



CIAD
Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées



utbm
université de technologie
Belfort-Montbéliard

UBFC

UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTE



SPIM

école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

PhD title: For a Safe and Intelligent Navigation of 2 Wheels: Signaling system and optimization of interactions with other road users

Host laboratory: Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) –
<http://www.ciad-lab.fr>

Belfort, FRANCE

Specialty of PhD: Computer Science

Keywords: Artificial intelligence, Operations Research, Signaling systems, optimization of cyclist/vehicle interactions, virtual reality

Detailed description of the thesis:

Introduction / Context

Climate change and its effects are pushing us to focus on green and sustainable transportation and to focus our scientific research on better understanding and promoting sustainable transportation such as walking and cycling. Communication between cyclists and drivers is not always easy. Cyclists use hand signals and audible signals to communicate with other road users. These techniques are not effective because the cyclist cannot discern whether the driver of a vehicle is aware of his or her presence and intends to give the cyclist enough space, especially if there are multiple vehicles present. Similarly, audible communication may be masked by traffic noise or dampened by the soundproofing of the vehicle. The advent of autonomous vehicles (AVs) may alleviate some of these problems since with their built-in systems these vehicles can communicate their knowledge and intent to cyclists (e.g., indicating that the vehicle is at a safe distance from the cyclist), which could help cyclists make better decisions about when to merge, change lanes, or pass. But research in this area has focused on the technological challenge of cyclist detection with little or no attention to the optimization and safety of interactions between cyclists and other road users.

Detailed objectives

The main objective of this thesis is to propose approaches aiming at allowing better cooperation between cyclists and other road users (pedestrians, autonomous vehicles...). These approaches aim in the long term to make cycling in the city pleasant and enjoyable. They also aim to reduce the risk of death and injury in urban areas for vulnerable road users (VRU) and to encourage clean and safe modes of transport in urban environments.

There will be two main axes to consider in this thesis work:

1. The first axis concerns the **modeling of cyclists' behavior** in urban environments when faced with dangerous situations and the **design of a signaling system** for information sharing between cyclists and vehicles.

2. The second axis aims to **build algorithms** to manage and secure interactions between cyclists and other users, whether on the road or at intersections. Optimization methods from operational research will be used to secure the different interactions while keeping the traffic flowing.

Phases of the thesis

First phase: State of the art and analysis of the existing literature

A study of the existing models of cyclists' behavior and communication systems with other road users will be conducted to define the different scientific barriers.

Second phase: Design of the virtual environment for the study and development of a model of cyclists' behavior

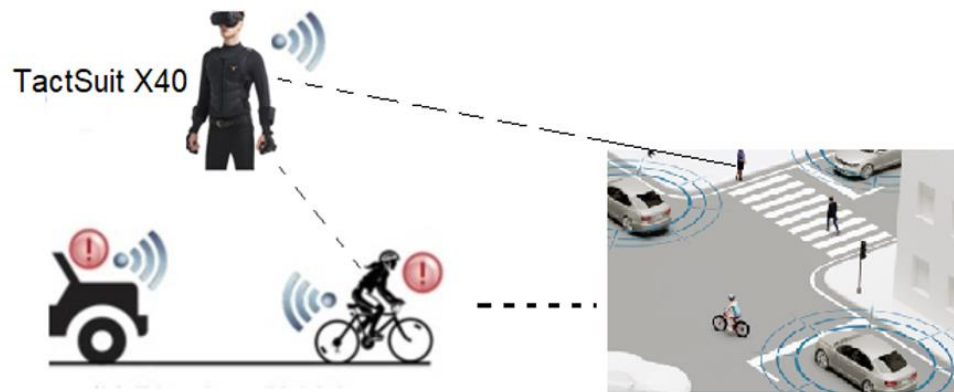
This phase consists of conducting a study to develop a model of cyclists' behavior. The study will be done on about fifty participants with very varied profiles. These participants will be able to navigate in a virtual environment which will be developed (with unity3D and SUMO framework) beforehand by a trainee with several possible road scenarios and involving different pedestrian and vehicle dispositions. The goal will then be to observe how cyclists behave in VR compared to a real scenario and to evaluate their perception of danger and road users, especially autonomous vehicles. This study will thus provide us with the appropriate elements that will allow us to develop and describe a model of the behavior of these cyclists.



Third phase: development of the signaling including innovative solutions for the management, optimization and security of interactions.

The study of cyclists' behavior will allow the implementation of signaling tools and visual navigation aids, auditory and haptic aids (located for example on the handlebars or helmet or a belt). Right-of-way decisions within intersections and priority rules will also be proposed and will be evaluated in

terms of relevance and acceptability from both the perspective of AV passengers and cyclists. The Ph.D. student will finally develop a "cyclist-vehicle-pedestrian" signaling system in which all navigation aids (visual, auditory, and haptic), all previously developed rules for priority management, and all right-of-way decisions within intersections will be simulated and integrated (decisions resulting from optimization algorithms for different types of criteria: travel times, waiting at intersections, ...)



References:

1. Apasnore, P., Ismail, K., & Kassim, A. (2017). Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 141–148.
2. Chaloupka-Risser, C., & Füssl, E. (2017). The importance of communication between cyclists and other traffic participants and its potential in reducing traffic safety-critical events. *Trans. Transp. Sci*, 8, 24–30.
3. Chen, C.-K., Chen, F.-J., Huang, J.-T., & Huang, C.-J. (2007). Study of interactive bike simulator in application of virtual reality. *Journal of the Chinese society of mechanical engineers*, 28, 633–640.
4. Dey, D., Martens, M., Wang, C., Ros, F., & Terken, J. (2018). Interface concepts for intent communication from autonomous vehicles to vulnerable road users. *Adjunct proceedings of the 10th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications*, (pp. 82–86).
5. Hagenzieker, M. P., Van Der Kint, S., Vissers, L., van Schagen, I. N., De Bruin, J., Van Gent, P., & Commandeur, J. J. (2020). Interactions between cyclists and automated vehicles: Results of a photo experiment. *Journal of Transportation Safety & Security*, 12, 94–115.
6. Kreimeier, J., Ullmann, D., Kipke, H., & Götzelmann, T. (2020). Initial Evaluation of Different Types of Virtual Reality Locomotion Towards a Pedestrian Simulator for Urban and Transportation Planning. *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (pp. 1–6)
7. Kwigizile, V., Oh, J.-S., Ikononov, P., Hasan, R., Villalobos, C. G., Kurdi, A. H., . . . others. (2017). Real time bicycle simulation study of bicyclists' behaviors and their implication on safety. *Tech. rep.*, Western Michigan University. Transportation Research Center for Livable
8. Schramka, F., Arisona, S., Joos, M., & Erath, A. (2017). Development of virtual reality cycling simulator. *Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung*, 1244.

9. Schulzyk, O., Hartmann, U., Bongartz, J., Bildhauer, T., & Herpers, R. (2009). A real bicycle simulator in a virtual reality environment: the FIVIS project. 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, (pp. 2628–2631)
10. Useche, S. A., Montoro, L., Sanmartin, J., & Alonso, F. (2019). Healthy but risky: A descriptive study on cyclists' encouraging and discouraging factors for using bicycles, habits and safety outcomes. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 62, 587–598.
11. Calvi A, D'Amico F, Ferrante C, Bianchini Ciampoli L. Driving simulator study for evaluating the effectiveness of virtual warnings to improve the safety of interaction between cyclists and vehicles. Transportation research record. 2022 Apr;2676(4):436-47.

Candidate Profile:

- The candidate should have a strong background in computer science (Master level).
- A mastery of tools related to Virtual Reality (Unity, immersive headsets) would be an undeniable plus.
- An advanced level in English (writing and speaking) is required.

Financing Institution: on 3 years**Application deadline:** 20 April 2023**Expected Start of contract:** 1st October 2023**Net monthly salary:** 1500€ - 1700€

Applications must be sent to Dr. Mahjoub DRIDI (mahjoub.dridi@utbm.fr) by email.

The application must include:

- A detailed CV,
- A cover letter,
- A copy of the master's degree or any document attesting the master's level (Certificate of achievement),
- A copy of the master's transcripts with a classification certificate (if available) and, if possible, a copy of the transcripts of the degree prior to the Master's.

Supervisor(s):

Supervisor: Pr. Mahjoub DRIDI

Co-supervisor: Pr. Abdeljalil Abbas-Turki



CIAD
Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées



utbm
université de technologie
Belfort-Montbéliard

UBFC
UNIVERSITÉ
BOURGOGNE FRANCHE-COMTE



SPIM

école doctorale **sciences pour l'ingénieur et microtechniques**

Titre de la thèse : Pour une Navigation Sûre et Intelligente des 2 Roues : Système de signalisation et optimisation des interactions avec les autres usagers de la route

Laboratoire d'accueil : Connaissance et Intelligence Artificielle Distribuées (CIAD) –
<http://www.ciad-lab.fr>

Belfort, FRANCE

Spécialité du doctorat préparé : Informatique

Mots-clefs : Intelligence artificielle, recherche opérationnelle, systèmes de signalisation, optimisation des interactions cyclistes/véhicules, réalité virtuelle,

Descriptif détaillé de la thèse :

Introduction / Contexte

Le changement climatique et ses effets nous pousse à privilégier les moyens de transport écologiques et durables et à bien cibler nos recherches scientifiques afin de mieux comprendre et de mettre en valeur les transports durables tels que la marche et le vélo. La communication entre les cyclistes et les conducteurs de véhicules n'est pas toujours simple. En effet, Les cyclistes utilisent des techniques de type signaux manuels ou sonores pour communiquer avec les autres usagers de la route. Ces techniques ne sont pas efficaces puisque le cycliste n'est pas capable de discerner si le conducteur d'un véhicule est conscient de sa présence et a l'intention de lui laisser suffisamment d'espace, en particulier si plusieurs véhicules sont présents. De même, une communication sonore peut être masquée par le bruit de la circulation ou atténuée par l'insonorisation du véhicule. L'arrivée des véhicules autonomes (VA) peut réduire certains de ces problèmes puisque grâce à leurs systèmes intégrés ces véhicules peuvent communiquer leur connaissance et leur intention aux cyclistes (par exemple, indiquer que le véhicule se trouve à une distance sûre du cycliste), ce qui pourrait aider les cyclistes à prendre de meilleures décisions quant au moment de s'insérer, de changer de voie ou de dépasser. Mais les recherches dans ce domaine se sont concentrés sur le défi technologique de la détection des cyclistes sans approfondir « ou très peu » l'aspect optimisation et sécurisation des interactions entre cyclistes et les autres usagers de la route.

Objectifs détaillés

L'objectif principal de cette thèse est de proposer des approches visant à permettre une meilleure coopération entre les cyclistes et les autres usagers de la route (piétons, véhicules autonomes...). Ces approches visent à long termes à rendre agréable et à apprécier la conduite du vélo en ville. Elles visent également à réduire les risques de décès et de blessures en milieu urbain pour les usagers vulnérables de la route (VRU) et à encourager les modes de transport propres et sécurisés dans les environnements urbains.

Deux axes principaux seront à considérer dans le cadre de ces travaux de thèse :

1. Le premier axe concerne la **modélisation du comportement des cyclistes** en milieu urbain face à des situations dangereuses et la **conception d'un système de signalisation** pour le partage d'information entre cyclistes et véhicules
2. Le deuxième axe a pour objectif **de construire des algorithmes** permettant **de gérer**, et de **sécuriser** les interactions entre les cyclistes et les autres usagers que ce soit sur toute ou au niveaux des **carrefours**. Les méthodes d'optimisations issues de la recherche opérationnelles seront utilisées afin de sécuriser les différentes interactions tout en laissant le trafic fluide.

Les phases de la thèse

Première phase : état de l'art et analyse de l'existant

Une étude de l'existant en termes de modèles de comportement des cyclistes et de systèmes de communication avec les autres usagers de la route, sera menée afin de définir les différents verrous scientifiques.

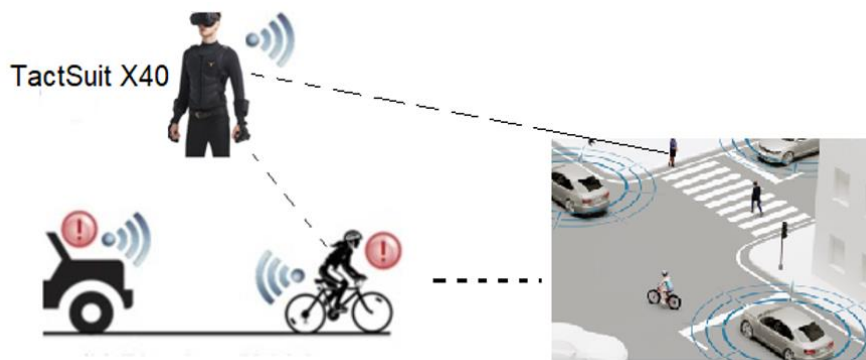
Seconde phase : Conception de l'environnement virtuel pour l'étude et élaboration d'un modèle de comportement de cyclistes

Cette phase consiste à faire une étude pour l'élaboration du modèle de comportement des cyclistes. L'étude se fera sur une cinquantaine de participants ayant des profils très variés. Ces participants vont pouvoir naviguer dans un environnement virtuel qui sera développé (sous unity3D+SUMO) au préalable par un stagiaire avec plusieurs scénarios routiers possibles et impliquant différentes dispositions de piétons et de véhicules. Le but sera alors d'observer comment les cyclistes se comportaient dans la RV par rapport à un scénario réel et d'évaluer leur perception du danger et des usagers de la route notamment les véhicules autonomes. Cette étude nous permettra ainsi de disposer des éléments appropriés qui vont permettre d'élaborer et de décrire un modèle de comportement de ces cyclistes.



Troisième phase : développement du système de signalisation incluant des solutions innovantes pour la gestion, l'optimisation et la sécurisation des interactions.

L'étude sur le comportement des cyclistes va permettre de mettre en œuvre des outils de signalisation et des aides à la navigation visuelle, des aides auditives et haptiques (situées par exemple sur le guidon ou le casque ou encore sur une ceinture). Des décisions relatives au droit de passage au sein des intersections et des règles de priorité seront aussi proposées et seront également évaluées en terme de pertinence et d'acceptabilité à la fois du point de vue des passagers des AV et des cyclistes. Le doctorant développera enfin un système de signalisation « cyclistes-VA-piétons » dans lequel ils seront intégrés toutes les aides à la navigation (visuelles, auditives et haptiques), toutes les règles développées précédemment pour la gestion de la priorité ainsi que toutes les décisions relatives au droit de passage au sein des intersections (décisions issues des algorithmes d'optimisation de différents types de critères : durées des trajets, attentes aux intersections,...).



Références bibliographiques :

1. Apasnore, P., Ismail, K., & Kassim, A. (2017). Bicycle-vehicle interactions at mid-sections of mixed traffic streets: Examining passing distance and bicycle comfort perception. *Accident Analysis & Prevention*, 106, 141–148.
2. Chaloupka-Risser, C., & Füssl, E. (2017). The importance of communication between cyclists and other traffic participants and its potential in reducing traffic safety-critical events. *Trans. Transp. Sci*, 8, 24–30.
3. Chen, C.-K., Chen, F.-J., Huang, J.-T., & Huang, C.-J. (2007). Study of interactive bike simulator in application of virtual reality. *Journal of the Chinese society of mechanical engineers*, 28, 633–640.
4. Dey, D., Martens, M., Wang, C., Ros, F., & Terken, J. (2018). Interface concepts for intent communication from autonomous vehicles to vulnerable road users. *Adjunct proceedings of the 10th international conference on automotive user interfaces and interactive vehicular applications*, (pp. 82–86).
5. Hagenzieker, M. P., Van Der Kint, S., Vissers, L., van Schagen, I. N., De Bruin, J., Van Gent, P., & Commandeur, J. J. (2020). Interactions between cyclists and automated vehicles: Results of a photo experiment. *Journal of Transportation Safety & Security*, 12, 94–115.
6. Kreimeier, J., Ullmann, D., Kipke, H., & Götzelmann, T. (2020). Initial Evaluation of Different Types of Virtual Reality Locomotion Towards a Pedestrian Simulator for Urban and Transportation Planning. *Extended Abstracts of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, (pp. 1–6)

7. Kwigizile, V., Oh, J.-S., Ikononov, P., Hasan, R., Villalobos, C. G., Kurdi, A. H., . . . others. (2017). Real time bicycle simulation study of bicyclists' behaviors and their implication on safety. Tech. rep., Western Michigan University. Transportation Research Center for Livable
8. Schramka, F., Arisona, S., Joos, M., & Erath, A. (2017). Development of virtual reality cycling simulator. Arbeitsberichte Verkehrs-und Raumplanung, 1244.
9. Schulzyk, O., Hartmann, U., Bongartz, J., Bildhauer, T., & Herpers, R. (2009). A real bicycle simulator in a virtual reality environment: the FIVIS project. 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, (pp. 2628–2631)
10. Useche, S. A., Montoro, L., Sanmartin, J., & Alonso, F. (2019). Healthy but risky: A descriptive study on cyclists' encouraging and discouraging factors for using bicycles, habits and safety outcomes. Transportation research part F: traffic psychology and behaviour, 62, 587–598.
11. Calvi A, D'Amico F, Ferrante C, Bianchini Ciampoli L. Driving simulator study for evaluating the effectiveness of virtual warnings to improve the safety of interaction between cyclists and vehicles. Transportation research record. 2022 Apr;2676(4):436-47.

Profil demandé :

- Le.a candidat.e devra avoir une formation solide en informatique (niveau master)
- Une maîtrise des outils liés à la Réalité Virtuelle (Unity, casques immersifs) serait un plus indéniable.
- Une bonne maîtrise de l'anglais (oral et écrit) est exigée.

Financement : sur 3 ans

Dossier à envoyer pour le : 20 Avril 2023 **Début estimée du contrat :** 1^{er} Octobre 2023
Salaire mensuel net : 1500€-1700€

Les candidatures doivent être envoyées à Dr. Mahjoub DRIDI (mahjoub.dridi@utbm.fr)

Le dossier de candidature doit contenir :

- Un CV détaillé,
- Une lettre de motivation,
- Une copie du diplôme de Master ou tout document attestant du niveau de Master (Attestation de réussite, ...),
- Une copie des relevés de notes de Master avec une attestation de classement (si disponible) et, si possible, une copie des relevés de notes du diplôme antérieur au master,

Direction / codirection de la thèse :

Directeur de thèse : Pr. Mahjoub DRIDI
Co-encadrant de thèse : Pr. Abdeljalil ABBAS TURKI