



Doc. PSA Peugeot Citroën Direction de la Communication

La simulation numérique est un domaine en pleine mutation qui s'impose progressivement comme un outil productif à part entière. La simulation du crash de véhicules, thème de ce dossier, est l'exemple type de cette forte poussée des techniques de calcul numérique au sein de l'industrie manufacturière. Elle ouvre de nouvelles voies d'innovations, permet de raccourcir les temps de cycle et favorise l'optimisation des produits. Nous avons également couplé ce dossier avec un second sujet abordant la simulation multi physique dans son ensemble, car le crash est l'une des applications les plus gourmandes en matière de couplage multi physique.

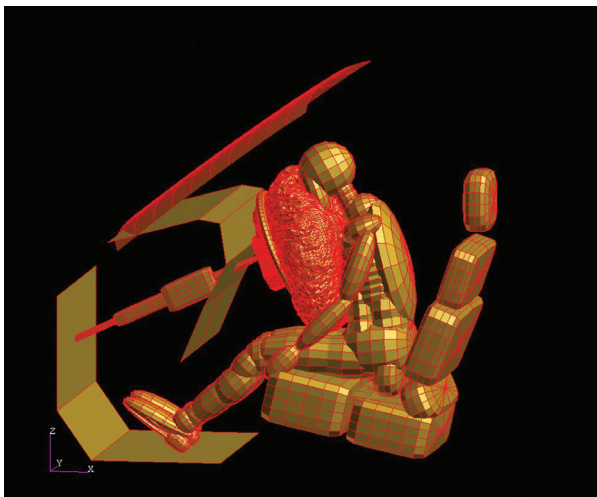
La sécurité routière en question

Les statistiques sur les accidents de la route élaborées au niveau de l'Europe des 15, font état de 80 000 morts en 1970. Ce chiffre tombe à 42 000 en 2000. Une progression très significative de la sécurité, d'autant

plus que l'on doit prendre en compte une multiplication par 2,5 environ du nombre de véhicules sur cette zone. Et, selon la commission européenne en charge de cet épineux dossier, il est possible d'abaisser encore ce chiffre de 36% d'ici à 2030, uniquement si les efforts de R&D en matière de sécurité passive* sont poursuivis

avec la même efficacité que pendant cette période. Bien évidemment, la sécurité routière passe également par d'autres axes de développement, mais ce chiffre montre l'efficacité en terme de sécurité, des systèmes passifs. Cette même organisation a d'ailleurs élaboré en 2000 une roadmap des actions à mener dans

* La sécurité passive concerne tout ce qui, dans le véhicule, est pensé pour éviter des blessures graves ou même la mort aux conducteurs et passagers, au cours d'un accident, c'est-à-dire les airbags, la ceinture de sécurité et, d'une manière générale, la capacité du véhicule à absorber le choc sans déformation de l'habitacle.



Doc. MSC Software

ce domaine très précis pour diminuer de 50 % les morts sur la route d'ici 2010 ! Il s'agit en effet d'un sujet particulièrement sensible et dont les enjeux sont économiques, techniques, humains, et politiques. Cette feuille de route aborde tout à la fois les progrès à réaliser en matière de caractérisation des matériaux, de tests virtuels, de mannequins réels et numériques, de procédures de crash... et identifie les systèmes automobiles sur lesquels la recherche doit porter : ceinture, airbags, conception de l'habitacle.

Un marché de niche très technique

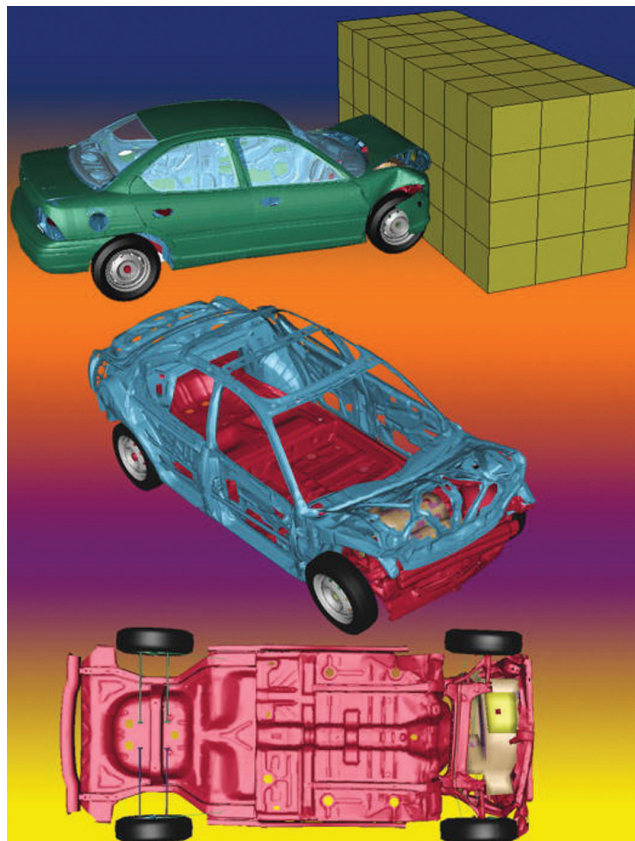
Dans ce contexte, la simulation numérique offre un ensemble d'outils et de méthodes ne pouvant que favoriser ce progrès. C'est pourquoi un petit nombre d'éditeurs ont développé une gamme de solutions spécifiquement adaptées à la modélisation numérique de crash-test et à la simulation de ces chocs sur la sécurité des passagers. Ils répondent bien évidemment à la forte demande des constructeurs automobiles qui sont les premiers concernés par la sécurisation des voitures tant pour les passagers que vis-à-vis des piétons ou des cyclistes. Notons par ailleurs que les constructeurs sont obligés de faire passer les tests de crash réels EuroNCap pour

pouvoir commercialiser leurs produits sur le marché européen. Ces fameuses étoiles obtenues au cours de procédures réglementées définissent notamment la manière dont la structure habitacle d'une voiture se comporte en cas de choc frontal ou latéral et donc le degré de sécurité qu'elle procure à ses usagers.

Ce label officiel constitue aussi pour les marques un atout commercial et marketing de première importance. Mais, les principaux équipementiers sont également directement concernés puisqu'ils se voient désormais confier l'étude de sous-ensembles complets et sont donc force de proposition. Ils se doivent de concevoir des systèmes répondant parfaitement aux normes de sécurité définies par leurs donneurs d'ordres. Ils adoptent donc logiquement les mêmes outils de vérification afin d'intervenir le plus tôt possible dans leur démarche de conception/production. Le fabricant de sièges automobiles Faurecia ou le spécialiste de l'airbag et de la ceinture de sécurité Autolive par exemple sont utilisateurs de ce type de logiciel. Si le secteur automobile et des transports dans son ensemble (ferroviaire, aéronautique et maritime) représente approximativement 70 % du marché de la

simulation de collision, il faut citer de nombreux autres marchés de niche. Les fabricants de citernes et notamment celles pouvant contenir des produits toxiques par exemple, testent leurs produits aux chocs, même motivation pour les fabricants de téléphones portables, de téléviseurs qui, dans ce dernier cas, vérifient la tenue de l'emballage à sa chute. Comme le souligne Antoine Langlois, Directeur Consulting chez MSC Software, « même le sport est un domaine d'applications de la simulation des phénomènes de dynamique rapide ; l'un de nos clients teste la déformation de raquettes de tennis lors de l'impact de la balle et améliore ainsi la conception de ses produits ». Mais c'est bien évidemment dans le secteur de l'automobile où les enjeux sont énormes, que les efforts et les recherches sont les plus importants.

Le marché mondial de la simulation numérique se situe entre 500 millions et 1 milliard de dollars selon les



Doc. LSTC/CRIL Technology

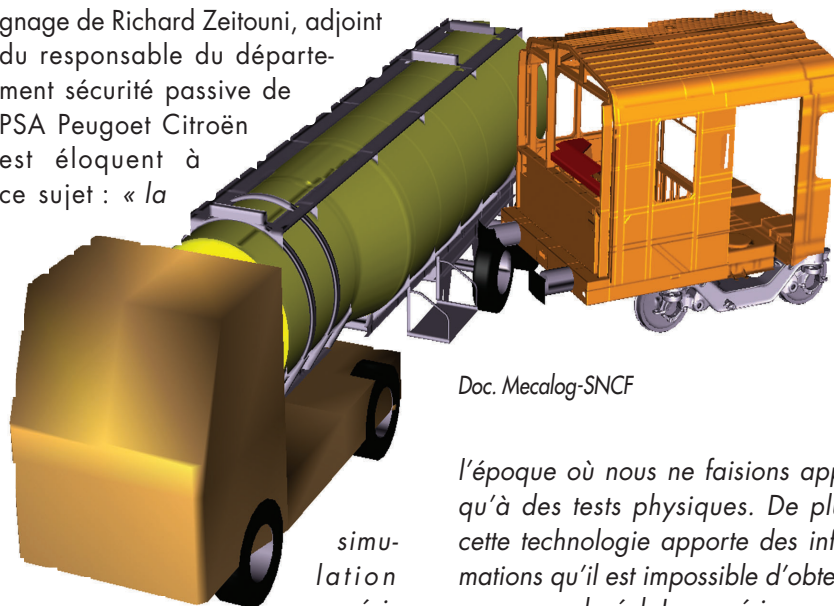
estimations des organismes tels que Daratech et Cimdata. La simulation de crash ne représente qu'une petite partie de ce gâteau, environ 110 millions de dollars, mais supporte des enjeux considérables notamment pour les constructeurs automobiles. Dans ce secteur, elle est dominée par trois acteurs principaux, ESI Group, Mecalog et LS-Dyna qui se partagent le marché à peu près à parts égales avec des représentativités géographiques différentes.

Le numérique devient indispensable

La simulation numérique du crash a surtout une valeur comparative. Il s'agit de répondre à la question : ce modèle est-il supérieur à celui-ci en terme de sécurité ? Premier atout de la virtualité de cette solution : la possibilité d'itérations multiples en modifiant les choix techniques initiaux, qu'il s'agisse de la géométrie, des matériaux ou des process de fabrication. Intervenant très tôt dans le cycle, elle permet de préparer davantage les essais réels et donc de minimiser les erreurs d'interprétation. En parallèle, elle contribue à la diminution du nombre de prototypes par type de véhicule. Signalons également la capacité des logiciels de crash d'intégrer les données issues de la simulation d'emboutissage afin d'obtenir des réponses nettement plus fines en terme de précision de comportement. La simulation permet finalement d'explorer plus de voies techniques, en améliorant la sécurité de chaque véhicule et parfois en diminuant parallèlement les coûts de production.

Tous les constructeurs aujourd'hui utilisent des techniques numériques de simulation de crash. Avec, il est vrai, plus ou moins d'intégration dans leur cycle de développement. Le témoi-

gnage de Richard Zeitouni, adjoint du responsable du département sécurité passive de PSA Peugeot Citroën est éloquent à ce sujet : « la



Doc. Mecalog-SNCF

que pour les phases de crash est aujourd'hui indispensable pour tenir les délais de développement des produits qui ne cessent de raccourcir, mais également pour optimiser nos prototypes. Jusqu'en 2000, la majorité des constructeurs automobiles utilisait 3 phases de lancement de prototypes réels. Désormais, nous n'en utilisons plus qu'une seule avant de délivrer ce que l'on appelle le SRU (Support Représentatif Unique) qui se situe dans le cycle de développement juste avant les préséries. Si dans les années 90 une douzaine de personnes travaillaient chez PSA sur des simulations de crash de structures à l'aide de modèles de 100 000 éléments maxi, aujourd'hui, ce sont entre 120 et 140 personnes qui se consacrent au crash-test numérique et emploient des modèles de 500 000, voire 1 million d'éléments ! Tout en allant beaucoup plus loin dans la simulation, avec notamment la prise en compte des sous-systèmes de l'habitacle et de leur impact sur des mannequins. Pour comprendre très rapidement l'intérêt du numérique dans notre métier, il faut savoir que le coût d'un prototype réel est en moyenne de 300 k€, et qu'il n'est utilisable qu'une seule fois ! D'une manière générale, la simulation numérique nous a permis de faire des gains d'un facteur 10 par rapport à

l'époque où nous ne faisons appel qu'à des tests physiques. De plus, cette technologie apporte des informations qu'il est impossible d'obtenir par un crash réel. Le numérique nous permet en effet d'analyser sous toutes les coutures le comportement de chaque pièce et de rejouer plusieurs fois le même scénario. »

Pour mémoire, le groupe PSA a multiplié par 30 sa puissance de calcul dans les cinq dernières années et dispose d'une capacité de plus de 4000 gflops ! C'est la simulation de crash qui constitue le plus gros consommateur de ressources calcul chez le constructeur, avec près de la moitié de ce potentiel qui lui est dédié ! « Désormais, le plus long de nos calculs en crash ne dépasse pas les 48 heures. Pourtant, nous sommes parfois obligés de sous-traiter une partie de nos simulations afin de soulager la charge processeur » ajoute Richard Zeitouni.

Quelles sont les limites de la simulation ?

Si les constructeurs automobiles ont adopté les logiciels des trois leaders du secteur ESI Group, LS Dyna, Radioss ou d'autres, ils n'hésitent pas à relever les manches. Richard Zeitouni : « nous travaillons essentiellement avec la solution Radioss de Mecalog et les outils logiciels

Madymo développé par TNO Automotive pour l'analyse de la sécurité passagers. Mais nous avons développé notre propre interface spécifique baptisée Optima pour le post-traitement afin de faciliter l'entrée des données au sein de ces produits. Par ailleurs nous avons enrichi nos logiciels de nos propres modèles comportementaux élaborés dans nos centres d'essais. » Il faut également mentionner des initiatives communes entre constructeurs, tel le LAB, le Laboratoire d'Accidentologie et de Biomécanique créé en 1969 par Renault et PSA Peugeot-Citroën. Dans le cas de la sécurité passive, les tests numériques de crash sont réalisés très en amont du cycle sur des modèles simplifiés. L'industrie automobile fonctionne sur ce qu'elle nomme le cycle de développement en V. A partir de l'expression des besoins (dans ce cas, obtenir 4 ou

5 étoiles EuroNCAP par exemple), on descend vers le choix des critères spécifiques à atteindre, les choix techniques de chaque sous-système susceptible d'y répondre... jusqu'aux incidences sur chaque pièce du véhicule. Puis, l'on remonte (la seconde branche du V) progressivement pour simuler les sous-systèmes (habitacle, retenu mannequin, airbags, etc.), pour, au final, valider le comportement du véhicule entier. Le crash test touche donc différents niveaux de l'automobile : la caisse en blanc, c'est-à-dire la structure nue du véhicule, le « space frame » (l'habitacle) et finalement la structure complète avec les sièges, la console, les protections plastiques, les habillages de portes ...

Nous avons interrogé les différents éditeurs sur les limites de la simulation numérique dans le domaine du crash, voici leurs réponses.

• **Kambiz Kayvantash, manager de la Business Unit Safety et directeur Grands Comptes chez Mecalog :**

« La simulation numérique a quatre objectifs principaux : comprendre les phénomènes, préparer les essais expérimentaux destinés à vérifier la conception, prédire le comportement du système et l'impact des modifications, enfin comprendre les aspects stochastiques. La qualité de prédiction dépend d'une part de la variabilité quasi chaotique du phénomène, et d'autre part de ce que l'on souhaite obtenir et donc des simplifications que l'on doit faire. Les limites de la simulation tiennent essentiellement sur deux notions : la robustesse et la sensibilité des modèles actuellement mis au point, du fait de nombreuses inconnues. La sensibilité est l'étude des changements de la réponse en fonction des modifications des variables d'entrée.

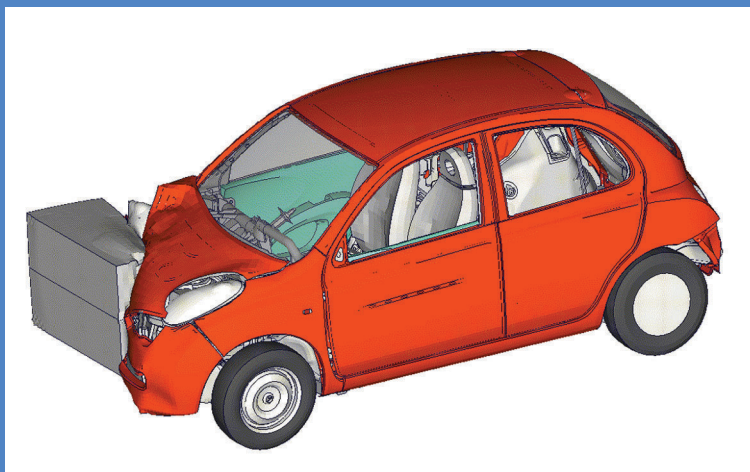
.../...

ESI Group et LSTC collaborent

Les deux éditeurs ont signé un partenariat afin de développer Easi-Crash Dyna, un environnement complet de simulation de crash test par éléments finis et corps multiples interfacé au logiciel LS-Dyna de LSTC.

ESI Group a acquis en 2003 les droits de propriété intellectuelle des logiciels d'EASi, et en particulier les logiciels Easi-Crash, Easi-Vista et Easi-Process. L'éditeur français va renforcer le développement de ces outils afin d'offrir un environnement utilisateur commun à un grand nombre d'applications d'IAO, et en particulier le solveur LS-Dyna. Commercialisé par ESI Group dans le monde entier, Easi-Crash Dyna conti-

nua à être développé par la même équipe basée à Bangalore en Inde. ESI Group et LSTC fourniront simultanément les nouvelles versions de Ls-Dyna et d'Easi-Crash Dyna afin de satisfaire les besoins du marché.



Doc. ESI Group

ESI Group annonce également Visual-Crash for PAM (VCP), le premier maillon du nouvel environnement intégré, désormais disponible pour le logiciel Pam-Crash. VCP associe le précédent environnement Pam-Crash à la technologie EASi. Le

modèle de données intégré offre un environnement très ouvert dans lequel les applications et interfaces de solutions concurrentes sont facilement implémentées. □