

Résumé

En aéronautique, l'optimisation du fonctionnement des freins de roue nécessite qu'ils aient des comportements tribologiques qui décélèrent progressivement les avions tout en maximisant l'endurance des freins. Ces comportements sont obtenus par le biais d'empilements de disques en composites carbone-carbone situés dans la jante de chaque roue qui, mis en contact par l'action d'une couronne hydraulique, transforment, emmagasinent puis restituent l'énergie de freinage. La jante, la couronne hydraulique (mécanisme), les disques (premiers corps) et le film intercalaire (troisième corps) constituent le triplet tribologique qui gouverne le freinage. Du fait du confinement du "contact" entre les disques d'une part, et entre les disques et la jante d'autre part, la compréhension locale des phénomènes énergétiques (conversions thermo-mécaniques) opérant pendant le freinage, nécessite un découplage des phénomènes tribologiques mis en jeu, en particulier au niveau de la "peau" des premiers corps et du troisième corps (échelle locale). Le découplage, difficile à établir expérimentalement, est réalisé dans cette étude par une modélisation numérique la plus réaliste possible des circuits tribologiques thermo-mécaniques activés (flux de matière et d'énergie). Cette dernière est obtenue en enrichissant la méthode des éléments discrets afin de prendre en compte les arrangements locaux des constituants des premiers et troisième corps. Ces enrichissements sont confrontés numériquement et expérimentalement, à l'aide d'une "boîte granulaire" instrumentée, puis exploités pour analyser les réponses thermo-mécaniques des premiers et troisième corps. Les analyses suggèrent qu'une "dégradation seuil" des premiers corps engendre des arrangements locaux aux comportements thermo-mécaniques singuliers, même si l'énergie globale appliquée (pression \times vitesse) est constante. Par exemple, les constituants du troisième corps induisent des phénomènes conservatifs tels que la formation de "rouleaux thermiques" liée à la recirculation locale du troisième corps, et des phénomènes dissipatifs tels que la conduction de la chaleur par le biais des hétérogénéités (paquets de fibres) des premiers corps. Les arrangements locaux, les endommagements, ... peuvent être caractérisés par des mesures numériques de résistance thermique de contact qui résultent de la compétition entre des énergies à l'échelle locale et des énergies à l'échelle globale (mécanisme). Cette résistance permet de distinguer dans les bilans d'énergie thermo-mécaniques, en plus des phénomènes dissipatifs bien connus, les phénomènes conservatifs qui amènent le triplet tribologique vers un équilibre. Dans le cas du freinage, l'équilibre est conditionné par le choix des arrangements qui restreignent l'usure (phénomènes conservatifs), et de ceux qui maximisent l'évacuation de la chaleur hors du contact (phénomènes dissipatifs).

-
-

Titre traduit

Thermo-mechanical response of tribological interfaces : The case of aircraft braking

-

Résumé

In aeronautics, optimizing the operation of wheel brakes requires tribological behaviors which gradually decelerate aircraft while maximizing endurance brakes. These behaviors are obtained through stacks of carbon-carbon composite discs located in the rim of each wheel which, brought into contact by action of pistons housing, transform, store and restore the braking energy. Rim, pistons housing (mechanism), discs (first body) and the separating film (third body) constitute the tribological triplet governing braking. Due to confinement of the "contact" firstly between discs, and secondly between discs and rim, the local understanding of energetical phenomena (thermo-mechanical conversions) operating during braking, requires a decoupling of tribological phenomena, especially at the scale of "skins" of the first body and third body (local scale). Such decoupling, experimentally difficult to operate, is performed in this study by a more realistic numerical modeling of activated tribological thermo-mechanical circuits (matter and energy flows). The modeling is obtained by enriching a discrete element method in order to take into account the local arrangements of the first and third body constituents. These enhancements are numerically and experimentally compared, using a "granular box" instrumented and used to analyze thermo-mechanical responses of first and third bodies. Analyses suggest that a "threshold degradation" of first body generates local arrangements to singular thermo-mechanical behavior, even if the global applied energy (pressure \times speed) is constant. For example, constituents of third body induce conservative phenomena such as formation of "heat rollers" linked to local recirculation of third body, and dissipative phenomena such as heat conduction through heterogeneities (fiber bundles) of first body. Local arrangements, damaging, ... can be characterized by numerical measures of thermal contact resistance which result from competition between energies at local scale and energies at global scale (mechanism). This resistance becomes here a probe of local arrangements. It distinguishes in thermo-mechanical energy balances, in addition to well-known dissipative phenomena, the conservative phenomena that lead to the tribological triplet balance. In the case of braking, balance is determined by the choice of arrangements which restrict wear (conservative phenomena), and the ones they maximize evacuation of heat from the contact (dissipative phenomena).