Simulations et réalité : Etude et essais de crash des véhicules

Erwan BIGOT

RENAULT, UET Métier Calculs Structure TCR AVA, 78288 Guyancourt

erwan.bigot@renault.com

Renault s'affirme comme un **pionnier de la sécurité**. Chaque année, le Groupe investit près de 100 millions d'euros dans la recherche et le développement pour la sécurité. **600 collaborateurs** travaillent directement sur ces questions. Tous les métiers du groupe sont impliqués.

Dès 1954, Renault crée le laboratoire de Physiologie et de Biomécanique pour étudier les effets des accidents. Quinze ans plus tard, en 1969, il crée le **LAB** (Laboratoire d'Accidentologie de Biomécanique et d'études sur le comportement humain), en partenariat avec PSA Peugeot Citroën.

Le LAB a été l'un des précurseurs de l'étude scientifique des accidents, appelée accidentologie. Ses travaux ont permis de créer une base de données sur les accidents unique au monde. Médecins, ingénieurs, psychologues et sociologues y travaillent en étroite collaboration pour :

- réaliser des études détaillées d'accidents, en coopération avec le CEESAR (Centre européen d'études de sécurité et d'analyse des risques) et l'INRETS (Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité). Ces études débouchent sur des systèmes d'aide à la conduite comme l'aide au freinage d'urgence ou le contrôle de trajectoire,
- comprendre le comportement de l'être humain au volant en situation d'urgence et en cas d'accident,
- connaître la **biomécanique** du corps humain et la biofidélité des mannequins de choc afin de mettre au point des systèmes de protection adaptés (airbags, limiteur d'effort, etc.)

Grâce aux progrès de l'accidentologie, les mannequins d'expérimentation reproduisent de plus en plus fidèlement les caractéristiques physiques et mécaniques de l'homme en cas de choc. Ces mannequins sont utilisés lors des 500 crash-tests réels et 4 000 crash-tests virtuels menés chaque année par les experts Renault.

La confrontation permanente entre les résultats des crash-tests virtuels et réels est une nécessité pour assurer le meilleur niveau de protection des occupants de nos véhicules. Cette nécessité ne doit donc laisser aucune place à l'incertitude et pourtant la confrontation révèle parfois des comportements que le modèle n'avait pas prédit. L'objet de l'exposé est de présenter quelle est la nature de ces écarts et de quelle façon nous en tenons compte pour toujours assurer un niveau de sécurité constant pour nos véhicules.

Du réel au virtuel

Les incertitudes auxquelles nous sommes confrontées dans les domaines de la simulation des processus physiques peuvent généralement être regroupées en quatre familles liées à :

- la physique observée ;
- au passage de la physique au modèle physique ;
- au passage du modèle physique à son expression numérique (erreur d'interpolation,...);
- à la résolution du modèle numérique.

Dans le domaine du crash automobile, des exemples d'incertitudes de la première famille sont : la dispersion de production des matériaux utilisés pour construire nos structures de véhicules, les dispersions géométriques de nos structures elles-mêmes, ou encore un comportement instable d'un élément de la structure soumis à un effort (flambage de poutre, ...) Nous verrons quels sont les outils et méthodes utilisés pour prendre en compte ces incertitudes (plan d'expériences, méthodes statistiques, intervalles de tolérance et méthodes de dérivation)

L'exemple le plus simple pour illustrer les incertitudes liées au passage de la physique au modèle physique et celui des modèles de comportement des matériaux. S'il existe de nombreux modèles analytiques capables de définir le comportement (contrainte-déformation) d'une éprouvette d'acier en traction uni axiale simple, le

nombre se réduit considérablement lorsque l'on considère une tôle d'acier qui va être sollicitée en traction puis en compression puis en cisaillement. Lors d'un crash, les sollicitations subies par les tôles du véhicule peuvent être multi axiales et conduire à la rupture ... Il nous faut donc faire un choix de modèle qui par essence ne pourra pas être fidèle à la physique sur toute la durée d'un crash.

Le passage du modèle physique à son expression numérique (passage d'un espace de dimension infini à un espace de dimension finie) est peut-être la source d'incertitude la mieux maîtrisée. Les équations du modèle physique étant posées, nous pouvons quantifier l'écart entre la solution du modèle physique et celle de son expression numérique (en fonction de la méthode d'interpolation retenue). Nous verrons cependant que, dans un contexte d'ingénierie, le problème mathématique ne peut toujours être bien posé et que pour cette raison, les conditions d'existence et d'unicité de la solution du problème ne peuvent être assurées.

Concernant la résolution du modèle numérique, nous verrons que là aussi, les contraintes du contexte industriel nous conduisent à faire des choix qui génèrent un certain niveau d'incertitude sur la résolution du problème numérique lui-même (schéma d'intégration en temps conditionnellement stable, ...)

Du virtuel au réel

En conclusion, nous nous attacherons à montrer que la prise en compte dans notre mode de conception de l'ensemble de ces incertitudes nous permet d'atteindre un résultat robuste que confirment les essais de validation réalisés sur nos véhicules avant leur commercialisation.

Bibliographie

COUPEZ T., DABOUSSY D., BIGOT E., *Mesh adaptation for 3D injection numerical simulation*, 15th Annual Meeting of the Polymer Processing Society, 'S Hertogenbosch, Pays-Bas, 31 Mai-4 Juin 1999, P.G.M. KRUIJT, H.E.H. MEIJER, F.N. VAN DE VOSSE (Eds.), Eindhoven University of Technology, Eindhoven, (CD-ROM)

BIGOT E., COUPEZ T., Maillage adaptatif pour la simulation 3D du remplissage de moules, 14ème Congrès Français de Mécanique, Toulouse, France, 30 Août - 3 Septembre 1999

COUPEZ T., DABOUSSY D., BIGOT E., BATKAM S., AGASSANT J.-F., 3D Modelling of thermoplastic polymers mold filling, 16th Annual Meeting of the Polymer Processing Society, Shangai, Chine, June 18-23, 2000

BIGOT E., Simulation tridimensionnelle du remplissage de corps mince par injection, thèse de Doctorat en Sciences et Génie des Matériaux, ENSMP, 13 novembre 2001