

# Etat de l'art et perspectives de la recherche en mécanique pour le système ferroviaire

ML NGUYEN TAJAN, F. POISSON

SNCF, Innovation et Recherche

## Résumé :

*Depuis le 1er juillet 2015, SNCF est organisée en trois entreprises : le gestionnaire de l'infrastructure (SNCF Réseau), l'opérateur de transport (SNCF Mobilités) et le coordinateur (SNCF). Cette séparation permet de mieux délimiter les périmètres de chacun, conformément aux recommandations de la Commission Européenne. Néanmoins, il est crucial de préserver une vision technique intégrée du système ferroviaire, car les interactions physiques entre les trains et l'infrastructure sont nombreuses et fortes. L'une des interfaces est le contact roue-rail. Sujet technique difficile en soi, faisant appel à des notions de mécanique, matériaux, métallurgie, chimie, tribologie, etc., il devient l'interface physique entre deux entreprises (et même plus), laissant présager de plus en plus de débats d'experts à venir. Sa maîtrise, aujourd'hui essentielle, sera demain au cœur d'enjeux technico-juridico-économiques majeurs. Pour mieux appréhender les phénomènes physiques mis en jeu, la modélisation numérique peut compléter et enrichir les expériences physiques ; elle a donc bien sûr un rôle prépondérant à jouer.*

*Après un bref rappel des grandes caractéristiques du contact roue-rail, un focus particulier sera proposé sur la simulation numérique du comportement dynamique du système train-voie. Enrichie d'approches stochastiques qui seront brièvement décrites, la modélisation numérique s'introduit peu à peu dans les processus d'autorisation de circulation de nouveaux trains, mais aussi dans les processus de maintenance. En effet, en appréhendant mieux la réponse du train circulant sur des voies numérisées du réseau ferroviaire, il est possible de suivre l'état de la voie en se basant sur des indicateurs liés non plus uniquement à la géométrie de la voie, mais aussi à la réponse du train. Combinant les résultats de simulations numériques, des approches mathématiques avancées et des technologies de mesures par capteurs embarqués déployés à grande échelle, de nouveaux outils sont en cours de développement pour définir la maintenance de demain. Les résultats déjà obtenus par la Direction Innovation & Recherche seront présentés, ainsi que les perspectives et les défis scientifiques, nombreux, qui en découlent.*

*Une meilleure prédiction du comportement dynamique du train permet une meilleure évaluation des efforts de contact entre la roue et le rail. Ces efforts sont à l'origine de dégradations progressives de la voie et des trains (usure des roues, vieillissement des suspensions, fatigue des rails, tassement du ballast, etc.). On se propose d'étudier dans la deuxième partie de l'exposé un endommagement particulier, celui de la fissuration par fatigue des rails. La filière de calcul (incluant des modèles de contact, des algorithmes de calcul de contraintes inélastiques cycliques dans le rail et des modélisations en XFEM) et les modèles de fatigue et de fissuration qui ont été développés par SNCF en collaboration avec RATP, Tata Steel, IFSTTAR, LMS, Mecamix, LamCos, seront décrits. Les premiers résultats applicatifs obtenus seront présentés. A termes, il s'agira pour SNCF de développer*

un outil puissant permettant d'abord d'expliquer le retour d'expérience, puis de proposer des évolutions de conception ou de stratégies de maintenance.

*Au-delà des applications sécurité et maintenance de la modélisation en dynamique ferroviaire, les aspects acoustique et vibratoire sont aussi abordés. En alignement, la prédiction du bruit de roulement engendré par le contact roue rail est réalisée par des modèles dédiés, dans le domaine fréquentiel, mettant en œuvre un modèle de contact (modèle de Hertz), une représentation simple de l'interaction et des modèles de rayonnement acoustique de la traverse, du rail et de la roue. Cette approche linéaire dans le domaine fréquentiel ne permet pas de modéliser le bruit rayonné au passage des appareils de voie comme les aiguillages ou les traversées obliques qui engendrent des contacts multiples et des chocs, et donc de l'énergie haute fréquence. Le bruit de ces points singuliers est modélisé aujourd'hui en ajoutant des contributions au modèle de bruit de roulement en alignement. L'objectif de ces prochaines années est de modéliser l'effort d'interaction au passage de ces appareils, en moyenne fréquence et d'obtenir des modèles de rayonnement des différentes pièces aux géométries complexes.*

*Les vibrations dans le sol engendrées par le passage d'un train sont modélisées pour la voie courante avec un modèle global véhicule-voie (masse-ressort) couplé à un modèle de propagation dans le sol FEM-BEM. Pour les points singuliers, l'effort d'interaction peut être obtenu en couplant un modèle éléments finis de la voie avec un modèle multi corps du véhicule. Le défi consiste à coupler cette approche temporelle avec les modèles de propagation fréquentiels développés en 2,5D.*

*Ces différents thèmes de recherche et les verrous associés seront partagés lors de la présentation.*

**Mots clefs : dynamique ferroviaire, acoustique, vibration**