

La simulation multiphysique gagne du terrain

Produits plus complexes ou plus petits, fusions de technologies de plus en plus fréquentes, exigences plus poussées en termes de fiabilité... Dans leurs calculs, les spécialistes de la simulation ne peuvent plus faire l'impasse sur les interactions de phénomènes physiques. Pour y parvenir, des couplages de plus en plus forts entre physiques deviennent nécessaires.

Quand on conçoit un produit et que l'on veut aller vite, la meilleure solution pour anticiper son comportement avant sa fabrication en série est de le simuler de façon numérique. Et si dans la plupart des cas, l'étude d'un seul phénomène physique (réponse à des sollicitations mécaniques, thermiques, aérodynamiques etc.) à la fois suffit, la nécessité de tenir compte de plusieurs de ces phénomènes en même temps devient de plus en

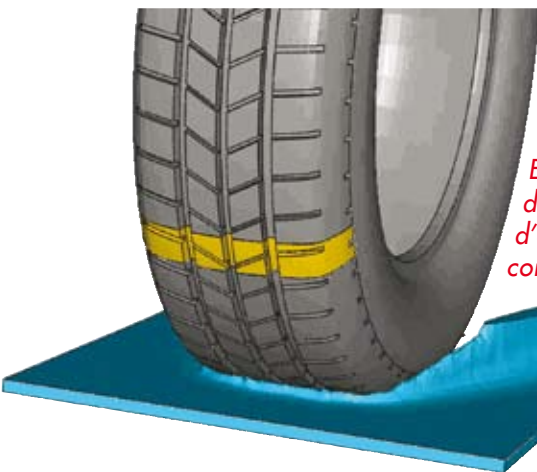
plus fréquente. « Les micro et nano technologies sont des cas d'école. Quand on va dans le petit, qu'on optimise, on est obligé de regarder plus finement et l'on considère des phénomènes multiphysiques. Les mécaniciens sont alors obligés d'intégrer des physiques différentes dans leurs calculs », commente Jean-Marc Petit, responsable marketing de Comsol.

C'est également le cas en électronique, et a fortiori en mécanique, dans les biotechnologies (car le corps humain est le siège de

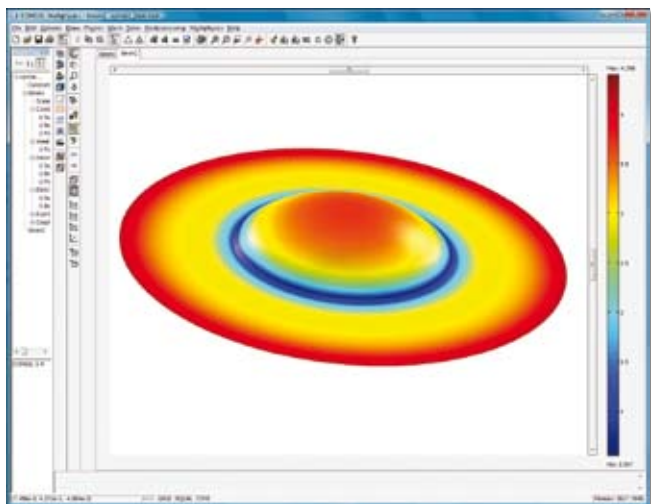
réactions complexes), mais aussi tous les domaines qui mettent en œuvre des effets électromagnétiques. Exemple chez PEM, qui réalise des dépôts électrochimiques en continu sur des bandes métalliques (qui sont ensuite découpées pour produire des connecteurs pour l'automobile ou les télécommunications, entre autres) en Haute-Loire. « Au sein des cuves électrochimiques, la distribution du champ électrique n'est pas uniforme dans la largeur de la bande de métal. Cela induit une variation de l'épaisseur du dépôt métallique », explique Philippe Gendre, responsable R&D. Afin de mieux maîtriser son procédé de fabrication, l'entreprise s'est lancée en 2005 dans des simulations à l'aide de Comsol Multiphysics, pour étudier l'influence des paramètres géométriques de la cellule (cuve ou réacteur) sur la distribution des épais-

seurs de métal déposé. Pour chaque nouveau produit, « ces calculs permettent de déterminer directement la géométrie du masque à appliquer sur la bande pour réduire les effets de bord », commente le responsable R&D. Résultat, en optimisant son process, PEM économise 10 à 30 % de métal selon les produits et a pu augmenter les vitesses de défilement de la bande du même ratio sans perte en qualité ! Depuis peu, l'entreprise utilise également ces simulations afin d'optimiser ses dispositifs d'injection du fluide dans les bacs en y modélisant le flux d'ions.

D'autres secteurs plus classiques sont aussi désormais coutumiers de ce type d'études. « Dans l'automobile, les moteurs en particulier, l'étude de l'effet de l'échauffement sur la tenue en fatigue, des vibrations induites par l'écoulement des gaz dans les tubulures d'échappement, l'étude des phénomènes d'aquaplaning doivent mettre en œuvre des simulations multi physiques », affirme Michèle Alexandre directrice générale d'Abaqus France. En construction navale cette fois, le centre Propulsion du groupe DCNS, à Nantes



En automobile, l'étude des phénomènes d'aquaplaning doit tenir compte des interactions entre la structure du pneu et l'écoulement de l'eau au contact de celui-ci.



A chaque nouveau produit, PEM effectue une simulation de l'épaisseur de métal déposé (ici de l'or sur un contact destiné à l'automobile) en tenant compte du champ électrique dans la cuve électrochimique et la circulation de l'électrolyte. Dans ce cas, l'épaisseur est plus importante (en rouge) au centre et aux bords du contact et plus limitée dans la pliure.

(Loire-Atlantique), réalise régulièrement des calculs multiphysiques (lire encadré page 24) relatifs à l'interaction entre mécanique des solides et mécanique des fluides dans l'écoulement de l'eau sur les hélices de navire. Une nécessité dictée par le besoin de progresser dans son métier, mais aussi par la demande des clients. « Ils sont au courant des avancées de la technologie et n'hésitent pas à nous poser des questions du type « avez-vous tenu compte de ce phénomène ? » », explique Jean-François Sigrist spécialiste calcul scientifique au département technique et scientifique du centre Propulsion de DCNS.

Trois approches possibles

Selon Antoine Langlois, responsable technique France chez MSC Software, « il existe trois approches de la simulation mutiphysique : la connexion de plusieurs solutions différentes...

réaliser des simulations enchaînées dans le cadre de couplages faibles ; l'intégration de plusieurs physiques au sein d'un seul solveur, qui autorise des couplages forts entre les physiques ; et le couplage fort de solutions différentes dans le cadre d'un concept de co-simulation », détaille-t-il. La première solution est très fréquente. Dans ce cas, le lien entre les deux applications sont les données de sortie de l'une (un champ de pressions, de températures, etc.) qui deviennent paramètres d'entrée de l'autre. Inutile de réaliser

des aller-retours entre solutions. « La notion de réciprocité ou non-réciprocité est importante. Par exemple, dans de très nombreux cas, la thermique influence la mécanique (dilatation, dépendance des propriétés avec la température), mais la mécanique influence très peu le champ de températures », explique Michèle Alexandre. Reste juste à définir le bon enchaînement des simulations.

La seconde solution est aussi commune chez les éditeurs lorsqu'il s'agit de coupler deux physiques.

Le 1D : complément du 3D

On n'a pas forcément besoin de trois dimensions pour faire de la simulation multiphysique. Pour analyser le comportement d'un dispositif soumis à différentes sollicitations, mettre au point les contrôles commandes de machines ou encore pour prédire les performances générales de composants, des éditeurs tels que The Mathworks ou LMS proposent ainsi des logiciels dit 1D qui simulent le fonctionnement d'ensembles modélisés à partir de blocs fonctionnels (chaque bloc est défini par des paramètres d'entrée et de sortie liés par des équations de comportement). Chez The Mathworks, la plateforme de modélisation Simscape emploie ainsi des blocs préconstruits regroupés dans des outils particuliers : Sim Mecanics pour les systèmes mécaniques, Sim Hydraulics pour les pompes, les valves, etc., Sim Electronics pour les composants électroniques et les semi-conducteurs, SimDriveline pour les transmissions de type auto... L'outil est capable de simuler des ensembles complexes de plusieurs centaines de composants, mais attention : « Ces outils de modélisation ont été développés pour construire des modèles physiques de manière précise et les combiner avec les algorithmes de commande et contrôle dans un environnement unique », commente Arnaud Miège ingénieur d'application spécialiste du contrôle commande multiphysique chez l'éditeur. Pas question donc de modéliser les détails des composants ou de mesurer la déformation localisée d'une structure. Pour cela, un lien est possible avec des solutions utilisant des méthodes par éléments finis.

Chez MSC Software, Easy5 est un outil équivalent qui présente des liens directs avec Nastran ou Adams. Il est alors possible de modéliser une système complet et de réaliser, en complément, une analyse par éléments finis sur un composant. Imagine.Lab AMESim, de LMS, offre également une plateforme de simulation 1D pour modéliser et analyser des systèmes multiphysiques à l'aide de composants prédéfinis. Afin d'augmenter la productivité des utilisateurs, sa dernière version sortie cet été, la Rev 8A, bénéficie d'améliorations sur le plan ergonomique dont un nouveau procédé de création de super-composants et de nouvelles possibilités de customiser et maintenir des bibliothèques de composants. Elle bénéficie également d'une meilleure interopérabilité avec d'autres outils de simulation. Les utilisateurs peuvent ainsi simuler des modèles système et des design 3D en utilisant conjointement LMS Virtual.Lab Motion et LMS Imagine.Lab AMESim grâce à une interface de co-simulation entre les deux applications.

La suite sur cad-magazine N°145