

Simulation et apprentissage par renforcement pour la régulation du trafic ferroviaire

Renan Hilbert, Giuliana Barbarino¹, Gérald Petitjean²

Simone Pierre², Charles Pombet², Loic Hamelin¹

renan.hilbert.ext@eurodecision.com

¹SNCF Réseau DGEX

{giuliana.barbarino, loic.hamelin}@reseau.sncf.fr

²EURODECISION

{gerald.petitjean, simone.pierre, charles.pombet}@eurodecision.com

Mots-clés : *apprentissage par renforcement, simulation, gestion du trafic ferroviaire*

1 Introduction

La multiplicité des facteurs impactant le déroulement du trafic ferroviaire et l'augmentation du nombre de trains circulant sur l'ensemble du réseau rendent le travail des régulateurs de plus en plus complexe. Il est donc crucial de développer des outils « intelligents » pour modéliser le trafic ferroviaire, prévoir les conséquences des perturbations, et faciliter la prise de décision des opérateurs.

Le programme « Open Source Railway Designer (OSRD) – Digital Twin » vise à développer la future plateforme de conception et de simulation du système ferroviaire, open source et extensible [1]. Ce programme est à destination de tous les acteurs du ferroviaire dans une logique de partage des algorithmes, avec l'objectif de créer une communauté de contributeurs et d'utilisateurs.

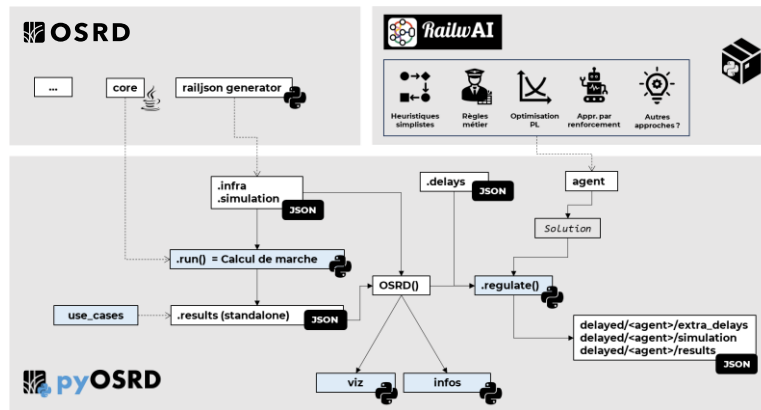
OSRD est un simulateur basé sur une modélisation microscopique de l'infrastructure ferroviaire intégrant toutes les caractéristiques des lignes et des voies, des appareils de voie et des signaux. Grâce à une description détaillée du matériel roulant, OSRD peut reproduire la marche des trains et effectuer des simulations dynamiques du système et des circulations ferroviaires.

Au sein des projets de recherche associés à OSRD, le projet RailwAI vise à développer un module de régulation automatisée du trafic ferroviaire, amené à être utilisé dans le simulateur.

Plusieurs questions scientifiques et techniques sont soulevées. Comment automatiser la régulation du trafic ferroviaire ? Avec quel niveau de modélisation et quels algorithmes ? Peut-on utiliser les techniques d'apprentissage automatique, ou, en d'autres termes, une IA peut-elle apprendre des techniques de régulation ferroviaire « en jouant » avec le simulateur ?

2 Approche retenue du problème de régulation ferroviaire

Nous présenterons d'abord les enjeux métiers et les outils, avec leurs problématiques techniques associés (simulateur OSRD, couplage automatisé entre le simulateur et le module de régulation, développement logiciel de ce module). La Figure (1) représente l'architecture logicielle du projet RailwAI.



Ensuite, l'aspect modélisation sera évoqué, avec un focus sur la manière de formaliser les informations sur l'état du trafic perturbé à un instant t , et à quel niveau de détails. Grâce aux informations détaillées et réalistes que peut fournir le simulateur OSRD, on a pu formaliser le problème à l'échelle microscopique en s'aidant d'une représentation en planning d'occupation de différentes zones de l'infrastructure.

Plusieurs grandes familles d'algorithmes peuvent être envisagées pour trouver numériquement une solution au problème de régulation. Les approches heuristiques consistent en l'application de règles ou de processus. Elles peuvent être simples à mettre en œuvre mais ne garantissent pas de trouver la solution optimale. Nous détaillons l'approche programmation par contraintes (PPC) [2], son application et les limitations rencontrées lors du passage à l'échelle.

Un focus sera proposé ensuite sur l'apprentissage par renforcement (RL=Reinforcement Learning) [3], technique de Machine Learning, qui est une alternative aux méthodes classiques d'Optimisation et de Recherche Opérationnelle. Cette technique permet de sélectionner (i.e. d'apprendre) une séquence d'actions à prendre au cours du temps, afin de maximiser une récompense quantitative à partir d'expériences itérées.

3 Conclusions et perspectives

Dans le cadre du projet de R&D RailwAI, plusieurs approches de résolution du problème de régulation ferroviaire sont explorées, basées sur différentes techniques de recherche opérationnelle et d'intelligence artificielle. En particulier, la programmation par contraintes, qui permet d'obtenir des solutions optimales, mais est trop lente sur cas réels et l'apprentissage par renforcement, prometteur mais qui nécessite encore beaucoup de tests, en cours.

D'autres approches sont envisagées, comme des systèmes à base de règles traduisant les règles métiers, des heuristiques, des approches multi-agents. Notre conviction à ce stade est que les résultats les meilleurs seront obtenus par des méthodes hybrides combinant ces différentes approches.

Références

- [1] <https://osrd.fr/fr/>
- [2] Francesca Rossi, Peter van Beek, Toby Walsh, Handbook of Constraint Programming. Foundations of Artificial Intelligence 2, Elsevier 2006
- [3] Richard S. Sutton & Andrew G. Barto, Reinforcement Learning: An Introduction, Second Edition, MIT Press, Cambridge, MA, 2018