

**Le développement des moteurs aéronautiques passe nécessairement par la modélisation numérique de leur comportement. Pour remplacer les coûteux « codes maison » employés jusqu'à maintenant, MSC Software a lancé un module spécifique qui a été adopté notamment par la Nasa.**

# La dynamique des rotors sous MSC Nastran

La mise au point d'une turbine ou d'un moteur aéronautique fait appel la plupart du temps à des codes maison pour analyser leur dynamique de fonctionnement. (Doc. Siemens)

## Le coût des codes maison...

Les analyses de dynamique des rotors ont une fonction indispensable pour les constructeurs de moteurs, de turbines, de structures aéronautiques, ainsi que pour la Nasa qui collabore avec eux. En effet, les tests renforcent la sécurité, et favorisent la baisse des coûts et des délais de mise sur le marché. Seulement les campagnes d'essais réels sont très chères à mettre en œuvre. Faute d'outils disponibles sur le marché, les fabricants ont donc développé leurs propres progiciels permettant de simuler les comportements dynamiques des rotors. Mais ces codes maison répondent à des standards tout autant « maison », ce qui ralentit les échanges de données de simulation ou de modèles entre clients et fournisseurs. La version 204 de MSC Nastran comble le vide en la matière avec de nouvelles fonctionnalités d'analyse des performances

moteur ou encore des phénomènes transitoires de perte d'aube. Ce code de calcul offre l'avantage de travailler avec un format d'échange très répandu dans l'industrie, et utilisable sur de nombreuses autres solutions logicielles complémentaires.

« Dans la mesure où il n'existe pas de code de calcul complet capable d'analyser la dynamique des rotors de très gros modèles, nous avons passé beaucoup de temps à développer des modules pour MSC.Nastran ou des programmes maison », précise le Dr Charles Lawrence, ingénieur calcul à la division Structure et Acoustique du centre de recherche Glenn de la Nasa à Lewis Field. « Pour toute nouvelle version de ce logiciel, chaque société doit mettre à jour ses développements internes. Et comme chaque entreprise adopte un format qui lui est propre, les données sont systématiquement retraitées, ce qui rallonge les délais de transfert des informations aux

fabricants d'aérostructures qui souhaitent les intégrer à leurs modèles le plus rapidement possible. Avec les nouvelles fonctionnalités proposées par MSC.Nastran, les partenaires peuvent utiliser les mêmes modèles et échanger plus rapidement leurs données. »

## Mieux préparer les tests physiques

Ce nouveau module de dynamique des rotors permet le calcul des modes de vitesses critiques, du tourbillonnement, de réponse d'efforts (balourd et bruit de cabine), l'analyse statique avec amortissement (charge externe, charge de manœuvre), l'analyse de phénomènes transitoires de perte d'aube (FBO) et de réponse dynamique en « windmilling » (roue libre du rotor). Charles Lawrence précise : « Nous avons traité de nombreux cas test avec ce module afin de corréliser nos résultats avec la théorie. Au Centre de Recherche Glenn,

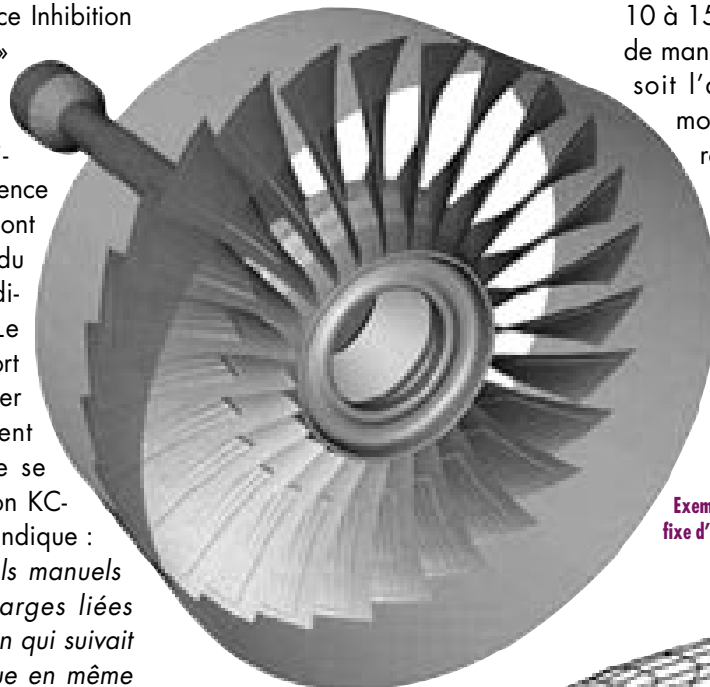
nous avons un grand programme d'expérimentation en condition de microgravité. Ce nouveau module de MSC.Nastran peut être employé dans le cadre des calculs de réponse structurale en phase de vol sur la navette ou lors des manœuvres de microgravité du KC135. Nous pouvons obtenir les charges dues à la manœuvre avec le logiciel de manière à s'assurer que les essais se dérouleront dans des conditions de sécurité de la structure. »

A la Nasa, de nombreuses expérimentations mettent en œuvre l'étude de la mécanique des fluides. L'une d'entre elles « Coalescence Inhibition of Bubbly Suspensions » nécessitait de déterminer l'état de charge structurale du châssis expérimental. Le but de l'expérience était d'étudier la façon dont se dispersent les bulles du fluide sous diverses conditions d'écoulement. Le fluide est soumis à un effort centrifuge afin de générer des efforts de cisaillement tandis que l'expérience se déroule à bord d'un avion KC-135. Charles Lawrence indique : « J'ai dû faire des calculs manuels pour déterminer les charges liées aux manœuvres de l'avion qui suivait sa trajectoire parabolique en même temps que le fluide était en rotation. J'aurais pu obtenir les mêmes résultats beaucoup plus rapidement avec le nouveau module; il sera dorénavant utilisé pour ce genre d'application. »

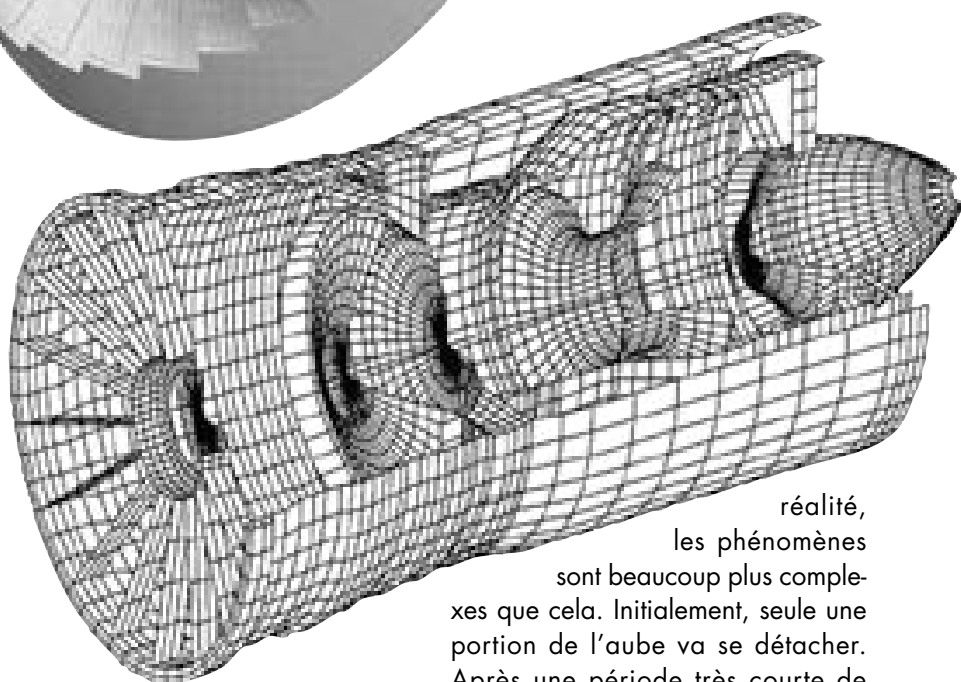
## Modéliser la perte d'aubes

Il y a un autre domaine pour lequel la Nasa collabore étroitement avec les fabricants de moteurs. Il s'agit du développement d'outils de simulation avancés pour le carénage du rotor et de simulation de perte d'aube (un test de ce type est obligatoire pour

une certification par la FAA). Un des aspects de la simulation consiste à s'assurer que les charges importantes dues au balourd provoqué par la perte d'aube ne se traduisent pas par des dommages du moteur ou l'appareil. Ce type d'analyse nécessite des modèles de grande taille et très complexes. Dans la mesure où il s'agit d'un test réhibitoire, un échec signifie que le modèle doit être redimensionné et le cycle répété, un processus long et très coûteux. « Une analyse de type FBO permet de savoir ce qui se passe lorsqu'une aube est libérée dans le moteur » indique Charles Lawrence.



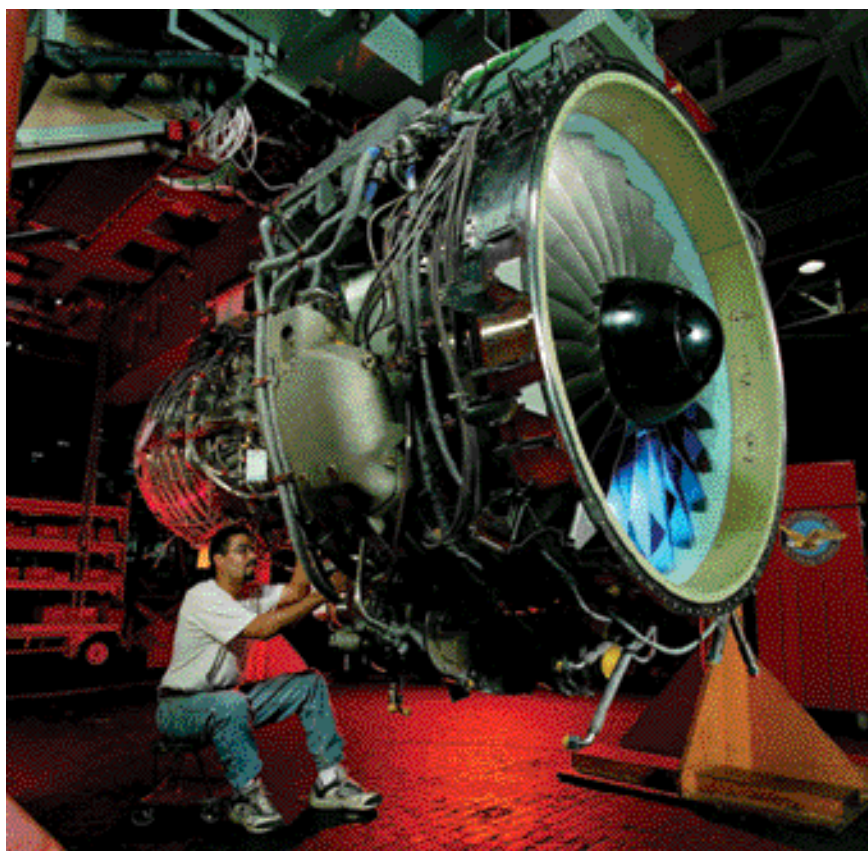
Exemple de modélisation d'un rotor et de la partie fixe d'un moteur. (Doc. MSC Software)



réalité, les phénomènes sont beaucoup plus complexes que cela. Initialement, seule une portion de l'aube va se détacher. Après une période très courte de

nouveaux morceaux d'aube vont se séparer et casser progressivement les aubes voisines. Simultanément, la vitesse du rotor peut aussi changer, puisque le moteur peut être arrêté. « Ces caractéristiques ont été implémentées dans le code proposé par MSC software permettant ainsi de simuler un schéma complexe de perte d'aube en régime variable » rapporte Charles Lawrence.

La Nasa travaille également sur un autre domaine parallèlement aux simulations FBO, le remplacement des roulements conventionnels des moteurs d'avions et machines turbo par des paliers magnétiques. Les paliers magnétiques sont « actifs » permettant ainsi l'ajustement de leur raideur et de leur amortissement en temps réel, ce qui aide à compenser les charges issues d'une perte d'aube. « Nous construisons des bancs d'essais pour valider cette approche. Nous concluons nos tests



Les essais grandeur nature de moteurs tels que ce Pratt & Whitney peuvent être optimisés par les simulations numériques spécifiques à l'aide du nouveau module MSC Nastran.



L'un des tests les plus complexes est la simulation d'une perte d'aube et des dommages résultants.

par des essais grandeur nature. Nous pensons que ce nouveau module sera d'une grande aide dans l'accomplissement de ces tâches. » Jusqu'à présent, la plupart des ingénieurs ont travaillé sur des bancs d'essai au sol et sur des modèles de dynamique des rotors à palier magnétiques relativement simples.

« Grâce aux nouvelles fonctionnalités de ce code de calcul, nous sommes en mesure d'intégrer les paliers magnétiques dans un modèle de simulation détaillé (moteur + structure), et donc de mesurer leurs performances dans des conditions de vol réalistes. »

Le bilan d'utilisation de ce module est donc particulièrement positif puisque selon la Nasa il a permis de gagner à la fois en qualité et en masse sur les nouveaux développements. Il permet également de raccourcir le cycle de conception et les temps d'essais, donc les coûts finaux.

Comme l'explique Charles Lawrence, « nous sommes amenés à étudier des modèles de plusieurs millions de degrés de liberté. Il était totalement inimaginable et impossible de réaliser ce type d'analyse sur des modèles aussi gros. MSC.Nastran est à notre connaissance le seul code en mesure de traiter des modélisations de cette taille et de les réduire à une échelle plus raisonnable, tout en garantissant la qualité des résultats. C'est pour nous la solution d'avenir pour dimensionner les systèmes propulsifs aéronautiques. » □