

Toujours plus proche du réel

Editeur d'origine suédoise, implanté également en Europe et notamment en France, Comsol organisait en novembre dernier ses journées utilisateurs. Il y présentait ses derniers développements en matière de simulation multi-physique.

Notre monde est multi-physique

Depuis une dizaine d'années, Comsol élabore des logiciels permettant de simuler le comportement de produits soumis à des phénomènes mêlant plusieurs physiques. Cela tombe bien, le monde qui nous entoure est totalement multi-physique. Tout objet est en permanence soumis de façon plus ou moins intense à un ensemble de phénomènes physiques : accélérations, forces, écoulements fluides, vibrations, transferts thermiques, réactions chimiques et électromagnétisme. Ces phénomènes ne sont pas indépendants les uns des autres. Or, il s'avère souvent indispensable de ne pas négliger leurs influences mutuelles dans le cadre de la simulation numérique. Un moteur électrique par exemple est non seulement soumis à des forces électro-

magnétiques, mais encore à un phénomène de transfert de chaleur dû aux pertes d'énergies par effet joule et par frottements. Son échauffement peut entraîner des modifications de sa structure mécanique, ce qui a une influence non négligeable sur les forces électromagnétiques en présence, lesquelles peuvent, si elles subissent de trop importantes dégradations, provoquer le blocage du moteur.

La simulation des phénomènes couplés s'appuie sur deux solutions mathématiques différentes. La première consiste à résoudre de façon simultanée toutes les équations couplées. C'est-à-dire en combinant l'ensemble des degrés de libertés associés à chaque modèle au sein d'une seule et même matrice de résolution multi-physique. Un tel couplage est alors qualifié de « fort ».

La seconde méthode consiste à résoudre les équations de manière séquentielle, en fixant tour à tour l'ensemble des paramètres d'un modèle, durant l'itération de l'autre modèle. Il y a donc un va-et-vient des résultats de calcul

dès lors que ceux-ci sont modélisables sous forme d'équations aux dérivées partielles. Le logiciel dispose d'une famille de solveurs directs et itératifs, permettant de résoudre les problèmes linéaires, non-linéaires stationnaires,



Exemple de déformation structurelle d'un aileron de Formule 1 simulé sous Comsol Multiphysics.

entre les deux solveurs jusqu'à la convergence de la solution. Ces deux techniques ont leurs avantages et inconvénients respectifs en termes de rapidité et de précision des résultats, qui fluctuent d'un cas à l'autre. L'éditeur Comsol a choisi la première démarche, le couplage fort. Comme le précise Jean-Marc Petit de Comsol France : « Femlab est capable de simuler n'importe quelle combinaison de phénomènes physiques,

temporels et aux valeurs propres, et capables de traiter de manière simultanée n'importe quelles combinaisons de modèles physiques. Il détermine automatiquement le solveur optimal en fonction de la nature du problème à résoudre. »

De l'unité à l'ensemble

La nouvelle version 3.3 de Comsol Multiphysics bénéficie désormais d'une

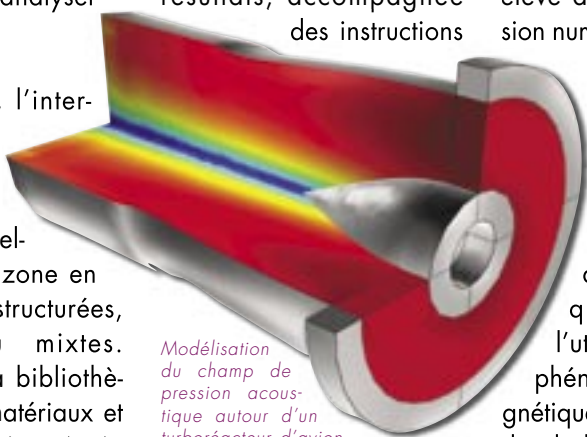
palette plus large d'applications multi-physiques prédéfinies : chauffage par micro-ondes ou induction, machines tournantes, interaction fluide-thermique pour des écoulements laminaires, non-isothermes et turbulents, interactions fluide-structure, etc. Notons que cette version intègre le solveur parallèle Pardiso. Celui-ci est adapté à la résolution de modèles de grande taille, comme on en trouve dans les problèmes d'électromagnétisme par exemple. Autre nouveauté, la possibilité de suivre en temps réel l'évolution de la convergence de son problème sous forme graphique et donc d'interrompre le calcul en cas de problème.

Par ailleurs, Comsol Multiphysics est en mesure de reconnaître les constituants des géométries assemblées et de leur attribuer par exemple des propriétés ou des physiques différentes. Il est même possible d'attribuer à chaque élément une physique spécifique. Cela permet d'étudier un processus complexe en le détaillant élément par élément, avant de les fusionner pour analyser l'ensemble.

Côté maillage, l'interface gagne en interactivité et permet de mailler individuellement chaque zone en mailles libres, structurées, extrudées ou mixtes. Notons enfin la bibliothèque de 1400 matériaux et 15 000 propriétés intégrée au logiciel.

Des applications très pointues

Dans le domaine de l'électromagnétisme, l'éditeur a introduit deux nouveaux modules. Destiné à l'étude des phénomènes à basse fréquence, le module Electromagnétisme AC/DC peut être employé pour concevoir des moteurs, des transformateurs, des transducteurs, des circuits imprimés, des lignes à haute tension, etc. Sélectionner le meilleur matériau, optimiser le réglage d'un composant, effectuer une analyse de défaut ou encore explorer les pertes thermiques ou électriques d'un sous-ensemble, telles sont ses fonctionnalités typiques. Il permet ainsi d'étudier tout dispositif 2D ou 3D dans les régimes statiques et quasi-statiques. Pratiquement tous les couplages sont disponibles : que ce soit de l'acoustique ou de la mécanique dans les machines tournantes, ou la réponse en fréquence d'un haut-parleur. L'utilisateur dispose ainsi de 25 applications prédéfinies. Chacune d'entre elles comprend une documentation complète de la physique et des résultats, accompagnée des instructions



Modélisation du champ de pression acoustique autour d'un turboréacteur d'avion, une problématique majeure dans l'aéronautique.

Comsol RF présente la particularité de permettre la simulation des Méta-matériaux. Les propriétés de ces derniers dépendent plus de leur structure que de leurs constituants. En particulier leur perméabilité et leur permittivité sont toutes les deux négatives. Par exemple, ils dépassent les limites de diffraction pour améliorer la résolution des microscopes, ils inversent l'effet Doppler et produisent des réflexions très faibles ce qui les rend très utiles dans l'élaboration des avions furtifs. Le module RF permet l'étude des propriétés en fréquence de ces matériaux et leur utilisation dans la réalisation de composants optiques et micro-ondes.

Le module RF est également adapté à la simulation des équipements faisant appel aux rayons Terahertz. Il s'agit d'une technologie émergente notamment employée pour la détection d'explosifs, d'objets de contrebande, l'analyse des défauts, le suivi de l'humidité, la détection des gaz ou encore l'imagerie médicale.

Cette application trouvera donc des adeptes dans des domaines très spécialisés : conception d'antennes, de cristaux photoniques, de miroirs diélectriques, de guides micro-ondes, terahertz, coplanaires et micro-bandes, analyse de problématique de diffusion des lasers et de systèmes optiques, etc.

de construction du modèle. En un seul clic de souris, l'opérateur sélectionne les physiques concernées par son projet et les paramètres de son application nécessaires au calcul. Les éléments finis autorisent la simulation de l'environnement électromagnétique large d'un composant et les éléments vectoriels d'ordre élevé améliorent la précision numérique du calcul.

Le module RF traite, lui, de la propagation des radiofréquences, micro-ondes et des ondes optiques. Grâce à lui, l'utilisateur couple les phénomènes électromagnétiques avec le transport de chaleur, la mécanique ou d'autres domaines. Il

peut étudier l'influence d'un filtre micro-ondes sur le chauffage, ou les marges de sécurité avant claquage dans l'air d'un guide micro-ondes de forte puissance. Comme pour le module précédent, le logiciel RF dispose de 25 modèles préprogrammés facilitant la modélisation de cas types. Il propose en standard la caractérisation en fréquence des systèmes électromagnétiques par des coefficients de réflexion et de transmission. En particulier, les paramètres S définis sur les ports d'entrée et de sortie sont d'excellents outils d'analyse des performances des guides d'onde, des antennes, des filtres, des interrupteurs, des lignes de transmission et à adaptation d'impédance. ■