

Identification et Rôle des Paramètres Significatifs dans les Modélisations des Composites Carbone/Carbone (C/C) sous Sollicitations Tribologiques

M. Mbodj¹, M. Renouf¹, L. Baillet²,
Y. Berthier¹

¹ Université de Lyon, CNRS, INSA-Lyon, LaMCoS, Villeurbanne, France, {Coumba.Mbodj, Mathieu.Renouf, Yves.Berthier}@insa-lyon.fr

² Université Joseph Fourier de Grenoble, CNRS, LGIT, St Martin D'Hères, France, Laurent.Baillet@univ-grenoble.fr

RESUME

Les matériaux composites carbone/carbone (C/C) utilisés dans les disques de frein sont aujourd'hui l'une des meilleures solutions technologiques pour assurer le freinage aéronautique dit à haute énergie. Les composites C/C sont constitués d'une matrice en pyrocarbone renforcée par des fibres de carbone, disposées en strates, maintenues par des paquets de fibres (appelés torons) perpendiculaires aux strates dont la rigidité est plus importante qu'une simple fibre. Lors de l'utilisation de tels composites en freinage, des couplages multi-physiques (mécanique, physico-chimique, thermique) et multi-échelles (différentes échelles de la structure du matériau) interviennent. Ces échelles peuvent être comme : une échelle macroscopique caractérisant le disque de frein dans son ensemble, une échelle microscopique caractérisant une simple fibre et une échelle intermédiaire, appelée mésoscopique, désignant un certain volume élémentaire représentatif (VER) du composite.

Ainsi, pour comprendre le comportement tribologique des composites C/C sous conditions dynamiques et de contact frottant, une approche mécanique et numérique du composite a été développée pour permettre de déterminer la dynamique locale du contact et le rôle des différentes échelles. Elle repose sur l'utilisation d'une approche par éléments finis et des techniques d'homogénéisations [1] appliquées à une cellule élémentaire du matériau [5]. L'approche utilisée se base sur l'approche "semi-explicite" (ou "semi-implicite") proposée par Carpenter & al [3] implémentée dans un code d'E.F. PLAST2 [2]. Le caractère semi-explicite vient de la combinaison de la discrétisation des équations du mouvement à partir de d'un schéma explicite et de la gestion implicite des contacts. Ainsi, les outils de la méthode sont l'utilisation d'un schéma d'intégration de type Newmark β_2 , d'un amortissement de Rayleigh, d'une gestion locale des contacts par multiplicateurs de Lagrange et d'une résolution globale des contacts utilisant un algorithme de type Gauss-Seidel non linéaire [3]. La loi de frottement utilisée est une loi simplifiée de Prakash-Clifton [6].

Des travaux précédents ont montré les effets du contraste des propriétés élastiques au contact ainsi que l'influence de la description du matériau sur le comportement tribologique sur la réponse mécanique des matériaux composites C/C [4]. Ces derniers travaux ont permis de mettre en évidence l'influence de la distribution des torons dans le matériau, en particulier au niveau de la surface de contact. Cependant de fortes hypothèses, telles que la forte rigidité de la surface antagoniste et son homogénéité, ont été prises sur les conditions de contact pouvant influencer la réponse mécanique du matériau. De ce fait, dans le but de réaliser une modélisation plus réaliste du freinage, les conditions de contact sont étendues vers des modèles de contact entre composites (cf. figure 1) afin de déterminer les paramètres significatifs et leur rôle dans les comportements tribologiques des composites C/C. Les modèles utilisés prennent ainsi en compte le contact entre composites C/C avec ou sans porosités.

Ainsi, les simulations d'un ensemble de modèles hétérogènes possédant un taux volumique de torons identique et un taux surfacique de torons à la surface de contact différents sont explorées en analysant les localisations des contraintes maximales locales au contact, ainsi que les contraintes de cisaillement

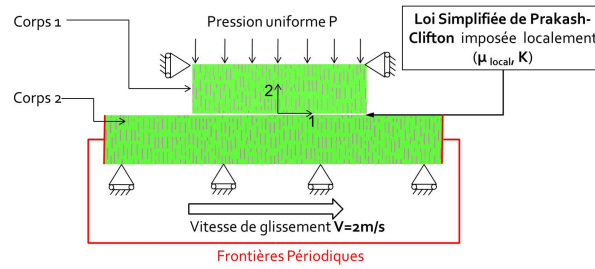


FIGURE 1: Modèle de contact entre composites et les conditions limites

maximales dans les modèles (cf. figure 2). Ces dernières mettent en évidence l'influence des torons au contact sur le comportement tribologique dans les modèles de contact entre deux composites et ainsi sur l'utilisations des techniques d'homogénéisation sous des conditions de contact frottant.

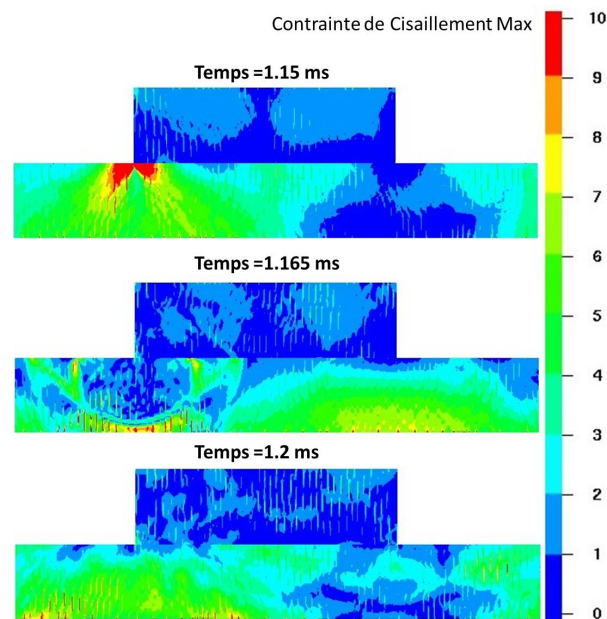


FIGURE 2: Champ de contrainte de cisaillement maximale dans un modèle de contact entre deux morphologies au cours de la simulation.

Références

- [1] P. Alart, F. Lebon. *Numerical Study of a Stratified Composite Coupling Homogenization and Frictional Contact*, Mathematical and Computer Modelling, vol. 28, pp. 273–286, 1998.
- [2] L. Baillet. http://www-igit.obs.ujf-grenoble.fr/users/lbaillet/logiciel_plastd.htm, Software PLASTD.
- [3] N. J. Carpenter, R. L. Taylor, M. G. Katona. *Lagrange Constraints for transient finite element surface contact*, Int. J. Numer. Methods Engrg., vol 32, pp. 103–128, 1991.
- [4] C. Mbodj, M. Renouf, L. Baillet, G. Peillex, Y. Berthier, P. Jacquemard. *Influence du contraste des propriétés élastiques des composites Carbone/Carbone (C/C) sous conditions de contact frottant*, Mécanique & Industries, EDP Sciences, A paraître, 2010.
- [5] G. Peillex, L. Baillet, Y. Berthier. *Homogenization in non-linear dynamics due to frictional contact*, International Journals of Solids and Structures, ScienceDirect, Vol. 45, pp. 2451–2469, 2008.
- [6] J.-R. Prakash, R.-J. Clifton. *Time resolved dynamic friction measurements in pressure-shear*, Exp. Tech. Dyna. Deform. Solids, vol. 165, pp. 33–48, 1993.