

# COMPORTEMENT EN FRETTEMENT-USURE DE NANOCOMPOSITES À MATRICE ALUMINE

A. G. Ural<sup>1,2</sup>, J.-Y. Paris<sup>1</sup>, J. Denape<sup>1</sup>,  
Y. Paranthoen<sup>2</sup>, J. Gurt Santanach<sup>2,3</sup>, Ch. Laurent<sup>3</sup>,  
A. Peigney<sup>3</sup>, A. Weibel<sup>3</sup>, G. Chevallier<sup>3,4</sup>, C. Estournes<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université de Toulouse, INP/LGP-Ecole Nationale d'Ingénieurs de Tarbes, BP 1629, 65016 Tarbes cedex, France  
<sup>2</sup> Société des Céramiques Techniques (SCT), BP 9 - Route d'Oursbellille, 65460 Bazet, France  
<sup>3</sup> Université de Toulouse, CIRIMAT, UMR CNRS-UPS-INP 5085, Bât. 2R1, 31062 Toulouse cedex 9, France  
<sup>4</sup> Université de Toulouse, PNF<sup>2</sup> CNRS, MHT-UPS, 31062 Toulouse cedex 9, France

## OBJECTIFS

La présente étude consiste à qualifier, dans des conditions de frottement oscillant (fretting) non lubrifiées, de nouvelles céramiques nanocomposites Fe/Cr-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> avec ou sans nanotubes de carbone (CNT), densifiées par frittage flash (SPS).

### Procédés de frittage des composites

**MATÉRIAUX & ÉLABORATION**

**Frittage conventionnel (frotteur : pion)**  
Pre-compacted by ICP → Fired → ICP : Isostatic Cold Pressing

**Frittage flash (Spark Plasma Sintering SPS)**  
Specimen → Optical Pyrometry → Load

**SPS : avantages**

- Frittage assisté par pulses électriques
- Elaboration des céramiques sans additifs
- Réduction du temps de frittage
- T<sub>SPS</sub> < T<sub>Conventionnel</sub>

**Propriétés des échantillons**

Composition	TD [%]	$\sigma_f$ [MPa]	$K_{IC}$ [MPa.m <sup>1/2</sup> ]	HV
99.7% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Pion)	98.5	320	5	1570
99.7% Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	100	650	5.2	1900
7%Fe <sub>0.8</sub> Cr <sub>0.2</sub> -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	96.8	524	3.8	1790
7%Fe-4%CNT-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	480	3.7	1700

**Distribution homogène des particules métalliques dans la matrice alumine.**

**Les particules métalliques du composite 7%Fe-4%CNT-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> atteignent une taille micrométrique (0.5 - 2  $\mu$ m).**

### CONDITIONS EXPERIMENTALES

**Dispositif de fretting**

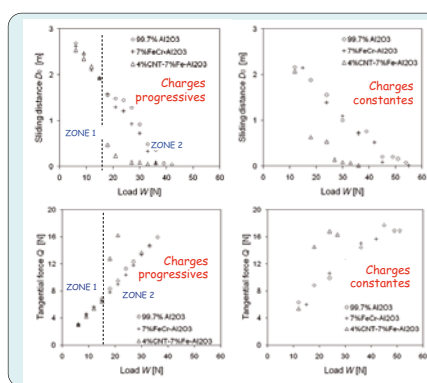
**Configuration de contact (Pion - disque)**

- Pion** (Hémisphérique, r = 20 mm) : 99.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ICP + frittage naturel.
- Disque** ( $\phi$  = 30 mm, h = 4 mm) : 99.7%, 7%FeCr, 7%Fe-4%CNT-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> SPS

**Conditions d'essais**

**Essais à charge constante** : 10 Hz,  $\pm$  75  $\mu$ m, 50 000 cycles.

**Essais à charge progressive** : 10 Hz,  $\pm$  75  $\mu$ m, incrément de 3 N tous les 10 000 cycles jusqu'au grippage final.



### COMPORTEMENT EN USURE

**Observations morphologiques**

**Paramètres d'endommagement (volumes)**

Des valeurs négatives de V/D<sub>0</sub> correspondent à de l'usure ; des valeurs positives à des phénomènes de transfert

**99.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**7%Fe<sub>0.8</sub>Cr<sub>0.2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**7%Fe-4%CNT-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Légère abrasion du pion et du disque, mais l'usure du pion est plus élevée contre l'alumine 99.7% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> et le composite à 7%FeCr.

Usure par déchaussement des grains pour le composite Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composite avec nanoparticules et CNT.

## CONCLUSIONS

- Concernant le matériau :**
- La technique SPS procure une meilleure densification avec des grains de petite taille.
  - Les additifs (nanoparticules et CNT) réduisent les propriétés mécaniques.
  - Les nanotubes affaiblissent la tenue des joints de grains.
- Concernant le frottement et l'usure :**
- Les nanoparticules Fe/Cr ont une faible influence sur le comportement tribologique.
  - Les forces de frottement sont plus importantes en présence de CNT, et le grippage intervient à plus faible charge.
  - Le rôle lubrifiant des CNT, initialement préconisé, est moins important que leur implication dans la fragilisation des joints de grains.