

# COMPORTEMENT A L'USURE D'UN COMPOSITE DE MATRICE THERMOPLASTIQUE (PEI) RENFORCEE PAR UN TISSU EN FIBRE EN CARBONE

R.Zenasni<sup>1</sup>, D.Ouinas<sup>1</sup>, M. Sahnoun<sup>1</sup>, A.Hebbar<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Département de Mécanique, Laboratoire de modélisation expérimentale et numérique des phénomènes mécaniques, Université de Mostaganem, Algérie

**Résumé** Ce travail de recherche porte sur l'analyse du comportement à l'usure d'un matériau composite de matrice thermoplastique, la poly-etherimide renforcé par un tissu en fibre en carbone. La caractérisation à l'usure s'est réalisée selon la norme ASTM E99, l'aide d'un système de pin on dis. Les essais d'usure ont été effectués des températures de 20 °C (ambiante), 50 °C, 100 °C et 200 °C. L'effet de la température est important du fait de son incrémentation, l'usure augmente, à l'exception à la température de 200 °C, où se produit une importante diminution, cette température est proche de celle de la transition vitreuse du polymère. Des photos SEM des surfaces usées ont été prises afin d'identifier le mode d'endommagement.

**Mots clés**-Tissu; matrice PEI; usure; température, SEM

## I. INTRODUCTION

Les matériaux composites sont largement utilisés dans l'industrie aéronautique, aérospatiale et en construction civile. Ces matériaux ont de bonnes performances mécaniques, de poids léger comparé aux matériaux métalliques. Un composite est formé d'une matrice organique renforcée par des fibres. Ces matériaux constitués des éléments structuraux, si ces éléments sont soumis à des mouvements, il se produit le phénomène de l'usure. Plusieurs études ont été menées sur les mécanismes de l'usure par glissement sur d'autres types de composites, Shön [1] a mesuré le coefficient de friction pour le cas de l'aluminium en contact avec un composite de résine époxy et des fibres en verre. Il a obtenu un coefficient de frottement initial de l'ordre de 0.23 et une valeur maximale

après usure de l'ordre de 0.68. De son côté, Reinicke et al [2] ont étudié le comportement tribologique de plusieurs matrices thermoplastiques renforcées par des fibres courtes en verre et de PTFE. Viswanath et al. [3] ont analysés l'effet de la fraction volumique en fibre et en matrice sur le comportement à l'usure d'un composite de matrice époxy renforcée par un tissu en fibre en verre. Srinah et Gnanamoorthy [4] ont étudié le comportement à l'usure du Nylon 66 sans et avec renforcement de fibre en verre et de fibre en carbone. Les essais ont été réalisés en utilisant différents types de chargement et de vitesses de glissement. Tous les essais ont été effectués à la température ambiante. De son côté, Quintelier et al. [5] ont effectués des essais d'usure entre un acier et un composite de matrice PPS renforcée par des fibres en carbone.

## II. PROCEDURE EXPERIMENTALE

### A. Matériaux utilisés

La Poly-etherimide est un polymère thermoplastique de hautes prestations mécaniques et thermiques a été utilisée sans et avec renforcement en fibre en carbone en forme de tissu 8H Satin pour la caractérisation à l'usure. Le composite est de fraction volumique en fibre de l'ordre de 54%. Le composite étudié a été fabriqué par l'entreprise Hollandise TEN CATE ADVANCED COMPOSITE. La figure 1, montre le type de tissu étudié.



Figure 1: Tissu 8H Satin en fibre en carbone

### B. Essai d'usure

L'essai d'usure a été réalisé selon la norme ASTM E99, sur un banc d'essai pin-on-disk. La figure 2, montre le schéma de fonctionnement du dispositif d'usure.

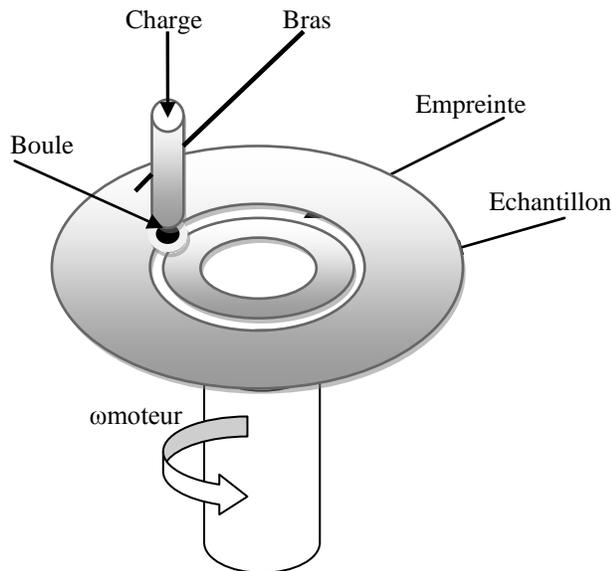


Figure 2: Schéma de fonctionnement de l'essai d'usure pin-on-disk

La boule utilisée est en acier ayant une dureté de l'ordre de 55 HRC. La vitesse de rotation est de l'ordre de 137 tr/min, pour assurer un contact continu entre la boule et le matériau à tester, à cause de la disposition des fibres en forme de tissu combiné avec une vitesse trop grande provoquant des sauts continus du bras et à la fin une usure discontinue du matériau. La vitesse angulaire correspondait à une vitesse linéaire de glissement est de l'ordre de 0.2m/s pour assurer la même position du bras tout le long de l'essai. La charge appliquée choisie sur l'éprouvette est de 10N.

### III. RÉSULTATS

La figure 3, présente l'évolution du volume d'usure tout le long de l'essai en fonction de la longueur testée (20Km) réalisé à une température ambiante. On remarque une usure forte dans le cas de la résine seule. Pour une résine renforcée, le volume usé est moins élevé.

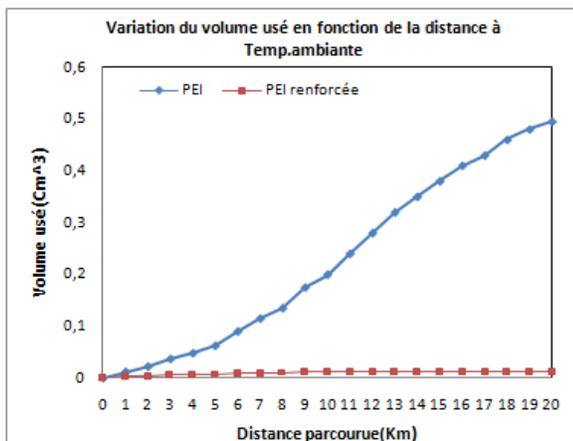


Figure 3: Evolution du volume d'usure avec la distance parcourue

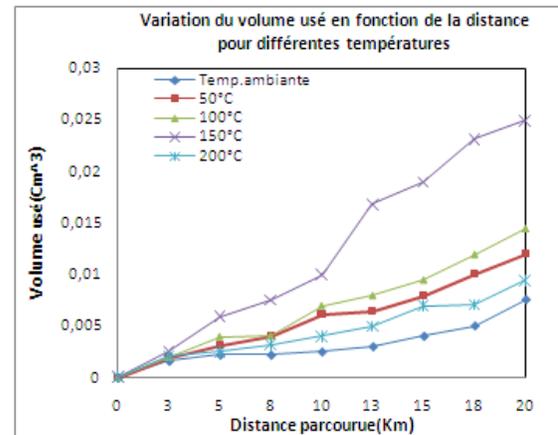


Figure 4: Evolution du volume d'usure de la matrice PEI renforcée par des fibres en carbone en fonction de la distance pour les différentes températures

Sur la figure 4, on représente les courbes correspondantes à l'usure du matériau renforcé par des fibres en carbone. Les essais d'usure ont été réalisés à la température ambiante (20°C, à 50°, 100°, 150° et 200°C. De la figure 4, on remarque que la perte de matière augmente avec la température, l'augmentation des pertes de volume entre la température ambiante et 50°C est importante. Aux températures de 100°C et à 150°C, les diminutions sont très similaires, seulement dans le cas de la température de 50°C ou la perte de volume est grande. On remarque qu'à la température de 200°C il se produit une diminution du volume usé. L'explication unique est possible de ce phénomène est que la température intérieure du four est de 200°C, celle au point de contact entre la sphère en acier et le composite est supérieure à 200°C, elle arrive à dépasser la température de transition vitreuse du composite (217°C). Cela produirait un ramollissement et une augmentation de la ductilité du polymère qui se déforme en formant une piste rotatoire, minimisant ainsi l'usure. Les figures suivantes, présentent les photos du SEM des surfaces des éprouvettes testées à l'usure à différentes températures. A partir de l'observation des micrographies, on relate les différentes conclusions: Sur la figure 5a montrant une éprouvette testée à la température ambiante, on remarque une usure homogène de la pièce sans la génération d'importantes zones d'endommagement. La figure 5b, correspond à la température de 50°C, l'endommagement est plus important que dans quelques zones, l'usure est moins homogène par rapport au cas précédent, à cause de l'existence d'important nombre de fibre. La figure 5c, représente la pièce testée à 100°C, on a le même comportement que la figure précédente mais avec un pourcentage de fibre plus important, ce qui correspond à une usure élevée de la matrice. La figure 5d, montre la superficie de l'échantillon testé à 150°C, on note un comportement assez similaire à la précédente, mais la quantité

en fibre rompue est importante. En dernier, la figure 5e, correspond à la piste rotatoire de l'éprouvette testée à 200°C, on apprécie une zone riche en résine, d'où une usure importantes.

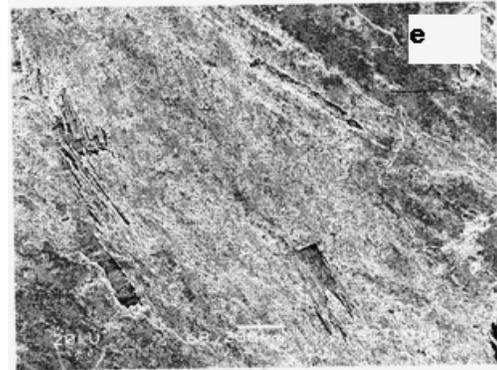
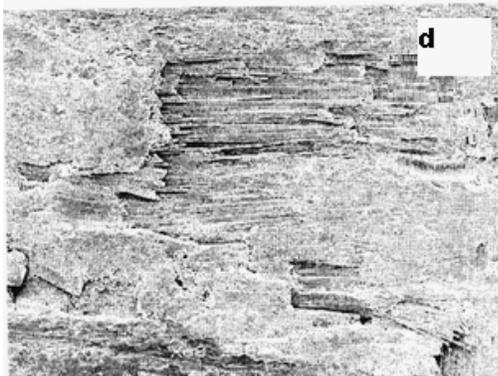
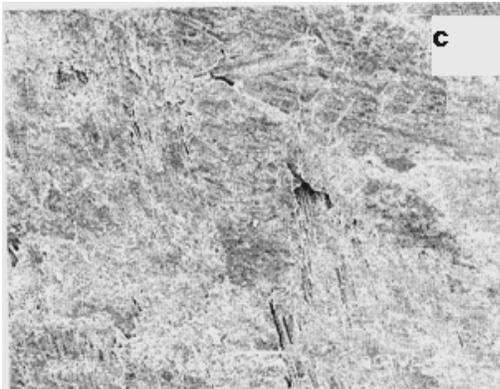
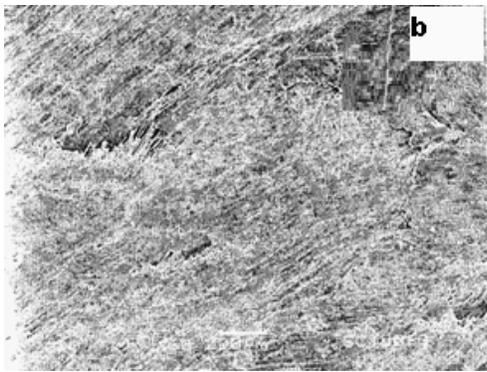
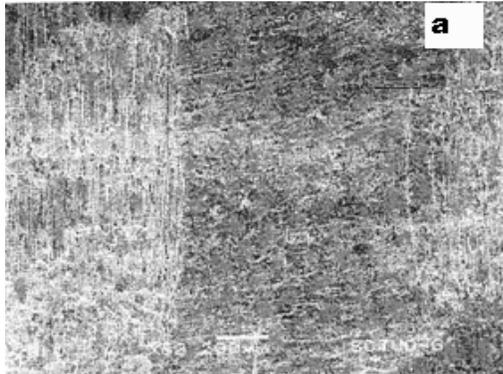


Figure 5: Photos SEM des surfaces usées (50×)

#### IV. CONCLUSION

Le travail de recherche a pour objectif la caractérisation à l'usure d'un composite de matrice thermoplastique la poly-etherimide renforcée par des fibres en carbone en forme de tissu le 8H satin. Le test d'usure a été réalisé en fonction des différentes températures, telles que ambiante (20°C), 50°C, 100°C, et 200°C. Le banc d'essai d'usure utilisé est le pin-on-disk, avec une sphère en acier trempé. La charge appliquée sur le bras est de 10N. Tout le long de ce travail, on a obtenu les conclusions suivantes:

- Quand un polymère est renforcé par des fibres, l'usure diminue.
- L'accroissement de la température favorise l'augmentation du volume usé, spécialement à des températures voisines de la température de la transition vitreuse du polymère.

#### REFERENCES

- [1] Schön, J., Tribology International, 37, 2004, pp.395-404.
- [2] Reinicke, R., Hauptert, F., Freidrich, K., Composites Part A, 29A, 1998, pp.763-771.
- [3] Vishwanath, B. Verma, A. P. Kameswara Rao, C., V.S, Composites Science, and Technology, 44, 1992, pp.77-86.
- [4] Srinath, G., Gnanamoorthy, R., Applied Composite Materials, 12, 6, 2006, pp.369-383.
- [5] Quintelier, J., Samyn, P., De Baets, P., Tuzolana, T., Van Paepegem, W., Van den Abeele, Veremeulen, J., Polymer Composites, 27, 1, 2005, pp.92-98.