

Retour à la physique

La modélisation à partir de données physiques et la simulation physique sont désormais des techniques de conception incontournables dans certains secteurs et notamment dans celui de l'automobile ou de l'aéronautique.

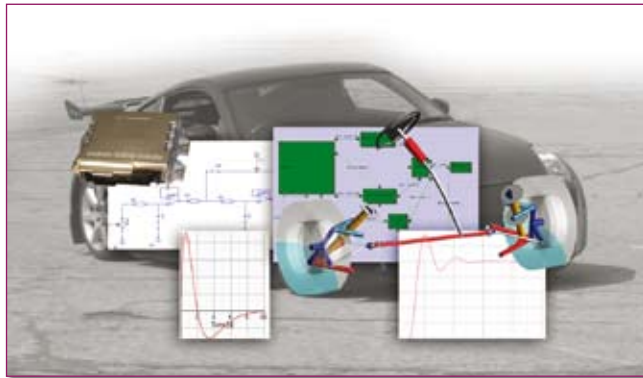
La conception basée sur le modèle

En utilisant des outils de mathématiques puissants, il est possible de prévoir précisément le comportement des systèmes d'ingénierie et d'économiser ainsi des millions d'euros dans les phases de prototypage et de production des produits. Ce constat a motivé de nombreuses sociétés à investir lourdement dans la conception basée sur le modèle (Model Based Design) et les outils de simulation.

Toyota, par exemple, a signé un partenariat de développement de plusieurs années avec Maplesoft, éditeur de logiciels de calcul d'ingénierie et de mathématiques. Cet accord vise le développement de nouveaux outils de modélisation physique des systèmes automobiles. Comme le souligne Paul Goossens, Directeur Produits Industriels Maplesoft : « le nombre de systèmes de commande dans les véhicules a très fortement augmenté ces vingt dernières années : de la gestion

du groupe motopropulseur au contrôle de stabilité, les voitures modernes peuvent compter plus de 20 calculateurs. Cela a conduit à l'uti-

d'outils de modélisation afin d'accélérer davantage les processus de conception et de développement. »



Une nouvelle génération d'outils de modélisation multi-domaines apparaît, reposant sur des moteurs de calculs symboliques. Doc. Maplesoft.

lisation d'outils de modélisation physique pour une représentation précise du procédé ; habituellement la première étape en développement de systèmes de commande est typiquement la plus consommatrice en temps. Néanmoins, il apparaît de plus en plus évident que les outils de modélisation actuels arrivent à leurs limites pour réaliser cette tâche efficacement. Cette initiative de la part de Toyota illustre les faiblesses des moyens actuels qui ont besoin d'être améliorés par une nouvelle génération

De nouveaux outils de modélisation physique

Paul Goossens rappelle que les outils de modélisation des systèmes couramment employés aujourd'hui reposent sur une technologie qui n'a pratiquement pas évolué depuis 50 ans : celle des schémas bloc. « Elle demande beaucoup d'efforts pour préparer les modèles et présente des faiblesses inhérentes au paradigme par flux de signal, tel que, par exemple, les boucles algébri-

ques. » Pour pallier ces défauts, une nouvelle philosophie de modélisation physique est en train de voir le jour. Elle s'appuie sur une représentation orientée objet. Celle-ci se prête à une définition très simple du modèle de système à l'aide d'une description graphique de sa topologie. Le principe est qu'il suffit de décrire comment les composants sont reliés les uns aux autres en les connectant sans se préoccuper du moindre sens de flux de signal. Ainsi, un circuit électrique (exemple classique de représentation topologique) est représenté sous la forme d'un véritable circuit électrique sur l'écran d'ordinateur !

P. Goossens explique : « pour introduire un peu de jargon, on peut dire que cette approche topologique de la définition de modèles est dite « acausale ». Elle supprime bon nombre des limitations imposées par l'approche par flux de signal autrement appelée « causale ». La formulation mathématique des modèles de systèmes s'en trouve largement simplifiée. En revanche cette approche introduit une catégorie différente de modèles mathématiques : les Equations Algébriques Différentielles (EAD). Il s'agit de systèmes d'équations différentielles ordinaires avec des équations

tions algébriques introduites par des contraintes supplémentaires inhérentes à cette approche. »

Convaincu de l'importance de cette technologie de modélisation, Maplesoft s'est particulièrement impliqué dans l'élaboration de solveurs intégrant des techniques de calcul symbolique et numérique de pointe afin de résoudre les Equations Algèbre Différentielles à indice élevé. Ces travaux devraient bénéficier à tous les domaines de développement technique des véhicules depuis le moteur jusqu'à l'électronique embarquée en passant par les systèmes de freinage. « Le développement à base de modèles va imposer de nouveaux standards industriels pour l'utilisation d'outils logiciels et de modèles pour le développement des systèmes automobiles » explique M. Akira Ohata, Directeur Général des Projets chez Toyota Motor Corporation. « Le calcul symbolique devrait nous permettre d'améliorer la durée des cycles, d'optimiser les coûts et d'implémenter plus facilement des systèmes extrêmement complexes. »

Dans le cadre de leur partenariat, Maplesoft et Toyota sont à la tête d'un Consortium de modélisation physique rassemblant des spécialistes de l'industrie automobile, afin de permettre des confrontations d'idées et de stimuler le développement de la modélisation rapide d'équipements à partir du calcul symbolique.

Du modèle d'intention à la géométrie

L'aéronautique n'est pas en reste. Le témoignage d'Eric Duceau, Directeur scientifique Simulation, IT et Systems Engineering d'EADS lors d'un débat organisé par l'association française Micado autour de la simulation numérique dans l'entreprise étendue montre clairement les enjeux. L'ingénieur a présenté les travaux menés par son groupe pour favoriser le déploiement et l'utilisation d'outils de simulation en phase « architecture », c'est-à-dire en étude avancée. Il s'agit du pendant du projet Phénix actuellement en cours et visant à harmoniser le PLM dans le groupe aéronautique mais



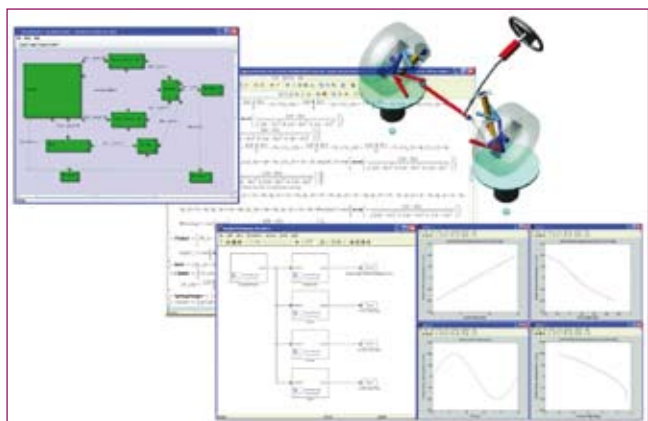
« En phase architecturale d'un projet, il nous faut faire des choix techniques en fonction de modèles d'intentions en termes de coût, de physique, d'aspects fonctionnels, de fiabilité ou encore de maintenance », E. Duceau d'EADS

dans la partie « conception détaillée et production » du cycle de développement des produits. « En phase architecturale d'un projet, il n'existe pas encore de pièces ou de techniques validées. Il nous faut faire des choix techniques en fonction de modèles d'intentions en termes de coût, de physique, d'aspects fonctionnels, de fiabilité ou encore de maintenance. Ainsi, la modélisation et la simulation numérique sont employées pour décider, optimiser, mais également innover vis-à-vis du projet envisagé. Cela nécessite une interaction forte avec nos risk sharing partners, nos sous-traitants (de niveau 1 au moins) et les organismes de certification. Il nous faut pour cela produire des modèles utilisables par tous, évitant toute interprétation hasardeuse et finalement passer d'un mode d'échange de données

numériques classiques à un échange de modèles. »

Une nouvelle manière de travailler ensemble

Cela prend tous son sens avec l'exemple d'Airbus. La structure internationale de l'avionneur exige un mode de travail de type « Collaborative Distributed Work Design » à travers ses différentes entités dispersées géographiquement. Celui-ci repose sur un modèle de développement similaire au cycle en Vé utilisé dans le secteur automobile et baptisé chez Airbus CVB pour Common Virtual Birds. Selon E. Duceau, l'efficacité de la simulation numérique est conditionnée par la maîtrise de trois points critiques : les outils, les modèles multi-niveaux et les méthodologies. « Ainsi, il est impératif d'utiliser des logiciels adaptés



Exemple de modélisation cinématique d'une suspension avant à deux bras avec le logiciel Maple.

à nos besoins, qui soient robustes et s'intégrant dans notre système de développement produits. Ce qui implique un partenariat renforcé avec les éditeurs, mais aussi les laboratoires susceptibles d'établir des modèles adaptés à notre activité. En second, nous devons mettre en œuvre un workflow collaboratif

phases du développement produit et par d'autres acteurs que ceux qui les ont élaborés. Ils doivent en plus adopter un niveau de détail approprié aux différents intervenants du projet, ceci pour leur éviter tout surcoût dû à raffinement particulier. D'autre part, il est obligatoire de poser les limites de validité de ces modèles, et



« Notre filière doit impliquer davantage les équipementiers pour passer de l'intégration de systèmes dans une plate-forme, à une architecture à base de modèles » : E. Duceau d'EADS.

autour de la simulation pour que celle-ci nous permette de prendre les décisions optimales vis-à-vis de l'architecture des systèmes. » Et là les choses se compliquent et les contraintes se multiplient... Les modèles générés doivent pouvoir être employés à plusieurs

de les maintenir à leur plus haut niveau de signification. Enfin, ces modèles multi-niveaux doivent s'intégrer pleinement dans le PLM de l'entreprise et conserver la propriété intellectuelle de chaque co-traitant. Troisième challenge à remporter selon Eric

Duceau : « nous devons maîtriser les technologies mises en œuvre au sein de nos produits, mais également l'évolution des solutions informatiques qui permettent d'en simuler le comportement, tout en étant capable de les intégrer dans nos process de conception industrielle ! Nous proposons pour cela de déterminer un référentiel méthodologique appliqué à l'entreprise étendue (partenaires y compris) et d'utiliser des indicateurs permettant de contrôler l'appropriation par tous de cette démarche : modéliser-simuler. »

La simulation de systèmes impose l'approche « Model Based Design ». Reste que le terme système désigne dans l'activité aéronautique de nombreux domaines touchant à l'hydraulique, à la sécurité, aux commandes de vol... et correspond à une large palette de logiciels de simulation. Pour travailler de manière collaborative, il est donc indispensable que les partenaires s'entendent sur un vocabulaire commun, qu'ils choisissent une granularité ad hoc des modèles échangés, et éventuellement partagent les langages permettant d'établir ces modèles. N'oublions pas l'indispensable lien à créer entre les modèles physiques d'un projet et leur correspondance système. Enfin, sans doute le plus gros du travail : déterminer ce que les modèles doivent contenir !

Eric Duceau conclut « contrairement à d'autres secteurs industriels, l'aé-

ronautique suit un cycle Top Down, l'innovation y est organisée par les intégrateurs. Notre filière doit essayer aujourd'hui d'impliquer davantage les équipementiers. Cela permettra de passer de l'intégration de systèmes dans une plate-forme, à une architecture à base de modèles. Cette nouvelle manière de travailler offre de nombreux avantages : utilisation des modèles comme outils de spécification avec les partenaires et fournisseurs, bénéfice de la prédictibilité des modèles très en amont des projets, contractualisation entre les services achats et les départements techniques, etc. Mais cela soulève de nombreuses questions auxquelles les acteurs de la filière devront trouver les réponses : les gains sont-ils partageables entre intégrateurs et équipementiers ou au contraire antagonistes ? Quels impacts sur le tissu industriel et en particulier sur les PME ? Quid de la propriété industrielle ? Quels sont les rôles des donneurs d'ordres et des organismes de certifications ?... »

Ce témoignage montre que, si la simulation numérique se banalise dans un nombre grandissant de secteurs d'activités, son application industrielle sur des structures d'entreprise étendue reste complexe. Outil puissant, la simulation n'a un impact positif que si l'organisation et les process qui l'accueillent sont adaptées. Une porte ouverte que l'on se doit encore d'enfoncer... ■