

Rapport d'activité 2023

Campus de Lille



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Université
Gustave Eiffel

Sommaire

04

Bien plus
qu'une université

05

Ferroviaire

- .05 Ferromobile :
une automobile
rail-route électrique,
autonome et partagée
pour redynamiser
les petites lignes
- .06 Optimisation du transport
ferroviaire : la gestion des
temps d'arrêt des trains
- .07 La sécurisation de
l'intelligence artificielle
à destination des
véhicules autonomes

08

Shift2Rail : une initiative
européenne pour
l'émergence d'un
espace ferroviaire
unifié, interopérable,
performant et sûr

- .08 PERFORMINGRAIL :
offrir une gestion optimale
et sûre du trafic ferroviaire
avec les cantons mobiles
- .10 Projet X2Rail-4 WP7 :
Signalisation avancée
et automatisation
des systèmes ferroviaires

11

Europe's Rail Joint
Undertaking : vers
un réseau ferroviaire
européen intégré
de grande capacité
et résilient

- .11 Academics4Rail :
construire un réseau
scientifique d'excellence
de chercheurs européens
sur des thématiques
innovantes dans le
domaine du ferroviaire
- .11 Pods4Rail : un transport
à la demande flexible
et innovant en Europe
- .12 Made4rail : des trains
à sustentation magnétique
pour nos chemins de fer
- .13 MOTIONAL :
l'optimisation de la gestion
du trafic ferroviaire

14

Ondes et signaux
pour les transports

- .14 Vers une surveillance
avancée de l'état
physiologique des
conducteurs
- .15 L'intelligence artificielle
pour la détection et
la géolocalisation des
sources de fréquences
illicites
- .17 Un protocole de
communication entre
véhicules dans les
zones dépourvues
d'infrastructures
de télécommunication
- .18 Vidéosurveillance
embarquée dans les
transports ferroviaires :
développement d'un
modèle de reconnaissance
automatique vidéo
et audio

19

Aménagement
du territoire

- .19 Une recherche-action
avec la commune de
Loos-en-Gohelle :
construire la transition
vers une mobilité durable

Document publié par l'Université Gustave Eiffel
Directrice de Campus : Corinne Blanquart
Directeur de la publication : Gilles Roussel
Directrice de la communication : Sandrine Witeska

Rédaction : Université Gustave Eiffel
Conception graphique : Epok Design
Crédits photos : Université Gustave Eiffel, Unsplash
Impression : Imprimeur Simon
Septembre 2024

Bien plus qu'une université

Nous sommes une université créée en 2020 sur un modèle innovant rassemblant pour la première fois en France le triptyque université/écoles/organisme de recherche et dont l'ambition est de transformer la vie et les villes.

Nous sommes le fruit d'une histoire commune initiée il y a plus de 20 ans entre une université (Université Paris-Est Marne-la-Vallée), un institut de recherche (Ifsttar), 3 écoles d'ingénieurs (ESIEE Paris, ENSG, EIVP) et une école d'architecture (École d'architecture de la ville & des territoires Paris-Est). Par la mise en commun de nombreuses forces en matière de formation et de recherche, nous créons de meilleures synergies et offrons ainsi à nos différents publics une palette de compétences plus riche.

Outre son implantation principale dans l'est parisien, l'Université Gustave Eiffel possède des implantations régionales lui permettant également d'assurer sa mission de formation et de recherche. Cette multi-implantation est une particularité et un atout pour affirmer l'ambition nationale

de l'établissement. Chaque campus s'intègre dans un écosystème territorial qui permet d'accroître notre capacité collective d'être et d'agir avec d'une part :

- Une vision nationale des sujets et objets
- Une capacité à favoriser le passage à l'échelle et à soutenir l'avènement de filières
- Une capacité à offrir des espaces d'apprentissage, et à accroître l'attraction partenariale

et d'autre part :

- Le pouvoir de fédérer et de collaborer par entrecroisement des écosystèmes
- Une capacité à effectuer un croisement du besoins/compétences grâce à l'effet réseau
- Une capacité d'accompagner l'action publique par le développement de communs et le cadre réglementaire au plus proche des attentes territoriales.

Grâce aux équipements de pointe situés sur le campus de Lille, nous recherchons, produisons et offrons notre expertise en particulier pour le monde ferroviaire mais également sur les axes de recherche suivants :

- Aménagement du territoire
- Ondes et signaux pour les transports
- Innovations logistiques

En France, près de 6000 kilomètres de voies ferrées sont laissés inutilisés, privant de nombreux habitants des avantages du transport ferroviaire. C'est particulièrement le cas des lignes régionales. Dans le cadre du plan d'investissement France2030, la SICEF, en collaboration avec Akka Technologies, Systra, l'Université Gustave Eiffel, Entropy et la région Occitanie, développe et déploie la Ferromobile.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) – Département Composants et Systèmes (COSYS)

Équipe gestion de trafic

- Paola Pellegrini, directrice de recherche
- Joaquin Rodriguez, directeur de recherche

Équipe sécurité

- Philippe Bon, chargé de recherche
- Simon Collart-Dutilleul, directeur de recherche

Ferroviaire

Ferromobile : une automobile rail-route électrique, autonome et partagée pour redynamiser les petites lignes

La Ferromobile est une voiture innovante capable de se déplacer à la fois sur rails et sur routes grâce à des roues polyvalentes. Développée par la SICEF (Société d'Ingénierie, de Construction et d'Exploitation de la Ferromobile) et inspirée des Michelin's en circulation dans les années 30 en France, elle vise à revitaliser les 6 000 kilomètres de petites lignes ferroviaires inutilisés. Au-delà de cette réhabilitation, ce projet ambitionne de fournir un service de mobilité flexible et respectueux de l'environnement dans des régions jusque-là mal desservies, touchant ainsi 5 millions de résidents des zones rurales. En utilisant les infrastructures existantes, ce projet devrait permettre de réduire les coûts de rénovation et de maintenance.

Dans le cadre de ce projet, le laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) de l'Université Gustave

Eiffel mobilise son équipe de gestion du trafic pour développer un module d'optimisation en temps réel des déplacements de ces véhicules, particulièrement en cas de perturbations. Parallèlement, d'autres chercheurs du laboratoire LEOST (Laboratoire Électronique, Ondes et Signaux pour les Transports) se concentrent sur les aspects de télécommunication et de positionnement.

« Le développement des véhicules autonomes suscite un intérêt croissant dans les milieux académique et industriel, avec un fort accent sur la sécurité et les performances. », souligne Joaquin Rodriguez, directeur de recherche au laboratoire ESTAS. « L'équipe s'est concentrée sur la sécurité et les performances de ces véhicules, en garantissant leur adaptation à l'environnement opérationnel tout en répondant aux normes de sécurité requises. »

En 2023, dans la commune de Caudiès-de-Fenouillèdes, près de Perpignan, un démonstrateur roulant a effectué son premier trajet vers Axat, dans l'Aude, en conditions réelles. À terme, une flotte de véhicules collectifs devrait être disponible en libre-service au plus près des usagers, devant chaque mairie et dans les gares des communes rurales. L'objectif est de fournir aux riverains un accès facile à ce mode de transport multimodal.

En parallèle, l'équipe sécurité du laboratoire ESTAS supervise deux thèses : l'une portant sur la sécurité des véhicules ferroviaires autonomes lors du passage à niveau, et l'autre sur la formalisation logicielle d'un système de transport ferroviaire autonome innovant.



Face à l'urgence du changement climatique, le secteur ferroviaire émerge comme alternative aux transports polluants. Dans ce contexte, il devient impératif d'améliorer l'efficacité du système ferroviaire afin d'augmenter sa capacité d'accueil. C'est dans cette perspective qu'une thèse CIFRE menée par Manal Zidani, doctorante au laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) de l'Université Gustave Eiffel, se penche sur ces enjeux. Débutée en 2023, cette thèse est effectuée sous la direction de Paola Pellegrini, d'Etienne Côme et de Joaquin Rodriguez.

Optimisation du transport ferroviaire : la gestion des temps d'arrêt des trains

La thèse, intitulée « *Intégration de l'IA et de la Recherche Opérationnelle pour la gestion du trafic ferroviaire* », associe les laboratoires Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) et Génie des Réseaux de Transport Terrestre et Informatique Avancée (GRETTIA) du département Composants et Systèmes (COSYS) de l'Université Gustave Eiffel, en collaboration avec la Direction Générale de l'Exploitation (DGEX) de SNCF Réseau, et vise à aboutir à une intégration des méthodes d'intelligence artificielle dans un processus de gestion du trafic ferroviaire basé sur l'optimisation. Contrairement aux approches actuelles basées sur l'application d'algorithmes d'optimisation à partir de valeurs forfaitaires de paramètres quelquefois éloignées de la réalité, ces travaux visent à améliorer la pertinence des valeurs adoptées en utilisant des données historiques pour entraîner les algorithmes, offrant ainsi des prédictions plus fidèles à la réalité.

Manal Zidani concentre ses travaux sur les temps d'arrêt des trains en gare, un aspect crucial mais souvent complexe à modéliser, notamment à l'échelle du réseau ferré national. La première phase de la thèse est consacrée à l'analyse par l'IA des données historiques relatives à ces temps d'arrêt.

Cette approche permettra d'obtenir un jeu de données pertinent qu'il sera possible d'analyser afin de mieux comprendre leur impact sur l'ensemble du trafic ferroviaire, ouvrant ainsi la voie à des solutions d'optimisation plus efficaces.

Pour évaluer les performances des solutions proposées, des expérimentations en environnement contrôlé seront alors réalisées sur des simulateurs de trafic mis à disposition par la SNCF.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Pour le campus de Lille : Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

Équipe gestion de trafic

Manal Zidani, doctorante ESTAS

Intitulé de la thèse : « *Intégration de l'IA et de la Recherche Opérationnelle pour la gestion du trafic ferroviaire* »

Thèse encadrée par :

- Etienne Côme, chargé de recherche au laboratoire GRETTIA
- Paola Pellegrini, directrice de recherche au laboratoire ESTAS
- Joaquin Rodriguez, directeur de recherche au laboratoire ESTAS

Le développement des véhicules autonomes amène des questions nouvelles concernant la sécurité des intelligences artificielles. Ces véhicules dépendent de plus en plus d'elles pour permettre l'autonomie, et notamment l'adaptation en temps réel aux conditions de circulation. C'est dans ce cadre que la thèse d'Abdelrahman Ibrahim, doctorant au laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) de l'Université Gustave Eiffel, s'intéresse à des méthodes formelles dans le but de fournir des preuves mathématiques du bon fonctionnement des IA en termes de sécurité des transports.

La sécurisation de l'intelligence artificielle à destination des véhicules autonomes

Le fonctionnement actuel des IA utilisées pour les véhicules autonomes repose sur l'apprentissage d'un modèle dit de « réseau de neurones ». Ce modèle se heurte cependant à un problème, celui de la boîte noire. On parle d'IA en boîte noire pour des systèmes dont le fonctionnement interne est invisible pour l'utilisateur. Cela implique qu'il est souvent très difficile de comprendre les pratiques apprises par l'IA et le risque de biais inconnu est fort, ce qui pose des problèmes de sécurité majeurs pour les véhicules autonomes.

La thèse porte sur un modèle plus récent d'IA, l'équation différentielle neurale, dont le but est de profiter d'autres outils d'analyse de l'évolution du modèle plus fluide que dans les modèles discrets de réseaux de neurones. Il s'agit ici d'une approche théorique dont les répercussions expérimentales pourraient avoir un fort impact dans la discipline.

« *Alors que les approches basées sur l'IA ont gagné en popularité dans de nombreux domaines d'application en raison de leurs bonnes performances, leur imprévisibilité et l'absence de garanties formelles concernant leur comportement souhaité présentent un problème majeur pour le déploiement de systèmes critiques pour la sécurité, tels que les véhicules autonomes dans les zones urbaines.* » explique Pierre-Jean Meyer, chercheur au laboratoire ESTAS. « *L'objectif de cette thèse de doctorat est donc de concevoir de nouvelles méthodes formelles pour analyser et assurer la sécurité de ces modules de perception basés sur l'IA dans les véhicules autonomes.* »

Cette thèse intitulée « *Formal verification of neural ODE for safety evaluation in autonomous vehicles* » s'inscrit au sein du projet ClearDoc, un projet de cofinancement de thèse entre l'Université Gustave Eiffel et la commission européenne à destination d'étudiants étrangers. Dans le cadre de ce projet, une mobilité internationale de 6 mois aura lieu à l'Université de Sciences et de Technologies NTNU de Trondheim en Norvège.

L'objectif est de développer ces recherches en ciblant les domaines d'application intéressant à la fois ESTAS et NTNU, avec des tâches plus spécifiques, notamment la détection et la reconnaissance des signaux ferroviaires, des signaux routiers, des obstacles, des piétons et autres utilisateurs et objets entourant les véhicules autonomes ferroviaires, routiers ou maritimes.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Abdelrahman Ibrahim, doctorant
 - Pierre-Jean Meyer, chargé de recherche
-

Shift2Rail, pionnière parmi les initiatives ferroviaires européennes de recherche et d'innovation, s'est résolument engagée pour dynamiser et faire évoluer les transports ferroviaires de l'Union Européenne.

Shift2Rail : une initiative européenne pour l'émergence d'un espace ferroviaire unifié, interopérable, performant et sûr

En accélérant l'intégration de technologies de pointe et en impulsant la compétitivité de l'industrie ferroviaire européenne, elle a soutenu l'émergence de produits ferroviaires novateurs qui répondent aux besoins évolutifs du secteur. Grâce à ses activités de recherche et d'innovation menées sous l'égide du programme Horizon 2020, elle a contribué à développer la technologie indispensable à la réalisation d'un réseau ferroviaire européen unifié, interopérable, performant et sûr, en prenant en compte des dimensions économiques, sociétales et de développement durable.

Depuis 2023, cette initiative a fait évoluer ses activités et sa structure sous l'égide du programme Horizon Europe, dans le cadre de Europe's Rail. L'engagement de l'Université Gustave Eiffel dans ces projets a été plurielle et a mobilisé l'expertise d'un grand nombre de chercheurs et de chercheuses au sein du département COSYS. Les activités décrites ci-dessous rapportent à de récents projets de Shift2Rail, clôturés en 2023, effectués au sein de son Programme d'Innovation 2 (IP2), et faisant intervenir le laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS).

PERFORMINGRAIL : offrir une gestion optimale et sûre du trafic ferroviaire avec les cantons mobiles

L'objectif principal du projet PERFORMINGRAIL, qui s'est déroulé sur la période 2020-2023, était de définir une signalisation ferroviaire par cantons mobiles en utilisant des modèles formels et des approches de gestion de trafic optimales, tout en intégrant des méthodes avancées de positionnement des trains.

Au sein du projet, le laboratoire ESTAS de l'Université Gustave Eiffel contribue avec deux équipes complémentaires : l'une spécialisée dans l'approche système de la sécurité, et l'autre dans la gestion de trafic. La première s'est penchée sur la modélisation des systèmes avec cantons mobiles à l'aide de méthodes formelles fondées sur des modèles mathématiques, permettant de représenter de manière précise le comportement des systèmes ferroviaires, facilitant ainsi l'analyse exhaustive de scénarios, y compris les scénarios dangereux. La seconde a développé des modèles de recherche opérationnelle pour évaluer la performance opérationnelle, ainsi que l'analyse des répercussions des perturbations du trafic sur les trains en amont. Par ailleurs, une thèse en cours, menée dans le cadre de PERFORMINGRAIL en

co-tutelle entre l'Université Gustave Eiffel et l'Université de Technologie de Delft, aux Pays-Bas, illustre l'engagement continu dans la recherche et le développement au sein de ce projet novateur.

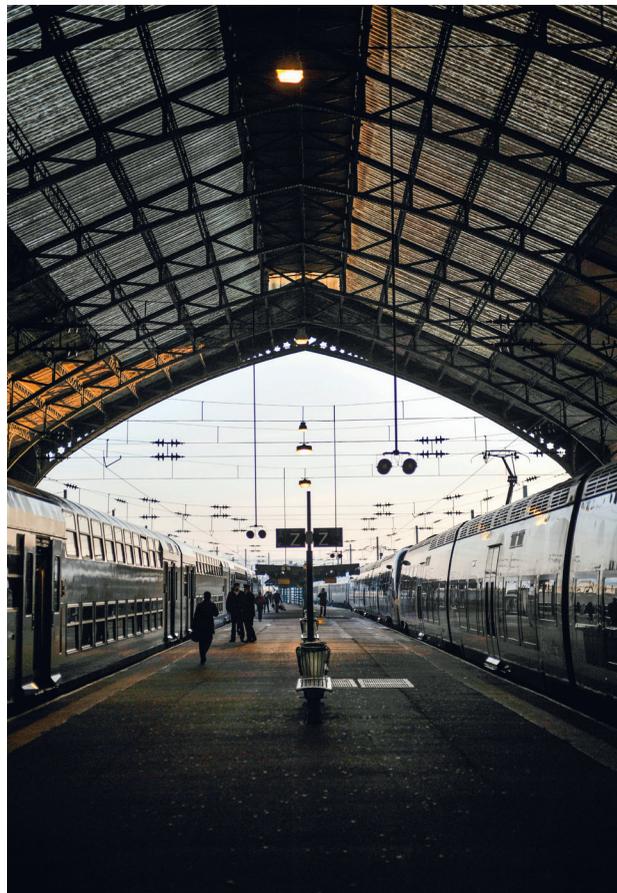
Ce projet a impliqué huit partenaires académiques et industriels, et a été mené dans le but de repenser les principes d'exploitation ferroviaire. Sous la coordination de l'Université de Birmingham, les partenaires académiques comprenaient l'Université de Technologie de Delft, le CINI en Italie et l'Université de Mälardalen.

Du côté industriel, le projet a bénéficié de la participation de CERTIFER, de Rokubun, une PME spécialisée dans la localisation par satellite, ainsi que d'Eulynx, une initiative européenne axée sur la signalisation ferroviaire. Ensemble, ces partenaires ont exploré de nouveaux principes d'exploitation ferroviaire basés sur l'utilisation de cantons mobiles, une approche visant à garantir la sécurité des trains en contrôlant dynamiquement les distances entre trains pour éviter les collisions.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- **Julie Beugin**,
chargée de recherche
 - **Mohamed Ghazel**,
directeur de recherche
 - **Paola Pellegrini**,
directrice de recherche
 - **Joaquin Rodriguez**,
directeur de recherche
 - **Rim Saddem**,
post-doctorante
 - **Nina Versluis**,
doctorante
-



Projet X2Rail-4 WP7 : Signalisation avancée et automatisation des systèmes ferroviaires

Le projet X2RAIL-4 vient compléter les activités des projets sur la signalisation avancée et l'automatisation des systèmes ferroviaires. Il s'inscrit dans un contexte d'évolution continue du secteur ferroviaire, caractérisé par des avancées notables dans les domaines de la gestion et du contrôle du trafic, en particulier dans le cadre de l'ERTMS, le système de signalisation ferroviaire européen. Il s'intéresse en particulier aux systèmes novateurs de surveillance de l'intégrité des trains (absence de rupture d'attelage d'un train), de gestion de trafic, et de contrôleurs d'objets intelligents.

Ce projet, impliquant les membres fondateurs de Shift2Rail, notamment l'Institut de Recherche Technologique Railenium, a été clôturé en 2023. L'objectif de la participation du laboratoire ESTAS était de contribuer à l'élaboration d'une approche facilitant la certification des trois classes de systèmes de surveillance de l'intégrité des trains. Cette démarche implique tout d'abord la fourniture des prérequis nécessaires pour permettre

une évaluation indépendante de la sécurité des produits. De plus, elle comprend l'utilisation d'une méthodologie pour attribuer des niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) aux nouvelles solutions de surveillance de l'intégrité des trains. Ces étapes sont cruciales pour assurer l'efficacité et la sécurité des solutions dans le domaine ferroviaire.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Julie Beugin, chargée de recherche
 - Mohamed Ghazel, directeur de recherche
 - El-Miloudi El-Koursi, directeur de recherche
-

Pour répondre à la demande croissante de mobilité et de qualité de service et devenir plus résilient face aux défis du changement climatique, le rail doit devenir la colonne vertébrale de la mobilité de demain. Cela implique la généralisation de la numérisation et de l'automatisation des processus et des différentes opérations de circulation des trains pour exploiter au maximum les infrastructures existantes.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Marion Berbineau, directrice de recherche
-

Europe's Rail Joint Undertaking : vers un réseau ferroviaire européen intégré de grande capacité et résilient

Europe's Rail est le nouveau partenariat européen sur la recherche et l'innovation ferroviaires établi dans le cadre du programme Horizon Europe (2020-2027). L'Université Gustave Eiffel apporte son expertise dans le domaine ferroviaire, au travers de plusieurs projets ouverts, dits « open calls » mais aussi comme entité affiliée de la SNCF qui est un membre fondateur. Ces travaux engagent l'expertise de nombreux chercheurs du laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) et du Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) de l'université.

Academics4Rail : construire un réseau scientifique d'excellence de chercheurs européens sur des thématiques innovantes dans le domaine du ferroviaire

Lancé en septembre 2023, ce projet vise à établir un réseau d'excellence regroupant plusieurs universités et centres de recherche pour favoriser le développement et l'échange de connaissances scientifiques.

Son objectif est de renforcer, d'élargir et d'optimiser les capacités de recherche et d'innovation dans le secteur ferroviaire grâce notamment à la formation par la recherche. S'appuyant sur la communauté scientifique déjà établie d'EURNEX, ce projet propose la création d'un réseau étendu axé sur les besoins spécifiques du programme de recherche et d'innovation de l'entreprise commune Europe's Rail. Ce réseau adoptera une approche holistique et multi-niveaux pour évaluer l'impact d'un programme de recherche fondamentale ainsi que de ses composantes.

Dans le cadre de ce projet, l'Université Gustave Eiffel encadre une thèse sur l'analyse de la sûreté de fonctionnement d'un lien sans fil dans le cas du couplage virtuel des trains.

Pods4Rail : un transport à la demande flexible et innovant en Europe

Dans un contexte de mutations rapides, le secteur des transports fait face à une série de défis complexes pour son avenir. Parmi ceux-ci, le changement climatique et la nécessité de préserver l'environnement, les évolutions démographiques et urbaines, ainsi que les changements dans les comportements de mobilité exigent des réponses novatrices. De plus, la pénurie de main-d'œuvre qualifiée pour les opérations ferroviaires et la nécessité croissante d'efficacité opérationnelle ajoutent une pression supplémentaire.



PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Marion Berbineau, directrice de recherche
- Juliette Marais, directrice de recherche

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Philippe Bon, directeur de recherche
 - Simon Collart-Dutilleul, directeur de recherche
-

C'est dans ce contexte que Pods4Rail prend place, bénéficiant du soutien financier de l'Union Européenne et réunissant 15 partenaires (universités, instituts de recherche et industriels) issus de sept pays européens. Étala sur une durée de 30 mois, ce projet collaboratif vise à concrétiser le concept d'une mobilité numérique et décentralisée à la demande. Son ambition est de repousser les limites de l'intermodalité en exploitant les avancées de la connectivité, de l'automatisation et l'infrastructure ferroviaire existante.

L'objectif principal de Pods4Rail est de développer des modules autonomes qui pourraient révolutionner le transport ferroviaire et routier en offrant une flexibilité accrue, une personnalisation améliorée et une efficacité renforcée. L'idée est de créer un système de transport centré sur les besoins des utilisateurs, en utilisant intelligemment les infrastructures ferroviaires existantes ou réactivées, en combinaison avec d'autres modes de transport tels que la route ou le téléphérique.

L'Université Gustave Eiffel joue un rôle crucial dans le projet, en se concentrant notamment sur les aspects de connectivité, localisation et sécurité des opérations à travers l'implication des laboratoires LEOST et ESTAS.

Made4rail : des trains à sustentation magnétique pour nos chemins de fer

Débuté en juillet 2023, le projet s'attache à évaluer la viabilité technique et l'efficacité de l'introduction des systèmes à sustentation magnétique (SMD) en Europe, en se concentrant particulièrement sur les aspects de sécurité et de performance économique et technique. Contrairement à certains projets axés sur des indicateurs quantitatifs de performance, l'objectif principal de MaDe4Rail est de construire une base de connaissances communes, de définir le concept technologique et les spécifications des systèmes de transport dérivés de la lévitation magnétique. Cette approche permettra de mieux comprendre le potentiel d'intégration de ces systèmes, ou de leurs sous-systèmes, dans le réseau de transport européen, favorisant ainsi leur développement vers une maturité commerciale.

Dans le cadre de ce projet, l'Université Gustave Eiffel se consacre à l'étude des normes ferroviaires pouvant être pertinentes pour les SMD, tout en identifiant les besoins émergents en matière de normalisation. Elle intervient également sur les aspects de communication, contrôle-commande et sécurité.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Paola Pellegrini, directrice de recherche
 - Joaquin Rodriguez, directeur de recherche
-

MOTIONAL : optimisation de la gestion du trafic ferroviaire

Impliquant l'Université Gustave Eiffel comme entité affiliée de la SNCF et amorcé en 2023, le projet vise à améliorer les algorithmes d'optimisation pour la gestion du trafic ferroviaire. Bien que des progrès significatifs aient déjà été réalisés dans ce domaine, l'objectif est de pousser les limites encore plus loin en explorant des variantes d'algorithmes pour prendre des décisions encore plus éclairées.

Alors que les efforts initiaux se concentrent sur l'optimisation du trafic au niveau d'une gare spécifique, l'ambition est désormais de développer des algorithmes capables de gérer le trafic à l'échelle régionale. Cette évolution devrait permettre une gestion plus holistique et efficace du réseau ferroviaire dans son ensemble.

Enfin, le troisième axe de travail consiste à utiliser la simulation, notamment à travers l'utilisation de logiciels comme Open Track, pour évaluer de manière réaliste, les performances des algorithmes développés. Cette approche permettra de tester et de valider les solutions dans des conditions proches de celles rencontrées en situation réelle, offrant ainsi une assurance supplémentaire quant à leur efficacité et leur pertinence dans des déploiements réels.

Le Laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) est principalement impliqué dans des tâches de développement et de démonstration d'un modèle microscopique d'optimisation du trafic en temps réel couplé à un simulateur. Le module d'optimisation sera capable de réaliser la coordination des décisions de gestion du trafic entre différentes zones géographiques.



Dans un monde où la sécurité routière est une priorité, le projet LINKED émerge comme une réponse pour prévenir les accidents en surveillant l'état physiologique des conducteurs de véhicules automobiles. Conçu en partenariat entre l'Université Gustave Eiffel, l'IEMN (Institut d'Électronique, de Microélectronique et de Nanotechnologie), Segula Technologies et des experts médicaux de Lille, ce projet vise à créer une base de données exhaustive reliant les signaux physiologiques des conducteurs, à savoir la fréquence cardiaque et le rythme de respiration, les données de conduite et des scénarios spécifiques de conduite.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) - Département Composants et Systèmes (COSYS)

● Fouzia Boukour, directrice de recherche

Laboratoire Perceptions, Interactions, Comportements et Simulations des usagers de la route et de la rue (PICS-L)

Ondes et signaux pour les transports

Vers une surveillance avancée de l'état physiologique des conducteurs

L'objectif principal du projet LINKED est de concevoir un système automatisé et discret, capable de surveiller à distance l'état physiologique des conducteurs, dans le but de prévenir efficacement les dangers associés à la fatigue au volant. Cette initiative vise spécifiquement à établir une base de données exhaustive, unifiant les signaux physiologiques des conducteurs, les données de conduite et une variété de scénarios de conduite. À partir de ces données, des modèles du comportement du conducteur seront développés, en utilisant des algorithmes de Machine Learning pour aider à l'identification de configurations critiques et des mécanismes qui les sous-tendent.

Fouzia Boukour, directrice de recherche au Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) de l'Université Gustave Eiffel, explique : « *le projet prend également en compte la diversité des conducteurs et de leurs caractéristiques physiologiques. Par exemple, la fréquence cardiaque normale peut varier en fonction de l'âge, et une classification précise des types de conducteurs est essentielle pour une analyse pertinente.* ».

En 2023, une expérimentation a été programmée et menée sur le simulateur de conduite du laboratoire PICS-L à Marne-la-Vallée, impliquant la participation de 40 personnes. Cette expérimentation a permis de recueillir des informations précieuses sur les réponses physiologiques des conducteurs dans des situations de conduite variées, allant de la conduite monotone sur autoroute à la conduite en milieu urbain avec du trafic, en passant par des conditions de conduite « neutres ».

Ce projet vise à développer un prototype de laboratoire dédié à la détection et à la classification de l'état physiologique du conducteur. Il repose notamment sur l'utilisation du radar Doppler, un dispositif qui permet de recueillir des données sans contact et en temps réel, facilitant ainsi l'évaluation du risque d'assoupissement au volant ainsi que l'analyse de l'accélération du rythme cardiaque et respiratoire.

Dans un monde de plus en plus connecté, la menace des attaques sur les infrastructures et les systèmes se fait de plus en plus pressante. Pour contrer ces menaces, le projet DEPOSIA voit le jour en réponse à l'appel à projets ASTRID Intelligence Artificielle de 2021. Son objectif ? Utiliser l'intelligence artificielle pour détecter et localiser les sources de signaux radiofréquences illégitimes.



L'intelligence artificielle pour la détection et la géolocalisation des sources de fréquences illicites

DEPOSIA est un projet visant à la détection et la géolocalisation de diverses sources de signaux radiofréquence, dans le but de contrer les attaques visant des infrastructures et des systèmes connectés. Ces sources, qu'elles soient extérieures ou intérieures, représentent des menaces potentielles pour les individus ou les infrastructures, qu'il s'agisse de drones survolant des zones restreintes, de brouilleurs de télécommunication, d'émetteurs de signaux de leurre ou encore de capteurs communicants injectant de fausses données dans les systèmes de surveillance.

Dans ce contexte, l'Université Gustave Eiffel s'est associée à l'entreprise Inodesign pour développer une solution de sécurité réseau sans fil conçue spécifiquement pour les environnements bâtis. Cette solution permet de surveiller des signaux radiofréquences à l'intérieur des bâtiments, avec pour objectif la détection d'équipements présents pour intercepter des données sensibles ou mettre en défaut les systèmes sans fil au sein du bâtiment.

« *L'équipement de mesure conçu par Inodesign offre la capacité de surveiller les signaux radiofréquences présents dans l'environnement et de stocker les informations pertinentes.* », explique Virginie Deniau, directrice de recherche au Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST), dont les travaux sont axés sur les radiofréquences. « *En intégrant des techniques d'intelligence artificielle avancées, il devient possible d'effectuer une géolocalisation des sources radiofréquences activées à des fins d'attaques.* ».

Dans le même cadre, l'Université Gustave Eiffel collabore avec la société MC2 Technologies, start-up industrielle spécialisée dans la sécurité et la défense. L'un des objectifs de cette collaboration est de développer des outils et des méthodes pour améliorer la réactivité face aux évolutions technologiques des drones. Cela inclut la conception de brouillage intelligent, caractérisé par une consommation d'énergie réduite, une exposition minimale des personnels aux champs électromagnétiques et la capacité à cibler uniquement le drone visé sans perturber les communications environnantes.

En 2023, une journée de restitution dédiée au projet DEPOSIA a été organisée en présence des partenaires Inodesign et MC2 Technologies. Des démonstrations en direct des capacités des intelligences artificielles de détection et de traçage des sources d'attaques ont été organisées. Ces démonstrations incluaient une interface graphique permettant de visualiser sur un plan du bâtiment la localisation précise de l'attaquant en temps réel.

De plus, une semaine d'expérimentation en extérieur a également été menée pour évaluer la pertinence du matériel développé pour la détection de drones.

La collaboration entre ces deux entreprises dans le projet DEPOSIA s'inscrit dans le cadre de l'Accompagnement Spécifique des Travaux de Recherches d'Intérêt Défense (ASTRID), soutenu financièrement par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) et réalisé en partenariat avec l'Agence Innovation Défense (AID), un service relevant de la responsabilité du Délégué Général de l'Armement (DGA).

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique, Ondes et Signaux pour les transports (LEOST) du département Composants et Systèmes (COSYS)

- Virginie Deniau, directrice de recherche
- Christophe Gransart, chargé de recherche
- Jonathan Villain, chercheur-post-doctorant
- Paul Monferran, chercheur-post-doctorant
- Angesom Tesfay, chercheur-post-doctorant

L'ouvrage « conception et évaluation de protocole de routage ad hoc », co-écrit par Martine Wahl, chercheuse au Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports de l'Université Gustave Eiffel et Patrick SonDi, professeur à l'IMT Nord Europe, se concentre sur les communications entre véhicules dans un contexte routier, en particulier dans les zones où aucune infrastructure de communication n'est disponible.

PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les transports (LEOST) – Département Composants et Systèmes (COSYS)

- Martine Wahl, chercheuse

Un protocole de communication entre véhicules dans les zones dépourvues d'infrastructures de télécommunications

Le concept de routage, comparable à la distribution du courrier, joue un rôle essentiel dans les systèmes de communication. Tout comme le tri postal, il consiste à déterminer le chemin optimal pour que l'information parvienne à destination. Imaginez un réseau de routes où chaque intersection est un point de transfert, et chaque véhicule, un messenger chargé de transmettre le précieux colis d'informations aux autres véhicules.

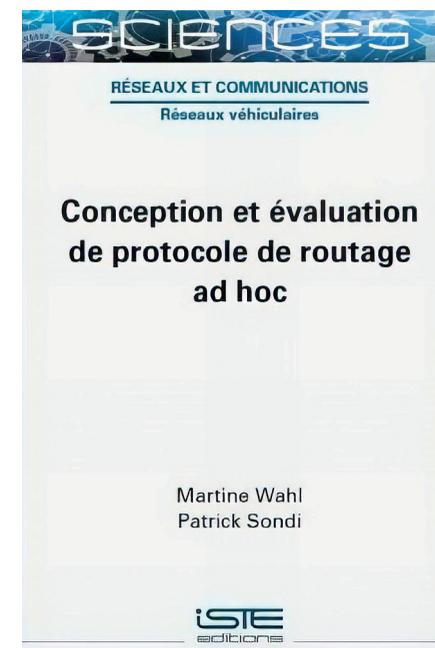
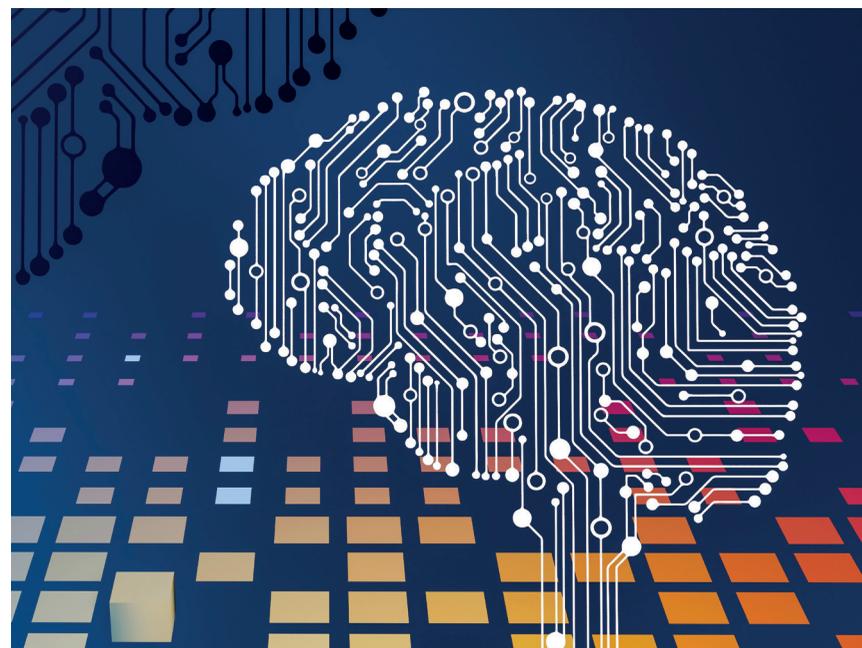
Dans le domaine des communications sans-fil, notamment dans le contexte des véhicules autonomes, le routage revêt une importance particulière. Que ce soit pour une communication soutenue entre des véhicules suivant une trajectoire commune ou pour des interactions éphémères entre des véhicules se croisant à grande vitesse, le défi réside dans la mise en place de règles adaptées à ces situations variées.

« Un exemple concret se dessine sur les routes éloignées, là où les infrastructures de communication urbaines font défaut. Comment garantir aux véhicules un accès sans discontinuité à des services essentiels, tels que la notification d'un accident ou d'un freinage d'urgence à proximité, ou encore le suivi de trajectoire, même en l'absence de connexion permanente ? » questionne Martine Wahl. Dans l'ouvrage, l'accent est porté sur l'utilisation de véhicules en tant que relais mobiles, où chaque véhicule peut agir comme un émetteur et un récepteur, y compris du trafic de ses voisins, assurant ainsi la propagation des informations sur de longues distances.

« La coordination de ces relais pose un défi de taille et interroge sur la façon de désigner efficacement les véhicules relais dans un environnement dynamique et instable. La mise en place de règles de sélection basées sur la proximité et la pérennité des liens de communications permet d'établir des chaînes de transmission stables et fiables », complète Patrick SonDi.

Ceci soulève également des questions plus larges sur la conception des protocoles de communication. Comment traduire ces règles complexes en un modèle cohérent et fonctionnel ? Comment les évaluer à l'aide de simulations réalistes avant des tests coûteux sur le terrain ? Quelles sont les implications pour d'autres modes de transport, tels que les bus ou les tramways ? Et dans les zones urbaines déjà dotées d'infrastructures de communication, comment maintenir l'utilisation des relais mobiles afin de préserver les capacités des antennes de l'infrastructure pour d'autres besoins de communications ?

Cet ouvrage est le fruit de deux ans de co-écriture et plus largement de huit ans de collaboration à travers des recherches et des encadrements communs de doctorants.



Pour assurer la sécurité des usagers des transports en commun, des opérateurs comme la SNCF se tournent vers la surveillance vidéo à l'intérieur même des rames. Le développement de celle-ci rencontre cependant des obstacles tant sur le plan technique que logistique. La thèse CIFRE soutenue par Tony Marteau, doctorant au Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) en partenariat avec la SNCF, s'inscrit dans ce contexte et propose une solution basée sur la reconnaissance automatique vidéo et audio pour la surveillance embarquée des transports ferroviaires.

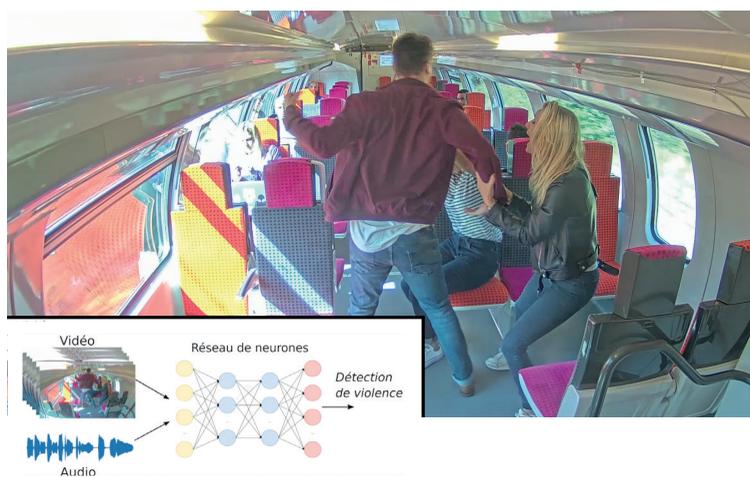
Vidéosurveillance embarquée dans les transports ferroviaires : développement d'un modèle de reconnaissance automatique vidéo et audio

Le modèle utilisé actuellement pour la sécurité dans les transports consiste en la présence de vidéosurveillances à l'intérieur des rames de trains, retransmises et visionnées en temps réel par une équipe au sol. Malheureusement, ces systèmes de vidéosurveillances font face à plusieurs difficultés : toutes les images ne sont pas transmises au sol pour être supervisées, les vidéos sont soumises à des limites (hors-champ, occultation, reflet, flou, etc.), et enfin la quantité croissante de flux vidéo devient complexe à superviser efficacement par des opérateurs.

La thèse de Tony Marteau, intitulée : « approche neuronale profonde pour la reconnaissance conjointe audio-vidéo de violences dans un environnement ferroviaire embarqué », s'inscrit dans la problématique de reconnaissance automatique d'activités humaines et aborde spécifiquement le problème de la reconnaissance de situations violentes dans un environnement ferroviaire embarqué.

« L'objectif est de coupler le traitement du signal audio à celui de la vidéo afin de tirer parti des complémentarités de ces deux perceptions. Cette approche, basée sur l'étude conjointe des signaux vidéo et audio à travers des architectures neuronales profondes, permet de surmonter les limitations techniques posées par l'utilisation exclusive de la vidéo, telles que l'angle mort de la caméra », explique David Sodoyer, chargé de recherche au LEOST.

Pour évaluer ce nouveau système, la SNCF a dédié une rame de train spécifique à la mise en œuvre de l'expérimentation. Sous la supervision de Tony Marteau, une mise en situation réaliste a été orchestrée avec la participation d'acteurs professionnels et de nombreux figurants. Ces acteurs ont été impliqués dans différents scénarios d'agressions et de violences, dans le but d'entraîner le système à reconnaître ces situations afin d'en évaluer le fonctionnement.



PERSONNES ET LABORATOIRES IMPLIQUÉS

Laboratoire Électronique Ondes et Signaux pour les Transports (LEOST) du département Composants et Systèmes (COSYS)

- Tony Marteau, doctorant
- David Sodoyer, chargé de recherche
- Sébastien Ambellouis, ingénieur de recherche
- Fouzia Boukour, directrice de recherche

Partenaire

- Sitou Afanou, SNCF matériel, CIM

Une recherche-action menée depuis 2017 illustre qu'une synergie collectivité locale-habitants-acteurs du territoire, appuyée par une ingénierie provenant de la recherche, permet le développement d'une mobilité quotidienne bas carbone sur le territoire périurbain de Loos-en-Gohelle.

Aménagement du territoire

Une recherche-action avec la commune de Loos-en-Gohelle : construire la transition vers une mobilité durable

Alors que la voiture est de plus en plus critiquée pour ses impacts néfastes sur la santé et l'environnement, l'impératif de se déplacer de manière plus durable est devenu indéniable. À l'origine de ce projet se trouve une volonté politique et académique de comprendre et d'améliorer les déplacements dans la région des Hauts-de-France et en particulier sur le territoire de Loos-en-Gohelle.

Un diagnostic réalisé à partir d'une enquête distribuée à l'ensemble des habitants a permis d'identifier, quantifier et qualifier les conditions de mobilité à Loos-en-Gohelle, les habitudes de déplacement selon les activités, la sociologie des répondants, les difficultés et les envies concernant la mobilité. À partir de ce diagnostic, le projet se concentre sur trois axes principaux : réduire l'usage de la voiture individuelle, développer les modes de déplacement actifs et accompagner le changement des comportements des usagers vers des mobilités plus respectueuses de l'environnement.

Cette recherche-action a permis une acculturation de l'équipe municipale aux enjeux de la mobilité. Ces enjeux ont été intégrés dans le projet de transition écologique et sociale de la ville pour la mandature 2020-2026. La deuxième phase du projet, CityFab MobiLoos, lancée en 2023 et financée par le projet Cityfab « Fabrique de la ville durable », lauréat d'un appel à projets du PIA. « Développer une mobilité plus durable dans une région, c'est favoriser la mise en œuvre de modes de déplacement alternatifs, de services de mobilité accessibles à tous, économiquement abordables et respectueux de l'environnement. Toutefois, proposer des solutions ne suffit pas, il est également essentiel d'accompagner les habitants à l'adoption de ces nouvelles habitudes », évoque Marielle Cuvelier, ingénieure de Recherche au laboratoire Évaluation des Systèmes de Transports Automatisés et de leur Sécurité (ESTAS) de l'Université Gustave Eiffel ; elle ajoute : « le point positif des premiers résultats est qu'ils ont incité la municipalité à intégrer cette problématique dans son plan d'action pour la période 2020-2026 ».

Une expérimentation en deux phases est prévue, impliquant une soixantaine de volontaires d'avril à juin 2024 et de septembre à novembre 2024. De la sensibilisation initiale à l'ancrage des nouvelles habitudes de déplacement, le projet vise à utiliser des techniques d'accompagnement associées à une application smartphone pour faciliter le changement de comportement.



