



## Département COSYS

# Lettre d'information du laboratoire ESTAS

Avril 2019

### Département COSYS

Composants et  
Systèmes

Évaluation des  
Systèmes de  
Transports  
Automatisés et de  
leur  
Sécurité

[www.estas.ifsttar.fr/](http://www.estas.ifsttar.fr/)

### Dans ce numéro

Édito du directeur

Projet CYCLOPE

Projet LCHIP

Expertise logicielle

### Actualités

Séminaires

Nouveau projet

Fin de projet

Thèse soutenue

### Parution d'articles

### Agenda

Conférence  
RSSRail 2019

## Édito du directeur

Au sommaire de ce numéro de printemps, la présentation du projet Cyclope nous donne l'occasion d'une incursion dans le mode cyclopédique qui partage avec le mode ferroviaire un des plus faibles impacts environnementaux. Un projet interdisciplinaire exemplaire où le tandem des sciences du comportement et des TIC (Technologies de l'Information et de la Communication) a su proposer des innovations pour la sécurité des cyclistes. Par la suite, ce numéro donne un double éclairage des activités du laboratoire ESTAS sur la preuve formelle de logiciels. Le premier porte sur les verrous scientifiques du projet LCHIP et le second sur les activités d'expertises pour la certification de lignes de métro où cette technologie a été déployée. À cet égard, la preuve de logiciels sera assurément au cœur de plusieurs communications et tutoriels de la conférence internationale RSSRail qu'ESTAS coorganise du 4 au 6 juin à Lille.

En vous souhaitant une très bonne lecture.

Joaquín Rodriguez, Directeur d'ESTAS

## Projet CYCLOPE (CYCLO Protection Electronique)

Dans un contexte de transition énergétique, le développement d'une mobilité active est devenu un enjeu majeur de société, le système vélocipédique fait partie des solutions. Les aménagements ne sont pas toujours favorables à la cohabitation entre les modes de transport, comme les vélos et les autobus. L'objectif du projet CYCLOPE (CYCLE protection Electronique)\*, dont ESTAS assure la coordination, est de proposer des équipements de sécurisation pour les cyclistes. Il s'articule autour des deux volets « techniques radio » et « sciences humaines et sociales ». L'originalité consiste à mener les deux volets en forte interaction afin d'anticiper au plus tôt l'impact des choix techniques sur le comportement des usagers et d'adapter l'information d'alerte délivrée. La simulation permet d'en tester l'acceptabilité, en complément de tests sur site.

\* Projet financé par l'ANR 2015-2019 / Partenaires : IFSTTAR, IETR, UPHDF et Kéolis Rennes.



Contact : [Guillaume Uster](mailto:Guillaume.Uster@ifsttar.fr)

---

## Projet LCHIP (Low Cost High Integrity Platform)

Le projet LCHIP est un projet FUI21 piloté par la société ClearSy. Il vise à construire une plateforme matérielle/logicielle permettant de développer des automatismes sécuritaires SIL4.

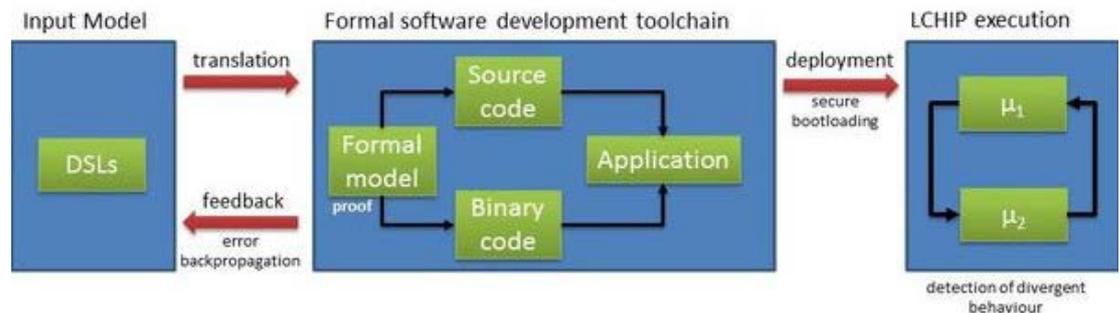
Le consortium regroupe : ClearSy, OcamlPro, SNCF, LRI, LIP6 et ESTAS.

Les verrous scientifiques abordés sont (1) l'automatisation de la génération et de la preuve de logiciels, (2) l'exécution sécurisée SIL4 d'un applicatif et (3) le développement prouvé sans interaction.

ESTAS intervient sur ce dernier verrou et s'attache à la validation formelle d'enclenchements ferroviaires spécifiés à l'aide de schémas à relais. À partir de ces schémas, une chaîne de transformation vers les notations formelles B est construite.

Le projet d'une durée de 4 ans a commencé en septembre 2016. Les travaux d'ESTAS ont donné lieu à deux publications en conférence internationale et une revue en cours d'édition.

[Pour en savoir plus...](#)



Contact : [Simon Collart-Dutilleul](#)

---

## Expertise logicielle

Dès 1998, avec la mise en service de la première ligne de métro automatique parisienne (METEOR/L14), et pour le compte de CERTIFER, organisme notifié français de certification ferroviaire, des membres du laboratoire ESTAS interviennent dans le cadre de certifications de logiciels critiques ferroviaires développés formellement. Plus précisément, certains industriels ferroviaires utilisent un processus de développement logiciel spécifique reposant sur la méthode formelle (i.e. mathématique) «B».

Ces développements logiciels n'échappent toutefois pas aux contraintes normatives du domaine et doivent donc être en conformité avec les exigences de normes spécifiques, essentiellement la norme CENELEC 50128.

La tâche des experts ESTAS consiste dès lors à procéder à l'évaluation, indépendante, de cette conformité à la fois par une analyse documentaire complète mais également par analyse des phases formelles du développement (la spécification, la preuve et la génération du code).

Ce type d'intervention s'est répété à travers le monde avec les mises en services de lignes à Budapest, New-York, ...

Contact : [Georges Mariano](#)

---

## Actualités

### Zero on site testing

La question du « zero on site testing » se développe dans le domaine des transports et en particulier du ferroviaire.

Suite aux travaux d'un groupe d'experts auquel François Baranowski (COSYS-ESTAS) et Marion Berbineau (COSYS-LEOST) ont contribué, l'EPSF a édité un premier document de recommandations qui sera amené à évoluer sur ces sujets qui bougent rapidement.

[Pour en savoir plus ...](#)

Contact : [François Baranowski](#)

---

## Mission parlementaire : Sécurité des passages à niveau

La députée Laurence Gayte coordonne actuellement une mission parlementaire qui vise à faire un état des lieux et proposer des solutions en vue d'améliorer la sécurité des passages à niveau (PN) en France. À l'issue de cette mission, la députée produira un rapport de mission à destination du Premier Ministre. La DGITM qui accompagne Mme Gayte dans le cadre de la mission a contacté l'IFSTTAR pour contribuer à ces travaux. En plus de la contribution à une note de synthèse sur les travaux de l'IFSTTAR sur le sujet, Mohamed Ghazel (ESTAS) a présenté les résultats du projet MORIPAN (Modèle de Risque pour les Passages À Niveau) dans le cadre d'un séminaire de transfert qui a eu lieu le 04 mars 2019 à la DGITM. Cette présentation a par ailleurs été l'occasion de proposer plusieurs pistes de réflexion pour améliorer la sécurité des PN. Pour rappel, MORIPAN est un projet de l'IRT Railenium financé par l'ANR, et qui a impliqué l'IFSTTAR et SNCF Réseau.

Contact : [Mohamed Ghazel](#)

## Convention de partenariat entre l'IFSTTAR, l'Université Mohammed V et l'EMI de Rabat

ESTAS assure l'animation de la deuxième convention de partenariat entre l'IFSTTAR, l'université de Mohammed V et l'EMI de Rabat, signée en juin 2018 pour une durée de 5 ans. Elle a pour objet de définir un cadre consensuel pour le développement de la coopération et de projets communs dans le domaine de l'enseignement supérieur et de la recherche, et plus particulièrement de la recherche dans le domaine des transports (train conventionnel et TGV marocain).

Contact : [El-Miloudi El-Koursi](#)

## Participation à la conférence Lambda Mu - Reims - 16 au 18 octobre 2018

ESTAS a participé à la conférence Lambda Mu 2018 "Maîtrise des risques et transformation numérique : opportunités et menaces" avec deux communications :

- Quels axes pour la sûreté des transports collectifs?, **E-M. El-Koursi**, V. Deniau.
- [Comparaison de l'approche sécurité multi-domaine](#), D. Mailland, A. Thionville, M. Schaff, **J. Beugin**.

## Séminaire "Prise en compte des passagers dans les modèles d'optimisation du trafic"

Un séminaire sur le thème de la prise en compte des passagers dans les modèles d'optimisation du trafic a été organisé le 20 novembre 2018 à l'occasion de la soutenance de la thèse de Lucile Brethomé. La première intervention de Valentina Cacchiani, professeur à l'université de Bologne, Italie, était intitulée "Robust Optimization Models for Integrated Train Stop Planning and Timetabling with Passenger Demand Uncertainty", elle a été suivie par celle du professeur Norio Tomii, professeur au Chiba Institute of Technology de Tokyo, qui avait pour titre "Timetable rescheduling algorithm that minimizes passengers' complaints".

Contact : [Joaquín Rodriguez](#)

## Retour sur le séminaire TRANSFORM du 22 novembre 2018

Le groupe de travail TransForm - Méthodes Formelles dans les systèmes de transport a organisé son deuxième séminaire le 22 novembre 2018, à l'IFSTTAR Villeneuve d'Ascq. Quatre exposés étaient au programme dont un tutoriel :

- Utilisation des méthodes formelles dans la validation de données (Erwan Mottin & Romain Lapostolle - ClearSy),
- Véhicule autonome et connecté, sûreté et sécurité : un cas d'étude avec TIS Analyzer (Fabien Lheureux & Stéphane Zimmermann – TrustInSoft et Alexandre Hamez & David Wagner – EasyMile),
- Tutoriel - Solveurs SAT modernes : Algorithmes et Applications (Saïd Jabbour – CRIL – Univ. Artois),

- Génération avec CADP de scénarios pertinents pour tester les voitures autonomes (Lina Marsso, Radu Mateescu et Wendelin Serwe - CONVECS, INRIA Grenoble et laboratoire LIG).

Le séminaire a réuni une quarantaine de participants académiques et industriels, et a été l'occasion d'échanges intensifs et fructueux autour de l'usage du formel dans les différents modes de transport.

Le programme complet et les présentations de la journée sont accessibles [ici](#).

Contact : [Mohamed Ghazel](#)

## Participation à la conférence ROADEF 2019 - 18 au 21 février 2019 - Le Havre

ESTAS a participé à la conférence ROADEF 2019 - 20<sup>ème</sup> congrès annuel de la société Française de Recherche Opérationnelle et d'Aide à la Décision - avec quatre communications :

- Train Unit Shunting : Integrating rolling stock maintenance and capacity management in passenger railway stations, **F. Kamenga**, P. Pellegrini, **J. Rodriguez**, B. Merabet, B. Houzel.
- Résolution du problème de yard à 1 - étape, **S. Deleplanque**, P. Pellegrini, **J. Rodriguez**.
- Préviation des durées de stationnement pour améliorer la robustesse des grilles horaires des réseaux ferrés denses, **S. Cornet**, C. Buisson, F. Ramond, P. Bouvarel, **J. Rodriguez**.
- The Stochastic Critical Node Problem, **P. Hosteins**, R. Scotamacchia.

[Pour en savoir plus ...](#)

## Nouveau projet

### Projet "Fluidification du RER C"

Ce projet vise à étudier, grâce à un banc de test de simulation développé à ESTAS, l'impact d'un algorithme de fluidification par rétention des trains en gare (SNCF Innovation & Recherche) sur les circulations RER C. Il fait suite aux projets fluidification RER A et Impact KVB-P. Ce projet commencé en octobre 2018 se terminera en juin 2019.

Contact : [Grégory Marlière](#)

## Fin de projet

### Projet CISMOP - Co-construction et Innovations pour les Services de Mobilités en Péri-urbain

ESTAS a mené d'avril 2017 à septembre 2018 le projet CISMOP qui vise à observer comment accompagner la création et la mise en place, par les habitants, de solutions de mobilité alternatives à la voiture individuelle en prenant comme hypothèse principale que la participation habitante et l'échelle de proximité (commune) constituent un cadre pertinent pour faire progresser le projet d'une mobilité durable, via les changements de comportement. Une démarche de co-construction avec les habitants d'une commune périurbaine de l'agglomération lensoise, Loos-en-Gohelle, a été élaborée pour connaître les besoins, adapter et mettre en œuvre de nouvelles solutions de mobilité.

Plusieurs problématiques et projets ont émergé autour de l'enjeu de sécurité des déplacements à pied et en vélo dans la ville, de l'échange de services de mobilité et de la réduction du nombre de trajets individuels au sein d'une communauté identifiée, de la « réduction » des inégalités spatiales entre les quartiers, des inégalités d'accès au numérique, ... Le projet a été co-animé par ESTAS et LVMT.

Contact : [Marielle Cuvelier](#)

## Thèse soutenue

Lucile Brethomé a soutenu sa thèse intitulée "Passenger-oriented modelling and optimization of the transportation plan in a mass transit system" le 20 novembre 2018. Cette thèse a bénéficié d'un contrat CIFRE avec le département Innovation et Recherche de la SNCF. Dans le processus de construction des services ferroviaires, la définition des lignes (choix des dessertes et fréquences des services, «Line Planning problem») et la définition des grilles horaires («Timetabling problem») sont deux étapes cruciales qui sont traitées séquentiellement. Ce traitement séquentiel induit par nature des choix sous-optimaux. Cette thèse aborde le problème de l'intégration de ces deux étapes et une meilleure prise en compte de la demande des passagers. Dans cette perspective l'élasticité de la demande a été intégrée à une résolution bi-objectif (temps de parcours, coût) du Line Planning problem. Le traitement du Line Planning Problem est connecté à une formulation du Timetabling problem qui intègre le "routage" des passagers à partir des matrices Origines-Destinations désagrégées utilisées dans la précédente étape. Enfin une décomposition de type Benders a été proposée et testée pour traiter l'intégration des deux problèmes. Les algorithmes développés ont fait l'objet d'un prototype d'outil qui est en phase d'industrialisation.

Contact : [Joaquín Rodriguez](mailto:Joaquin.Rodriguez@sncf.fr)

---

## Parution d'articles dans revues

A. Boussif, M. Ghazel, K. Klai, November 2018, [Fault diagnosis of discrete-event systems based on the symbolic observation graph](#), International Journal on Critical Computer-Based Systems (IJCCBS), Volume 8, No. 2, pages 141-168.

K.T.P. Nguyen, J. Beugin, M. Berbineau, J. Marais, January 2019, [Application of fuzzy theory for identifying the required availability of an autonomous localization unit in European Train Control System](#), Journal of Intelligent Transportation Systems.

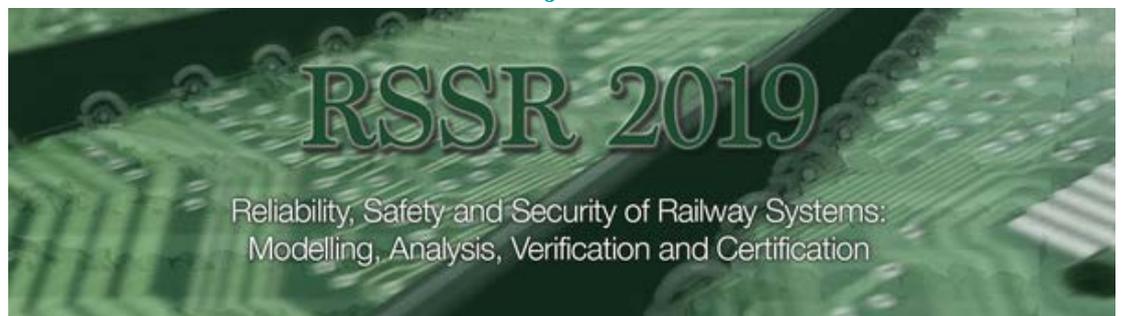
R. Cordone, P. Hosteins, February 2019, [A bi-objective model for the single-machine scheduling problem with rejection cost and total tardiness minimization](#), Computers & Operations Research, Volume 102, pages 130–140.

P. Pellegrini, R. Pesenti, J. Rodriguez, February 2019, [Efficient train re-routing and rescheduling : Valid inequalities and reformulation of RECIFE-MILP](#), Transportation Research Part B : Methodological, Volume 120, pages 33-48.

---

## Agenda

### Conférence RSSRAIL 2019 - 4 au 6 juin 2019 - Lille



ESTAS co-organise la conférence RSSRail 2019 avec ClearSy et l'Université de Newcastle. Cette conférence rassemblera des chercheurs et développeurs de systèmes ferroviaires afin de veiller à ce que les progrès de la recherche soient motivés par les besoins réels du chemin de fer et de contribuer au développement d'une technologie utilisable et évolutive. Elle s'inscrit dans un contexte global lié à l'intégration des systèmes ferroviaires dans les grands réseaux multimodaux de transport, à l'augmentation spectaculaire de la complexité des applications ferroviaires ainsi qu'au degré d'automatisation toujours plus élevé. Le développement des systèmes ferroviaires complexes de l'avenir exige des environnements et des méthodes

intégrés qui prennent en charge différents niveaux d'abstraction et des vues multiples, englobant l'architecture des systèmes, l'analyse de sûreté et de sécurité, les méthodes et outils de vérification.

[Pour en savoir plus ...](#)

Contact : [Simon Collart-Dutilleul](#)

**IFSTTAR - ESTAS 20 rue Elisée Reclus BP 70317 F-59666 Villeneuve d'Ascq Cedex**

Lettre coordonnée par Marielle Cuvelier et Sonia Sobieraj Richard

[Inscription](#) / [Désinscription](#) / [Changement d'adresse](#) / [Suggestions-Avis](#)