

CHAPITRE V

DISPOSITIF UTILISE POUR TESTS TRIBOLOGIQUES

V.1. Introduction

Les tests tribologiques sont effectués à l'aide d'un dispositif appelé tribomètre. Il peut travailler à l'air sous atmosphère contrôlée ou sous vide, avec ou sans lubrifiant. Les paramètres imposés sont généralement de type mécanique, tels que la charge appliquée, la vitesse de glissement, la dureté 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, et par conséquent, le coefficient de frottement, la température des surfaces, l'état de surface de la piste d'usure et la perte de masse (l'usure). Parmi les tribomètres les plus utilisés, on cite :

V.2. Tribomètre pion-disque

Ce type de tribomètre est largement utilisé. Il consiste à créer un certain frottement par glissement entre deux pièces, l'une d'entre elles étant en général immobile.

La méthode la plus souvent utilisée est celle d'une tige qui s'appelle pion frottant sur un disque (pin-on-disk). Une force déterminée est appliquée sur le pion qui génère ainsi une piste circulaire sur la surface du disque. C'est d'ailleurs le principe utilisé dans le test standard de l'usure par l'ASTM.

Le tribomètre est constitué d'un ensemble d'organes comme l'indique la figure V.1.

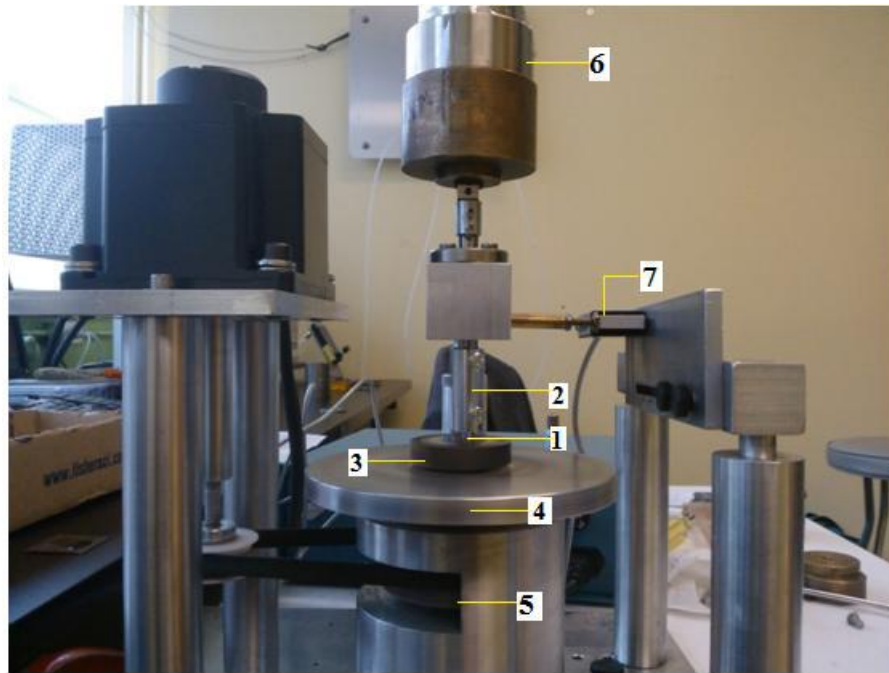
Le pion (1) utilisé est immobile pendant l'essai, de forme cylindrique. Il est logé dans un cylindre creux(2), considéré comme porte pion et fixé par deux trous à l'aide de deux vis

de blocage. Il est chargé contre un disque par des masses de poids variable. Le pion est aisément échangé par un autre échantillon, ou peut être enlevé pour permettre la mesure de

la perte de masse ou du changement dimensionnel produit à l'usure. Le disque (3) est animé d'un mouvement rotatif continu, fixé sur un support (4) qui tourne à des vitesses de rotation variables. La transmission de la puissance du moteur électrique au disque se fait à l'aide d'un réducteur de vitesses(5). La variation de la vitesse de rotation du moteur électrique est effectuée par un variateur de fréquence.

La force normale qui appui le pion sur le disque tournant est effectuée à l'aide des masses mortes (6) reposant sur un support au-dessus du pion.

La force de frottement produite dans le contact dynamique entre le pion et le disque est enregistrée dans une centrale d'acquisition durant l'essai en fonction du temps à l'aide d'un capteur de force (7). A partir des valeurs de la force de frottement, du rayon moyen de la piste de frottement du disque et la valeur de la force normale appliquée sur le pion, nous pouvons obtenir l'évolution instantanée du coefficient de frottement. L'acquisition des données se fait en continue grâce à une console d'acquisition branché sur un PC.



(1) Pion; (2) Porte-pion; (3) Disque; (4) Support; (5) Réducteur de vitesse; (6) Masses mortes de la charge normale; (7) Cellule de charge pour la force de frottement.

Figure V.1: Système de pion-disque.

V.3. Exemple pratique sur le frottement et l'usure

L'objectif de l'exemple suivant est d'étudier le frottement des surfaces de contact du couple de matériaux d'aciers (pion disque), la température à l'interface et l'usure.

Soit le couple suivant :

Le pion est une tige en acier 42CrMo4 de 6 mm de diamètre et 25 mm de longueur, à bout sphérique, de dureté 33HRC.

Le disque est un plateau circulaire de 50 mm de diamètre et 10 mm d'épaisseur, en acier C55, ayant une dureté 52HRC.

La figure V.2 montre le contact entre le pion et le disque et la piste d'usure résultante après l'essai de frottement.

Les essais sont effectués dans une atmosphère ambiante, chaque essai dure quinze minutes avec une vitesse linéaire de glissement 0,5m/s.

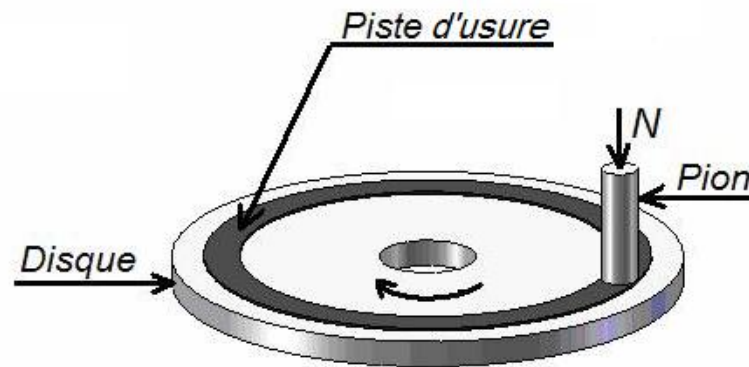


Figure V. 2 : Contact pion-disque.

Le tableau 1 suivant contient les valeurs du coefficient de frottement mesurées à l'état stationnaire du couple 42CrMo4/C55 en fonction de la charge normale appliquée.

Charge normale (N)	Coefficient de frottement μ
15	0,75
20	0,77
25	0,64
35	0,61

Tableau 1

Le tableau 2 contient les valeurs du taux d'usure du pion (42CrMo4) en fonction de la charge normale appliquée après frottement.

Charge normale (N)	Taux d'usure W ($10^{-12} \text{ m}^3 \text{ m}^{-1}$)
15	1.33
20	1.641
25	4.953
35	5.944

Tableau2

- Travail demandé

1) Représenter la courbe du coefficient de frottement du couple en fonction de la charge normale appliquée.

Que peut-on conclure ?

2) Représenter la courbe du taux d'usure du pion en fonction de la charge normale appliquée et que peut-on conclure ?

3) En utilisant le modèle d'Archard, déterminer la température à l'interface (pion-disque) au régime stationnaire et tracer la courbe de la température en fonction de la charge normale appliquée, sachant que :

$R_e = 800 \text{ N/mm}^2$: Contrainte de la limite d'élasticité du pion à la dureté 33HRC.

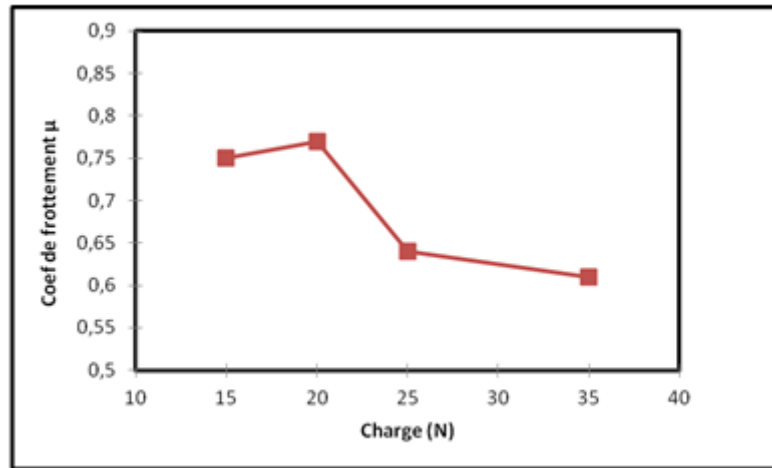
$C_p = 477 \text{ [J/kg}^\circ\text{C]}$: Chaleur spécifique du pion.

$\lambda = 46 \text{ [J.m/m}^2\text{.s.}^\circ\text{C]}$: Conductivité thermique du pion.

$\rho = 7850 \text{ [kg/ m}^3\text{]}$: Masse volumique du pion.

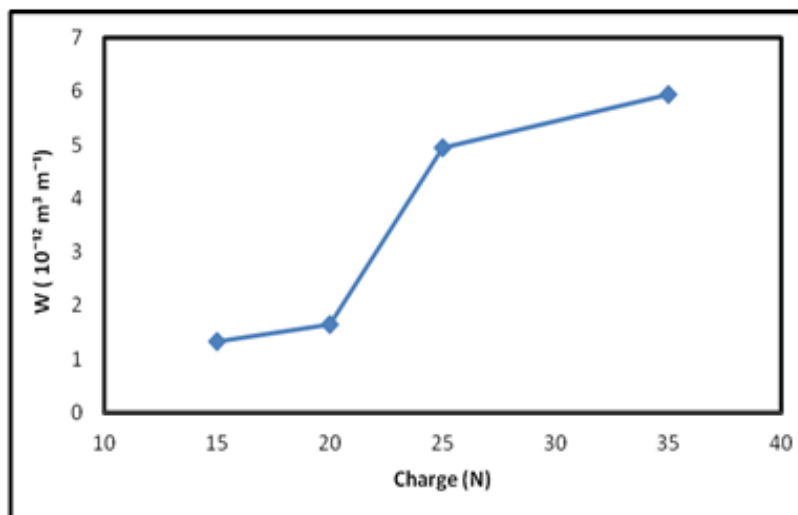
- Solution

1) Représentation de la courbe du coefficient de frottement du couple en fonction de la charge normale appliquée.



On peut dire qu'il y a généralement, une diminution des valeurs du coefficient de frottement avec l'augmentation de la charge.

2) Représentation de la courbe du taux d'usure du pion en fonction de la charge normale appliquée.



Le taux d'usure du pion augmente généralement d'une manière quasi linéaire avec l'augmentation de la charge normale appliquée.

Détermination de la température à l'interface (pion-disque) au régime stationnaire à l'aide du modèle d'Archard

Pour déterminer la température de contact du premier essai (charge normale = 15N et $\mu=0,75$), nous passons par les étapes suivantes :

- Calcul de surface réelle de contact des aspérités A_{ri}

$$R_e = 800 \text{ N/mm}^2 \quad P_e \approx 3R_e = 2400 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{ri} = \frac{N}{P_e}$$

$$A_{ri} = \frac{15}{2400} = 0,0062 \text{ mm}^2$$

- Détermination de la surface réelle de contact du pion A_r

$$A_r = A_{ri} \sqrt{1 + C \left(\frac{T_i}{N_i} \right)^2} \quad C=20$$

$$A_r = 0,0062 \sqrt{1 + 20(0,75)^2} = 0,0217 \text{ mm}^2$$

- Evaluation du rayon de la surface réelle de contact du pion a_p

$$a = \sqrt{\frac{A_r}{\pi}} \quad a = 0,083 \text{ mm}$$

- Détermination de la diffusivité χ

$$\chi = \frac{\lambda}{\rho \cdot C_p}$$

$$\chi = \frac{46}{7850.477} = 0,000012$$

Calcul de du nombre de Peclet L

$$L = \frac{V \cdot a}{2\chi}$$

$$L = \frac{0,5 * 0,083}{2 * 0,000012 * 1000} = 1,73$$

Coefficient de partage thermique α

$$\alpha = - 0,102 L + 0,86$$

$$\alpha = - 0,102 * 1,73 = 0,683$$

Evaluation de l'élévation de la température à l'interface $\Delta \theta_m$

Si $0,1 < L < 5$ on prend la relation :

$$\Delta \theta_m = \alpha \frac{Q_p}{4a.\lambda_p}$$

$$\Delta \theta_m = 0,683 \frac{5,62}{4 * 0,000083 * 46} = 251^\circ\text{C}$$

On refait les mêmes procédures de calculs pour avoir les autres résultats.

Le tableau suivant rassemblent après les calculs, les valeurs de la surface réelle de contact du pion a_{rp} , nombre de Peclet L , coefficient de partage thermique α et l'élévation de la température à l'interface des couples $\Delta \theta_m$ par modèle d'Archard en fonction de la charge normale.

Charge [N]	a_p [mm]	L	α	$\Delta \theta_m$ [°C]
15	0,083	1,73	0,683	251
20	0,097	2,02	0,653	282
25	0,100	2,08	0,647	281
35	0,116	2,41	0,614	307

- Traçage de la courbe de la température en fonction de la charge normale appliquée

