

**Pour la première fois la société Comsol organisait une journée utilisateurs en France pour présenter ses solutions. Ce fut l'occasion pour nous d'en savoir plus sur cet éditeur spécialiste du calcul multiphysique.**

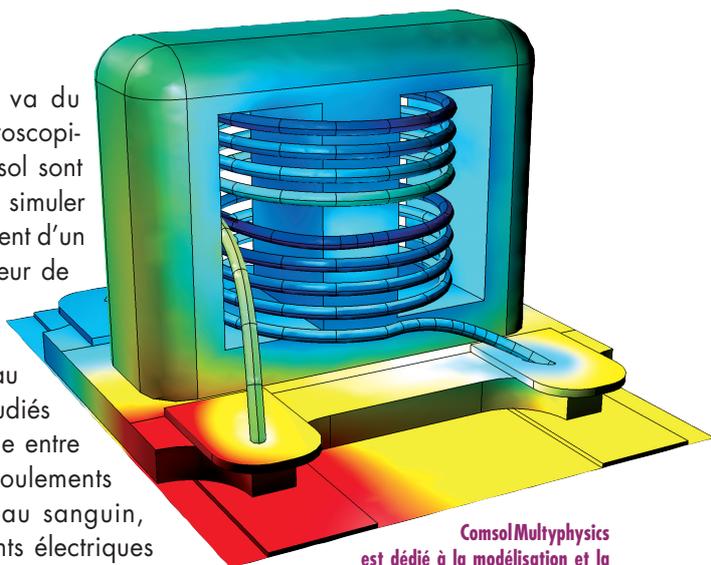
# Simulation multiphysique : l'approche Comsol

## Un généraliste aussi bon qu'un spécialiste ?

Fondé il y a une vingtaine d'années à Stockholm, Femlab a pris l'appellation Comsol depuis trois ans, et s'est implanté en France avec une filiale à Grenoble Aujourd'hui, l'entreprise compte 140 salariés, et distribue sa gamme de logiciels à travers 13 agences et des revendeurs en Europe et aux USA. Plus connue dans le nord de l'Europe et aux Etats-Unis pour ses solutions de calcul multiphysiques, cette entreprise annonce une forte progression de son chiffre d'affaires qui devrait atteindre 15 millions d'euros en 2005. Jean-Marc Petit, l'un des responsables de la filiale française ne cache pas l'ambition de cette PME familiale : devenir le n°1 de la simulation d'ici 10 ans ! Reste que les prétendants au titre sont nombreux et pas des moindres...

Le point fort de cet éditeur suédois repose sur son positionnement : la simulation multiphysique couplant de manière arbitraire les lois physiques des écoulements, de la mécanique des structures et de l'électromagnétisme. Le champ d'application couvert est donc

extrêmement vaste et va du macroscopique au microscopique. Les solutions Comsol sont en effet employées pour simuler aussi bien le comportement d'un volcan ou d'un mélangeur de produits chimiques que celui d'un circuit imprimé ou d'un vaisseau sanguin. Les aspects étudiés peuvent être le couplage entre la mécanique et les écoulements dans le cas du vaisseau sanguin, la chaleur et les courants électriques au sein d'un circuit électronique ou encore les déformations mécaniques d'un micro-actionneur sous l'action d'un courant électrique. Comme le souligne Jean-Marc Petit : « La diversité des cas applicatifs que nous sommes capables de traiter est telle que nous touchons tous les secteurs, industriels ou non, et toute taille d'entreprise. Employée pendant plusieurs années par des laboratoires de R&D, notre technologie est relativement nouvelle sur le marché public et les industriels découvrent depuis peu les capacités des outils de calcul multiphysique. Elle présente néanmoins des avantages indéniables en terme de souplesse d'utilisation et de domaines physiques



**Comsol Multiphysics** est dédié à la modélisation et la simulation de tout phénomène physique à base d'équations aux dérivées partielles (EDP).

couverts. Comsol Multiphysics peut être exploité pour du pré-dimensionnement en utilisant les fonctions les plus standards ou par des experts grâce à sa richesse de paramétrisation des calculs. Les logiciels de modélisation scientifique sont conventionnellement optimisés pour la résolution de problèmes dans un domaine spécifique. Il est supposé, à tort selon nous, qu'un logiciel généraliste plus simple d'emploi perdrait vitesse et précision sur les mêmes problématiques. Mais des benchmarks comparatifs menés par des laboratoires indépendants avec des solutions telles que Fluent et

*Ansys montrent que nous obtenons des résultats au moins équivalents en terme de précision et de vitesse de résolution et parfois supérieurs.* » Les conditions d'études et les résultats de ses analyses comparatives sont disponibles sur le site de l'éditeur.

## Un outil de simulation complet

Cosmos Multiphysics constitue un ensemble complet de simulation : applications prédéfinies ou non, géométrie, maillage automatique, solveur et post-traitement. L'utilisateur ajoute si nécessaire des modules spécialisés : ensemble complet d'équations et de conditions aux limites spécifiques, modèles standards résolus entièrement documentés et répondant à la mécanique des structures, au génie chimique, ou encore au transfert de chaleur, ainsi que ses modules d'import CAO (Catia V4 et V5, Inventor, Pro/E, SolidWorks ou selon les standards Step, Sat et Iges). La partie centrale Multiphysics coûte 8000 €, chaque module 2000 € pour les interfaces et 3000 € pour les

domaines spécifiques. Notons que l'éditeur dispose d'une bibliothèque d'environ un millier de modélisations spécifiques pouvant être utilisées par les clients selon leurs applications.

Cosmos propose également le logiciel Script qui permet de programmer ses propres modèles complexes et notamment des routines d'optimisation, d'automatisation du traitement des données ou encore gérer la variation de paramètres multiples. Le programmeur a accès à tous les modèles de Cosmos Multiphysics et peut concevoir l'interface graphique exactement selon ses souhaits. Ce produit permet dans une certaine mesure de remplacer l'environnement généraliste de simulation Matlab de The Mathworks.

## Couplage fort ou couplage faible

La description d'un phénomène par une seule physique signifie qu'une seule variable, et son équation associée, suffit pour prédire le comportement du système. Température pour l'équation de la chaleur, champ de vitesse pour

les écoulements sont des exemples. Il s'agit d'une simplification : la température d'un système est rarement à l'équilibre, les échanges de matière profitent des écoulements de fluide, la déformation d'un composant mécanique prend en compte les propriétés du matériau. Lorsque la modélisation saisit au moins deux physiques pour décrire totalement ou partiellement une problématique, on pénètre de plein pied dans le multiphysique.

L'évolution de chaque variable est décrite par son équation associée. Si ces variables interagissent les unes avec les autres, comme l'évolution des propriétés mécaniques avec la température par exemple, elles interviennent dans les différentes équations par des termes supplémentaires, dit termes de couplage. Pratiquement, il est également important de savoir si l'on résout tout d'abord le champ de température, puis on calcule la thermo-dilatation correspondante (couplage faible), ou si l'on doit résoudre simultanément toutes les équations (couplage fort).

Cosmos Multiphysics est conçu pour résoudre des problématiques multiphysiques : l'utilisateur sélectionne les équations nécessaires à la description de son application. Mieux, il modifie à son gré les termes des équations retenues et implémente lui-même des équations spécifiques à son cas, car toutes les physiques et tous les couplages ne sont pas prévus dans le meilleur des logiciels. En outre, il choisit de résoudre simultanément (couplage fort) ou l'un après l'autre (couplage faible) les différents processus. De la sorte, l'ensemble des phénomènes modélisables par des équations sont simulés dans Cosmos Multiphysics. Mais le logiciel va plus loin : le couplage de plusieurs géométries s'effectue à l'aide de variables de couplage, qui interconnectent un système à géométrie multiple. Application typique : développer séparément différentes applications avant de les coupler pour considérer le système entier. ■

## Un peu de technique

Le cœur numérique de Cosmos Multiphysics est constitué d'une famille de solveurs pour des équations bilan (analyse linéaire, non-linéaire, stationnaire, temporelle, modale, paramétrée). Une équation bilan représente le bilan d'une inconnue dans un élément de volume : apport - perte = source. C'est ce type d'équations qui est à la base des équations de la physique (transport de chaleur, de quantité de mouvement, etc.). Pratiquement toutes les équations sont transposables sous cette forme d'équation bilan.

Dès lors, le logiciel propose par défaut de résoudre simultanément les inconnues du système d'équations. Puisque toutes les équations sont traduites sous forme d'équations bilan, il suffit de considérer un vecteur regroupant toutes les inconnues et de choisir le solveur adapté à l'analyse que l'on souhaite effectuer, pour résoudre d'un bloc toutes les équations. Avantage : la résolution prend en compte les fluctuations des inconnues en même temps (indispensable en piézo-électricité, en réaction chimique à forte cinétique par exemple). Bien sûr, la résolution séquentielle des équations est également possible selon le choix de l'utilisateur. ■