

Quand le chaud se mélange au froid...

Pour comprendre les phénomènes d'écoulements fluides au sein de systèmes de traitement d'air, l'instrumentation classique sur banc peut être extrêmement coûteuse et avantageusement remplacée par l'analyse numérique.

La complexité de l'aérodynamique interne

Groupe international d'origine suisse, Liebherr s'est taillé une place solide depuis sa création en 1949

de prélèvement d'air pour l'industrie aéronautique. C'est cette dernière activité à laquelle se consacre sa filiale toulousaine Liebherr Aerospace. L'entreprise propose différents systèmes qui assurent le prélèvement d'air sur les moteurs, l'anti-

givre de maîtriser parfaitement les écoulements d'air et où les logiciels d'analyse de mécanique des fluides (CFD) prennent toute leur place.

Grégoire Hanss est responsable des activités aérodynamiques et acoustiques au sein d'un service de six experts métier. C'est donc l'aspect aérodynamique interne qui est étudié. Pour cela, le bureau d'ingénierie s'appuie soit sur des tests physiques, coûteux et complexes à mettre en œuvre, soit sur des codes de CFD du commerce. Ces ingénieurs interviennent sur tout le cycle de vie des produits, de manière transverse. Leur tâche principale est d'assister le bureau de études dans la conception de nouveaux produits, mais ils sont également sollicités pour des études internes de R&D, voire pour l'analyse d'équipements déjà en service. Ce dernier cas de figure est assez atypique, mais illustre l'intérêt du numérique pour la re-conception des produits.

Vers une chaîne numérique intégrée ?

Deux logiciels de CFD sont essentiellement utilisés par l'équipe de Toulouse : Star CCM+ de CD adapco et un outil métier de l'éditeur belge Numéca. Le premier est employé pour des analyses générales et permet de calculer les pertes de charge, de visualiser le mélange des fluides, les efforts aérodynamiques sur certaines zones, ou encore de déterminer le meilleur emplacement pour un capteur physique dans le cadre d'un essai physique. « En ce qui concerne les turbos machines, nous réalisons leur pré-dimensionnement grâce à un logiciel américain reposant sur des « lois 1D », puis nous passons à une solution spécialisée de Numéca pour le calcul multi-étages. Les résultats sont ensuite transférés dans Star CCM+ pour l'analyse des entrées et des sorties de fluides. L'idéal serait bien entendu d'intégrer ces différents codes au sein d'une même solution, mais ce chaînage n'est pas encore d'actualité » explique G. Hanss. Les géométries sont récupérées depuis Catia V5 en



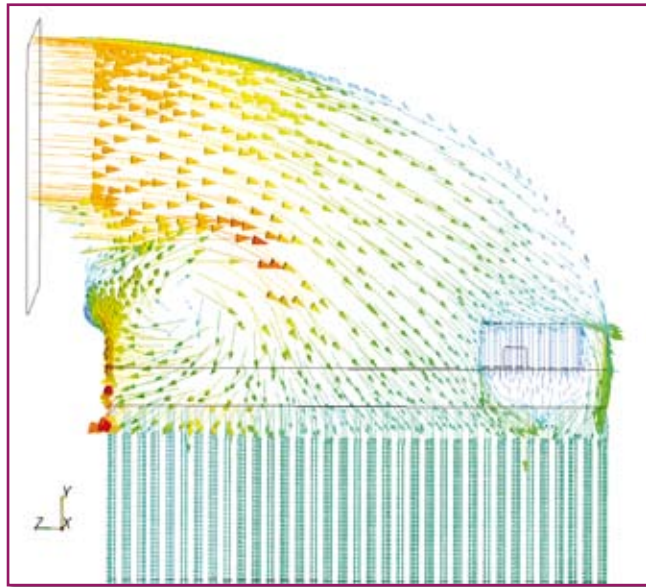
Exemple de pack de conditionnement d'air développé par Liebherr. Complexité et compacité rendent difficile une instrumentation d'analyse physique.

dans le domaine des engins de construction. Son activité s'est également diversifiée avec aujourd'hui la production de commandes de vol, de trains d'atterrissage et de systèmes de climatisation et

givrage des voilures, le refroidissement de l'électronique de bord, ou encore le conditionnement et la distribution de l'air dans la totalité de l'avion. Des équipements où il est néces-

IGES et non en natif. Deux raisons à ce choix. « D'une part pour éviter d'avoir à payer une « licence native » à Dassault Systèmes, et d'autre part parce que tous nos calculs de CFD sont exécutés sous environnement Linux. C'est une volonté de l'entreprise de conserver ce système d'exploitation, plus stable pour le calcul que Windows. Et puis cela nous permet de conserver deux réseaux totalement distincts. Ce qui ajoute un niveau de sécurité supplémentaire. Pour les calculs de structure assurés par un autre département, la préparation des maillages est en revanche effectuée sous Ideas Windows, et les calculs sous Nastran NX, donc sous Linux. Là encore, il n'y a aucun problème de transfert de données géométriques. Nous avons établi des règles avec les projeteurs pour que ceux-ci nous fournissent des fichiers conformes à nos besoins et qui ne demandent donc plus de réparations. »

La gestion des données de calcul est une problématique d'actualité touchant la quasi-totalité des industriels travaillant pour des secteurs tels que l'aéronautique ou l'automobile. Peu ont résolu ce problème émergent. Chez Liebherr Aerospace, la gestion des données est confiée à SmarTeam, mais uniquement pour les documents projets. Cela signifie qu'il n'existe pas de système d'indexation et de recherche multicritères des données calcul. Cependant, chaque simulation donne lieu à la rédaction d'une note de calcul rattachée au produit et l'ensemble (géométrie



Analyse CFD au travers d'une « ram air inlet » (entrée air située sous l'avion) visant à fournir de l'air pour les passes froides des échangeurs (air-air, croisé).

CAO, environnement de calcul, itérations, résultats...) est stocké sur disques durs ou DVD. Consciente de cette déperdition, l'entreprise envisage de mettre en place un outil maison s'appuyant sur une base de données et autorisant une réelle valorisation des calculs et simulation stockés.

La CFD : moins chère, plus rapide

L'intérêt de la simulation numérique pour Grégoire Hanss est incontestable. Exemple pratique sur une « boîte de mélange » devant distribuer l'air conditionné dans la cabine et dans le cockpit de l'avion. Difficulté du système ? Maintenir une température équivalente sur les cinq sorties d'air. « Pour vérifier le fonctionnement du produit déjà dessiné, nous avons réalisé une étude sur différents régimes de fonctionnement. Le résultat montra clairement que nous étions hors limites de

cahier des charges. Nous ne pouvions modifier la forme extérieure de l'ensemble, mais il était possible de placer en interne des parois favorisant le mélange des fluides. Cinq itérations de calcul-design avec Star CCM+ ont été effectuées jusqu'à obtenir satisfaction. Nous avons en parallèle fabriqué la boîte initiale pour vérifier sur banc les dysfonctionnements constatés numériquement. La corrélation entre essais physiques et essais numériques montra moins de 1° d'écart de température, et a mis en évidence la différence trop élevée des températures aux cinq sorties. Nous avons mené la même campagne, mais avec la boîte modifiée et constaté la même corrélation test-calcul, et cette fois-ci des températures de sorties très proches les unes des autres. L'étude numérique n'a demandé qu'une dizaine de jours. Deux mois de test auraient été nécessaires pour obte-

nir le même résultat à l'aide d'une technique classique d'instrumentation, avec un coût quatre à cinq fois plus élevé ! Car une étude réelle requiert la disponibilité d'un banc de test, des temps de montage/démontage et d'essais très longs, la fabrication des déflecteurs en plusieurs versions pour faire des comparaisons, sans compter les ressources énergétiques élevées pour alimenter en air chaud et froid les entrées » explique G. Hanss.

Les limites de la CFD

« Les outils de simulation CFD que nous utilisons sont très performants, mais sont encore limités sur deux points. Le premier : le bruit aéroacoustique survenant sur des vannes par exemple est difficile à modéliser, or les tests réels sont très coûteux. Seconde limite technologique, la simulation de l'arrachement des gouttes d'un film d'eau sous l'effet d'un courant d'air. Nous rencontrons ce type de problématique dans les systèmes de séparation air-eau et nous sommes également contraints d'utiliser des bancs de test. Les systèmes de traitement d'air sont en effet compacts et il est parfois difficile ou impossible de placer les différents regards nécessaires à l'analyse PIV (Particules Image Vélocimétrie). Cette technique peut être aussi performante que l'analyse numérique, mais son coût et sa complexité en font davantage un outil de corrélation qu'un outil de mesure » conclut G. Hanss. ■