'insertion sûres, réalisables et compatibles avec la dynamique du véhicule. Les trajectoires générées feront ensuite l'objet d'une évaluation à l'aide de métriques de risque, afin d'estimer leur niveau de sécurité et leur faisabilité. Cette évaluation constituera une base décisionnelle robuste pour sélectionner en temps réel la stratégie d'insertion optimale, en tenant compte à la fois de la dynamique de l'environnement et des intentions anticipées des autres usagers.

### Références :

- [1] Kévin Bellingard, Prise de décision sûre et robuste pour les véhicules autonomes en milieu urbain hautement dynamique et contraint, Thèse de doctorat, spécialité Automatique et Robotique, Université de Technologie de Compiègne, École doctorale Sciences Pour l'Ingénieur (SPI), soutenue le 19 décembre 2023.
- [2] Chunshi Guo, Conception des principes de coopération conducteur-véhicule pour les systèmes de conduite automatisée, Thèse de doctorat, spécialité Automatique, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, École doctorale Sciences Pour l'Ingénieur (SPI), soutenue le 29 mai 2017, Laboratoire LAMIH UMR CNRS 8201, Valenciennes.
- [3] Mohamed Amir Benloucif. Coopération Homme-Machine Multi-Niveau entre le Conducteur et un système d'automatisation de la conduite. PhD thesis, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis, avril 2018.
- [4] Mohamed Oudainia. Contrôle partagé adaptatif et élaboration de stratégies de conduite personnalisées pour le véhicule automatisé: une approche par apprentissage progressif. PhD thesis, Université Polytechnique Hauts de France, décembre 2023.