

Tribologies et lubrification des systèmes mécaniques

1^{ère} cours

Chapitre 1. : Introduction.

1. Introduction

Le comportement des matériaux dont les surfaces de contact sont en mouvement relatif (contact dynamique) apparaît comme un élément essentiel. Selon leur ductilité ou leur fragilité, la nature de leur contact diffère énormément, et les lois de frottement et d'usure varient aussi. On peut dire que, si la mécanique est la science du mouvement, la tribologie est la science qui permet le mouvement.

2. Définition de la tribologie et lubrification

La tribologie est la science et la technologie de surfaces solides en contact; elle traite des multiples aspects de l'adhérence, du frottement, de la lubrification et de l'usure.

La lubrification permet de séparer les surfaces en contact par un film lubrifiant, et donc de limiter le frottement et l'usure.

La figure 1 décrit schématiquement les relations qui existent entre les trois aspects de la tribologie (le frottement, l'usure et la lubrification des surfaces de contact entre deux solides).

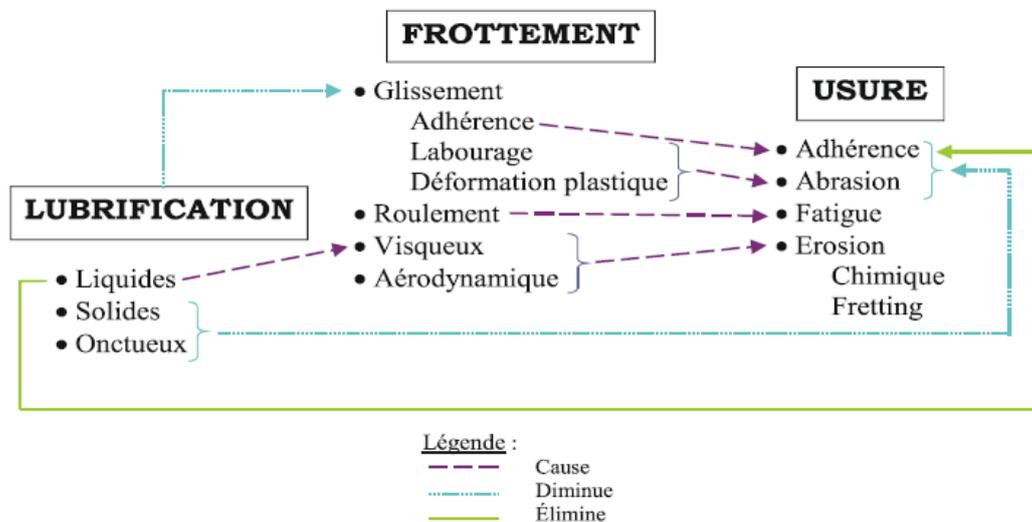


Figure 1 : Domaines d'étude de la tribologie.

3. Système tribologique

Un système tribologique se définit comme un système mécanique, formé de deux matériaux antagonistes en contact, animés de mouvements relatifs. Ces deux solides évoluent dans un milieu ambiant et peuvent être séparés par un film intercalaire appelé troisième corps.

La figure 2 représente deux solides *A* et *B* en contact (premiers corps) et le milieu interfacial *I* désigné sous le terme de troisième corps.

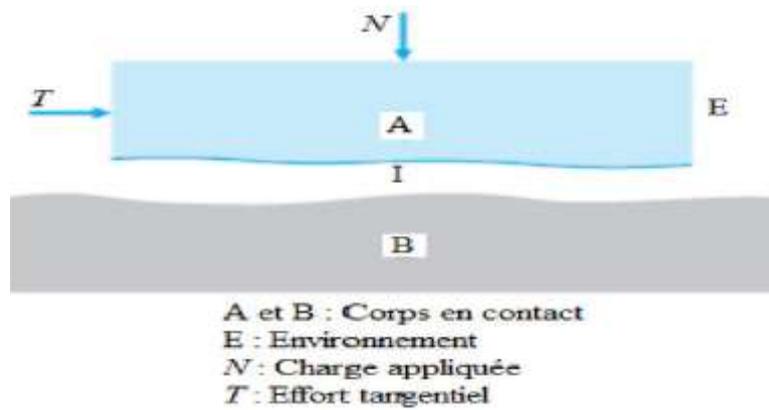


Figure 2 : Représentation schématique d'un système tribologique.

4. Circuit tribologique

Les particules de troisième corps adhèrent aux premiers corps à l'arrêt, mais lors du mouvement, les particules du troisième corps sont constamment en mouvement et sont soumises à des gradients de vitesse. Cette circulation de matière à l'intérieur et à l'extérieur du contact est définie sous le terme de circuit tribologique. Afin d'expliquer la circulation du troisième corps dans le contact, des débits, qui représentent la quantité de troisième corps circulant pendant un temps donné, sont décrits et constituent le circuit tribologique (figure 3). Ce circuit décrit les débits activés lors du frottement entre deux premiers corps.

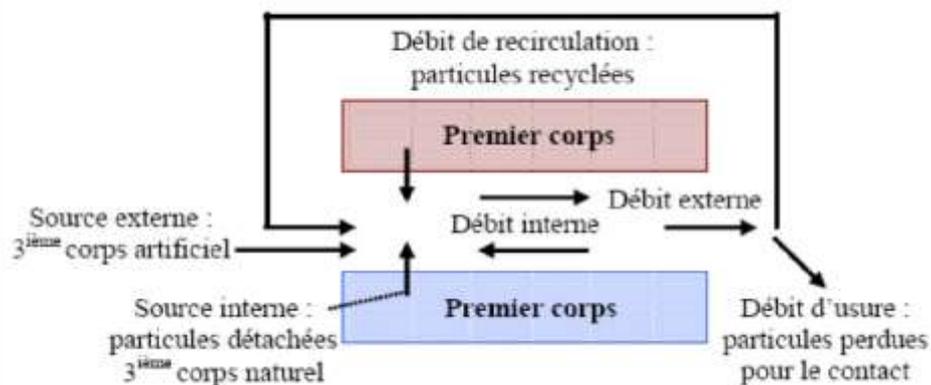


Figure 3 : Représentation schématique du circuit tribologique dans le cas d'un contact entre deux solides.

5. Tribo-systèmes

Généralement, les dispositifs tribologiques peuvent être classés en deux familles : les tribo-systèmes fermés et les tribo-systèmes ouverts. Ils sont tous basés sur le même principe. Il s'agit de l'application d'une charge à l'aide d'un pion sur le matériau à tester.

5.1. Tribo-systèmes fermés

Dans ce type de tribomètre, le pion frotte sur la même piste pour tester sa résistance à l'usure. En effet, ces dispositifs recyclent la surface de contact. Des débris issus de l'usure entraînent la formation d'un troisième corps. Donc, pour évaluer un coefficient de frottement apparent entre le pion et le disque, il est primordial de ne considérer que les mesures effectuées au début de l'essai. Autrement dit, les mesures ne sont valables qu'avant la dégradation de la surface.

5.2. Tribo-systèmes ouverts

Ces types de dispositifs recyclent la surface de contact. En effet, le pion frotte sur la même piste pour tester en générale sa résistance à l'usure. Des débris issus de l'usure entraînent la formation d'un troisième corps. Donc, pour évaluer un coefficient de frottement apparent entre le pion et le disque, il est primordial de ne considérer que les mesures effectuées au début de l'essai, c'est-à-dire avant la dégradation de la surface.

Ce type de dispositif, oblige le pion à frotter toujours sur une surface neuve pour surmonter les problèmes des systèmes présentés précédemment.

6. Tribomètres

Les tests tribologiques sont conduits à l'aide de tribomètres qui peuvent travailler à l'air ou sous atmosphère contrôlée, avec ou sans lubrifiant.

La figure 4 montre un exemple de tribomètre de laboratoire de type pion-plan à mouvement linéaire alternatif.

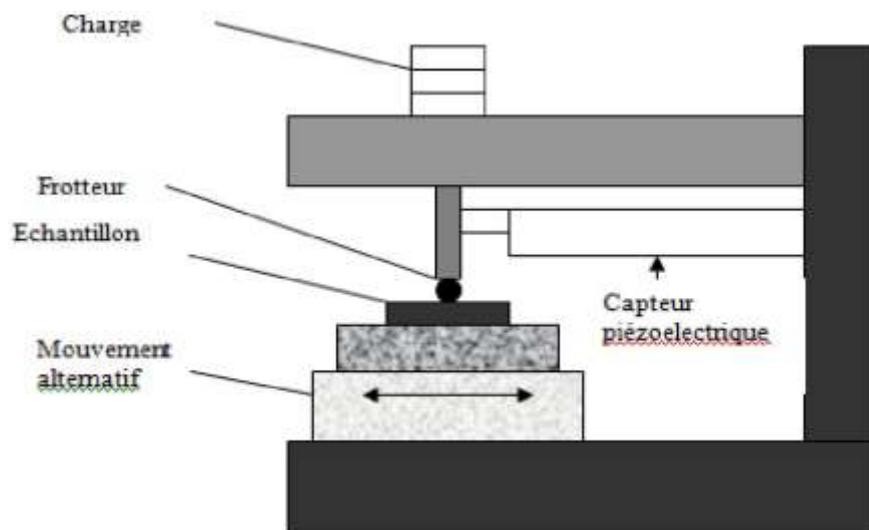


Figure 4 : Principe du tribomètre de laboratoire.

Les paramètres imposés sont généralement la charge appliquée, la vitesse de glissement et les conditions environnementales (taux d'humidité, atmosphère contrôlée : nature et pression des gaz introduits, etc.). Les grandeurs mesurées sont généralement la force de frottement, la température des surfaces, la résistance de contact et l'usure.

6.1. Tribomètre d'Hedenquist

La solution proposée par Hedenquist et al, consiste à donner un mouvement d'avance à un pion cylindrique (revêtu) qui frotte sur un cylindre rotatif en acier (figure 5). Dans cette configuration, le pion est continuellement en contact avec une surface nouvelle. Cependant, plusieurs améliorations peuvent être introduites à ce système pour se rapprocher des conditions de contact produites lors de l'usinage. Dans la configuration telle qu'il est conçu, le système ne permet pas une régénération de la surface de frottement comme dans le cas de l'usinage. De plus, la pression maximale autorisée ne dépasse pas 15MPa. En terme de facilité d'expérimentation, ce dispositif nécessite de régénérer la surface après chaque essai dans des

conditions très fines afin d'obtenir un état de surface négligeable devant les sillons générés par frottement. Ceci rend le temps de manipulation assez long. Enfin, la longueur des barres utilisables étant limitée et le pas de l'hélice étant grand, le temps d'essai est très limité.

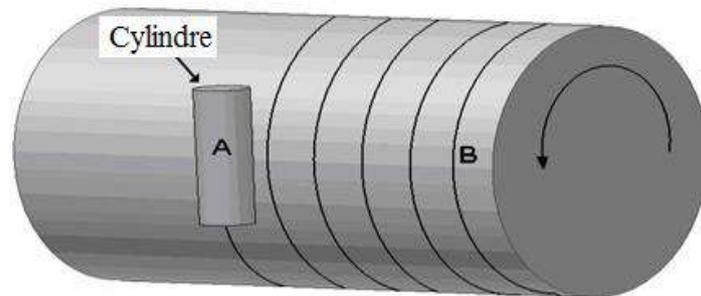


Figure 5 : Principe du tribomètre d'Hedenquist.

6.2. Tribomètre d'Olsson

En effet, un pion instrumenté (A) en effort est placé juste après un outil de coupe (C) qui va régénérer la surface de frottement (D). Ce dernier frotte sur une surface chimiquement activée. Les pressions locales sont de l'ordre 15MPa ce qui reste faible par rapport aux pressions en usinage ($> 1000\text{N/mm}^2$).

Le tribomètre d'Olsson présente également un inconvénient dû à l'outil de coupe qui régénère la surface (figure 6). En effet, l'outil introduit un flux de chaleur lié à l'action de coupe. Par conséquent, le pion frotte sur une surface possédant une température initiale différente de la température ambiante. De plus cette température initiale dépend de la vitesse de coupe (vitesse de frottement). La caractérisation du frottement par ce dispositif impose donc un dispositif complémentaire permettant de connaître la température initiale. A titre de comparaison, le dispositif de Hedenquist ne possède pas de tel problème.

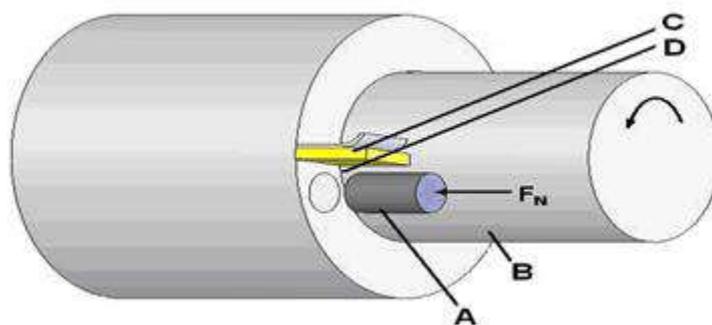


Figure 6 : Principe du tribomètre d'Olsson (A : Pion, B : Cylindre, C : Outil de régénération, D : Surface régénérée).

6.3. Tribomètre Grzesik

Grzesik et Zalisz ont développé un dispositif dérivé des cas classiques, permettant une longue distance de frottement afin de mesurer la résistance à l'usure des revêtements pour des outils de coupe. Ce dispositif utilise un contact cylindre (pion)-plan (pièce). Il donne en temps réel, les forces de frottement et l'usure linéaire du couple pion-pièce en fonction de la distance de glissement.

Ce dispositif permet de réaliser des essais de frottement avec des vitesses de glissement relativement élevées allant jusqu'à 180 m/min. Par contre les pressions sont insuffisantes pour simuler celles obtenues dans le cas de la coupe (environ 10MPa).

La figure 7 illustre le principe de ce tribomètre.

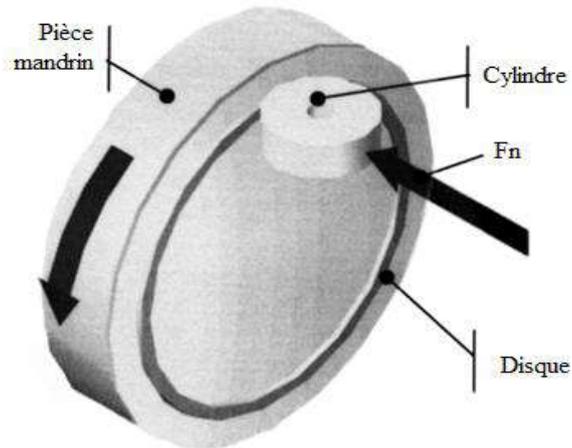


Figure 7 : Principe du tribomètre Grzesik.