

Présentation des projets collaboratifs en modélisation/simulation de systèmes complexes impliquant CS dans les Pôles System@tic et Aerospace Valley

Michel Nakhlé, Directeur Technique Adjoint d'Activité.

CS SI - Activité Aéronautique, Énergie & Industrie.

22, avenue Galilée - 92350 Le Plessis Robinson

INTRODUCTION

La simulation fait partie des technologies clé éminemment transverses. Aussi, CS développe des programmes de simulation pour des secteurs très variés comme l'aéronautique, le spatial, l'énergie, la défense, l'automobile, la météorologie, la gestion des risques...

CS participe également à des projets collaboratifs de modélisation/simulation des systèmes complexes dans le cadre des Pôles de Compétitivité.

Dans cet exposé nous présenterons les principaux projets de R&D conduits au sein des deux Pôles de compétitivité System@tic et Aerospace Valley ainsi que la feuille de route associée.

OBJECTIFS

La maîtrise du comportement des systèmes complexes s'accompagne du développement d'outils pour les phases de conception et de modélisation, de méthodes de synthèses pour la conduite et de techniques de résolution.

La finalité est de répondre à des questions théoriques fondamentales et de guider les applications d'ingénierie dans des domaines pluridisciplinaires.

Autour de cette problématique, plusieurs axes sont développés afin de répondre à certains aspects de ce vaste objectif :

- Modélisation des couplages multi-physiques et multi-échelles. Cet axe s'intéresse au couplage de la modélisation des phénomènes locaux et leurs interactions avec la phénoménologie macroscopique. Traditionnellement, la phase de modélisation est conditionnée par l'environnement des applications auquel le modèle est destiné :
 - Il n'est pas rare d'aboutir à des modèles qui sont rigoureux d'un point de vue des phénomènes physiques mis en jeu, mais inadaptés pour d'autres typologies de problème comme l'analyse structurelle, la synthèse de lois de commande... ou très lourd en temps de calcul.
 - Dans d'autres disciplines comme l'automatique, une représentation standardisée pour la modélisation consiste en une idéalisation du système réel. Ainsi, en s'éloignant de la phénoménologie physique, les phénomènes négligés sont non contrôlés et des conditions limites, qui ont une réalité physique et pratique, ne peuvent être traitées.
 - La formulation de la dynamique des systèmes complexes repose donc sur une représentation précise de phénomènes couplés faisant intervenir des quantités sensibles à différentes échelles de temps et d'espace. La complexité dans la réalisation du modèle global réside alors dans "l'assemblage" des sous-modèles : il convient d'être en mesure de représenter les couplages entre différents domaines physiques, ainsi que

d'être à même d'inclure des phénomènes locaux dans le modèle macroscopique.

- La finalité est une analyse comportementale basée sur une représentation physique, énergétique par exemple, des équations régissant la dynamique de ces systèmes.
- Réduction de modèles et modèles de substitution. Cet axe porte sur le développement de nouvelles méthodes pour la réduction de modèles multi-physiques et multi-échelles, qu'ils soient linéaires ou non linéaires :
 - À l'aval des problématiques précédentes, dès lors qu'un modèle rigoureux est établi, se posent des questions d'inversion et de réduction.
 - La prise en compte des hétérogénéités introduit de fortes non linéarités qui complexifient l'analyse des propriétés structurelles du système et l'exploitation du modèle pour des problèmes d'identification et de recalage.
 - Dans une démarche analytique, des modèles plus adaptés peuvent être construits à partir de calculs d'équivalence réalisés à l'échelle inférieure, ou, dans une démarche phénoménologique, directement à partir de mesures "macroscopiques" judicieusement choisies. De plus, il existe souvent des invariances géométriques qui permettent de simplifier les modèles numériques.
 - La démarche d'inversion est capitale dans la phase de conception de systèmes ou de composants d'un système. Dans la pratique, une stratégie de surdimensionnement est adoptée de façon récurrente pour palier les lacunes des modèles macroscopiques simplifiés qui sont utilisés dans cette démarche. Là aussi, il existe un besoin en termes de méthodes permettant de réduire la complexité des modèles tout en tenant compte de la réelle nature des phénomènes physiques.
- Optimisation pour la conception des systèmes. Cet axe vise l'étude de méthodes permettant d'aborder les problèmes d'optimisation multi-objectifs et multicritères pour traiter le compromis coût/énergie/performance qui intervient lors de la conception et de la gestion de l'énergie des systèmes. L'innovation est aujourd'hui intimement liée au triptyque coût/énergie/performance. Avec les avancées des technologies actuelles, ceci conduit à une multiplicité de critères de conception et de solutions envisageables. La méthode consistant à optimiser un élément du système sans tenir compte de la globalité du problème ne garantit en rien l'obtention d'une solution pertinente. La recherche d'une "bonne solution" doit passer par une approche globale de l'optimisation. Dans cet objectif, la modélisation multi-échelles se révèle particulièrement bien adaptée car elle rend compte des interactions internes au système.
- Aide à la décision multicritère. Cet axe constitue une branche d'étude majeure de la recherche opérationnelle. Il s'agit de méthodes et de calculs permettant de choisir la meilleure solution ou la solution optimale parmi tout un ensemble de solutions, l'alternative de type OUI-NON n'étant qu'un cas particulier du cas général. *Un abus de langage courant consiste à la confondre avec l'informatique décisionnelle, dédiée à l'exploitation de données (query/reporting et data mining, principalement) destinée à l'élaboration de synthèses multi-niveaux (en anglais "business intelligence", qui se traduit en fait par information des affaires).* Les outils d'aide à la

décision permettent d'apporter des réponses pertinentes à des problématiques diverses mettant en œuvre plusieurs choix possibles (développement d'un produit, implantation de sites industriels...), d'aider au diagnostic et, plus généralement, de faciliter la prise de décision stratégique ou opérationnelle en environnement imprécis et/ou incertain.

FEUILLE DE ROUTE

Les projets concernés sont : IOLS, EHPOC, OPENHPC, et CSDL du Pôle System@tic, en liaison avec les projets du programme fédérateur MOSART de Aerospace Valley, à savoir, MACAO, OSMOSES et SONATE.

Au travers de quelques exemples, nous nous attacherons à montrer comment ces projets collaboratifs contribuent à conjuguer les axes ci-dessus afin de répondre au défi de la modélisation/simulation des systèmes complexes dans différents domaines industriels.

REFERENCES

Hocine BOUSSA (CSTB), Michel NAKHLE (CS), Jacques DUYSSENS (CS), Abdelghani SICHAIB (CSTB): "Virtual laboratory for testing anchors under static and cyclic loads" , WCCM-8/ECCOMAS 2008, 30 June - 4 July 2008, Venise, Italy.

Jacques DUYSSENS (CS): "IOLS: A French Initiative for Developing Platforms and Software Dedicated to High Performance multi-physics and multi-scale Global Design Optimisation". WCCM VII, July 16-22, 2006. Los Angeles, California, USA.

Jacques DUYSSENS et Michel NAKHLE (CS): "Le Projet EHPOC : Environnement Haute Performance pour l'Optimisation et la Conception", Colloque IOLS, EDF R&D Clamart, février 2007

Jacques DUYSSENS, Steve LANGLOIS. & Michel NAKHLE (CS): "High Performance Computing Approach for Advanced Polymer Injection Moulding Simulation", 9th US National Congress on Computational Mechanics, July 22-26, 2007, San Francisco, CA, USA

Michel NAKHLE (CS) & Eric SEINTURIER (TURBOMECA): "Zoom sur le Projet EHPOC" & "Les liens entre EHPOC et le programme fédérateur MOSART". Colloque IOLS du Pôle Systematic Paris-Région, EDF R&D Clamart, février 2007, Clamart, France

Michel NAKHLE (CS): "Implication de CS dans les principaux projets de R&D et de développement de plates-formes de services en simulation". Workshop CEA – CS, 28 janvier 2009, Saclay, France