

Safran Aircraft Engines

Essais de haut vol sur une cage en composite

Safran Aircraft Engines envisage d'alléger un roulement de ligne d'arbre moteur de son moteur Leap en le dotant de billes en céramique et d'une cage en composite. Le concept a été validé sur un banc d'essais dédié du Cetim, qui a préalablement développé un système sophistiqué de télémessure complètement intégré à la cage.

Le moteur Leap met le monde de la production aéronautique en ébullition. Choisi par les plus grands avionneurs mondiaux, il équipe l'Airbus A320neo, le Boeing 737-MAX et le Comac C919. Entré en service commercial en août 2016, il totalise plus de 16000 commandes et intentions d'achats. Jamais un moteur d'avion n'a connu une aussi rapide progression en termes de commandes. Si le Leap connaît un tel

engouement c'est que, grâce la combinaison des savoir-faire de ses concepteurs Safran Aircraft Engines (SAE) et GE, il réduit significativement la consommation de carburant, les émissions de CO₂ et le bruit, tout en offrant la fiabilité des moteurs CFM. Cette nouvelle génération de moteur fait appel aux technologies de conception et de fabrication industrielles les plus avancées du moment : outils de modélisation et de simulation 3D

de dernière génération, usage de matériaux composites et d'alliages innovants, recours à la fabrication additive...

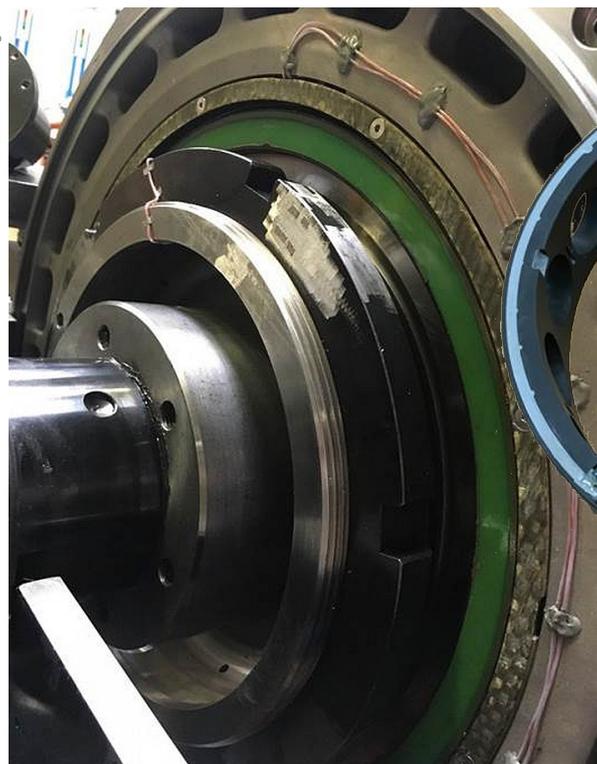
Un roulement hybride inédit

L'allègement de certains de ces composants clés participe notamment à la réduction de 15 % de la consommation de carburant. Le roulement de palier moteur en est la parfaite illustration. Pesant initialement une trentaine de kilogrammes pour 360 mm de diamètre, il

pourrait embarquer à l'avenir des billes en céramique d'environ 45 mm de diamètre. Résultat : une réduction de masse de près de 15 %. Mais les équipes R&D de Safran Aircraft Engines ne comptent pas s'arrêter en si bon chemin. Elles envisagent désormais d'équiper ce roulement hybride d'une cage en polymère renforcé en carbone. « *Ce qui est tout à fait inédit sur des gros roulements de ligne d'arbre moteur* », souligne Damien Tretollec, pilote concepteur roulement chez Safran Aircraft Engines. Objectif : réduire encore le poids du roulement d'une dizaine de pourcents et diminuer ses coûts de fabrication.

Des capteurs dans la cage

Les performances de la cage en composite ont dans un premier temps été validées par les outils de simulation. Elles devaient ensuite être confirmées par des essais dont les données expérimentales enrichiront les modèles numériques. Pour ces essais, SAE pouvait compter sur le banc dédié qu'il possède au Cetim, sur lequel le motoriste a déjà étudié en 2016 le comportement du roulement embar-



Le défi relevé par le Cetim : intégrer dans la bague en composite (ci-dessus) 6 jauges de contraintes, 16 capteurs de température et l'électronique de transmission sans fil des données.

“ Avec leur partenaire, les équipes du Cetim ont surmonté plusieurs problématiques techniques pour déployer une solution de télémétrie adaptée à nos exigences et mener à bien les essais qui nous ont permis de valider la tenue mécanique de la cage en composite et de récolter des données permettant d'améliorer nos modèles de simulation thermique et dynamique. ”

Damien Tretollec, pilote Concepteur Roulement, Safran Aircraft Engines

quant des billes en céramique. Mais cette fois, les essais nécessitaient la mise en œuvre d'une solution de télémétrie tout à fait inédite. Afin de mesurer les températures et les contraintes en différents points de la cage dans diverses configurations de fonctionnement, il était indispensable d'y embarquer les capteurs ainsi que l'électronique de conditionnement et de transmission sans fil. « C'est la première fois que nous instrumentons une cage de roulement. Nous avons l'habitude de déployer des systèmes de télémétrie. Mais dans ce cas de figure, nous disposons d'extrêmement peu de place. L'électronique devait quasiment se fondre dans la cage. C'était là un véritable challenge. Outre la difficulté de réaliser des mesures et de les transmettre depuis une cage en mouvement à l'intérieur de la bague, la solution de télémétrie devait supporter des conditions de fonctionnement extrêmement sévères », rapporte Valérie Sulis, ingénieure au Cetim. Il a d'abord fallu identifier à quels endroits intégrer les six jauges de contraintes et les seize capteurs de température ainsi que les cartes électroniques de conditionnement, d'alimentation et de transmission des données sans fil. « Nous avons déterminé par calcul les zones où nous pouvions installer

des capteurs sans perturber le fonctionnement de la cage et sans la fragiliser », indique le pilote concepteur roulement.

3 000 mesures par seconde

Le Cetim a alors étroitement collaboré avec un spécialiste en télémétrie, afin de concevoir les dispositifs électroniques pouvant s'embarquer sur la cage sans en gêner le fonctionnement, en préservant son intégrité et son équilibre malgré l'ajout de divers éléments. L'ensemble devait supporter des vitesses de rotation de 2400 t/min, des températures de 140 °C et des projections d'huile ! Les cartes électroniques (conditionnement, acquisition, alimentation par induction, transmission sans fil) ont été spécifiquement développées pour répondre aux exigences de cette application hors normes. La cage en composite a été soigneusement usinée afin de recevoir l'ensemble des composants de la télémétrie. Des chemins de câbles reliant les capteurs à leur électronique de conditionnement y ont également été creusés. Des antennes ont été intégrées à la cage en vis à vis d'une couronne, fixées sur la bague du roulement, assurant l'alimentation inductive et la réception des données de mesures. Il fallait néanmoins s'assurer que



© CFM International

Lancé en 2016, le moteur Leap équipe l'Airbus A320neo, le Boeing 737-Max et le Comac C919.

l'alimentation du système de télémétrie soit maintenue quels que soient les déplacements radiaux et axiaux de la cage. Par ailleurs, garantir la transmission sans fil de 3000 mesures par seconde via une antenne évoluant à 2400 tours par minute est une véritable gageure ! Dans ce contexte, l'équipe projet a su surmonter de nombreuses péripéties avant de finaliser le système de télémétrie par des essais de la cage à vide. Une fois la solution de télémétrie validée, la campagne d'essais du roulement complet avec sa bague en composite instrumentée a démarré.

De précieuses informations pour la suite

Une centaine d'essais ont été réalisés sur le banc du Cetim selon diverses configurations de fonctionnement en termes de vitesses et de charges ainsi

que de températures et de débit d'huile. « Nous avons ainsi validé la tenue mécanique de la cage en composite dans des conditions réelles de fonctionnement et obtenu de précieuses informations relatives aux variations des températures et des contraintes en différents points de la cage. Ce qui va nous permettre d'optimiser sa géométrie », note Damien Tretollec. De plus, les valeurs de température mesurées au sein de la cage tout le long des divers cycles de fonctionnement ont permis d'enrichir les modèles thermiques. Au final, SAE dispose de l'ensemble des données nécessaires pour remonter par calcul à la puissance dissipée par le roulement avec sa cage en composite et donc de déterminer sa performance. ■ YB

Contact : Valérie Sulis
09 70 82 16 80 – sqr@cetim.fr