

Quels modèles pour quelles simulations ?

Tel était le thème du deuxième séminaire organisé le 12 décembre dernier à Paris par la Nafems, et qui aura réuni une centaine de spécialistes de la simulation numérique.

« Pré et post-processeurs de simulation numérique sont de plus en plus ergonomiques et faciles à utiliser. Mais ils poussent aussi l'ingénieur d'études à assimiler modèle à maillage et à lancer des calculs de simulation sans se poser les bonnes questions, ni tenir compte des capacités des solveurs ». Tel est le constat du Comité de Pilotage de Nafems France. Le ton était donc donné pour ce séminaire.

Maîtriser et non subir les codes !

Ainsi pourrait-on résumer le message de cette journée d'échanges, où douze experts en calcul ont montré, à travers de multiples exemples, comment une approche critique permet de construire de bons modèles, c'est-à-dire des modèles apportant des réponses valides aux problématiques posées tout au long du cycle d'étude.

François Besnier, Consultant Expert, animateur de cette journée, a démarré par un exposé démontrant que

tout processus de simulation numérique repose sur le choix et la construction d'un modèle. « Modéliser, c'est choisir un modèle physique pertinent par rapport aux questions posées, le traduire en modèle numérique et l'incorporer dans un code de calcul. Modéliser, c'est aussi construire une discrétisation spatiale permettant de capter, avec le niveau de précision recherché, les informations utiles de comportement. Enfin, c'est traduire, avec les simplifications et hypothèses qui s'imposent, les informations environnementales (conditions aux limites, chargements...). On voit qu'il s'agit d'un processus complexe, orienté vers des objectifs identifiés, fait d'une succession de choix raisonnés et argumentés, d'hypothèses validées, en résumé d'un vrai travail scientifique », a-t-il déclaré avant d'ajouter : « On mesure bien les pièges et dérives d'une utilisation de codes en boîte noire ».

L'expertise avant tout !

« Les logiciels de simulation sont des aides efficaces à la prédiction tout au long du processus de développement, à condition qu'ils soient utilisés sous la double expertise Métier et Produit », a déclaré Gilles Besombes de Valéo Thermique Moteur. « Mais encore faut-il avoir une bonne connaissance des matériaux, de leur perte, des conditions aux limites, des chargements et de leurs évolutions dans le temps pour définir la topologie des modèles qui répondront aux exigences d'une simulation robuste, utile et fiable ». Bref, pour définir les bons modèles, il faut avant tout être expert des phénomènes à analyser.



Des entreprises comme Valéo ou PSA, confrontées à des simulations répétitives, cherchent à mettre l'expertise des ingénieurs de calcul à profit de la modélisation géomé-

trique. Il s'agit de proposer aux concepteurs des outils métiers qui intègrent des contraintes comportementales et qui automatisent la génération des modèles pour l'analyse.

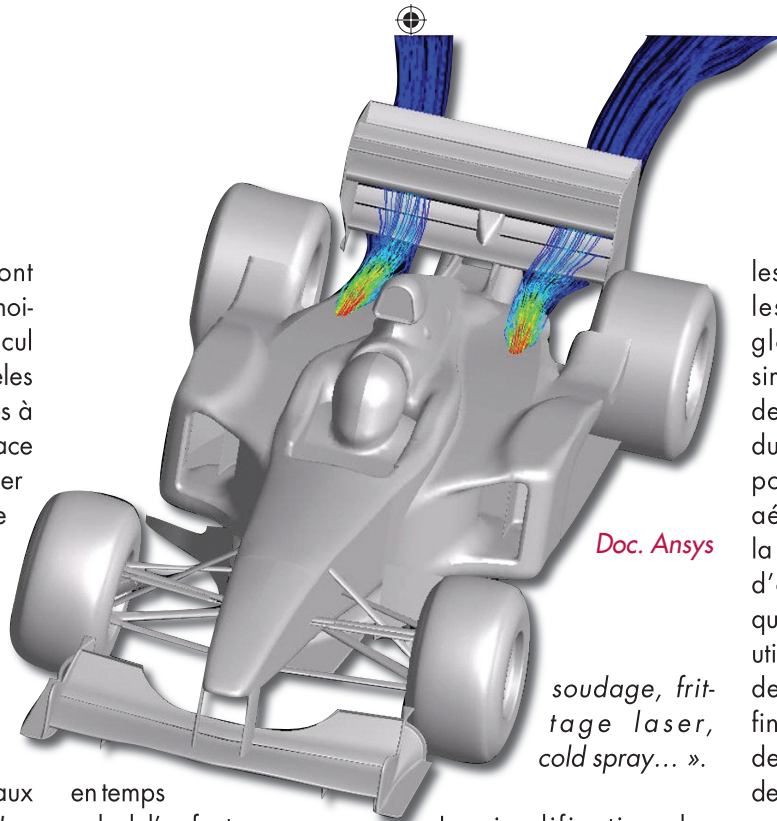
Ainsi, chez Valéo Thermique Moteur, le processus d'analyse comportementale consiste à inverser les entrées/sorties traditionnelles en calcul et à générer une enveloppe de valeurs acceptables des paramètres de conception. La géométrie des conceptions repose sur une typologie des modèles préétablie par les ingénieurs de calcul, et sur une nomenclature particulière des entités permettant le traitement automatique de l'enveloppe.

PSA a, pour sa part, défini une méthode de modélisation fonctionnelle pour la conception des pignons de boîtes de vitesses. L'objectif recherché était de prendre en compte l'environnement complet d'une boîte de vitesses lors de la conception de la mécanique interne. La méthode repose sur une approche système avec une modélisation fonctionnelle 1D en pré-détermination des sollicitations pour le modèle éléments finis 3D.

Tous les témoignages ont illustré la nécessité de choisir des méthodes de calcul et de réaliser des modèles adaptés aux phénomènes à analyser. Par exemple, face à la nécessité de maîtriser la discrétion acoustique de ses navires, la DCNS de Cherbourg doit effectuer des analyses en dynamique vibratoire et vibro acoustique sur une plage la plus large possible, allant des basses jusqu'aux hautes fréquences. « Les études menées en basses et moyennes fréquences sont réalisées par la méthode des éléments finis. Dans chacun de ces domaines de fréquence, l'analyse du comportement dynamique des structures nécessite un choix des méthodes de calcul, ainsi qu'une réalisation de modèles adaptés », a précisé Jean-Max Sanchez de la DCNS de Cherbourg.

Simplification des modèles

Georges Cailletaud, Professeur à l'École Nationale Supérieure des Mines de Paris (ENSM) et Directeur de l'UMR CNRS 7633, et David Ryckelink, Maître de Conférences également à l'ENSM, ont présenté leurs travaux de recherche sur la simplification des modèles. Georges Cailletaud a proposé des pistes pour sélectionner intelligemment les différents modèles disponibles. Il a également montré comment construire des modèles simplifiés qui évitent la résolution complète des problèmes et permettent ainsi des gains



Doc. Ansys

soudage, frittage laser, cold spray... ».

en temps calcul d'un facteur 30 à 100. Une méthode originale de réduction de modèles non linéaires est développée au Centre des Matériaux de l'ENSM. Les travaux de recherche sont menés par David Ryckelink. La méthode APHR (A Priori Hyper Réduction) retenue, est une méthode adaptative de réduction des modèles avec construction automatique d'un domaine d'intégration réduite. « Les premiers résultats obtenus pour des problèmes élastoplastiques sont très prometteurs, avec des gains en temps calcul d'un facteur 10 », a souligné David Ryckelink. « Dans le cadre de l'étude des procédés, nous envisageons d'utiliser cette méthode pour la réduction des modèles à sollicitation mobile :

La simplification des modèles est une pratique nécessaire à la simulation numérique de grands assemblages complexes. Messier-Dowty recourt à cette technique pour réaliser des calculs de structure rapides en vue de déterminer les charges internes des trains d'atterrissage qu'il conçoit. « Les trains d'atterrissage sont des assemblages de pièces articulées. Devant le grand nombre de cas de charges à analyser et pour des raisons de limitation des ressources machines, il convient de simplifier les modèles globaux de train », a précisé Abdelkader Otsmane de Messier-Dowty.

Pour le Viaduc de Millau, le bureau d'études Greisch s'est appuyé sur des modè-

les globaux et des modèles locaux. Les modèles globaux résultent d'une simplification des modèles de l'assemblage complet du viaduc. Ils sont utilisés pour calculer la stabilité aéro-élastique et simuler la résistance de l'ouvrage d'art face au vent. Alors que les modèles locaux sont utilisés, eux, pour le calcul de structure par éléments finis. C'est-à-dire l'analyse des structures métalliques de raccordement du tablier aux pylônes, de l'ancrage des haubans, ou encore de la déformation du tablier au cours de l'opération de lancement.

Pour finir la journée, sur la base d'un exemple d'analyse vibratoire multi-étages d'un compresseur de turbomachine, Jérôme Dupeux de Snecma a montré comment des méthodes de modélisation basées sur des hypothèses d'axisymétrie et de symétrie cyclique peuvent être utilisées pour réduire la taille des modèles à analyser. Puis il a mis l'accent sur l'évolution de matériels de calcul qui permettent de faire progresser la modélisation. « Grâce aux progrès informatiques, il nous est désormais possible de modéliser plusieurs étages de compresseur en s'appuyant sur la symétrie cyclique propre à chaque étage. Les analyses sont alors des analyses modales avec des réponses dynamiques vibratoires ». ■

Les actes de conférence sont disponibles auprès de Nafems France. francois.costes@nafems.org



Georges Cailletaud et David Ryckelink de l'ENSM