

Vers une simulation globale du système ferroviaire : atout pour l'aide à la décision guidée par l'analyse de risques

Alexis Chartrain^{1,2}, Gilles Dessagne¹, Noël Haddad¹, David R.C. Hill²

¹ SNCF RÉSEAU, Direction Générale Industrielle & Ingénierie, F-93210 Saint-Denis, FRANCE
{alexis.chartrain, gilles.dessagne, noel.haddad}@reseau.sncf.fr

² Université Clermont – Auvergne, CNRS, Clermont – Auvergne INP, Mines de Saint-Étienne,
LIMOS UMR CNRS 6158, F-63000 Clermont-Ferrand, FRANCE
david.hill@uca.fr

Mots-clés : *système ferroviaire, aide à la décision, analyse de risques, simulation multi-systèmes, décarbonation des transports.*

1 Introduction

Selon le Ministère de la transition écologique en 2022, le secteur des transports représente en France le premier facteur d'émissions de gaz à effet de serre (GES) depuis 1998 [1]. Avec 127,3 Mt CO_2 -eq¹ émises, le transport routier est responsable de la part la plus importante des émissions de GES imputées au secteur des transports en France en 2019 [1]. En revanche, seulement 0,4 Mt CO_2 -eq ont été attribuées au transport ferroviaire cette même année, ce qui constitue la plus faible part des émissions du secteur des transports, en France en 2019 [1]. Le transport ferroviaire représente donc un levier idéal pour la décarbonation des transports, particulièrement en France : près des trois quarts du parc d'engins moteurs opérés par la SNCF est électrique ou bi-mode et la production électrique française était, par ailleurs, à 91% décarbonnée en 2019 selon Réseau de Transport d'Électricité (RTE).

Cependant, le transport ferroviaire en France en 2019 ne représentait que 11,5% de voyageurs-kilomètre² et 10% de la part modale de transport de fret [1]. Il nous faut donc chercher à faire basculer des usagers de modes de transports très carbonés tels que le transport routier individuel et le transport aérien issu des vols intérieurs vers le transport ferroviaire. Pour cela, ce dernier doit être plus attractif et compétitif. Or, le transport ferroviaire est coûteux du fait du financement de ses infrastructures lourdes, répercuté sur le prix des péages. De plus, la difficulté à estimer de façon précise le coût réel du déploiement de ce type d'infrastructures conduit très souvent à sous-estimer considérablement leur coût. Pour parvenir à ces fins, il nous faut optimiser : (1) l'exploitation du réseau pour permettre un plan de transport robuste, dimensionné de façon satisfaisante et (2) les activités du gestionnaire d'infrastructures au global, dans le but de limiter les coûts redondants.

Dans ce qui suit, nous proposons une démarche d'aide à la décision basée sur l'analyse des risques, réalisée à partir de résultats de simulations issues d'un simulateur de système ferroviaire global.

2 Simulations et analyse de risques pour l'aide à la décision

Afin de mettre en œuvre la stratégie précédemment énoncée, nous proposons d'anticiper les risques suffisamment en amont dans les activités et les projets pour accroître la qualité des

1. Le CO_2 équivalent (CO_2 -eq) est une unité de mesure créée par le GIEC pour exprimer l'impact des émissions de différents GES sous la forme d'une quantité de CO_2 . Exprimé ici en millions de tonnes (Mt).

2. Unité de mesure qui équivaut au transport d'un voyageur sur un kilomètre de distance.

processus de prise de décision afin de réduire le nombre d'aléas. Ces risques peuvent être issus : (1) d'incompatibilités entre sous-systèmes du système ferroviaire, desquels peuvent découler nombres de risques pouvant aller jusqu'à compromettre la disponibilité du réseau ou la sécurité des personnes (2) d'aléas du trafic nuisant à la robustesse de l'exploitation (3) de mauvaises coordinations entre acteurs et activités au sein des processus de l'entreprise.

À partir des modèles adéquats et des données fiabilisées, nous nous proposons de simuler le système ferroviaire par le biais de la simulation à événements discrets et/ou multi-agents. Nous nous positionnerons particulièrement sur une simulation globale du système ferroviaire en capitalisant sur de précédents travaux conduits dans le domaine ferroviaire [2, 3]. Nous postulons que l'analyse des résultats de simulation nous permettrait d'anticiper des risques auxquels le système ferroviaire peut être exposé, grâce aux méthodes et outils d'analyse de risques [4]. Cela permettrait aussi de mesurer les effets de bords induits par certains systèmes et acteurs sur le reste de l'écosystème ferroviaire et réciproquement. Tester différents paramètres d'entrée lors de chaque simulation permettrait d'évaluer différents scénarii, afin de choisir selon la situation, celui présentant le moins de risques, les risques les moins graves, les moins fréquents ou les mieux gérés. Dans l'optique de simuler le système ferroviaire dans sa globalité, il est nécessaire de faire appel à un modèle systémique. Dans notre approche, nous utilisons le modèle systémique ferroviaire "ARIANE", standard de l'entreprise d'ores et déjà normalisé par l'Union Internationale des Chemins de fer (UIC) au travers de "Rail System Model" [5].

3 Conclusion

Dans le but d'améliorer la qualité de service et de mieux maîtriser les coûts, notamment engendrés par les infrastructures lourdes du secteur ferroviaire, nous cherchons à optimiser de façon globale les activités du gestionnaire d'infrastructures. Pour cela, nous proposons une démarche d'aide à la décision basée sur l'analyse des risques, réalisée à partir de résultats de simulations globales du système ferroviaire. Cette démarche permettrait de prendre les décisions les plus optimales pour chaque activité ou projet, grâce à une meilleure connaissance des risques et par conséquent, une meilleure maîtrise des effets de bords induits, des temps de réalisation/production et plus généralement des coûts. Nous espérons que nos travaux contribueront à rendre le transport ferroviaire plus attractif et compétitif, avec la volonté de reporter les modes de transports très carbonnés vers le rail dans le but de décarboner le secteur des transports en France.

Références

1. BABET, Charline ; AMOROS, Pierre ; BOUVRY, Laurent ; COLUSSI, Carlo ; DEFRANCE, Sébastien. *Chiffres clés des transports* [en ligne]. 2022. [visité le 2023-09-27]. Rapport technique. Ministère de la transition écologique.
2. FEILLEE, Damien ; HILL, David R. C. ; DESSAGNE, Gilles. Vers une approche multi-agents pour la simulation du système ferroviaire français. *Génie logiciel : le magazine de l'ingénierie du logiciel et des systèmes*. 2008, n° 86, pp. 22-28. ISSN 1265-1397.
3. DESJOURS, Boris. *Réalisation d'un simulateur évolutif, système multi-agents et approche dirigée par les modèles : application à la simulation électrique ferroviaire*. Grenoble, France, 2016. Thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes.
4. PERILHON, Pierre ; LONDICHE, Henry. Proposition d'une méthode 'générique' d'analyse de risques. Evolution d'une approche analytique déterministe et probabiliste vers une vision systémique, sociétale et réglementaire. *Annales des mines*. 2003, Vol. 19, n° 90, pp. 53-60.
5. TANE, Pierre; DESSAGNE, Gilles; JANSSEN, Bob; MAGNIEN, Airy. The Case for a Federated Digital Model of the Rail System. *Global Railway Review* [en ligne]. 2022 [visité le 2023-09-27].