

## **OFFRE DE STAGE DE MASTER**

**Titre du Projet :** Implémentation d'un code éléments finis pour la modélisation des structures composites et des tissus biologiques

**Domaine :** Calcul scientifique

**Equipes de recherche :** Matériaux Multi-échelles et Biomécanique (MMB)  
Automatique Vision et Robotique (AVR)

### **Cadre du projet :**

Conçus comme des boîtes noires, les logiciels commerciaux (Abaqus, LS-Dyna, ...) pour la résolution de problèmes mécaniques par la méthode des éléments finis sont, malgré leur robustesse, limités en termes de calcul de sensibilité et d'identification de paramètres. De même, la prise en compte de certaines lois de comportement non-linéaires par le biais d'algorithmes spécifiques reste difficile. Ce projet vise à développer un code éléments finis plaque 2D générique et modulaire utilisable pour étudier différentes applications, notamment la modélisation des vibrations des pare-brise automobiles à amortissement viscoélastique ou électro-rhéologique [1,2] et de la propagation d'ondes de cisaillement dans les tissus biologiques [3]. Il s'agit de disposer d'un code de même structure générale, dont la loi de comportement sera adaptée en fonction de l'application traitée. Développé dans l'équipe, le code et les lois de comportement seront ensuite différenciés automatiquement pour permettre des analyses de sensibilité et l'identification de paramètres. L'une des applications visées concerne l'identification des propriétés mécaniques des tissus imagés par Elastographie par Résonance Magnétique (ERM) [4].

### **Mots-clés :**

Modélisation éléments finis, matériaux composites, Elastographie par Résonance Magnétique, amortissement viscoélastique ou électro-rhéologique, sensibilité.

### **Description du stage :**

L'objectif du stage est d'implémenter un code éléments finis plaque 2D permettant des couplages multi-physiques, l'introduction d'effets localisés, l'implémentation de nouveaux algorithmes pour la prise en compte de lois de comportement non-linéaires, l'étude de sensibilité et l'identification de paramètres. Les systèmes matriciels obtenus seront résolus par des méthodes directes pour les cas linéaires et des algorithmes de résolution à l'aide de l'outil « *Diamant* » pour les cas non-linéaires [2].

Ce projet s'appuiera sur les outils récemment développés par l'équipe d'enseignants chercheurs comprenant :

- des équations d'éléments finis plaque appliquées aux structures composites
- un code éléments finis plaque développé en Matlab pour la modélisation des matériaux sandwichs à cœur viscoélastique
- un code fortran nommé « *Diamant* » pour la résolution de problèmes non-linéaires

Dans le cadre de ce projet, l'étudiant sera formé à :

- la mise en équation des éléments finis appliqués aux matériaux composites ;
- l'implémentation des techniques de différentiation automatique ;
- la conception d'un solveur générique pour la résolution de problèmes non-linéaires.

Cette formation sera mise en pratique par l'étudiant par une implémentation de nos modèles éléments finis les plus récents (matériaux élastiques, viscoélastiques, hyper-élastiques [5] et électro-rhéologiques [6,7]) dans le code fortran « *Diamant* ». Le code Matlab existant servira de référence pour la validation des résultats. En fonction de l'avancement du projet, une seconde phase pourrait concerner des études de sensibilité [8], préalablement à la résolution de problèmes inverses. Le projet sera mené à partir du mois de juin sur une période de 3 mois extensible à 4 mois.



### **Profil recherché :**

Le candidat idéalement en Master devra posséder une expérience ou une bonne connaissance en programmation sous fortran et Matlab. Une bonne connaissance de la méthode des éléments finis est souhaitable.

### **Candidature :**

Les candidatures comprenant un CV et une lettre de motivation sont à envoyer à Monsieur Marcelin BILASSE ([bilasse@unistra.fr](mailto:bilasse@unistra.fr)) ou à Monsieur Guillaume ALTMAYER ([galtmeyer@unistra.fr](mailto:galtmeyer@unistra.fr)) au plus tard le 30 avril 2016. Le candidat recruté effectuera son stage au sein de l'équipe MMB du laboratoire ICube sis à l'Institut de Mécanique des Fluides et des Solides, 2 Rue Boussingault, 67000 Strasbourg.

### **Bibliographie**

- [1] M. Bilasse, L. Azrar, E. M. Daya, Complex modes based numerical analysis of viscoelastic sandwich plates vibrations , *Computers and Structures*, 89 (2011), pp.539-555
- [2] M. Bilasse, I. Charpentier, E. M. Daya, Y. Koutsawa, A generic approach for the solution of nonlinear residual equations. Part II: Homotopy and complex nonlinear eigenvalue method, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 329 (2009), pp.3999-4004
- [3] R. Muthupillai, D.J. Lomas, P.J. Rossman, J.F. Greenleaf, A. Manduca, R.L. Ehman, Magnetic resonance elastography by direct visualization of propagating acoustic strain waves. *Science* 29, 269(5232), (1995), pp.1854-1857
- [4] N. Corbin, J. Vappou, É. Breton, Q. Boehler, L. Barbé, P. Renaud, M. de Mathelin. Interventional MR elastography for MRI-guided percutaneous procedures, *Magnetic Resonance in Medicine*, (2015), pp. 1522-2594
- [5] G. Altmeyer, E. Rouhaud, B. Panicaud, A. Roos, R. Kerner, M. Wang, Viscoelastic models with consistent hypoelasticity for fluids undergoing finite deformations, *Mechanics of Time-Dependent Materials*, (2015), pp. 375-395.
- [6] F. Mohammadi, R. Sedaghati, Dynamic mechanical properties of an electrorheological fluid under large-amplitude oscillatory shear Strain, *Journal of Intelligent Material Systems and Structures* 23, (2012), pp.1093–1105.
- [7] V. Rajamohan, R. Sedaghati, S. Rakheja, vibration analysis of multi-layer beam containing magneto rheological fluid, *Smart Materials and Structures*, 19 (2010) 015013 12pp.
- [8] I. Charpentier K. Lampoh, Sensitivity computations in higher order continuation methods, *Applied Mathematical Modelling*, 40, (2016), pp.3365-3380.