

# DOSSIER

## L'automobile simule toujours plus

**Délais de développement qui raccourcissent, introduction de nouveaux matériaux ou de nouvelles technologies, le développement des voitures de demain nécessite de plus en plus de calculs préliminaires.**

C'est un fait, les constructeurs automobiles et leurs fournisseurs passent de plus en plus de temps à faire des calculs et à réaliser des simulations pour prédire le moindre phénomène en œuvre dans leur produit final. Leur but : éviter les surprises de dernière minute, qui coûtent une fortune en modifications ou en gestion des retours des modèles souffrant d'un dysfonctionnement, même potentiel.

### Tout pousse au calcul

Chaque grande tendance actuelle dans l'auto renforce l'usage de la simulation. Et à chaque fois, les spécialistes du calcul trouvent des solutions pour que cela se fasse dans des temps raisonnables. « En crash, on ne se contente pas d'un seul essai. Il faut en réaliser plusieurs et effectuer des analyses de sensibilité », témoigne Francis Arnau-

deau, vice-président chargé des solveurs éléments finis chez Altair. Pour cela, les constructeurs organisent même des campagnes de tests de plusieurs jours. Afin d'aller plus vite, chez Ford, « nous travaillons avec des sous modèles et des simulations multidomaines en associant Madymo pour les mannequins et Radioss pour l'analyse par éléments finis, commente Djamel Midoun, directeur du département

sécurité chez Ford. Cela nous a permis de passer de modèles à 355 000 éléments à d'autres de 150 000, et donc de réduire le temps de calcul de 6,6 à 2,6 heures pour le même test ». Chez le constructeur américain, les simulations sont partout. « Nous faisons des calculs sur des composants, des sous-ensembles ou des véhicules entiers, pour évaluer la faisabilité des solutions et valider les conceptions

ensuite », témoigne Djamel Midoun. Ses astuces pour accélérer le processus ? Des armes mathématiques comme le Advanced mass scaling, qui consiste à rajouter de la masse « non physique » aux composants dans les calculs pour s'assurer de la stabilité des simulations dynamiques avec des pas de temps plus importants, et donc réaliser moins de calculs pour le même résultat.

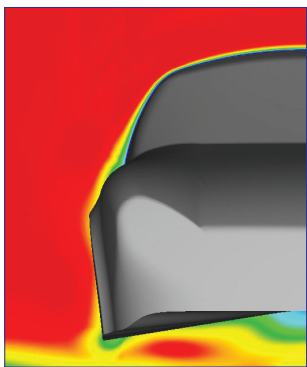
### L'optimisation s'impose

Autre grande tendance dans l'automobile, la chasse aux kilos. En simu-



Les crash-tests virtuels deviennent de plus en plus nombreux et réalistes.

lation, cela se traduit par l'emploi généralisé des techniques d'optimisation (voir encadré page 23). Le rêve serait bien sûr de pouvoir tout améliorer automatiquement grâce à l'optimisation multidisciplinaire. Une chimère, car « en optimisant un critère, on risque toujours d'en dégrader un autre », prévient Francis Arnaudeau.

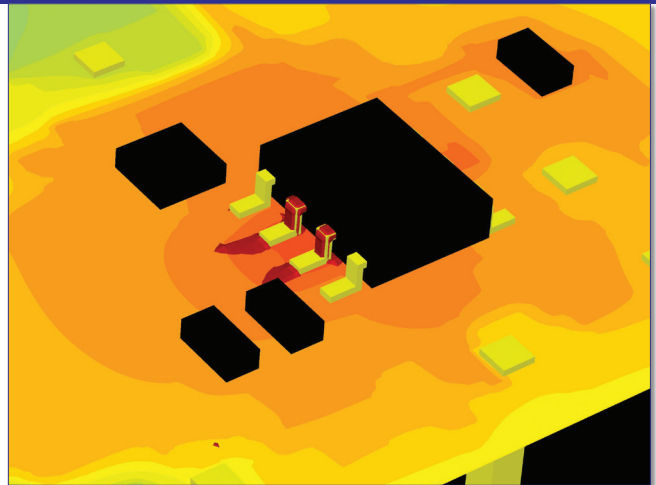


*Simulation aérodynamique réalisée par Sogeti High Tech.*

La recherche de légèreté passe aussi par l'emploi de nouveaux matériaux comme les composites. Problème : « les analyses non linéaires par éléments finis de ces matériaux fibrés sont plus complexes que pour les métaux », prévient Roger Assaker, président de Digi-mat. Pour s'approcher de la réalité, l'éditeur belge se propose de coupler l'analyse non linéaire avec une étude du matériau au niveau microscopique. Ce sont les résultats de ce calcul, qui tient compte en particulier de l'orientation des fibres dans la matrice, qui se substituent à la loi de comportement classique du matériau au niveau de simulation supérieur. C'est cette méthode qu'a utilisé Rhodia pour mettre au point

un carter d'huile en composites 40 % plus léger que son équivalent en acier, et aux caractéristiques mécaniques analogues.

« L'optimisation des technologies existantes passe aussi par l'étude plus fine des phénomènes, grâce au couplage fort des physiques, commente Stéphane Savarese, responsable du bureau parisien de Comsol. Actuellement, dans l'industrie, il est fréquent d'associer thermique, mécanique et électricité. Mais nous avons des modules qui couplent cinq, voire six physiques en laboratoires ». On retrouve également ces modélisations multiphysiques dans le développement de nouveaux composants, « les alternodémarrEUR, les dispositifs d'assistance électrique ou de récupération d'énergie, par exemple, qui mettent en œuvre des phénomè-



*La dernière version de Flotherm détecte des goulets d'étranglement et les raccourcis thermiques.*

nes complexes », commente Stéphane Savarese. Pour aider les concepteurs dans leur travail, l'éditeur français développe des modules dédiés, dont un voué aux batteries et aux piles à combustibles. Et même l'éclairage peut nécessiter des solutions de ce type ! Osram Sylvania a ainsi récemment utilisé Comsol Multiphysics pour coupler mécanique des fluides, acoustique et émission de

lumière, afin de modéliser le fonctionnement de nouveaux types d'ampoules.

## Electronique : ça chauffe !

En 2000, une voiture abritait une dizaine de calculateurs. Actuellement, on en dénombre une cinquantaine ! Et les densités de courant dans ces composants sont de plus en plus importantes. Autrement

## Quelle voiture est plus écolo ? La simulation va répondre...

Les véhicules hybrides et électriques sont-ils vraiment plus propres que les thermiques ? PSA et Supméca ont justement travaillé sur le sujet. Le but du constructeur : comparer l'impact environnemental de plusieurs modèles (un à moteur thermique, un autre à alternodémarrEUR et un hybride) via une étude dite de Lifecycle Assessment (LCA), afin d'évaluer le gain apporté par l'hybridation. L'étude couvrait la production, la distribution et l'utilisation des voitures, sur la base d'une durée d'utilisation de dix ans, à raison de 15 000 kilomètres par an, selon un cycle de conduite normé. Les simulations réalisées portaient surtout sur la consommation et sur les émissions de gaz à effet de serre. Résultat des courses ? La microhybridation (l'utilisation de l'alternodémarrEUR) apporte un plus, mais timide, et l'hybridation diesel-électrique, compte tenu de la nécessité de changer les batteries au moins une fois en dix ans (il faut donc les recycler et en fabriquer d'autres...), perd de sa superbe face à un modèle diesel. Reste que si cette méthode est adaptée pour comparer des véhicules (à condition de ne pas tenir compte de leurs différences de puissance et de poids), elle n'est pas assez fine pour mesurer l'impact environnemental d'une voiture en valeur absolue. PSA et Supméca comptent désormais réaliser des études de sensibilité sur plusieurs critères afin d'affiner leur méthode.

## Des maquettes virtuelles pour toutes les voitures

**Cédric Jacquault, vice-président exécutif d'Opal-RT Europe**

« Nous fournissons des produits de prototypage rapide de contrôle et de simulation hardware in the loop concernant des véhicules hybrides ou électriques pour des constructeurs automobile. Ce secteur représente 20 % de notre activité globale dans le monde. L'enjeu actuel est d'éviter de fabriquer des prototypes physiques. Pour cela, on nous demande de mettre au point des outils de simulation temps réel, très fins, reproduisant au plus près la réalité des véhicules, et en particulier leur comportement temps réel. Ce niveau de détail est très important, car faute de cela, on risque de rater des étapes de validation et laisser passer un problème que l'on détectera trop tard.

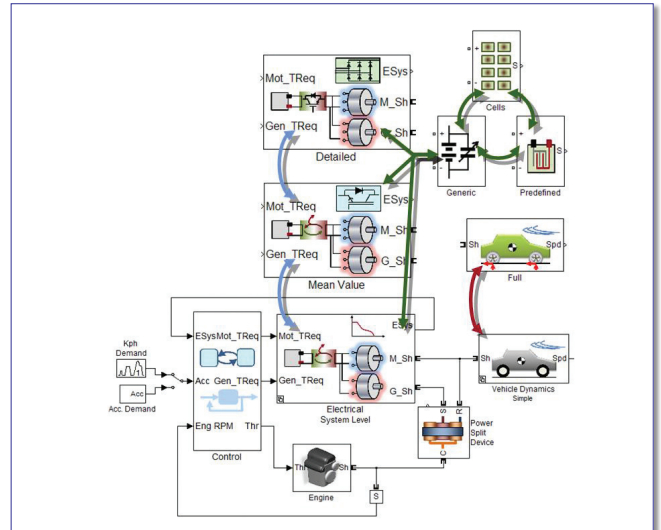
Les constructeurs nous demandent également des outils de validation fonctionnelle pour ces mêmes véhicules. Notre solution RT Lab Orchestra permet notamment de construire des plateformes d'intégration virtuelles (PIV) correspondant à une voiture en particulier, en agré-

geant plusieurs modèles de simulation hétérogènes. Ces PIV, sortes de maquettes numériques au niveau « systèmes », permettent de valider les spécifications inter-systèmes au sein du véhicule. Chez Renault, chaque nouveau modèle fait l'objet d'une PIV qui coûte entre 50 000 et 80 000 euros pièce. On peut même aller encore plus loin avec des plateformes hétérogènes rassemblant des éléments virtuels et réels. L'objectif des constructeurs est alors de remplacer les composants virtuels par des composants réels, au fur et à mesure de leur validation, au sein d'un banc de véhicule traitant l'aspect « calculateurs » uniquement. Le futur passera par là. »



dit, ça chauffe ! Jusque-là, les logiciels de simulation thermique généraient une image fidèle du champ de température dans les circuits. Mais ils n'apportaient aucune information sur la cause des échauf-

fements et les moyens d'y remédier. La dernière version de Flotherm, de Mentor Graphics, sortie en septembre, va plus loin. « Le logiciel permet désormais de mettre en évidence les goulets d'étranglement



Avec Matlab et Simulink, les concepteurs de véhicules hybrides peuvent créer un modèle complet avec des blocs élémentaires.

sur les circuits, c'est-à-dire les endroits où le flux de chaleur a du mal à circuler, et les raccourcis possibles entre les zones chaudes et les zones froides, pour optimiser les ponts thermiques », commente Pierre Roberdeau, responsable des ventes pour la France et l'Italie de la division Analyse Mécanique. En deux simulations, le concepteur peut ainsi détecter les points à problèmes sur leurs montages et trouver des pistes pour améliorer leur refroidissement. « Cela permet de trouver des solutions naturelles ou de susciter un nouveau choix de matériau », ajoute Pierre Roberdeau.

## Un champ inexploré

Actuellement, le monde de l'automobile est surtout bouleversé par l'arrivée de nouveaux types de motorisations, hybrides ou tout électriques. Et là encore, les besoins en simulation sont nombreux. « Les concepteurs doivent construire des

modèles de leurs systèmes physiques pour mettre en place les lois de commande des calculateurs de gestion de la batterie et du pilotage du moteur », témoigne Daniel Martins, ingénieur d'application chez Mathworks. Ces modèles reproduisant le fonctionnement des composants, voire des véhicules complets, sont construits dans des solutions d'analyse dite 1D (à une dimension), comme Matlab et Simulink, de Mathworks, à l'aide de blocs fonctionnels. « Nous fournissons des blocs élémentaires « grossiers », qui peuvent être optimisés à l'aide de Simscape », commente Daniel Martins. Un très grand nombre de phénomènes différents peuvent ainsi être intégrés aux modèles, à des degrés différents de finesse, à condition d'être décrits par des équations. « Certains vont jusqu'à modéliser le frottement des pneus sur la route lorsqu'ils simulent le fonctionnement des voitures », témoigne Daniel Martins. Ces modè-