Étude des pertes de puissance associées au lubrifiant dans les transmissions mécaniques

Yann MARCHESSE

Résumé des activités de recherche du manuscrit d'HDR

Ce mémoire présente les résultats développés au sein du LabECAM, laboratoire de recherche d'ECAM LaSalle (campus Lyon), dans le domaine des pertes de puissance associées au lubrifiant dans les transmissions mécaniques. La qualité de la lubrification des transmissions mécaniques est d'un intérêt majeur, à la fois pour assurer un rendement satisfaisant mais aussi pour atteindre une durée de vie élevée. Il est donc important de prévoir correctement les pertes de puissance liées à l'utilisation du lubrifiant dans une phase de prédimensionnement de la transmission. Ce travail de recherche s'inscrit pleinement dans la volonté de mieux comprendre l'origine de ces pertes afin de proposer des modèles adaptés. Des approches à la fois numériques et expérimentales sont développées à cet effet.

Le premier chapitre s'intéresse aux pertes aérodynamiques, aussi appelées pertes par ventilation, générées par des roues dentées en rotation. Une étude numérique, de type CFD, est tout d'abord employée pour évaluer ces pertes puisque les modèles existants montrent des contradictions sur les valeurs. Pour cela, une méthode simplifiée est proposée et est validée par comparaison des pertes prévues par l'approche numérique avec celles mesurées dans des configurations identiques. Les valeurs numériques des pertes et des débits éjectés par les dents sont ensuite utilisées pour proposer un modèle basé sur une analogie avec des pompes rotodynamiques. Cette démarche est aussi appliquée au cas des roues à denture hélicoïdale. La dernière partie du chapitre s'intéresse à des moyens de réduction des pertes par ventilation. Des réductions significatives des pertes sont observées dès lors que des flasques sont positionnés à très faible distance des flancs. Une autre méthode, basée quant à elle sur la modification de la géométrie de la dent par l'ajout d'une rampe sur son flanc, est proposée et montre des réductions tout aussi élevées sans mettre en danger la pérennité de la roue. Néanmoins l'étude numérique met en évidence une géométrie de rampe dont il ne faut pas s'éloigner sans quoi les bénéfices ne sont plus présents.

Le deuxième chapitre s'intéresse aux pertes de puissance par barbotage présentes dans les transmissions mécaniques dès lors que leur lubrification est assurée par un bain d'huile placé au plus bas du carter. La première approche, expérimentale, met en évidence la difficulté à relier le phénomène d'aération du bain d'huile à la permittivité et à la solubilité de l'huile comme cela avait été proposé lors d'une étude doctorale précédente. Une deuxième

approche, numérique cette fois-ci, est employée et ne permet pas de retrouver de façon satisfaisante le couple résistif que subit la roue et le débit d'huile qu'elle éjecte. Ensuite, et dans le cas d'une denture spiro-conique, l'effet de ventilation est mis en évidence pour des vitesses de rotation élevées ce qui conduit à une modification du modèle des pertes par barbotage pour ce type de denture. Enfin, des expériences menées sur des niveaux d'immersion très faibles montrent que les pertes par traînée ne correspondent pas forcément à celles du phénomène de barbotage seul.

Enfin, le troisième chapitre s'intéresse aux pertes par traînée dans les paliers à éléments roulants. Une méthode numérique est proposée permettant d'estimer la valeur numérique du coefficient de traînée d'une bille placée dans un environnement, géométrique et dynamique, réaliste vis-à-vis de la cavité d'un palier. Le modèle est alors utilisé pour étudier l'influence de plusieurs paramètres, tels que la distance relative entre les corps roulants, l'épaisseur et le type de cage, sur le coefficient de traînée. Enfin, un banc d'essais est utilisé pour l'étude des pertes par traînée d'un roulement radial à gorge profonde et lubrifié par barbotage. On note d'une part des pertes d'autant plus élevées que le niveau d'immersion est important, et d'autre part deux régimes d'écoulement dans la cavité du palier selon la valeur numérique du volume qu'occupe l'huile dans la cavité comparativement à un volume critique. Le modèle des pertes est alors modifié en adaptant les propriétés physiques du fluide autour des corps roulants et la surface de référence dans la formulation du coefficient de traînée.