

Sujet de thèse 2024-2027 à l'INSA de Rouen Normandie
**Apprentissage par transfert dans des environnements à réalité mixte
pour la conduite connectée et autonome**

Contexte

Le déploiement des véhicules autonomes est coûteux et nécessite encore beaucoup d'avancées dans les domaines de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage artificiel. Les premiers déploiements en conditions réelles sont réalisés à petite échelle et ne permettent pas de collecter suffisamment de données pour permettre à des algorithmes basés sur des formes d'apprentissage profond d'être rapidement opérationnels dans des contextes variés. C'est pourquoi d'autres formes de déploiement doivent être explorées, par exemple en environnement virtuel, en ayant recours à des outils de simulation ou à des modèles réduits de véhicules autonomes (robots).

Le problème ici est d'être capable de transférer les stratégies apprises dans l'un ou l'autre (ou plusieurs) environnements afin de les appliquer (et les adapter à d'autres). De nouvelles formes d'apprentissage semblent particulièrement pertinentes dans ce contexte : l'IA « verte » qui consiste à réduire l'empreinte, et donc les quantités de données requises par les algorithmes ; l'**apprentissage par transfert** qui permet le portage de stratégies entre environnements ; l'**apprentissage fédéré** où les stratégies apprises sont partagées, ainsi que le **méta-apprentissage** qui s'intéresse à apprendre sur des expériences d'apprentissage.

Dans ce travail de thèse, la particularité de l'approche développée serait de permettre aux modèles de véhicules robots de communiquer directement (V2V) entre eux et avec des véhicules simulés dans un **environnement à réalité mixte**, permettant l'émergence de **nouvelles stratégies de coopération entre les véhicules** tout en facilitant les déploiements dans le monde réel grâce au partage d'expérience à travers les environnements et les contextes.

Objectifs

L'objectif principal de cette thèse est d'étudier et de proposer de **nouveaux algorithmes pour des tâches de conduite autonome et coopérative** basées sur des techniques d'**apprentissage par transfert**, d'**apprentissage fédéré** et de **méta-apprentissage** afin d'améliorer la stabilité et la sécurité des véhicules autonomes dans un environnement en réalité mixte (mêlant simulation et plateforme robotique).

La feuille de route du travail pourra couvrir les pistes suivantes :

1. Réaliser un état de l'art des avancées récentes en matière de réalité mixte, apprentissage par transfert, apprentissage fédéré, méta-apprentissage et transfert de domaines.
2. Étudier et proposer des stratégies par apprentissage pour les véhicules autonomes.
3. Choisir, mettre en place et tester les deux environnements (simulation à large échelle de véhicules autonomes et plateforme robotique à petite échelle en réalité mixte)
4. Proposer et implémenter des algorithmes collaboratifs/coopératifs par apprentissage pour des flottes de véhicules autonomes capables d'être transférées entre différents environnements (simulation et robots)
5. Évaluer les stratégies développées dans les deux environnements et en réalité mixte du point de vue : haut-niveau (stabilité, efficacité, sécurité de la flotte) et bas-niveau (fréquence des transferts, succès des transferts, sensibilité aux différents contextes)
6. Participer à la dissémination et valorisation scientifique sous la forme d'articles de recherche, démonstrations, enregistrement vidéo des expérimentations, présentation lors de colloques et à un public plus large.

Ce sujet est la suite du projet de thèse porté par Imane Argui, financé par la Chaire ANR RAIMo (2021-2024), dirigée par Samia Ainouz (LITIS, STI, INSA Rouen), et co-encadré par Maxime Guériaux (LITIS, STI, INSA Rouen). Les travaux ont mené à la production d'une première plateforme en réalité mixte avec un robot mobile (partie vision par ordinateur, contrôle, robotique). Dans le cadre de ce sujet, il s'agira d'étendre ces travaux antérieurs en mettant l'accent sur les problématiques d'apprentissage et de transfert de connaissances entre différents robots/et ou avec son/ses avatar(s) virtuels dans l'environnement en réalité mixte.

Contributions attendues et valorisation

Les travaux entrepris par le candidat devraient contribuer, sans s'y limiter, à :

- une meilleure compréhension des problèmes liés à la mise en œuvre de la conduite autonome dans différents domaines : décalage par rapport à la réalité (reality gap), sur-apprentissage, apprentissage frugal, biais expérimentaux, etc. ;
- une nouvelle approche du transfert et de l'acquisition de connaissances de la simulation vers le monde réel et du monde réel à la simulation ;
- des résultats expérimentaux (simulation et/ou plate-forme robotique) sur les avantages de la communication/coopération pour la circulation autonome ;
- des pistes concernant l'utilisation d'environnements de simulation et de robotique pour favoriser et accélérer le développement et le déploiement de technologies de conduite connectée et autonome.

Étant donné qu'une partie de la recherche sera menée à l'aide d'un environnement robotique, le travail et les architectures développés devrait permettre des expériences reproductibles qui pourraient être utilisées comme des démonstrateurs pour la recherche/l'enseignement, mais aussi pour la diffusion et la vulgarisation (comme des enregistrements vidéo) à destination du grand public mais aussi des industriels en visite à l'INSA Rouen Normandie.

Références

Publications associées :

- Argui, I., Gueriau, M., & Ainouz, S. (2023). A mixed-reality framework based on depth camera for safety testing of autonomous navigation systems. In 26th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems (ITSC).
- Argui, I., Gueriau, M., & Ainouz, S. (2023). Building a vision-based mixed-reality framework for autonomous driving navigation. In 2023 9th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT) (pp. 1960-1965). IEEE.
- Argui, I., Guériaux, M., & Ainouz-Zemouche, S. (2022). Towards a Mixed-Reality framework for autonomous driving. In ROS 2022-13th Workshop on Planning, Perception and Navigation for Intelligent Vehicles.

Bibliographie (travaux connexes pertinents) :

- R.E. Stern, S. Cui, M.L. Delle Monache, R. Bhadani, M. Bunting, M. Churchill, N. Hamilton, H. Pohlmann, F. Wu, B. Piccoli and B. Seibold, "Dissipation of stop-and-go waves via control of autonomous vehicles: Field experiments", *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 2018, 89, pp.205-221.
- M. Guériaux, R. Billot, N.E. El Faouzi, J. Monteil, F. Armetta, S. Hassas, "How to assess the benefits of connected vehicles? A simulation framework for the design of cooperative traffic management strategies", *Transportation research part C: emerging technologies*, 2016, 67, pp. 266-279.
- R. Schwartz, J. Dodge, N. A. Smith, O. Etzioni. "Green ai." arXiv preprint arXiv:1907.10597, 2019.
- N. Hyldmar, Y. He and A. Prorok, "A Fleet of Miniature Cars for Experiments in Cooperative Driving," 2019 International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2019, pp. 3238-3244.

- R. Blin, S. Ainouz, S. Canu and F. Meriaudeau, "A New Multimodal RGB and Polarimetric Image Dataset for Road Scenes Analysis", IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 2020, pp. 216-217.
- A. Taylor, I. Dusparic, M. Guériau, S. Clarke, "Parallel transfer learning in multi-agent systems: What, when and how to transfer?", International Joint Conference on Neural Networks (IJCNN), 2019, pp. 1-8.
- S. Sharma, J.E. Ball, B. Tang, D.W. Carruth, M. Doude, M.A. Islam, "Semantic segmentation with transfer learning for off-road autonomous driving", Sensors, 2019, 19(11), pp. 2577.
- B. Balaji, S. Mallya, S. Genc, S. Gupta, L. Dirac, V. Khare, G. Roy et al., "Deepracer: Autonomous racing platform for experimentation with sim2real reinforcement learning", IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), 2020, pp. 2746-2754.
- R. Mitchell, J. Fletcher, J. Panerati and A. Prorok, "Multi-Vehicle Mixed Reality Reinforcement Learning for Autonomous Multi-Lane Driving", Proceedings of the 19th International Conference on Autonomous Agents and MultiAgent Systems, 2020, pp. 1928-1930.
- K. Bonawitz, H. Eichner, W. Grieskamp, D. Huba, A. Ingerman, V. Ivanov, C. Kiddon et al. "Towards federated learning at scale: System design." arXiv preprint arXiv:1902.01046, 2019.
- J. Li, M. Khodak, S. Caldas, A. Talwalkar. "Differentially private meta-learning." arXiv preprint arXiv:1909.05830, 2019.

Mots-clefs

Apprentissage par transfert, réalité mixte, véhicule autonome, vision par ordinateur, décision multi-agent

Profil recherché

- Master en informatique (ou en robotique), avec une spécialisation ou un intérêt pour les techniques basées sur l'IA et/ou l'apprentissage automatique ;
- Solides compétences en communication écrite et orale en anglais et/ou en français.

Des connaissances et/ou une expérience dans les domaines suivants seraient grandement appréciées :

- Systèmes de transport intelligents, véhicules connectés et automatisés ;
- Techniques telles que l'apprentissage profond, l'apprentissage par renforcement, le transfert d'apprentissage, les systèmes multi-agents ;
- Simulation de véhicules et/ou environnements robotiques.

Encadrement

Samia Ainouz (Professeur des Universités) et Maxime Guériau (Maître de conférences) à l'[INSA de Rouen Normandie](#), tous deux membres de l'équipe Systèmes de Transport Intelligents ([STI](#)) au [LITIS](#) (*Laboratoire d'Informatique, de Traitement de l'Information et des Systèmes*).

A propos du LITIS et de l'équipe STI

La recherche menée au laboratoire LITIS couvre trois grands domaines : l'accès à l'information, le traitement de l'information biomédicale et l'intelligence ambiante avec des applications dans la santé, du véhicule intelligent et les territoires intelligents. L'expertise des membres du LITIS est reconnue internationalement et comprend : l'apprentissage automatique, les systèmes multi-agents, les véhicules intelligents. L'équipe STI (à laquelle le candidat retenu se joindra) est spécialisée dans les systèmes d'assistance à la conduite avancés, la vision par ordinateur, les systèmes distribués et autonomes.

Le LITIS est un laboratoire (EA 4108) de l'Université de Rouen Normandie, de l'Université du Havre Normandie et de l'INSA Rouen Normandie. Il est membre de l'école doctorale MIIS et du

réseau normand "Digital Normandy". Le LITIS est partenaire de la Fédération de recherche CNRS Normastic.

Le candidat aura accès à différentes plates-formes expérimentales pour mener ses travaux :

- Une plateforme robotique comprenant différents véhicules robotisés équipés de capteurs de perception de pointe ;
- Un centre informatique intensif (CRIANN : Centre Régional Informatique et d'Applications Numériques de Normandie).

Financement

Cette thèse sera financée pendant 3 ans par l'INSA de Rouen Normandie (50%) et la région Normandie (50%). Le doctorant retenu sera inscrit à l'[école doctorale MIIS](#) (ED 590), qui propose des formations obligatoires ainsi qu'un accompagnement pendant la thèse.

Processus de candidature

Les candidatures doivent comprendre :

- un CV complet et à jour, avec une liste des publications éventuelles ;
- une lettre de candidature ;
- les informations de contact de 1-2 personnes références, si disponible ;
- un relevé de notes du Master ;

et être envoyées par email avec l'objet « candidature thèse TLMR » à :

maxime.gueriau@insa-rouen.fr

samia.ainouz@insa-rouen.fr

au plus tard le vendredi 24 mai 2024.