

### **II.2.11. Valorisation : contrats de recherche, partenariat industriel, créations d'entreprises**

1. L'équipe travaille sur le Projet Régional (2003-2005) qui fait l'objet de financement de la Région Rhône-Alpes (Resp. G. Panasenko). Il a pour objectif la construction et la justification des modèles multi-échelles des nanostructures, notamment des modèles hybrides discrets-continus avec un couplage sur l'interface. Normalement les nanostructures présentent une couche mince sur la surface d'un matériau. La largeur de cette couche est d'ordre des dizaines ou centaines des distances atomiques et il est raisonnable de modéliser les processus physiques (en particulier, l'élasticité) par des équations aux opérateurs discrets. Par contre, le matériau massif doit être modélisé par les équations aux dérivées partielles. Le problème central du projet est le couplage des modèles discrets et des modèles continus (correctement du point de vue de l'analyse asymptotique).

Les outils principaux sont : l'homogénéisation et l'homogénéisation partielle, décomposition asymptotique du domaine, théorie des opérateurs discrets de la dimension infinie, analyse numérique. Les modèles multi-échelles obtenus et justifiés dans cette partie du projet vont être appliqués pour le calcul des propriétés des nanostructures des dépôts protecteurs innovants. C'est l'axe pratique du projet, où les résultats théoriques (modèles/méthodes) vont être utilisés pour la perfection des dépôts nanostructurés. Deux thèses sont concernées à ce projet : M. BETOUE-ETOUGHE et Z. ABDESSAMAD.

2. L'équipe a travaillé sur deux Projets Régionaux (2000-2003) qui ont fait l'objet d'un financement de la Région Rhône-Alpes (Responsable : G. PANASENKO).

(a) Le premier projet est "Modélisation Mathématique des Matériaux Composites : du Procédé aux Propriétés" en coopération avec l'Ecole des Mines de Saint-Etienne, le laboratoire TSI de l'UJM et avec l'entreprise HEXSON Fabrics, producteur des fibres de carbone. Les exigences de l'industrie motivent une étude approfondie des propriétés mécaniques et physiques des matériaux composites en fonction des paramètres principaux du procédé d'élaboration. La plupart des travaux de modélisation mathématique des matériaux composites réalisent cette modélisation à partir des propriétés des composantes et de leur géométrie, alors que, dans la réalité, les propriétés du matériau dans leur état final dépendent fortement des paramètres du procédé d'élaboration.

Le projet a effectué une étude mathématique de la dépendance des propriétés par rapport aux paramètres du procédé d'élaboration du matériau composite constitué de fibres de carbone ou de verre (élaborées par la société HEXSON Fabrics) enfoncées dans la résine. Il s'agit donc d'une étude asymptotique et numérique de modèle thermo-chimique non linéaire de formation d'un matériau composite.

Dans le cadre de ce projet une doctorante était encadrée, Mlle Salha MELIANI,

sous codirection de G. PANASENKO et L. PAOLI. La soutenance a eu lieu le 12/12/2003. La modélisation thermo-vico-élastique du matériau composite en cours de solidification a été effectuée en coopération avec V. SMYSHLYAEV de l'Université de Bath pendant son séjour à Saint-Etienne (bourse d'accueil de la Région). Publications : [ACL.D.10], [ACL.D.11], [ACL.D.12], [AP.7], [AP.8].

(b) Le deuxième projet est "Modélisation numérique et étude expérimentale coordonnée de l'extrusion bivis" en coopération avec l'Equipe de "Rhéologie des Matières Plastiques" de l'UJM et avec l'entreprise CERAP. Le but de ce projet est l'analyse asymptotique de l'écoulement dans un domaine tubulaire de forme complexe (l'extrusion bivis) à l'aide de décomposition asymptotique de domaines minces. On a créé un logiciel de simulation en extrusion bivis basé sur la MAPDD permettant une simulation du procédé d'extrusion en 3 dimensions.

Dans le cadre de ce projet une doctorante était encadrée, Mlle Delphine DUPUY, sous co-direction de G. PANASENKO et A. AINSER (Laboratoire de Rhéologie de l'UJM). La soutenance a eu lieu en janvier 2004. Publications : [ACL.D.7, ACL.D.8, ACL.D.9, AP.9]

3. La participation du LaMUSE au cluster régional "Informatique, signal, logiciels embarqués" est prévue à partir de 2006.

#### 4. Projet SICONOS

L. PAOLI collabore actuellement à un projet de recherche financé par la Communauté Européenne. Ce projet intitulé "Modelling, simulation and control of nonsmooth dynamical systems" (Siconos en abrégé), est piloté par B. Brogliato (INRIA Rhône-Alpes) et regroupe plus de soixante chercheurs en mathématiques appliquées, mécanique et automatique.

L'objectif est de développer des logiciels de calcul performants pour la simulation et le contrôle de systèmes mécaniques à nombre fini de degrés de liberté soumis à une dynamique non régulière (complementarity dynamical systems). Une simple adaptation des algorithmes classiques pour équations différentielles linéaires et non linéaires ne permet pas de construire des méthodes numériques robustes pour ce type de problèmes et une analyse théorique approfondie de ces systèmes s'avère nécessaire. Pour cela, plusieurs axes de recherche ont été identifiés ("Work Packages" 1 à 7) et sa participation à ce projet s'inscrit dans les axes "Analyse mathématique (WP1) et "Méthodes numériques" (WP2).

Sur un plan plus administratif, le projet est décomposé en contractants principaux et auxiliaires. Dans ce cadre, l'Université Jean Monnet a été choisie comme contractant auxiliaire, ce qui conduit L. PAOLI à gérer un budget relativement conséquent (120 000 euros pour la période Septembre 2001 - Décembre 2006). Ce budget est destiné à financer une thèse et l'activité de recherche liée au projet Siconos de cinq membres du projet à savoir M.

Monteiro-Marques (Univ. Lisbonne), P. Ballard (CNRS - LMA, Marseille), C.H. Lamarque (ENTPE), M. Schatzman (CNRSICJ, Lyon) et L. Paoli. La thèse financée par ce projet a démarré à la rentrée 2003 et est co-encadrée par M. Monteiro-Marques et L. Paoli. Elle s'effectuera pour moitié à Lisbonne (semestres 1, 2 et 3 de la thèse) et à Saint-Etienne (semestres 4, 5 et 6). Le sujet proposé est "convergence de schémas numériques pour des problèmes d'impact"