

Introduction générale

L'étude conduite et présentée ici constitue une étape supplémentaire dans le souhait du Centre National d'Etudes Spatiales et de ses partenaires industriels de maîtriser la lubrification fluide pour des mécanismes embarqués. Les critères de sélection étant de plus en plus sévères et la durée des missions allant croissant, les phénomènes physiques qui régissent l'apport et le maintien du lubrifiant dans le mécanisme (engrenage, roulement à billes, ...) et son comportement dans le contact ont besoin d'être identifiés afin d'en acquérir la maîtrise.

En particulier, le maintien et l'apport en lubrifiant fluide d'un système s'appuient sur des structures poreuses imprégnées d'huile. Le comportement de ce fluide tant à l'intérieur de ces structures que lorsqu'il en est extrait dépend de la mouillabilité, de la rugosité et de la propreté de la surface sur laquelle il se trouve, mais aussi des sollicitations auxquelles il est ensuite soumis (température, cisaillement, vide secondaire, ...).

Ce travail s'inscrit donc dans un contexte général de compréhension des phénomènes physiques qui interviennent dans la mise en œuvre de la lubrification fluide d'un mécanisme spatial. L'étude se rattache au cas particulier d'un roulement à billes, notamment la cage et le lubrifiant. Cette recherche fait appel à deux disciplines que sont la rhéologie et la physico-chimie et elle se décompose en deux niveaux d'observations.

La première échelle est avant tout globale et vise à déterminer :

- comment un lubrifiant peut être emmagasiné dans une structure poreuse et les moyens dont on dispose pour l'en extraire lorsque le besoin s'en fait sentir,
- comment certains revêtements peuvent l'empêcher de s'étaler sur des surfaces non fonctionnelles en le confinant dans les zones tribologiques,
- quelles sont ses caractéristiques rhéologiques dans des conditions sévères de cisaillement.

Il s'agit donc essentiellement de phénomènes et de caractéristiques physico chimiques ou rhéologiques tels que la capillarité, la mouillabilité, l'écoulement de fluides.

La deuxième échelle est plus locale et s'attache aux aspects moléculaires :

- quels sont les facteurs qui affectent la pérennité du contact et des lubrifiants,
- quelles sont les interactions chimiques entre les composés et leurs incidences,
- de quelle manière le lubrifiant s'organise-t-il dans le cas de très faibles épaisseurs ?

Dans un premier chapitre, nous présentons rapidement la lubrification fluide et son application au domaine spatial. Son intégration dans les roulements est également évoquée. Nous abordons ensuite la problématique de l'étude et la manière dont nous l'avons conduite.

Le second chapitre est consacré à la préparation des surfaces avant lubrification. L'éradication des solvants chloro fluoro carbonés (CFC) a conduit à la recherche et à l'évaluation de remplaçants. Nous procéderons à l'analyse détaillée des solutions de remplacement dans une première partie. La deuxième traitera des méthodes employées pour l'évaluation de trois remplaçants et des résultats obtenus.

L'étude rhéologique, décrite dans le troisième chapitre, porte sur deux huiles les plus utilisées en ambiance spatiale. Après un rappel bibliographique, nous présenterons le comportement de ces lubrifiants à fort taux de cisaillement. Leur aptitude à générer des films élastohydrodynamiques dans des conditions réalistes de contact constitue le second aspect du

travail expérimental réalisé dans cette partie. Nous en déduisons leur rhéologie à des taux de cisaillement plus élevés que ceux de la première partie.

Dans le domaine spatial, le confinement d'un lubrifiant s'appuie essentiellement sur l'utilisation de revêtements non mouillants, appelés films barrières, qui constituent l'objet du quatrième chapitre. Outre les produits potentiels et leur mode d'action, les interactions chimiques avec les lubrifiants y seront évoquées, évaluées et analysées.

Le cinquième chapitre porte sur l'utilisation de structures poreuses pour l'apport en huile d'un contact lubrifié. Un rappel bibliographique permettra de faire un état de l'art sur les phénomènes physiques qui permettent la libération du fluide et les matériaux poreux employés. Nous terminons par la sélection des structures poreuses utilisées dans notre étude et leurs caractérisations. La seconde partie traite des conditions et des méthodes d'imprégnation des milieux poreux. L'effet des rugosités d'un substrat, d'un gradient de température, de la centrifugation et les échanges au sein des cages poreuses seront alors étudiés. L'objectif sera d'évaluer et de chiffrer, expérimentalement et numériquement, l'apport de ces réservoirs poreux dans la lubrification d'un mécanisme spatial.

La conclusion générale synthétisera l'ensemble des résultats obtenus au cours de cette étude. Nous avancerons quelques perspectives, notamment à propos de tests de durée de vie de roulements. Nous terminerons par quelques solutions technologiques qui semblent envisageables pour des mécanismes simples.