

Initiative MSTD - Sujet de post doctorat
Maîtrise des Systèmes Technologiques Sûrs et Durables

La vision par événements pour la sécurité de la conduite autonome
vis-à-vis des personnes en mobilité douce.

Encadrants du post doc :

- *Noms des encadrants, laboratoires :* - Franck **Davoine**, Julien **Moreau**, Heudiasyc UMR 7253, **UTC**, Compiègne -- prenom.nom@hds.utc.fr ;
- Catherine **Achard**, ISIR UMR 7222, **Sorbonne Université**, Paris -- catherine.achard (at) sorbonne-universite.fr

Adresse du lab. Heudiasyc :

57 avenue de Landshut, CS 60319, 60203 Compiègne Cedex.

Adresse du lab. ISIR :

Campus Pierre et Marie Curie, 4 Place Jussieu, 75005 Paris.

Date limite de candidature : 15 novembre 2020 (date de démarrage du postdoc : février 2021).

Envoyez votre CV et lettre de motivation de préférence dans un seul fichier PDF, par email ayant pour objet : **[postdocMSTD]** à **franck.davoine (at) hds.utc.fr**

Lieu d'exercice : Laboratoire Heudiasyc, UMR 7253, UTC, 57 avenue de Landshut, 60200 Compiègne, France.
<https://www.hds.utc.fr/> -- Équipe SyRI, Systèmes robotiques en interaction.

Résumé du projet :

Les voies de circulation urbaines sont de plus en plus partagées entre véhicules et personnes en mobilité douce (vélo, trottinette, etc.), dont les comportements erratiques peuvent nuire à leur sécurité. Le projet vise à développer des systèmes de perception pour véhicules, permettant de détecter avec fiabilité les vulnérables proches. Ces derniers peuvent être difficiles à voir selon les contextes (occultations partielles, mouvements rapides, comportements peu prévisibles, etc.). Ceci nécessite la recherche d'algorithmes adaptés de vision par ordinateur, de traitement et de fusion de données capteurs, d'apprentissage machine et d'intelligence artificielle.

Description scientifique :

Plusieurs études récentes insistent sur l'importance d'encourager les mobilités douces et moins carbonées en milieu urbain, en vue d'atteindre l'objectif implicite de réduction des émissions de gaz à effet de serre de 5%/an.

L'objectif du projet est de démontrer le gain à employer des caméras dites « à événements » [1] pour améliorer la sécurité des usagers vulnérables de la route (c'est-à-dire des personnes en mobilité douce) vis-à-vis de la voiture. Le temps de réaction du système doit être réduit au minimum possible [2, 3], et sa fiabilité doit être maximale. Contrairement au capteur d'images classique qui capture des instantanés de la scène à restituer, pris à un moment précis et ne contenant aucune information dynamique, le capteur neuromorphique ou bioinspiré (caméra à événements) vise à capturer le mouvement visuel. Il émet une impulsion +/-1 pour chaque pixel indépendant de manière asynchrone dès lors que la variation de luminosité au pixel dépasse un seuil donné. De par sa conception,

ce capteur code la dynamique visuelle sous forme de schémas spatio-temporels à forte résolution d'événements (contours d'objets mobiles, trajectoires, vitesse, etc.) [1]. Cette technologie permet notamment de bénéficier d'une vitesse accrue, d'une plage dynamique élevée (perception des informations sous conditions lumineuses défavorables, lumière éblouissante, nuit, etc.), d'une réduction des coûts de calcul et de consommation d'énergie.

Pour cela, notre stratégie est de contribuer à tester et à comparer des méthodes utilisant des caméras à événements face à des méthodes utilisant des caméras couleur largement explorées dans la littérature et pour lesquelles les algorithmes peuvent être considérés comme étant arrivés à maturité, en particulier les détections basées apprentissage profond qui constituent l'état de l'art actuel [4, 5, 6].

De manière complémentaire, à partir de caméras à événements, nous proposons de contribuer au développement de méthodes d'apprentissage profond adaptées pour détecter rapidement et avec fiabilité les vulnérables à proximité du véhicule. Des méthodes type *Grafted Networks* [7] pourront être expérimentées dans un premier temps pour pallier au manque de données d'apprentissage dans certaines modalités telles que la vision par événements. Des techniques telles que les *embeddings* [8] pourraient être exploitées pour permettre un clustering des signaux par les réseaux pour détecter et suivre les éléments mobiles. De plus les événements, de par leur nature impulsionnelle, se prêtent immédiatement à l'utilisation de réseaux de neurones à impulsions (*Spiking neural networks*), permettant le développement de réseaux de neurones à consommation énergétique réduite [9] (le talon d'Achille des réseaux de neurones classiques).

La fusion couleur et événements est également une piste sérieuse que nous étudierons pour cumuler les avantages des deux modalités [10] (richesse des images couleur permettant de reconnaître des comportements [11], instantanéité et sûreté de fonctionnement des événements dans des conditions plus variées). On pourra aussi s'intéresser à la comparaison voire à la fusion avec une caméra thermique, autre capteur performant de nuit par exemple. Le laboratoire Heudiasyc est équipé en caméras couleurs, thermiques et à événements (Prophesee, iniVation), des travaux dans cette direction ont également déjà été initiés [12].

La destination de ce projet est de promouvoir les techniques de perception les plus adaptées au service de la sécurité des usagers vulnérables de la route en environnement urbain. Nous choisissons de focaliser notre recherche sur l'ensemble capteur/algorithme et non pas uniquement sur l'amélioration d'algorithmes pour un capteur choisi par défaut. Le choix de l'association caméra à événements et réseaux de neurones à impulsions permettra d'optimiser la sûreté du système et d'en minimiser aussi les coûts environnementaux. C'est un domaine de recherche prometteur.

---> À son niveau, le projet contribue à servir les objectifs de l'initiative MSTD que sont la sûreté et la soutenabilité : (1) développement de systèmes de perception adaptés au cas particulier de la conduite du véhicule dans un espace urbain partagé avec des vulnérables, (2) promotion d'une vision désirable de la mobilité décarbonée, de la mobilité douce, en rendant le véhicule plus sûr vis-à-vis des vulnérables.

Programme de recherche :

- Étude bibliographique des comportements des personnes en mobilité douce et de leurs interactions avec les véhicules intelligents, ainsi que des travaux en fusion multi-capteurs pour l'analyse de scènes urbaines, pour en extraire une architecture de base avec différentes perspectives d'améliorations possibles. Échanges réguliers entre le post doctorant et ses encadrants des deux laboratoires impliqués.
- Préparation de cas d'usages et acquisitions de données sur la piste Séville de l'UTC en utilisant la plateforme véhicules du laboratoire Heudiasyc [13]. Partages des données avec l'équipe de l'ISIR pour le développement de méthodes adaptées de détections de vulnérables dans des situations à risque (proximité du véhicule, mouvements rapides, vues partiellement occultées par des obstacles).
- Comparaison et amélioration progressive des architectures proposées.

- Co-publication dans un journal ou à minima une conférence internationale de bon niveau ; la publication portera sur les jeux de données acquis et sur l'architecture proposée.

Références :

- [1] Gallego, G., Delbruck, T., Orchard, G., Bartolozzi, C., Tabá, B., Censi, A., ... & Scaramuzza, D. (2019). Event-based vision: A survey. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (T-PAMI)*, July 2020.
- [2] Rasouli, Amir, and John K. Tsotsos. Autonomous vehicles that interact with pedestrians: A survey of theory and practice. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2019.
- [3] Combs, T. S., Sandt, L. S., Clamann, M. P., McDonald, N. C. Automated Vehicles and Pedestrian Safety: Exploring the Promise and Limits of Pedestrian Detection. *American journal of preventive medicine*. 56(1), January 2019.
- [4] Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., Fieguth, P., Chen, J., Liu, X., & Pietikäinen, M. (2020). Deep learning for generic object detection: A survey. *International journal of computer vision*, 128(2), 261-318.
- [5] Bochkovskiy, A., Wang, C. Y., & Liao, H. Y. M. (2020). YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. Preprint arXiv:2004.10934.
- [6] Benzine, A. and Luvison, B. and Pham, Q.C. and Achard, C. Deep, robust and single shot 3D multi-person human pose estimation from monocular images. *IEEE ICIP International Conference on Image Processing 2020*.
- [7] Hu, W., Delbruck, T., Liu, S.C. Learning to Exploit Multiple Vision Modalities by Using Grafted Networks, *ECCV 2020*.
- [8] Istasse, M., Moreau J., De Vleeschouwer, C. Associative Embedding for *Game-Agnostic* Team Discrimination. 2019 *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops (CVPRW)*, Jun 2019, Long Beach, United States.
- [9] Tavanaei, A., Ghodrati, M., Kheradpisheh, S. R., Masquelier, T., & Maida, A. (2019). Deep learning in spiking neural networks. *Neural Networks*, 111, 47-63.
- [10] Capellier, E., Davoine, F., Cherfaoui, V., Li, Y. Fusion of neural networks, for LIDAR-based evidential road mapping. Article soumis, en phase de révision mineure, 2020.
- [11] Benzine, A., Chabot, F., Luvison, B., Pham, Q.C., Achard, C. PandaNet: Anchor-Based Single-Shot Multi-Person 3D Pose Estimation, *IEEE CVPR 2020*.
- [12] Brebion, V., encadré par Davoine, F. et Moreau, J. Study and application of the event camera to the autonomous vehicle, Manuscrit de stage de Master de l'UTC, septembre 2020.
- [13] <https://www.hds.utc.fr/recherche/plateformes-technologiques/vehicules-intelligents-autonomes.html>

Profil du candidat :

Docteur en vision pour ordinateur et/ou apprentissage machine ;
Expérience en vision par ordinateur et/ou apprentissage profond (deep learning) ;
Goût démontré pour les expérimentations ;
Maîtrise des langages C/C++ et Python ;
Capacité à travailler en équipe, et en collaboration avec des doctorants. La personne recrutée aura, le cas échéant, la responsabilité partielle de l'encadrement d'un stagiaire.

Salaire mensuel brut : ~ 2600 – 2700€.