



Optimisation de la vitesse des trains vis-à-vis de leur comportement dynamique sur les voies

Mots clé : dynamique des systèmes mécaniques, optimisation sous incertitudes, problèmes inverses, machine learning, traitement du signal.

Problématiques industrielles

Le transport ferroviaire est en pleine mutation. L'ouverture à la concurrence et l'apparition de nouveaux véhicules, la densification des circulations et l'augmentation de leurs vitesses, les attentes sociétales d'une plus grande sobriété énergétique, contraignent de plus en plus économiquement et techniquement ce système complexe.

Dans ce contexte, la vitesse de circulation du train joue un rôle fondamental. En effet, son impact est direct sur l'**exploitation**, mais aussi sur la **réponse dynamique** des trains, et donc sur la **sécurité** des circulations, le **confort** des voyageurs, et l'endommagement du système ferroviaire (matériels roulants et infrastructure). Cette influence reste néanmoins peu étudiée : seules des règles semi-empiriques sont appliquées pour définir une vitesse consigne à la construction de la voie, ainsi que des valeurs de ralentissement en cas de défaillance de l'infrastructure ou du matériel roulant.

On observe ainsi un intérêt croissant pour la mise en place d'outils numériques permettant l'**optimisation de la vitesse du train** vis-à-vis de nombreux critères, comme la consommation d'énergie, le confort des voyageurs, la sécurité ou encore l'endommagement des voies et du matériel roulant. Ces attentes sont d'autant plus importantes en vue de la mise en service des futurs **trains autonomes**, qui ne bénéficieront plus du **ressenti dynamique** du conducteur ou des contrôleurs pour adapter leur vitesse.

Objectifs scientifiques de la thèse

Trois objectifs principaux peuvent être définis pour ce projet de thèse.

1. Le premier objectif consiste à proposer une méthode innovante permettant d'**intégrer la dynamique du train** et ses différentes interactions avec le réseau ferré dans le processus de **définition des consignes de vitesse** pour la circulation du train. L'intérêt serait ainsi de pouvoir intégrer dans cette définition des critères de consommation énergétique ou d'endommagement de la voie et du matériel roulant.
2. Les consignes de vitesse fournies à un train pour un trajet donné restent génériques, et n'intègrent pas les caractéristiques propres à chaque train (chargement, état mécanique,...), ni les potentiels aléas de circulations (zones de ralentissement ponctuel, conditions météorologiques,...). A partir d'une consigne de vitesse donnée pour un train nominal sur un trajet nominal, le deuxième objectif est de proposer une méthode de **mise-à-jour**

temps-réel des commandes conducteurs du train, afin d'en optimiser la performance vis-à-vis des conditions de circulation qu'il rencontre effectivement. On pourra pour cela tirer parti de données de positions et d'accélération fournies par des capteurs embarqués.

3. Enfin, la dernière étape consiste à généraliser les deux premières approches au niveau d'un **système de trains**, c'est à dire reformuler le problème d'optimisation de la vitesse des trains pour qu'il intègre les nécessaires interactions des trains entre eux, et les contraintes que cela impose, en terme de distance minimale entre trains ou de puissance disponible par exemple.

Une difficulté partagée par ces différents objectifs sera de rendre les méthodes proposées aussi robustes que possible aux différentes sources d'incertitudes (erreurs de mesure et de modèle) et de variabilité (géométrie des voie, profils de roues et de rails, coefficient de frottement, distribution des masses...) du problème.

Afin de traiter ces différents objectifs, le(la) futur(e) doctorant(e) pourra s'appuyer sur plusieurs travaux de thèse menés en collaboration entre l'université Gustave Eiffel et SNCF [je citerais ici les thèses de Perrin, Lestoille, Lebel, Nespoulous, voire Sonke], ainsi que sur l'expertise de spécialistes du monde ferroviaire.

Modalités pratiques :

- **Financement** : thèse CIFRE SNCF.
- **Contacts** : C. Funfschilling (christine.funfschilling@sncf.fr) & G. Perrin (guillaume.perrin@univ-eiffel.fr) & C. Soize (christian.soize@univ-eiffel.fr).
- **Organisme d'accueil** : La thèse sera réalisée au sein de la direction Technologies, Innovation & Projet Groupe, SNCF - F-93210 La Plaine Saint-Denis, en collaboration avec l'université Gustave Eiffel (UGE).
- **Date de début espérée** : octobre 2022.
- **Compétences requises** : Le(la) candidat(e) devra présenter un intérêt pour la modélisation et la simulation numérique de phénomènes physiques, ainsi que pour l'analyse de données expérimentales. Des compétences dans un ou plusieurs des domaines suivants seront par ailleurs valorisées : statistiques/probabilités, dynamique des structures, problèmes inverses, programmation (de type R, Python, Matlab ou Julia).