

Résumé

Les travaux de recherche présentés dans ce manuscrit ont été réalisés au Laboratoire de Mécanique des Contact et des Structures (LaMCoS) à l'INSA de Lyon en partenariat avec Safran Helicopter Engines. Ils se sont déroulés dans le cadre du Consortium Industrie Recherche sur les Transmissions (CIRTrans) et ont été suivis de près par Alstom. Ils se concentrent sur la dynamique d'une transmission de puissance en présence de dégradations des engrenages et roulements qui la composent. Les endommagements de ces composants peuvent s'avérer critiques pour l'intégrité d'un moteur d'hélicoptère et doivent par conséquent être détectés le plus tôt possible afin d'éviter les interruptions de mission et d'optimiser le planning de maintenance de l'appareil. Cette thèse propose un modèle dynamique d'une transmission et entre dans le détail du comportement des différents éléments. La modélisation est réalisée selon une approche phénoménologique de sorte qu'aucun phénomène n'est introduit sous la forme d'une excitation arbitraire et que tous trouvent leur source dans les interactions mécaniques des différents solides entre eux. Le modèle d'arbre se base sur une discrétisation éléments finis à une dimension sous la forme d'éléments de poutre de Timoshenko dont les six degrés de liberté de chaque nœud sont conservés. En particulier, la position angulaire comprend à la fois la rotation de corps rigide et les effets de torsion, ce qui permet d'obtenir la vitesse instantanée réelle de l'arbre et la relation angle-temps. Les roulements et engrenages sont quant à eux introduits comme des torseurs de liaison reliant entre eux deux nœuds du système discrétisé. Ceci permet un couplage fort entre ces deux types d'éléments et évite de devoir recourir à tout type de linéarisation. Les modèles implémentés permettent la prise en compte de plusieurs types d'endommagements et leur validation a été effectuée sur la base d'outils numériques certifiés. En outre, une attention particulière est accordée aux phénomènes locaux susceptibles d'influencer les variations de vitesse de rotation instantanée. Dans ce but, des modèles originaux ont été développés pour les contacts hors ligne d'action et les effets convectifs de flexion à l'engrènement ainsi que pour les contacts partiels des éléments roulants sur un écaillage dans un roulement

Plusieurs simulations du comportement dynamique d'une transmission complète ont été effectuées afin de permettre l'étude des différents composants dans des conditions de fonctionnement variées. L'étude de la transmission est réalisée à travers la vitesse instantanée de rotation plutôt que sur la base des signaux vibratoires classiques explorant ainsi de nouvelles voies de transfert. De plus, l'observation est faite dans le domaine angulaire plutôt que temporel afin de tirer profit des régimes transitoires dans l'étude des éléments à périodicité cyclique. Il apparaît que l'étude de phases d'accélération ou de décélération constituent des conditions idéales afin d'isoler les signatures de roulement et engrenage de la réponse impulsionnelle du système. Elles se substituent donc aux méthodes de déconvolution classiques. L'influence du régime nominal et des chargements sur la signature des roulements et des engrenages est analysée. De plus les interactions existantes entre ces deux types d'éléments sont mises en évidence et l'intérêt de leur modélisation et de leur étude est discuté. Pour finir les signatures des différents endommagements envisageables sur la transmission sont caractérisées afin de permettre la détection de ceux-ci sur des signaux issus de transmissions en conditions de fonctionnement réelles. Ces travaux proposent donc d'une part un modèle phénoménologique d'une transmission capable de fournir des signaux réalistes et utilisables afin de tester des méthodes de traitement de signal et d'autre part de bonnes pratiques de surveillance complémentaires ou alternatives aux méthodes utilisées dans la littérature.

Mots clés : Vitesse instantanée, simulation, surveillance, diagnostic, roulements, engrenages, approche angulaire, non-stationnaire