Optimization of the durability/comfort trade-off for chassis parts by virtual proving ground simulation

**Abstract**

The simulation of vehicle chassis system is widely deployed at the early stage of a new car development project in order to verify if the technical specifications such as durability and comfort of current design are fulfilled. However, the numerical validations are usually carried out independently by project teams which may fail to converge the final design at downstream phase of projects.

To overcome this constraint, the work of this thesis focuses on developing an early stage multi-objective optimization method. The method is able to search a set of best trade-offs between durability and comfort before the deployment of the chassis parameters. Virtual proving ground simulation is applied as a uniformed numerical validation platform, following the same process as in physical experiments, including global and local damage calculation, transfer function estimation and other comfort criteria. By realizing the design of experiments on front and rear axles’ global curves and key components in a deployable design space, the Pareto front can be obtained in first several optimization iterations. An application case on an example project shows that the method succeeds in revealing the general trends between these two chassis specifications with acceptable simulation costs. The data-mining method further demonstrates the design preferences and orientations of each group in the simulation database.

Furthermore, the robustness is also an important subject in the design phase because the uncertainties resulting from manufacturing tolerances and component aging may perturb the original designs. An adaptive-sparse polynomial chaos expansion (PCE) is applied to characterize the outputs' variability in optimization iterations. The overall simulation cost in a robust optimization can be greatly reduced by combining the global meta-models and local designs of experiments.

**Key words:** virtual proving ground simulation, multi-objective optimization, robust optimization, chassis durability, ride comfort

Optimisation du Compromis Endurance/Confort des Pièces de Liaison au Sol en Roulage Numérique

**Abstract**

La simulation du système de liaison au sol est pratiquée intensivement en amont des projets chez Renault afin de vérifier si les prestations comme l’endurance et le confort sont respectées. Toutefois, les validations numériques sont réalisées indépendamment par des équipes différentes, qui peuvent avoir des difficultés à faire converger la conception en aval. Un compromis doit par conséquent être trouvé, et ce compromis est encore aujourd'hui le résultat d'une démarche "réactive" plutôt que proactive, c'est-à-dire généralement subie, et intervenant tardivement dans le planning de développement.

L'objectif principal de la thèse est de développer une méthodologie qui permette d'optimiser, à la fois vis-à-vis de l'endurance et du confort, le dimensionnement de la liaison au sol sur la base d'un signal "routier" réaliste, en s'appuyant sur les progrès du roulage numérique. Le roulage numérique est configuré comme une plateforme commune, qui suit le même processus que les validations physiques, par exemple, calculs des dommages locaux et globaux, estimations des fonctions de transfert et autres critères de confort. Par les plans d'expérience qui prennent les courbes globales des trains avant et arrière dans un espace de conception déployable, on obtient le front de Pareto après seulement plusieurs itérations. Un cas d'application montre que cette méthode est réussie à proposer la tendance générale entre les prestations avec un budget de simulation acceptable. De plus, les méthodes de datamining nous permettent de tracer l’orientation de conception de chaque groupe dans la base de données de simulation.

Par ailleurs, la robustesse est aussi un sujet important pendant le développement parce que l’incertitude, qui est causée par la tolérance de fabrication ou le vieillissement de composant, peut perturber la performance conçue. Une méthode d'expansion adaptative de chaos polynomial a été appliquée pour caractériser la dispersion de sorties pendant les itérations d’optimisation. Le coût total de simulation pour une optimisation est nettement réduit par une combinaison des meta-modèles globaux et des plans d’expériences locaux.

**Mots clés** : roulage numérique, optimisation multiobjectif, optimisation robuste, endurance du système liaison au sol, confort