

Offre de Stage M2

Connectivité intelligente des véhicules ferroviaires autonomes basée sur l'IA

Mots-clés : Systèmes ferroviaires, Intelligence Artificielle, Optimisation réseau, Qualité de Service,

Organisme d'accueil : Laboratoire COSYS-ERENA, Université Gustave Eiffel, Bordeaux, France

Encadrants :

- Léo Mendiboure (leo.mendiboure@univ-eiffel.fr)
- Frédéric Chatrie (frederic.chatrie@junia.com)

Profil attendu :

- Niveau Bac + 5 en Informatique/Intelligence Artificielle (École d'ingénieur ou Master)
- Connaissance de base en Intelligence Artificielle
- Maîtrise de langages de programmation (Python notamment)
- Connaissance en traitement de données
- Attrait pour le domaine de la mobilité
- Autonomie et capacité d'adaptation à un environnement orienté vers la recherche
- Maîtrise de l'anglais (oral et écrit)

Informations complémentaires :

- Durée : 5 à 6 mois
- Démarrage : À partir d'avril 2025

Contexte

Avec la montée des préoccupations écologiques et l'objectif de revitaliser les territoires peu desservis, des projets tels que FerroMobile [1] ou Flexy [2] visent à réhabiliter les lignes ferroviaires secondaires à l'aide de véhicules hybrides autonomes ou semi-autonomes. Ces véhicules doivent assurer des fonctions essentielles à la sécurité et à l'efficacité du transport ferroviaire, telles que : 1) la surveillance et la signalisation des infrastructures, 2) la communication des états de maintenance, 3) la gestion du trafic en temps réel et 4) le support des opérations d'urgence.

Cependant, contrairement aux lignes principales, les lignes secondaires ne bénéficient généralement pas d'une couverture réseau fournie par les opérateurs ferroviaires (5G privée [3]). Ces véhicules devront donc s'appuyer sur des réseaux de communication alternatifs (cellulaire public, réseaux LPWAN, réseaux satellitaires, etc.) pour remplir leurs fonctions.

La connectivité intermittente, la diversité des applications à supporter (en termes de débit, latence et fiabilité), et les contraintes environnementales (localisation, météo, etc.) posent un défi d'optimisation complexe : comment choisir, en temps réel, la technologie de communication la plus adaptée à une situation donnée ?

Ce projet propose de développer un algorithme basé sur l'intelligence artificielle (IA) pour répondre à cette problématique.

Missions

L'objectif principal du stage est de concevoir et d'implémenter un système intelligent d'optimisation des communications permettant de 1) adapter dynamiquement les choix technologiques (cellulaire,

satellite, LPWAN, etc.) en fonction des contraintes opérationnelles et environnementales et 2) garantir la continuité et la qualité des services ferroviaires, même dans des environnements à connectivité limitée.

Pour parvenir à cet objectif différentes étapes seront nécessaires :

- Analyse et compréhension du contexte : Étudier les besoins en communication des véhicules ferroviaires hybrides, identifier les technologies de communication disponibles et leurs caractéristiques (portée, latence, débit, coût, etc.) et recenser les sources de données pertinentes pour construire le dataset (cartes de couverture réseau, météo, flux d'applications, etc.).
- Construction d'un dataset réaliste : Collecter et organiser les données nécessaires à la modélisation du problème (positions GPS, données environnementales, performances des réseaux) en prenant en compte des critères contextuels comme l'heure, les saisons, ou la disponibilité des ressources.
- Développement de l'algorithme d'optimisation : Proposer une méthodologie d'optimisation adaptée (IA ou heuristique) et mettre en œuvre un algorithme capable d'identifier les réseaux disponibles dans une zone donnée, évaluer les performances nécessaires pour chaque application en cours et prendre une décision optimale en temps réel pour maximiser l'efficacité du système.
- Validation et démonstration : Simuler différents scénarios réalistes sur une ligne ferroviaire secondaire (zones blanches, défaillance réseau, etc.) et évaluer les performances du modèle en termes de continuité de service, d'efficacité énergétique et de satisfaction des exigences des applications.
- Valorisation : Préparer une démonstration concrète (Proof-of-Concept) illustrant l'impact de l'algorithme dans des conditions réelles et documenter les résultats sous la forme d'un rapport final, avec une perspective de publication scientifique.

Références

[1] <https://ferromobile.fr/fr/>

[2] <https://www.groupe-sncf.com/fr/innovation/mobilite-territoires/flexy>

[3] He, R., Ai, B., Zhong, Z., Yang, M., Chen, R., Ding, J., ... & Liu, C. (2022). 5G for railways: Next generation railway dedicated communications. *IEEE Communications Magazine*, 60(12), 130-136.