

Apprentissage profond pour la modélisation et la formation en Réalité virtuelle des conducteurs des deux-roues motorisés (English version below)

Mots clés : Interaction-Homme-Machine, Réalité Virtuelle, Apprentissage profond, Intelligence Artificielle, Formation à la conduite Moto, Simulateur, Eye-tracking.

Direction des travaux

Directeur de thèse : Hedi TABIA, PU, équipe IRA2, IBISC/UEVE-Université Paris Saclay, hedi.tabia@univ-evry.fr

Co-encadrant : Amine CHELLALI, MCF, équipe IRA2, IBISC/UEVE-Université Paris Saclay, amine.chellali@univ-evry.fr

Domaines scientifique et axes stratégiques

Ce projet de thèse interdisciplinaire se trouve à la frontière entre les domaines de l'interaction homme-machine (IHM) et de la réalité virtuelle (RV) d'un côté, et de l'intelligence artificielle de l'autre. Il répond à des enjeux sociétaux majeurs comme la mobilité et la sécurité routière. Ce projet s'inscrit pleinement dans le cadre de l'institut DATAIA de l'Université Paris Saclay. Il sera réalisé au sein de l'équipe IRA2 du laboratoire IBISC et en étroite collaboration avec l'équipe SIAM dans le cadre de l'axe transverse de recherche du laboratoire autour de l'IA. Il fait suite au projet TEDw1 lauréat de l'AAP 2019 du Département STIC de l'Université Paris-Saclay et qui a permis de financer une partie du matériel nécessaire à sa réalisation.

Thématique scientifique : actualité et enjeux

1.1. Contexte

Les véhicules à deux-roues motorisés (V2RM) sont un axe de recherche prioritaire pour les institutions en charge de l'étude du comportement et de la sécurité des usagers vulnérables. L'accidentologie des deux-roues est bien plus importante, comparée à celle des autres usagers. En moyenne, 1200 motards sont tués chaque année sur les routes depuis 20 ans. Alors que la mortalité routière en France a connu une baisse notable, celle des motards s'est fortement aggravée (~25% des accidents mortels sur la route, bilan de l'ONISR). Aujourd'hui, la situation reste critique et demeure un enjeu européen comme en témoigne l'investissement de la communauté européenne dans ce secteur, notamment en ce qui concerne les conducteurs novices qui constituent 45% des accidents.

Bien que les avancées techniques soient balbutiantes, les études portant sur les facteurs humains dans ce contexte sont quasi absentes. Ce projet de thèse se veut précurseur au niveau national sur la modélisation des conducteurs des V2RM dans le but de prédire les situations accidentogènes et d'aider les conducteurs novices à mieux réagir.

1.2. Problématique

La vision humaine est capitale pour une meilleure conduite. Les conducteurs scrutent en permanence l'environnement pour suivre une direction souhaitée, éviter les véhicules et les dangers. Aussi, le rôle de la direction du regard et l'étendu du champ visuel sur la conduite a été l'objet de plusieurs travaux de recherche [1, 2, 3, 4, 5]. Ces études ont montré que ces facteurs impactent la variabilité de la direction du véhicule et son positionnement sur la chaussée. D'autres études ont examiné la relation entre différents facteurs humains (défiance visuelle, distractions, charge cognitive...) et la conduite [6, 7, 8]. Cependant très peu de ces travaux ont concerné les V2RM.

A ce jour, aucun travail n'a abordé l'impact de la direction du regard sur la conduite moto. De nombreuses discussions avec des centres de formation à la conduite V2RM ont confirmé que l'impact de la direction du regard sur les performances de conduite est capital et se manifeste à travers différentes situations telles que : 1- l'adaptation de la vitesse lors d'un changement de voie, 2- le maintien de la trajectoire dans les courbes, 3- la position sur la chaussée pendant les virages, 4- le maintien des distances inter véhiculaires, 5- les compétences d'anticipation, 6- l'interaction avec les autres véhicules etc. Un exemple avéré est celui

¹ Training the Eye for Driving two-wheeled vehicles

d'un mouvement de haut en bas de la tête qui conduit en une trajectoire en zig-zag (variabilité accrue) de la moto menant à des situations parfois dangereuses.

1.3. Objectifs du projet

Ce projet de thèse utilisera les techniques d'intelligence artificielle (IA) basées sur l'apprentissage profond pour analyser et modéliser le comportement humain et les techniques d'interaction homme machine basées sur une conception centrée sur l'humain afin de modifier ce comportement. Pour ce faire, ce projet se propose, d'un côté, d'**analyser les performances de la conduite des V2RM**, en termes de variabilité de la trajectoire, **en fonction de la direction du regard** (mouvement oculaire) et de l'expertise du conducteur et d'en extraire les relations de cause-à-effet. De l'autre côté, il vise à **proposer un système d'aide à la conduite** permettant la **correction de la direction du regard des motocyclistes** pour faire converger la trajectoire réelle vers celle souhaitée. Cette phase sera réalisée en proposant de nouvelles techniques d'interaction homme machine dans des environnements virtuels de simulation de conduite des V2RM.

La première tâche de ce travail de thèse **consistera à concevoir un système interactif** (en réalité virtuelle ou mixte) **capable de reproduire une situation de conduite réelle dans un environnement simulé** [9]. Cet outil logiciel sera couplé avec la plateforme physique de simulation de V2RM du laboratoire [10]. Il devra permettre à l'aide d'un casque de réalité virtuelle équipé d'un oculomètre de simuler un scénario de conduite d'un V2RM et d'extraire les comportements oculaires du conducteur. Une phase de validation de ce système sera nécessaire afin de s'assurer que le comportement du conducteur sur le simulateur est similaire à son comportement en conduite réelle.

La seconde tâche consistera ensuite à **analyser et à comparer les performances de conduite entre plusieurs motards en fonction de différents paramètres**, en particulier, la direction et la trajectoire de leur regard. Les mesures seront réalisées sur le simulateur avec des motards ayant des niveaux d'expertise différents (novice, confirmé et expert). Les paramètres de conduite qui incluent la trajectoire réalisée, les changements de voies, la variabilité du placement latéral, l'accomplissement de la trajectoire de sécurité, le suivi de leader, seront codées par des réseaux de neurones profonds [11, 12]. Ces derniers seront capables (1) d'évaluer le niveau d'un conducteur et (2) de prédire la trajectoire optimale dans un environnement non contrôlé. Un des scénarios typiques que l'on prendra comme base de comparaison sera celui de la prise de virage (avec ou sans trafic).

La troisième tâche consistera à proposer, sur la base du modèle identifié, **un outil de formation et d'aide à la conduite** pour améliorer les performances des conducteurs novices. Pour ce faire, nous proposons de concevoir un outil interactif pour la formation des motards. Cette outil permettra : 1- d'extraire les comportements oculaires du conducteur novice pendant la conduite simulée, 2- de comparer en temps-réel ces données avec le modèle proposé et 3- de mettre en place des guides virtuels permettant de corriger la direction de son regard, lorsque celle-ci diverge de celle d'une conduite sûre. En se basant sur une méthodologie de conception centrée sur l'humain [13], différentes modalités de guidage seront proposées et comparées à travers des échanges avec les experts du domaine et des études expérimentales simulant différents scénarios de conduite.

La quatrième tâche consistera enfin à **évaluer le transfert des compétences apprises sur le simulateur proposé vers le monde réel**. Une nouvelle étude expérimentale sera mise en place pour évaluer les performances de conduite, mais cette fois dans une situation de conduite réelle.

Résultats attendus

- Réaliser une étude de l'état de l'art sur l'impact du regard sur la qualité de la conduite.
- Concevoir et développer le prototype virtuel d'un simulateur de conduite V2RM,
- Proposer un modèle permettant de décrire les relations de cause-à-effet entre la direction du regard et les performances de conduite des motocyclistes, en fonction de l'expertise du conducteur,
- Concevoir un système d'aide à la conduite basé sur des guides virtuels, permettant la correction de la direction du regard des conducteurs de V2RM afin de faire converger la trajectoire réelle vers celle de sécurité,
- Évaluer le prototype pour valider son efficacité pour la formation des conducteurs novices,

- Publier les résultats dans des conférences internationales reconnues (ex. IEEE VR ou ACM CHI) et dans au moins une revue de renommée internationale.

Compétences et qualités requises

Bonne maîtrise de la conception/programmation (si possible Unity/C#), connaissance des interactions 3D, de la réalité virtuelle, de la méthodologie de conception centrée utilisateur, et des méthodes d'analyse de données et d'intelligence artificielle, avoir un goût pour la recherche, le travail d'équipe et les échanges pluridisciplinaires.

Par ailleurs, les critères de sélection du candidat sont très importants, nous citons par exemple :

- La qualité du candidat (résultats du Master ou équivalents, aptitudes du candidat à la recherche telles qu'elles peuvent s'évaluer à partir des périodes de stage ou mémoire de recherche, publications, et recommandations des encadrants pédagogiques),
- L'adéquation du profil du candidat à la réalisation du projet de thèse.

Conditions de travail

Les travaux de thèse seront réalisés au laboratoire IBISC. [Des plateformes expérimentales](#) (plateforme de réalité virtuelle EVR@ (fig1), plateforme Véhicules et Drones) seront mises à disposition avec différents dispositifs matériels et logiciels nécessaires à la réalisation du projet (oculomètres, casques de réalité virtuelle, motos, simulateur de moto, logiciel d'analyse de données oculaires...). Cette thèse sera réalisée dans la suite des travaux de l'équipe IRA2 sur l'étude du comportement visuel [14], la conception des simulateurs et des aides multimodales pour la formation [9, 13, 15]. Elle sera également réalisée en collaboration avec l'équipe SIAM du laboratoire IBISC qui a une longue expérience dans le domaine de la conception des simulateurs et des systèmes d'aides à la conduite de V2RM [10, 16].



Fig1. Exemples de simulations et technologies présentes sur les plateformes IBISC (CAVE, casques, bras à retour d'efforts, oculomètres...)

Dossier de candidature

Le dossier de candidature comportant un CV, une lettre de motivation, les relevés de notes (M1 et M2) avec classements, deux lettres de recommandation est à envoyer par mail à : amine.chellali@univ-evry.fr et hedi.tabia@univ-evry.fr avant le 19 Mai 2020. La candidature finale devra être également déposée sur le site de candidature de l'Université Paris Saclay :

http://www.adum.fr/as/ed/voirproposition.pl?site=PSaclay&matricule_prop=31190

Références

- [1] Lobjois R, Mars F (2019) Effects of motorcycle simulator configurations on steering control and gaze behavior in bends. *Journal of experimental psychology: applied*
- [2] Vansteenkiste P, Van Hamme D, Veelaert P, Philippaerts R, Cardon G, Lenoir M (2014) Cycling around a curve: the effect of cycling speed on steering and gaze behavior. *PloS one* 9
- [3] Itkonen T, Pekkanen J, Lappi O (2015) Driver gaze behavior is different in normal curve driving and when looking at the tangent point. *PloS one* 10
- [4] Di Nocera F, Camilli M, Terenzi M (2006) Using the distribution of eye fixations to assess pilots' mental workload. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, pp 63–65
- [5] Lobjois R, Siegler IA, Mars F (2016) Effects of visual roll on steering control and gaze behavior in a motorcycle simulator. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour* 38: 55–66
- [6] Harbluk JL, Noy YI, Trbovich PL, Eizenman M (2007) An on-road assessment of cognitive distraction: Impacts on drivers' visual behavior and braking performance. *Accident Analysis & Prevention* 39: 372–379
- [7] Seya Y, Nakayasu H, Yagi T (2013) Useful field of view in simulated driving: Reaction times and eye movements of drivers. *i-Perception* 4: 285–298
- [8] Deng Q, Wang J, Hillebrand K, Benjamin CR, Söffker D (2019) Prediction performance of lane changing behaviors: a study of combining environmental and eye-tracking data in a driving simulator. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*
- [9] Bouyer G, **Chellali A**, Lécuyer A (2017) Inducing self-motion sensations in driving simulators using force-feedback and haptic motion. *2017 IEEE Virtual Reality (VR)*, pp 84–90
- [10] Arioui H, Nehaoua L, Hima S, Ségy N, Espié S (2010) Mechatronics, design, and modeling of a motorcycle riding simulator. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 15: 805–818
- [11] Luvizon D, Picard D, **Tabia H** (2020) Multi-task Deep Learning for Real-Time 3D Human Pose Estimation and Action Recognition. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*
- [12] Paumard MM, Picard D, **Tabia H** (2020) Deepzzle: Solving Visual Jigsaw Puzzles With Deep Learning and Shortest Path Optimization. *IEEE Transactions on Image Processing* 29: 3569–3581
- [13] **Chellali A**, Mentis HM, Miller A, Ahn W, Arikatla VS, Sankaranarayanan GS, Schwaizberg SD, Cao CGL (2016) Achieving Interface and Environment Fidelity in the Virtual Basic Laparoscopic Surgical Trainer. *International Journal of Human-Computer Studies* 96: 22–37
- [14] Mentis HM, **Chellali A**, Schwaizberg S (2014) Learning to see the body: supporting instructional practices in laparoscopic surgical procedures. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp 2113–2122
- [15] Roth-Monzon EL, **Chellali A**, Dumas C, Cao CGL (2012) Training effects of a visual aid on haptic sensitivity in a needle insertion task, Vancouver, pp 199–202
- [16] Nehaoua L, Arioui H, Seguy N, Mammar S (2013) Dynamic modelling of a two-wheeled vehicle: Jourdain formalism. *Vehicle System Dynamics* 51: 648–670