

Modélisation micromécanique du couplage thermo-viscoélastique dans les composites

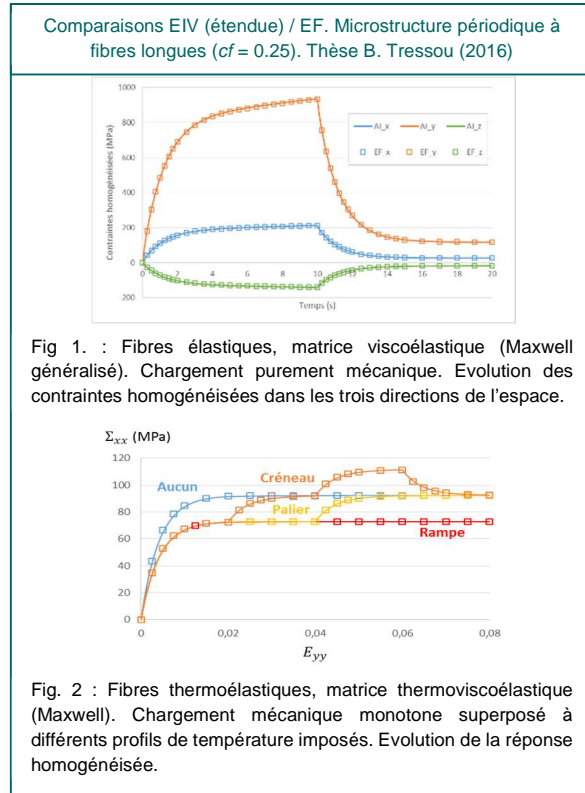
Carole NADOT-MARTIN, Mikael GUEGUEN

Contacts : carole.nadot@ensma.fr ; mikael.gueguen@ensma.fr

Partenariat : Université de Colombie Britannique (Canada).

Les couplages multi-physiques sont présents dans la majorité des thématiques de l'équipe ENDO (thermo-oxydation ou couplage electro-thermo-mécanique dans les composites aéronautiques, couplage thermo-diffuso-mécanique dans les réservoirs bobinés pour le stockage d'hydrogène...). Des moyens expérimentaux (essais/métrie) originaux ont été développés de même que des modèles multi-physiques, tenant compte de couplages forts, dans le cadre de la Thermodynamique des Processus Irréversibles. Certaines des lois couplées ont été implantées dans Abaqus® via la définition d'éléments finis spécifiques (UEL). Un code EF « maison » FoXTroT est également développé pour traiter le cas de phénomènes multiphysiques présentant des temps caractéristiques très différents.

Bien qu'utilisées à différentes échelles, les lois couplées développées au sein de l'équipe ENDO sont de formulation macroscopique. Elles sont utilisées pour des simulations Abaqus® par exemple à l'échelle des constituants, en vue d'améliorer la compréhension des micro(méso)mécanismes et/ou aider à l'analyse des résultats expérimentaux. La remontée à l'échelle supérieure (si nécessaire) se fait par homogénéisation numérique ce qui est encore trop coûteux pour la majorité des matériaux. Ce contexte et la maturité de l'activité expérimentale/modélisation/numérique de l'équipe ENDO autour des couplages multiphysiques nous permettent d'aborder désormais la *modélisation par transition d'échelle des phénomènes multiphysiques couplés dans un contexte mécaniquement non linéaire (i.e. dissipatif)*.



Une première contribution de cette opération fondamentale récente a concerné le *couplage entre viscoélasticité et température* au sein de composites de microstructures variées. L'approche variationnelle incrémentale, (EIV) de Lahellec et Suquet 2007 a été généralisée afin d'élargir son spectre d'application en termes de lois viscoélastiques (Fig.1)/microstructures pouvant être considérées [1], puis son formalisme étendu pour incorporer le couplage précité. Les réponses homogénéisées et moyennes par phase à divers chargements thermomécaniques ont été confrontées avec succès aux solutions obtenues par champs complets, prouvant l'efficacité de la modélisation lorsque le couplage de la thermique vers la mécanique est considéré (Fig.2). Enfin, une première simulation avec résolution simultanée de l'équation de la chaleur à l'échelle locale intégrant comme sources les termes de couplage thermomécanique et de dissipation intrinsèque a fourni des résultats encourageants dans une situation de couplage fort, c'est-à-dire de la mécanique vers la thermique et inversement. L'auto-échauffement induit en régime transitoire par la dissipation viscoélastique a ainsi pu être estimé et pris en compte dans l'estimation de la réponse d'un

composite soumis à un chargement purement mécanique.

Thèse soutenue :

- 2016 Benjamin Tressou : Contribution à l'homogénéisation des milieux viscoélastiques et introduction du couplage avec la température, par extensions d'une approche incrémentale directe.

Publication :

- [1] B. Tressou, R. Vaziri, C. Nadot-Martin. *Application of the incremental variational approach (EIV model) to the linear viscoelastic homogenization of different types of microstructures: long fiber-, particle-reinforced and strand-based composites*, European Journal of Mechanics A-Solids, Vol. (68), pp. 104-116, <https://doi.org/10.1016/j.euromechsol.2017.10.006>, (2018).

Conférence :

- B. Tressou, C. Nadot-Martin, R. Vaziri. Micromechanical modelling of thermo-viscoelastic composites: analytical approach vs numerical simulations, 9th European Solid Mechanics Conference (ESMC 15), Madrid, Espagne, (2015).