

# Outils d'aide à la spécification/conception de freins à disque ferroviaires optimisés vis-à-vis du crissement (ACOUFREN)

Financement

**ADEME**

Date

**2009-2014**

Pilote

**SNCF**

Partenaires

**Ifsttar (LAE), Ecole Centrale de Lyon (LTDS), ENPC (Navier), SDTools, Vibratec, Alstom Transport, Bombardier, Faiveley Transport**

Montant total du projet

**2 684 478,06 €**

Montant subvention Ifsttar

**58 206,76 €**

Contact Ifsttar (LAE)

**Olivier CHIELLO**

[olivier.chiello@ifsttar.fr](mailto:olivier.chiello@ifsttar.fr)

Tél. +33 (0)4 72 14 24 05



## Contexte

Le projet concerne la problématique du crissement des freins à disque des matériels roulants ferroviaires, en particuliers des rames TGV et AGC qui émettent des niveaux de bruit élevés à l'arrivée en gare. Les exploitants ferroviaires et les constructeurs de trains souhaitent réduire fortement voire supprimer ces nuisances sonores sur leurs matériels roulants. Dans cette optique, ils cherchent à spécifier les garnitures de frein (consommables) vis à vis du bruit. De leur côté, les fournisseurs visent à concevoir des garnitures moins bruyantes.

## Objectifs

Le projet se propose donc de développer des outils d'aide à la spécification et la conception de garnitures vis-à-vis du bruit. L'ambition est de dépasser la démarche essentiellement empirique adoptée habituellement en élaborant des modèles physiques des systèmes de freinages capables de reproduire les principaux phénomènes à l'origine du crissement. D'un point de vue scientifique, cela implique la mise au point de méthodes numériques de calcul d'instabilités vibratoires liées au frottement adaptées à des modèles numériques industriels ainsi que l'application et la validation expérimentale des ces méthodes aux systèmes TGV et AGC.

## Résultats attendus

Le projet prévoit de livrer deux outils permettant aux industriels d'établir des liens entre le design des garnitures et le bruit de crissement émis dans le cas des systèmes de freinage TGV et AGC :

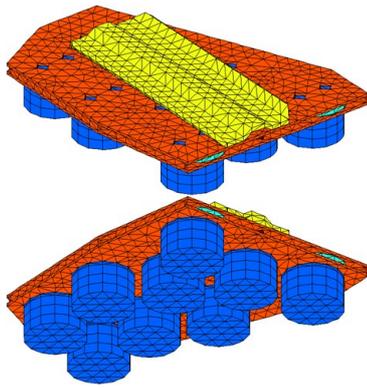
- un logiciel simplifié développé à partir des travaux de modélisation,
  - une base de données expérimentale établie sur un panel de garnitures.
- Le transfert technologique aux fournisseurs est également inclus par le biais d'un test de conception de garnitures prototypes.

## Programme de travail

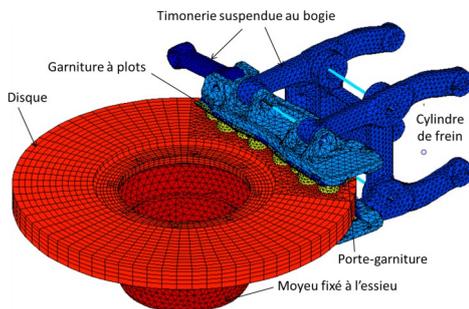
Le projet s'organise autour de 5 tâches principales :

1. Recherche et développement de méthodes numériques performantes
2. Caractérisation et modélisation mécanique des composants des freins
3. Caractérisation et modélisation du crissement des freins
4. Développement et validation des outils industriels finalisés
5. Conception et test de maquettes fonctionnelles par les fournisseurs

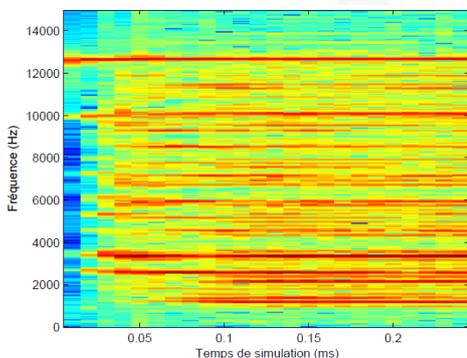
L'analyse d'un panel large et diversifié de garnitures doit permettre de mieux évaluer la validité et la robustesse des outils développés.



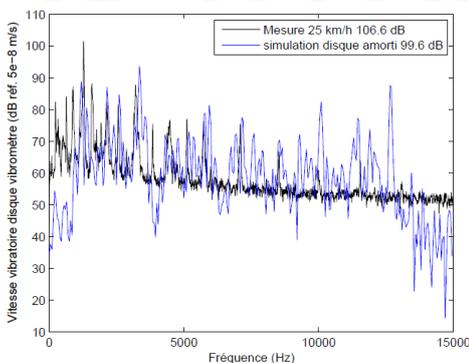
Modèle éléments finis d'une garniture de frein ferroviaire à plots.



Modèle élément fini du système de freinage TGV assemblé.



Simulation du spectrogramme de vitesse vibratoire sur le disque sur 250 ms.



Comparaison calcul/essai du spectre de vitesse vibratoire sur le disque.

## Résultats

L'Ifsttar/LAE était particulièrement impliqué dans les aspects scientifiques correspondant aux tâches 1 et 3 du projet.

Un des résultats marquants est le développement d'une méthode numérique performante permettant l'analyse des instabilités vibratoires de structures en contact frottant, en particulier la dynamique non linéaire transitoire et stationnaire des vibrations auto-entretenues à l'origine du crissement (tâche 1). Cette méthode se caractérise par l'utilisation de lois de contact non régulières et d'un schéma d'intégration de type  $\theta$ -méthode combiné à une technique de point fixe sur Lagrangien augmenté pour la gestion du contact et d'une base réduite associant des modes issus de l'étude de stabilité et des modes de liaisons aux interfaces. L'intérêt majeur de la méthode réside dans la parcimonie du paramétrage du modèle de contact, à savoir un unique coefficient de frottement local supposé constant. Elle vise à mettre en évidence des phénomènes d'instabilité structurale par couplage modal.

La deuxième avancée, rendue possible par l'utilisation de cette méthode, réside dans la modélisation du crissement des systèmes de freinage TGV et AGC et la confrontation avec les résultats expérimentaux obtenus sur le banc d'essai de freinage SNCF (tâche 3). De nombreuses simulations ont été menées sur des modèles éléments finis de grande taille conservant la complexité structurale des systèmes de freinage et des garnitures pilotes. D'une part, les résultats issus de l'analyse de stabilité sont très encourageants puisque les modèles non recalés après assemblage semblent être en mesure de reproduire la diversité des comportements vibratoires observés avec les différentes garnitures. D'autre part, dans certains cas, des comparaisons calcul/essais ont pu être réalisées directement sur la base de spectres de crissement issus de calculs non linéaires. De nombreuses raies sont retrouvées par le modèle avec des écarts en fréquence et en amplitude raisonnables.

Ces résultats ont permis à l'éditeur SDTools de développer l'outil logiciel simplifié à l'usage des industriels, livrable majeur du projet ACOUFREN.

## Références

- A. Loyer. Etudes numériques et expérimentales de la stabilité et des réponses dynamiques non-linéaires transitoires et stationnaires du crissement dans les systèmes de freinage ferroviaires. Thèse de doctorat SNCF/ECL/Ifsttar, 2012.
- A. Loyer, J.-J. Sinou, O. Chiello et X. Lorang, Study of nonlinear behaviors and modal reductions for friction destabilized systems. Application to an elastic layer. *Journal of Sound and Vibration* **331**, 1011-1041, 2012.
- J.-J. Sinou, A. Loyer, O. Chiello, G. Mogenier, X. Lorang, F. Cochetex et S. Bellaj. A global strategy based on experiments and simulations for squeal prediction on industrial railway brakes. *Journal of Sound and Vibration* **332**, 5068-5085, 2013.
- O. Chiello, J.-J. Sinou, N. Vincent, G. Vermot des Roches, F. Cochetex, S. Bellaj et X. Lorang. Squeal noise generated by railway disc brakes: experiments and stability computations on large industrial models. In *21st International Congress on Acoustics*, Montréal, Canada, 2013.
- O. Chiello, Rapports AcouFren 1.1A, 3.1A, 3.4A et 3.6A, Ifsttar, Bron, 2013.