

## Sujet de stage « Réduction de modèle et apprentissage statistique : application aux données de crash et de combustion »

Le stagiaire aura l'opportunité de contribuer à l'effort de recherche et développement d'une méthode de réduction de gros modèles Eléments Finis, principalement en crash.

Le stage proposé durera 6 mois et sera basé au Technocentre RENAULT, à Guyancourt (78).

Contact : Yves Tourbier, [yves.tourbier@renault.com](mailto:yves.tourbier@renault.com)

### Présentation générale

L'ingénierie RENAULT suit un processus de conception entièrement numérique depuis de nombreuses années. La définition technique du véhicule (DT) est maintenue dans un outil de CAO et les performances sont simulées numériquement. Les performances en crash, par exemple, sont simulées par la méthode des éléments finis, ce qui donne un calcul précis mais très coûteux. Le rythme de fonctionnement est donné par la complexité de ces calculs. Les concepteurs de la caisse du véhicule (des tôles embouties et assemblées par soudure par point) ont un rythme journalier : la journée de travail est consacrée à l'analyse des résultats des calculs de la veille et à la préparation des calculs suivants. Cette méthode permet de suivre et d'orienter l'évolution de la DT pendant tout le projet, en se concentrant chaque jour sur un périmètre restreint, dans le but de régler le problème courant.

RENAULT a également positionné des études d'optimisation dans le processus de conception. Le but de ces études est d'améliorer la DT sur des objectifs globaux comme la masse, le coût, un cahier des charges multi-physiques et multi-objectif. Les études actuelles sont menées avec la méthode des plans d'expériences numériques. L'équipe « optimisation » de l'ingénierie RENAULT réalise quotidiennement des études en faisant varier de 10 à 100 paramètres de conception, pour un coût calcul en centaines de simulations.

Ces études sont intéressantes mais alourdissent le processus de conception car leur mise en œuvre est compliquée : beaucoup de calculs à gérer en très peu de temps par exemple. La réduction de modèle est une solution pour améliorer le processus d'optimisation et en faire une utilisation plus large et plus fréquente. Une méthode de réduction a été développée, le sujet du stage porte sur l'amélioration de cette méthode. Le prototype actuel est destiné aux études d'optimisation en crash de la caisse du véhicule, son périmètre doit être élargi.

Dans la méthode des plans d'expériences on construit un modèle statistique des objectifs de l'optimisation en fonction des paramètres de conception. Par exemple on modélise la décélération de la tête du conducteur en fonction des épaisseurs des pièces de structure du bloc avant (les pièces qui absorbent de l'énergie pendant le choc en se déformant). Cette méthode n'utilise pas les données intermédiaires du calcul de crash, seulement les résultats finaux et les entrées. Le calcul crash peut en revanche fournir beaucoup de données intermédiaires : le calcul crash est une méthode explicite qui modifie le maillage initial au cours d'un très grand nombre de pas de temps (> 100 000 pour un choc frontal de véhicule, pour simuler 90ms). La méthode exploitant peu de données, il lui faut beaucoup de calculs différents, faisant varier les paramètres de conception. La technique statistique employée pour l'analyse des résultats est la régression (linéaire multiple, krigeage...), sur des tableaux de données de quelques centaines de lignes et dizaines de colonnes.

La réduction de modèle vise au contraire à exploiter au maximum les données temporelles, ce qui permet de réduire le nombre de simulations crash d'une optimisation. Chaque calcul crash génère plus de 50 Go de données, les techniques d'analyse statistiques employées viennent de l'apprentissage automatique, du deep learning : Random Forest, réseaux de neurones, clustering...

## Plan de travail

- Apprentissage du calcul crash et des modèles associés
- Prise en main de la méthode de réduction RENAULT, application sur des études en cours
- Participation aux séminaires de conception de la méthode de réduction, RENAULT est partenaire d'un consortium de recherche sur ce sujet
- Participation à l'élaboration du document de formation à la méthode
- Implémentation d'évolutions de la méthode, en particulier de nouveaux types de paramètres de conception (la méthode actuelle gère les épaisseurs et types de matériaux, il faut ajouter les pièces alternatives, les efforts aux interfaces, les propriétés des points de soudure, les matériaux volumiques comme les pièces plastiques, etc)
- Implémentation d'évolutions de la méthode d'apprentissage utilisée pour estimer les modèles réduits. En particulier la sélection de variables dans la méthode Random Forest, les techniques de clustering appliquées en prétraitements des données, l'accélération des calculs parallèles
- Implémentation d'outils d'analyse des résultats des méthodes d'apprentissage. En particulier des graphiques montrant l'influence des paramètres du modèle réduit, l'analyse des résidus, la qualité du modèle réduit

## Compétences requises

- Mathématiques appliquées pour la compréhension des méthodes existantes
- Pédagogie pour la rédaction de fiches accessibles aux ingénieurs structure
- Programmation en langages C, GO et PYTHON sur HPC (RENAULT et GENCI)
- Machine learning, apprentissage statistique avec TensorFlow
- Mécanique/Mécanique des fluides (pour la compréhension des cas d'étude)

Les compétences en mathématiques appliquées et en programmation sont essentielles pour traiter le sujet.

Le stage implique un intérêt fort pour la recherche et le développement de prototypes logiciels. Il sera intégré dans une équipe composée de trois thésards RENAULT, en relation avec les partenaires du consortium de recherche sur la réduction de modèle.