

Implémentation dans le code E. F. CAST3M de la méthode de changement d'échelles Transformation field analysis (TFA)

O. Fandeur¹ et C. Guerin¹

¹ CEA, DEN, DM2S, SEMT, LM2S, F-91191 Gif-sur-Yvette, France

Résumé — La méthode de changement d'échelles Transformation field analysis a été implémentée dans le code éléments finis CAST3M. Les motivations de ce travail ainsi que les premiers tests de cette méthode sur le cas concret des composites SiCf/SiC sont reportés.

Mots clefs — Changement d'échelles, Méthode TFA, CAST3M.

Les modélisations multi-échelles permettent d'établir le lien entre la structure microscopique des matériaux et leurs comportements macroscopiques. On introduit ainsi plus de physique et, en étant plus représentatif de la réalité il est possible d'être plus prédictif. Cette démarche est particulièrement utile dans le cas des matériaux dont la caractérisation est difficile (anisotropie), dont les propriétés sont évolutives (dégradation due par exemple à la corrosion, à l'irradiation) ou encore en voie de développement. Afin de réaliser de telles modélisations thermomécaniques, la méthode de changement d'échelles TFA (Transformation Field Analysis [1]) a été implémentée dans une version prototype du code éléments finis CAST3M. Cette méthode permet de calculer une structure (échelle « globale ») tout en prenant en compte le comportement non linéaire de ses composants, dénommés sous-phases dans la méthode (échelle « locale ») et de suivre au cours du calcul leur évolution en plus de celle de la structure, donnant ainsi accès aux variations spatiales des champs locaux. Les champs d'application de cette méthode sont étendus et on peut envisager par exemple, outre la modélisation des composites, celle des alliages présentant différentes phases mais aussi des matériaux tels que le béton armé. Actuellement, il est possible de choisir le comportement de chaque composant parmi ceux disponibles dans le code CAST3M : plasticité, fluage, endommagement, etc. Les dilatations thermiques des composants peuvent aussi être prises en compte, ainsi que les déformations imposées telles que le gonflement, le retrait... Des tests de validation élémentaires (comparaison avec des résultats analytiques) ont été réalisés avec succès dans le cas de divers chargements et pour différentes lois de comportement. Les composites SiC_f/SiC, candidats pour constituer des pièces de structure des réacteurs de fusion et les gaines des combustibles de réacteurs haute température ont ensuite été modélisés à l'aide de cette méthode. Partant de résultats expérimentaux disponibles dans la littérature [2] sur le fluage de composites SiC_f/SiC et de leurs composants élémentaires, les vitesses de déformation en fluage calculées par la méthode TFA sont en bon accord avec les résultats expérimentaux (voir figure 1). Un exemple de calcul d'une structure composite SiC_f/SiC – plaque trouée en traction selon la direction des fibres (z) et portée à 1400°C – a également été réalisé en considérant que les fibres fluaient et que la matrice s'endommageait. La figure 2 montre la répartition, au sein de la plaque trouée, de la composante des déformations ϵ_{yy} dans la matrice à gauche et dans la fibre à droite. Le développement d'outils permettant le calcul des tenseurs d'influence et de localisation nécessaires à l'utilisation de la méthode TFA pour des volumes élémentaire représentatifs pouvant être choisis par l'utilisateur est également réalisé.

Références

- [1] GJ. Dvorak, *Transformation field analysis of inelastic composite materials*, Proc. Royal. Soc. London A437, Royal. Soc. London., 311-327, 1992..
- [2] K. L. Rugg, R. E. Tressler, C. E. Bakis and J. Lamon. *Creep of SiC-SiC microcomposites*, *Journal of the European ceramic society Volume 19 Issue 13-14, Elsevier SCI LTD, 2285-2296, 1999.*

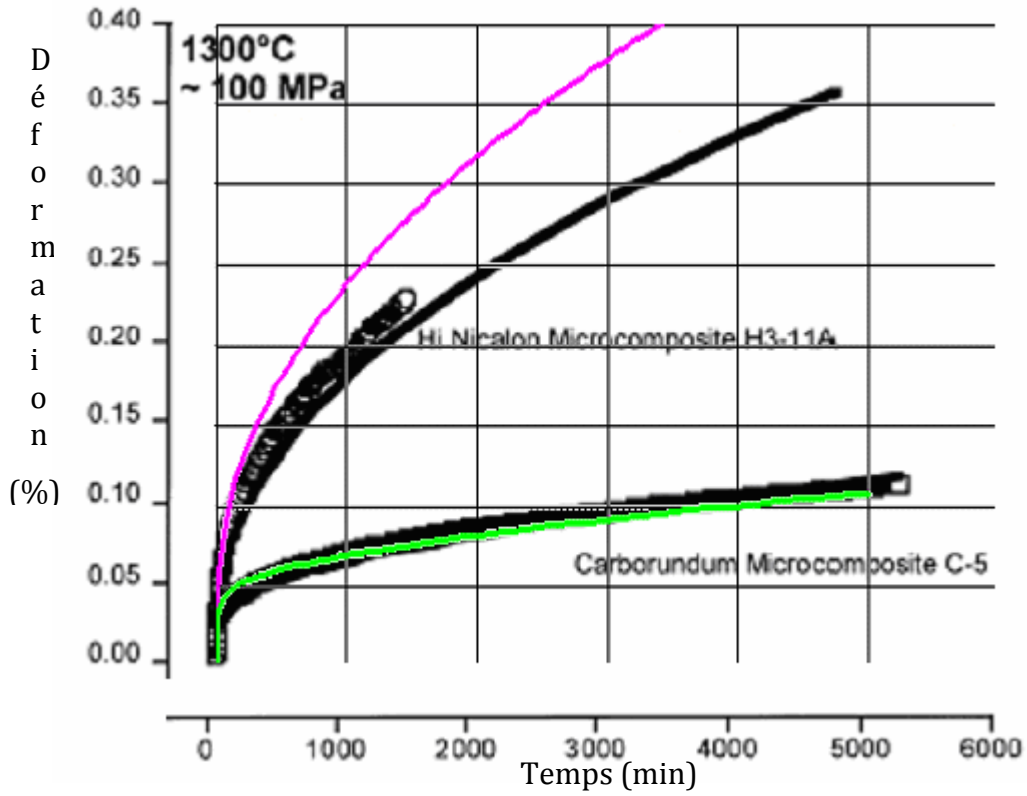


FIG 1 – Déformation de fluage en fonction du temps pour deux micro-composites SiC_f/SiC à base de fibres Carborundum et Hi-Nicalon Les résultats expérimentaux 2 sont représentés par les symboles en noir et les résultats obtenus à partir de la méthode TFA par les lignes en couleurs.

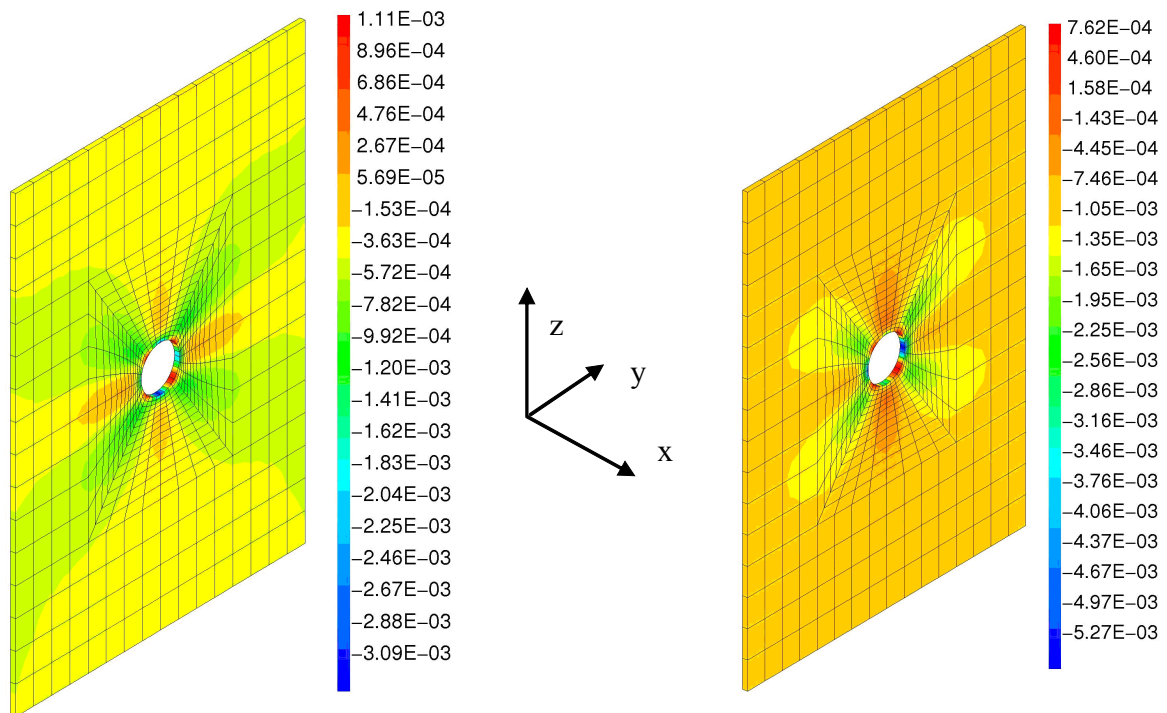


FIG 2 – Plaque de composite SiC_f/SiC soumise à la traction et à une température de 1400 °C. Composante ϵ_{yy} de la déformation : dans la matrice (comportement endommageable) à gauche et dans la fibre (comportement de fluage) à droite.