

MECAMAT



Groupe de Travail « Mécanique des Polymères »

*Groupe Scientifique et Technique de l'Association Française de Mécanique
parrainé par le G.F.P. (Groupe Français d'Etudes et d'Applications des Polymères)*

Jeudi 6 Octobre 2011

**Amphithéâtre A, Arts et Métiers ParisTech
151 Bd de l'Hôpital 75013 Paris**

*Merci de diffuser ce programme autour de vous.
Il n'y a aucun frais d'inscription.*

Prédiction du comportement des composites à fibres courtes

Construire un modèle prédictif du comportement mécanique des structures polymères intégrant la phase de mise en œuvre est un objectif commun à nombre d'entre nous. La journée MECAMAT du 6 octobre sera l'occasion d'illustrer un tel chemin dans le cas des composites à renforts discontinus.

Nous y ferons le point du faisable et du "encore difficile" dans le domaine de la prédiction de l'organisation des renforts en injection et de l'effet de cette organisation sur les propriétés mécaniques. Nous montrerons aussi que, bien que encore imparfaite, cette démarche intégrée peut déjà faire partie du quotidien industriel

Programme prévisionnel

10h Michel Vincent (CEMEF, CNRS Mines de Paris ParisTech)

Longueur, distribution, orientation de fibres en injection de polymères thermoplastiques renforcés : observations, modélisation et simulation numérique.

Les polymères thermoplastiques renforcés de fibres discontinues, dites courtes (environ 0,5 mm de long) ou longues (jusqu'à 10 mm de long) présentent des propriétés potentiellement intéressantes (par exemple un module d'élasticité multiplié par un facteur 3 à 5 par rapport à la matrice seule), mais celles-ci dépendent de la microstructure induite par le procédé (généralement l'injection) : distribution, longueur, orientation des fibres.

Le but de la présentation est de montrer quels sont les microstructures des fibres (on ne considérera pas la microstructure de la matrice elle-même) auxquelles on peut s'attendre, à partir d'un certain nombre d'observations, les modèles physiques prédisant cette microstructure (principalement l'orientation des fibres), et l'apport de la simulation numérique pour la prédiction.

11h Pierre Gilormini (PIMM, CNRS, Arts et Métiers ParisTech)

Comparaison de différentes méthodes pour évaluer les propriétés élastiques et de dilatation thermique de composites à fibres courtes

Une prévision fiable des propriétés élastiques et des coefficients de dilatation thermique joue un rôle primordial dans la simulation précise de procédés tels que l'injection de composites à matrice organique renforcés par des fibres courtes. En effet, le retrait subi lors du refroidissement de la pièce, avec les défauts de forme qui peuvent lui être associés, en dépend complètement. On se propose ici de rappeler quelques bases des techniques d'homogénéisation dont le but est de prévoir à la fois les propriétés élastiques et les coefficients de dilatation d'un composite de façon cohérente. On en soulignera en particulier les limites et on précisera le choix qui a été fait lors de l'étude d'un composite à matrice polyarylamide renforcée de fibres de verre qui servira d'appui concret à cet exposé.

On se ramènera dans ce cas à une combinaison de problèmes de composites unidirectionnels, où toutes les fibres sont parallèles, ce qui fera intervenir la fonction de distribution des orientations des fibres. Celle-ci sera décrite de façon simplifiée, pour des raisons de commodité convenant bien aux codes de calcul des écoulements de polymères chargés, par un tenseur d'orientation et on présentera différentes « hypothèses de fermeture » qui sont invoquées pour le construire. Les résultats auxquels conduisent les différentes combinaisons de modèle et d'hypothèse de fermeture seront finalement confrontés aux mesures expérimentales des propriétés thermoélastiques du composite polyarylamide-fibre de verre considéré.

Le déjeuner pourra mettre à profit les restaurants du quartier.

14h I. Doghri (IMMC, Université catholique de Louvain)

Homogénéisation jusqu'à rupture de composites à renforts discontinus

We present some recent results in the mean-field homogenization (MFH) of inclusion-reinforced composites. MFH is a very efficient scale-transition method, which explains the continued effort in its development, despite its inherent limitations. We focus on nonlinear material models and MFH procedures which are history-dependent and able to handle non-monotonic loading histories. We try to verify the predictions against full-field finite element simulations of representative volume elements, and validate them by comparison with experimental results.

The following recent modeling developments will be covered, with more or less detail: (1) coupled viscoelasticity-viscoplasticity for homogeneous and reinforced thermoplastic polymers; (2) progressive damage and failure in misaligned short-fiber reinforced materials; (3) micro-macro simulation of debonding using general nonlinear cohesive zone models; (4) incremental variational formulation for elasto(visco)plastic composites; (5) homogenization of elasto(visco)plastic composites under large deformations.

15h Gilles Robert (Technyl Innovation Center-Simulation et Validation des Applications, Rhodia Engineering Plastics)

Simulation intégrative des pièces plastiques renforcées : la construction des lois de comportement, du moulage des éprouvettes au modèle de comportement final.

Pour réaliser une simulation intégrative de qualité, tenir compte de l'orientation des fibres de verre simulée ne suffit pas. Des approximations dans la construction des lois de comportement peuvent générer des erreurs sensiblement du même ordre que celle initialement commise en considérant le matériau composite comme isotrope. La démarche nécessaire à la modélisation de la matrice commence très en amont, dès le choix des plaques moulées dans lesquelles seront découpées les éprouvettes. La microstructure dans les zones utiles des éprouvettes se doit d'être la plus homogène possible. Il est également souhaitable d'avoir une orientation très marquée, de manière à disposer d'un contraste maximal entre courbes avant les identifications. La caractérisation mécanique doit également être menée avec soin : en particulier, les vitesses de déformation doivent être contrôlées correctement. Le mieux dans le domaine est de travailler en contrôlant la contrainte vraie et en mesurant conjointement les déformations longitudinales, transverses et dans l'épaisseur en statique. Il faut également compléter les mesures statiques par des mesures dynamiques le mieux contrôlées possibles.

Une étape de caractérisation physique du matériau est indispensable : mesure du facteur de forme des fibres, et de l'orientation des fibres de verre en fonction de leur position dans l'épaisseur des plaques. La dernière étape est alors l'identification de la loi de comportement de la matrice, qui prend en compte l'intégralité des informations générées auparavant. Cette étape est une source constante d'erreurs : parmi celles-ci, on peut citer : (i) la substitution des données d'orientation mesurées par des données simulées ; (ii) un nombre inadapté de courbes pour les identifications ; (iii) un mauvais choix dans les directions de traction par rapport à l'orientation des fibres. L'impact sur les paramètres des lois de comportement élastoplastiques utilisées de ces erreurs peut être essentiel : la « limite élastique » peut bouger du simple au triple, pour donner un exemple frappant. Une fois les modèles de comportement de la matrice identifiés sur une gamme donnée de vitesses de déformation, de température, de teneur en eau, il est possible de construire des modèles plus complexes : élastoviscoplastiques, viscoélastiques-viscoplastiques, etc...

Une fois toutes les précautions nécessaires identifiées et prises, les simulations deviennent pour l'essentiel au mieux prédictives, au pire précis à 10% près.

Contacts :

Bruno Fayolle (bruno.fayolle@paris.ensam.fr) et Noëlle Billon (Noelle.Billon@mines-paristech.fr)