

Offre de thèse – Projet « Safer Tram Driving »

Titre provisoire : Estimation en temps réel de l'état du conducteur de train à l'aide d'observateurs et d'approches de fusion de données.

Direction de thèse :

- Pr. POPIEUL Jean-Christophe, Jean-Christophe.Popieul@uphf.fr;
- Dr. BERDJAG Denis denis.berdjag@uphf.fr;

Date de début : Décembre 2024

Financement : 3 ans par l' ANR

Organisme d'accueil : Université Polytechnique Hauts-De-France, LAMIH UMR CNRS 8201.

Ville : Valenciennes.

Collaborations industrielles :

- STRMTG : <https://www.strmtg.developpement-durable.gouv.fr/>
- OCTAL SYDAC : <https://www.oktalsydac.com/>
<https://sogeclair.com/fr/simulation/simulation-ferroviaire>
- FactHum France: <https://facthum-france.fr/>
- Keolis : <https://www.keolis.com/>

COMMENT POSTULER :

- CV avec coordonnées
- Relevés de notes de licence et de master (y compris la liste des cours avec les notes correspondantes) pour toutes les années universitaires
- Un résumé de (ou un lien électronique vers) votre thèse de master
- Nom et email de deux référents

CONTEXTE

Le tramway est une modalité populaire de transport en commun, offrant un flux élevé de passagers, une solution sûre et une alternative propre (énergie électrique) aux autres modes de transport urbain, tels que la voiture ou l'autobus. Cependant, cette multiplicité d'acteurs dans la zone de circulation du tramway rend la tâche du conducteur très exigeante. L'anticipation est la clé de la sécurité dans la conduite à vue urbaine, car les distances d'arrêt du matériel ferroviaire sont longues et l'évitement d'obstacles est impossible. L'état du conducteur est ainsi au cœur de la sécurité du tramway, car il doit être constamment attentif à prévenir tout risque de collision avec des tiers, qu'ils soient en mouvement ou à l'arrêt, dans un contexte où le champ de vision est parfois fortement réduit (masquage par les bâtiments, le mobilier urbain, la signalisation, etc.).

C'est l'objectif du projet SaferTramDriving : proposer et développer des solutions innovantes dans le domaine de la surveillance de l'état du conducteur et de l'assistance à la conduite.

OBJECTIFS

La charge de travail perceptive et cognitive des conducteurs de tramway peut être élevée, avec un fort impact sur la vigilance (affectée par la fatigue cognitive et physique) et l'attention (concentration), qui à leur tour peuvent affecter les performances des conducteurs. Lors de l'exécution de la tâche de conduite, il existe donc une plage de charge de travail optimale dans laquelle le conducteur peut maintenir de bonnes performances sur une longue période de temps. Ainsi, l'objectif est de maintenir la charge de travail du conducteur dans une plage optimale, à l'aide d'un système avancé d'aide à la conduite (ADAS) qui s'adapte automatiquement en temps réel. Pour ce faire, il faut :

- Estimer l'état du conducteur
- Estimer les exigences de la tâche pour faire face à la situation dans l'environnement de conduite actuel.
- Déterminer la meilleure façon d'aider le conducteur en modifiant les exigences de la tâche de conduite afin de maintenir le conducteur dans la zone de sa performance optimale.

Pour garantir l'efficacité du système élaboré en fonction de la nécessité d'améliorer la sécurité, une partie importante du projet sera consacrée au prototypage et à l'évaluation de ce système. L'évaluation sera réalisée auprès d'un nombre significatif de conducteurs de tramway professionnels issus de différents réseaux français, à l'aide d'un démonstrateur développé dans le cadre du projet et basé sur un simulateur de tramway grandeur nature PSCHITT-Rail existant [1].

Le sujet de thèse portera principalement sur le problème de la surveillance du conducteur, afin d'informer en permanence le système d'assistance de l'état du conducteur. La conception du système d'assistance fera l'objet d'une deuxième thèse dans le projet, de sorte que l'interaction et la « validation croisée » des résultats seront nécessaires.

MÉTHODOLOGIE

L'évaluation de l'état du conducteur repose sur une combinaison de connaissances fondées sur l'expérience (sur le comportement humain et la cognition) et d'une prise en compte détaillée des mécanismes sous-jacents aux décisions d'action et à la collecte d'informations dans la conduite du tramway.

Pour mettre en œuvre ce modèle, des données pertinentes seront collectées lors d'expériences de conduite sur un simulateur de tramway grandeur nature, telles que les actions du conducteur, la direction du regard, les données faciales ou posturales. D'autres sources de données pourraient également être prises en compte, mesurées ou dérivées à l'aide de techniques basées sur des observateurs [2], telles que les observateurs d'entrée inconnus.

Les modèles et les données serviront à reconstruire en temps réel des modèles caractérisant l'état du conducteur et à développer des algorithmes permettant l'estimation de son état (état physique et émotionnel, attention, etc.) sans interférence avec la tâche opérationnelle. L'objectif est de produire des indicateurs synthétiques et robustes concernant l'état du conducteur.

Pour mener à bien cette tâche, des mécanismes de fusion de données seront développés, avec une atténuation de l'incertitude de mesure et d'estimation. Des approches probabilistes peuvent être utilisées, telles que les algorithmes de réseaux bayésiens au niveau de la décision, et éventuellement les filtres de Kalman pour la fusion continue des données. Compte tenu de la complexité de modéliser

l'état du conducteur et ses interactions, ainsi que des protocoles de conduite, des techniques de modélisation hybride avancées pourraient être appropriées, telles que les modèles markoviens cachés combinés à des équations analytiques plus classiques [3] [4]. Le traitement de plusieurs informations discordantes provenant de sources disponibles ne sera pas un problème trivial. Il faudra évaluer le contexte et procéder à la désambiguïsation qui conduira au développement d'un algorithme distribué de recherche de consensus pour l'estimation de l'état du conducteur de tramway [4] [5].

TÂCHES PRINCIPALES ET CALENDRIER

- Revue de la littérature : Modèles de conducteur, Synthèse d'observateurs, Fusion de données, Outils mathématiques d'aide à la décision.
- Modélisation : Modélisation du conducteur en tenant compte de l'interaction entre le véhicule et l'environnement. Les niveaux d'abstraction de haut niveau (cognition) et de bas niveau (procédures, actions) sont considérés.
- Expérimentation : participation à la préparation de la plateforme d'acquisition de données, et aux tests expérimentaux.
- Conception : Conception d'algorithmes appropriés pour la fusion de données « sensor level » et « feature level ». Synthèse de l'observateur d'état du conducteur. Conception d'algorithmes de décision. Prise en compte des contraintes imposées par le système d'assistance à la conduite dans la conception.
- Validation : « Validation croisée » des systèmes de surveillance et d'assistance. Validation des algorithmes en simulation et en tests expérimentaux en temps réel sur la plateforme PSCHITT-Rail.

RÉFÉRENCES :

- [1] PSCHITT-Rail platform <https://www.uphf.fr/lamih/plateformes/mobilite-autonome/pschitt-rail>
- [2] T. M. Guerra, D. Berdjag, P. Polet, and A.-T. Nguyen, "Toward a Cooperative ADAS for Train Driving based on Real-Time Human Parameters and Delay Estimation," in *Proceedings of the 22nd IFAC World Congress*, Yokohama, Japan, 2023.
- [3] D. Berdjag, F. Vanderhaegen, A. Shumsky, and A. Zhirabok, "Abnormal operation diagnosis in human & Machine systems," in *2015 10th Asian Control Conference (ASCC)*, Kota Kinabalu: IEEE, May 2015, pp. 1–6. doi: [10.1109/ASCC.2015.7244498](https://doi.org/10.1109/ASCC.2015.7244498).
- [4] Rekabi, M. M., & Liu, Y. (2020). A Hybrid Analysis Method for Train Driver Errors in Railway Systems. In *Soft Computing Methods for System Dependability* (pp. 176-202). IGI Global.
- [5] Brandenburger, N., Naumann, A., & Jipp, M. (2021). Task-induced fatigue when implementing high grades of railway automation. *Cognition, Technology & Work*, 23, 273-283.