



Pré-dimensionner ou valider



Le titre de ce dossier pourrait laisser penser que l'on a le choix entre deux techniques ou deux options. Il n'en est rien, le pré-dimensionnement ne remplace pas la validation par calcul numérique ou tests physiques. Son côté provocateur souligne plutôt que, désormais, les fabricants de produits propres et les bureaux d'études ne sont plus totalement dépendant des services d'ingénierie calcul. Dès les premières esquisses, pièces et assemblages peuvent être testés numériquement dans des conditions très proches de leur destination. L'objectif est d'éviter des impasses technologiques, ou dans certains cas d'optimiser les géométries ou des choix matériaux et ce le plus tôt possible dans le cycle de vie des produits.

Des besoins en croissance constante

Le calcul, ou plus exactement la simulation numérique, gagne du terrain régulièrement depuis une dizaine d'années. C'est l'un des segments qui montre en effet la plus forte croissance dans le domaine du PLM. Le phénomène s'est accéléré depuis trois ou quatre ans avec l'apparition d'outils dit de pré-dimensionnement pouvant être utilisés par des « non-spécialistes ». Les éléments finis et la physique élémentaire ne sont donc plus cantonnés dans la tour d'ivoire des ingénieurs calcul, mais redescendent progressivement vers les bureaux d'études et les concepteurs. Cause ou conséquence de cette démocratisation du calcul

numérique, les besoins des industriels en la matière ne cessent également de croître. Et, si les secteurs phares comme l'automobile ou l'aéronautique, sont encore les plus gros consommateurs en puissance de calcul, ils sont loin d'être les seuls. Les industries de process, comme la chimie ou l'agro-alimentaire, le secteur de l'énergie et désormais les fabricants de biens de consommation investissent largement dans la simulation numérique. La rengaine est toujours la même : diminuer les temps de développement et le nombre de prototypes physiques.

La chute d'un téléphone portable, la résistance au vent d'une antenne émettrice, la nuisance sonore d'un lave-linge, ou

la compatibilité électromagnétique d'un micro-ordinateur... aujourd'hui tout est testé numériquement ou presque. La finesse des modèles mathématiques employés alliés à leur robustesse favorisent la précision des résultats, tout en diminuant les temps de calcul. Par ailleurs, l'étude des phénomènes couplés (thermomécanique, fluide-structure, piézo-électrique, magnéto-mécanique...) est devenue abordable grâce à des logiciels plus performants, plus conviviaux et mieux couplés aux modeleurs de CAO.

Il serait cependant sage d'être attentif à la qualification des revendeurs de solutions de calcul « prêt à l'emploi ». S'ils sont formés pour commercialiser et implémenter des

solutions de CAO, ils ne le sont pas toujours pour des applications de calcul, qui nécessitent autant si ce n'est plus de services pour être employés efficacement. Il y a là des efforts à fournir de la part des éditeurs vis-à-vis de leurs réseaux de ventes, même s'ils affirment tous, quand on les interroge, travailler d'arrache-pied à ce sujet...

Aide à la conception ou optimisation

En conception, la méthode des éléments finis est appliquée sur un premier projet conceptuel. Elle permet de prévoir rapidement la répartition des contraintes au sein de la pièce et d'un système plus complexe. Grâce à des itérations de calculs, on peut optimiser



Si les secteurs comme l'automobile ou l'aéronautique sont encore les plus gros utilisateurs de logiciels de calcul, ils sont désormais loin d'être les seuls. (Doc. Pratt & Whitney)

sa solution en termes de performance technique et de coûts. Cette méthode permet aussi de comparer différentes solutions techniques sans le moindre prototype physique. C'est généralement ce que l'on appelle la phase de prédimensionnement.

Le calcul est également employé en re-conception ou en phase d'optimisation pour diminuer le coût de production d'un élément. On peut pour cela diminuer les cotes, simplifier les formes pour faciliter leur usinage ou changer de matériau. La simulation permet dans ce cadre d'évaluer l'impact de ces modifications et de vérifier si la pièce répond toujours à son cahier des charges. Le calcul peut enfin répondre à une demande d'amélioration de la qualité ou de performance d'un système. La pièce est trop lourde par exemple ou bien

casse sous chargement. Un calcul par les éléments finis permettra de tester rapidement une nouvelle solution (diminution d'épaisseur ou au contraire renforcements localisés, changement de matière...). Il s'agit dans ces cas plutôt d'une démarche de validation.

Après la CAO, l'aide à la conception...

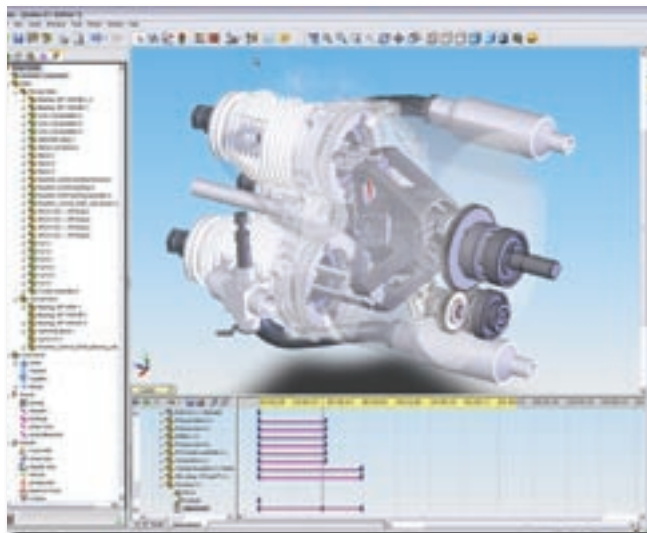
Selon le cabinet d'études Daratech : « Les dépenses en matière de simulation devraient atteindre plus de 2,4 milliards de dollars en 2006, et représenter plus de 21 % du marché total du PLM, évalué à 10,5 milliards de dollars en 2005 ». A l'opposé, les entreprises doivent faire face à une baisse de leurs effectifs consacrés au calcul, conjuguée à une perte du savoir-faire métier. Dans un marché tendu, il peut être logique

pour des bureaux d'études indépendants ou intégrés à une entreprise de rapatrier des tâches de calcul qu'ils confiaient jusqu'alors à l'extérieur ou à leur service spécialisé. Ce dernier peut en outre se recentrer sur des tâches à plus forte valeur ajoutée. D'où l'émergence simultanée chez la majorité des éditeurs du secteur de solutions « easy to use » d'aide à la conception ou d'aide au dimensionnement selon les diverses appellations marketing.

C'est par exemple le cas pour SolidWorks. Fort de son succès dans le domaine de la CFAO, l'éditeur s'est lancé depuis le rachat de SRAC dans le domaine de « l'aide à la conception » avec la gamme de modules Cosmos. Plusieurs niveaux d'expertise sont disponibles sur le même solveur. Les deux premiers sont Cosmos Xpress et Moldflow Express, deux outils totalement intégrés à SolidWorks, l'un pour l'analyse statique, le second pour la simulation de l'injection de pièces plastiques. Il s'agit d'outils

très automatisés permettant au concepteur de s'orienter rapidement vers la bonne direction technologique.

Au niveau supérieur les choses se compliquent avec une offre complexe à présenter. Le package SolidWorks Office Premium, le haut de gamme, intègre deux autres produits de « validation de conception » : CosmosWorks et Cosmos Motion. Le premier est destiné à l'analyse de structure de pièces et d'assemblage, le second à la simulation dynamique d'assemblage mécanique. Mais, selon vos besoins, CosmosWorks est lui-même disponible selon trois niveaux d'expertise : Designer, Professional et Advanced et pour simplifier démarre à l'analyse linéaire statique pour aller vers le non linéaire, les tests fatigue et la thermique. Notons enfin que l'éditeur complète sa panoplie par CosmosFlowworks : un module optionnel d'analyse des écoulements fluides, intégré à SolidWorks et développé par Nika.



De plus en plus de solutions CAO comme SolidWorks intègrent des outils de prédimensionnement couvrant une large palette d'applications.

Ces différentes applications sont désignées par Solid-Works comme des « aides à la conception ». Elles sont donc destinées à un public de non spécialistes des éléments finis et disposent d'assistants de simulation. Comme l'explique Delphine Genouvrier, Responsable Europe de Cosmos « ces solutions répondent à une demande forte des PME qui ont des besoins ponctuels en matière de calcul. Beaucoup de nos clients sont dans le secteur

de la machine spéciale, du médical ou des biens d'équipement. Ils doivent développer des produits toujours moins chers, plus légers, facilement transportables tout en maintenant un niveau de qualité suffisant. Ces professionnels souhaitent travailler dans un environnement unique, éviter tout transfert d'informations entre logiciels et surtout ne pas devoir recréer ou nettoyer une géométrie en vue de son analyse. Ces outils assurent donc

la simplification et le raffinement automatiques du maillage. Pour un prix d'entrée de 9000 euros, notre solution Office Premium couvre largement ce type de besoin. »

Vers des outils de calcul sur étagère ?

Et les revendeurs des éditeurs de CAO sont également sur la brèche. C'est par exemple le cas de la société Abisse, qui revend

des solutions de CAO, calcul et GDT pour les PME. Comme l'explique Serge Gauthier, P.dg d'Abisse : « les outils de pré-dimensionnement Femap Express et 3G.Author que nous commercialisons trouvent une véritable complémentarité avec les solutions plus évoluées mais destinées aux ingénieurs calcul. Il ne faut pas oublier cependant que l'analyse d'une pièce par la technique des éléments finis, même dans ce cadre de pré-dimensionnement,

Peut-être un petit rappel méthodologique de la simulation numérique par éléments finis

❖ **Première étape** : modélisation du système que l'on souhaite étudier. Cela veut dire définir le type d'analyse (statique, dynamique, thermique, couplée...) que l'on désire aborder et procéder à une discrétisation de la pièce (chaque pièce dans le cas d'un assemblage) en éléments simples (barres, plaques, briques...). Ce maillage en éléments finis est réalisé automatiquement la plupart du temps par le logiciel. Il peut être nécessaire d'affiner sa qualité dans les zones sensibles afin d'améliorer la précision des résultats. Attention, plus le maillage est fin et plus les temps de calcul s'allongent. Il s'agit donc de trouver le juste compromis qualité/coût/délai.

❖ **Deuxième étape** : appliquer les forces extérieures dues à l'environnement dans lequel s'insère la pièce ou le système. C'est ici que le savoir-faire de l'ingénieur prend toute son importance, car le passage de la réalité au modèle numérique se traduit nécessairement par des hypothèses simplificatrices. De cette étape dépend la pertinence des résultats.

❖ **Troisième étape** : résolution du problème. Calcul mathématique exécuté par le logiciel en fonction des options établies.

❖ **Quatrième et dernière étape** : visualiser et exploiter les résultats. C'est ce que l'on appelle le post-processing, c'est-à-dire le traitement des données pour les rendre exploitables par l'utilisateur et selon le contexte de l'étude. La structure déformée avec un code couleur est celle que tout le monde peut appréhender, mais le spécialiste a besoin d'observer bien d'autres variables (contraintes, déformations, réactions des appuis, températures...). Son premier souci est de chercher les résultats qui lui indiqueront la pertinence de ses choix et, éventuellement, ce qu'il doit modifier dans son modèle pour relancer une nouvelle (meilleure) étude. Ensuite, il transmettra ses résultats sous une forme explicite (justification du modèle et résultats directement exploitables) à ses partenaires, car, comme le souligne Serge Semper, de l'Université de Savoie, « la méthode des éléments finis n'est pas un juge de paix. Il ne faut pas toujours croire ce que l'on voit et les modèles sont à remettre en question à l'issue de chaque calcul. Elle est affaire de spécialistes. Et d'une manière générale, cette démarche est le plus souvent itérative pour converger finalement vers une solution satisfaisante. »



Le maillage est l'une des étapes clés pour obtenir un résultat fiable dans un délai acceptable.

requiert un minimum de connaissances de la part de l'utilisateur. Et c'est là parfois que le bât blesse. Le logiciel peut être excellent, il ne donne un résultat qu'en fonction des conditions de chargement spécifiées par le dessinateur... La responsabilité de ce dernier est également engagée sur la lecture qu'il fait des résultats de l'analyse. Mais d'une manière générale, ce type de solution offre des avantages certains en terme de gain de temps. Prenons l'exemple des constructeurs d'appareils sous pression, dont les calculs sont encadrés par des normes, ils gagnent beaucoup de temps en réalisant en interne les calculs itératifs de pré-

dimensionnement avant de se tourner vers les organismes certificateurs et évitent ainsi les allers et retours successifs. On peut également citer le cas d'un client qui fabrique des pompes hydrauliques et qui simule le comportement de toutes ses pièces critiques. L'analyse numérique lui a permis de comprendre, sans faire appel à des spécialistes, un phénomène de rupture systématique sur une pièce et de gagner beaucoup de temps sur l'optimisation de cet élément. Je rajouterai que dans la plupart des domaines industriels, l'allègement global des pièces mécaniques est devenu la règle. Tout ce qui peut aider le concepteur à diminuer le

volume de ses produits sans trahir le cahier des charges est donc utile. Il faut signaler enfin que les logiciels de pré-dimensionnement ont fait de réels progrès ces dernières années. Il n'était pas rare il y a trois ou quatre ans d'obtenir des écarts de l'ordre de 20 % entre le résultat numérique et le test réel... Aujourd'hui nous ne dépassons jamais les 5 % d'erreurs ! »

Pré-dimensionner, mais avec prudence

Certaines pratiques sont en effet risquées : réaliser une étude de pré-dimensionnement avec un solveur A et passer en validation avec

un solveur B par exemple ! Il est plus cohérent de travailler dans les deux cas de figure avec le même solveur et avec les mêmes données CAO.

Pour le leader du calcul de structure MSC Software, « les outils de calcul encapsulés par les éditeurs au sein de leurs offres CAO arrivent vite à leurs limites. Certaines PME qui sont montées en puissance en calcul, grâce notamment à ce type d'outils, songent parfois à constituer un département spécialisé simulation pour prendre de nouvelles parts de marché. Et elles ne peuvent utiliser les mêmes solutions encapsulées CAO pour traiter des cas

Abonnez-vous pour lire la suite...