

## **Déclaration de politique scientifique du Laboratoire des Mathématiques de l'Université de Saint-Etienne (LaMUSE)**

La stratégie globale de l'unité est le rapprochement de ses chercheurs au travers de leur participation à des projets transversaux et à des structures fédératives.

On prévoit la participation du LaMuse à deux fédérations de recherche. La première est la Fédération de Recherche CNRS Rhône-Alpes-Auvergne de Mathématiques (MARA) au sein de l'Institut de Mathématiques du CNRS.

Les Laboratoires concernés sont :

- ICJ (UMR 5208). Institut Camille Jordan, Université Claude Bernard Lyon1, INSA de Lyon, Ecole Centrale de Lyon.
- IF (UMR 5282). Institut Fourier, Université Joseph-Fourier Grenoble1.
- LAMA (IMR 5127). Laboratoire de Mathématiques, Université de Savoie (Chambéry).
- LAMUSE (EA 3989). Laboratoire de Mathématiques de l'Université de Saint-Etienne, Université Jean Monnet Saint-Etienne.
- UMPA (UMR 5669). Unité de Mathématiques Pures et Appliquées, Ecole Normale Supérieure de Lyon.
- LM (UMR 6620) Laboratoire de Mathématiques, Université Blaise-Pascal Clermont-Ferrand 2.

Une autre structure fédérative est le pôle MODélisation Mathématique et Aide à la Décision (MODMAD) regroupant LaMUSE et les mathématiciens du site stéphanois : une équipe de Creuset, le Laspi et les mathématiciens de l'Ecole de Mines de Saint-Etienne.

Cette structure fédérative va remplacer le PPF ALLIANA (2007-2010), voir le chapitre Valorisation. Dans le cadre de ce projet on prévoit que LaMuse devienne l'équipe d'appui de l'Institut Telecom de Saint-Etienne (Directeur L. Carraro).

Concernant l'évolution du personnel, il est difficile de prévoir le départ à la retraite des collègues en fin de carrière. La seule certitude est le départ en éméritat d'ici deux ans d'un professeur. Le souhait du laboratoire est que ce poste ainsi que des éventuels postes laissés vacants par promotion soient utilisés pour le renforcement des thèmes déjà existants et le développement d'autres domaines (par exemple, probabilité et analyse) à l'interface des domaines existants.

On va poursuivre la formation par la recherche en Ecole Doctorale de Saint-Etienne (UJM-EMSE) avec les cours donnés par les mathématiciens de l'UJM et de l'EMSE.

On va développer les 5 thèmes de recherche en trois domaines : algèbre, mathématiques appliquées en mécanique et théorie des nombres.

Ces thèmes sont définis comme :

M4SF (Méthodes mathématiques en modélisation des matériaux, des structures et des fluides).

Responsable : Grigory Panasenko

AOPSAN (Approximation d'opérateurs, problèmes spectraux et algèbre numérique) ;

Responsable : Alain Largillier

FBP (Problèmes à frontière libre).

Responsable : Mahdi Boukrouche

ALGEBRE (Algèbre non-commutative et groupes quantiques).

Responsable : Roland Berger

THEORIE DES NOMBRES (Théorie des nombres, combinatoire, et problèmes diophantiens).

Responsable : Georges Grekos

## OBJECTIFS SCIENTIFIQUES PAR THEME :

### 1. Thème M4SF

Thème **M4SF-Modélisation Structures Fluides** (Méthodes Mathématiques en Modélisation de Matériaux, Structures et Fluides) Responsable : G.Panasenko (Responsable), V.Busuioc, L.Carraro, M.Réhaïlia, M.-C.Viallon ; doctorants : R.Fares, P.Kurbatova, V.Picheny

**La première partie** du projet est liée à **l'étude asymptotique des écoulements sanguins dans un réseau de vaisseaux**. Ce réseau est décrit comme un domaine mince où le petit paramètre est le rapport entre la largeur des vaisseaux et sa longueur. Dans ce domaine de type arbre le fluide circule. On prévoit une étude asymptotique des équations aux dérivées partielles posées dans ce domaine ; ces équations modélisent les écoulements sanguins. Nous considérerons une série de modèles, en commençant par les plus simples (Stocks, Navies-Stocks) et en passant aux plus réalistes (fluides micro polaires, écoulements non newtoniens, écoulements des suspensions aux plusieurs échelles des particules). On prévoit également des conditions différentes au bord : murs absolument rigides, murs élastiques où la rigidité des murs est le deuxième paramètre, murs visco-élastiques, viscosité variable. Les équations de l'écoulement seront couplées avec le transport de masse et de chaleur avec des modèles de coagulations du sang, etc.

A la première étape, nous construisons les approximations asymptotiques des solutions des EDPs dans des domaines minces. Ces travaux vont continuer les études commencées dans [OS1], voir la bibliographie de ces travaux. Ces approximations asymptotiques contiendront la construction des couches limites aux voisinages des bifurcations et croisements des vaisseaux, ainsi que dans le voisinage d'occlusions.

L'analyse asymptotique sera suivie à l'étape 2, d'une décomposition spéciale du domaine mince : dans des morceaux de la taille réduite au tour des bifurcations, croisements et occlusions, on garde la description 2D ou 3D et on passe à la description limite 1D dans la partie où le comportement de la solution asymptotique est régulier. On obtient donc **un modèle de dimension hybride 3D – 1D (ou 2D – 1D) avec des conditions à l'interface** entre les parties 1D et multi-D dérivées de l'analyse asymptotique. Cette méthode de décomposition asymptotique partielle du domaine a été proposée et justifiée dans l'article de G.Panasenko "Method of asymptotic partial decomposition of domain", Mathematical Models and Methods in Applied Sciences, v. 8, No 1,1998, 139-156..

Il est important d'étudier les cas nous permettant de paralléliser les calculs dans les différentes parties du domaine.

A l'étape 3, la méthode de **décomposition de domaine sera appliquée aux simulations numériques des écoulements sanguins**. L'étude pratique sera complétée par des simulations numériques; l'applicabilité de cette méthode sera étudiée. Cette étape continuera les études commencées dans G. Panasenko, I. Sirakov, R. Stavre. "Asymptotic and numerical modeling of a flow in a thin channel with viscoelastic wall", Int. Journal for Multiscale Computational Engineering, 5,6, 2007, pp.473-482. Nous allons prendre en compte les processus de la coagulation du sang, formation d'un thrombus, etc.

Cet axe de recherche sera **en collaboration avec le Centre National d'Hématologie de Russie**, l'Université d'Etat de Moscou Lomonosov et dans le cadre d'une convention franco-italienne de coopération de recherche sur l'analyse des structures minces et dans le cadre du projet pluri-formation PPF ALLIANA (2007-2010) et ensuite MODMAD. Un projet ANR est déposé à ce sujet où le LAMUSE est l'un des trois partenaires principaux.

**La deuxième partie** du projet est liée aux **modèles semi-discrets**. Ces modèles apparaissent dans la physique des dépôts nano-structurés, mais aussi dans des modèles de croissance des plantes (voir N. Bessonov, V. Volpert. Dynamics models of plant growth, Sciences Mathématiques, Piblibook, 2006). La question principale est: quelles sont les conditions correctes de l'interface entre la partie discrète et

la partie continue ? Le choix de ces conditions est fait en rapport avec le développement asymptotique du problème discret. Nous envisageons d'appliquer l'approche de la méthode de décomposition asymptotique partielle de domaine et de la méthode **de l'homogénéisation partielle** [OS1] pour la construction et justification des modèles semi-discrets (voir M. Betoue Etoughe, G. Panasenko. "Partial homogenization of discrete models", *Applicable Analysis*, 87, 12, 2008, pp. 1409-1425).

Finalement, **la troisième partie** concerne les applications des **modèles acoustiques en biologie** et en particulier de l'équation de Khokhlov-Zabolotskaya-Kuznetsov et de l'équation de Burgers dans un milieu hétérogène. Le petit paramètre est le rapport entre l'échelle microscopique et l'échelle macroscopique de variation des paramètres du milieu. Quelques pas dans cette direction sont faits dans la série des papiers mentionnés dans la partie bilan (par exemple, I. Kostin, G. Panasenko. "Khokhlov-Zabolotskaya-Kuznetsov type equation: nonlinear acoustics heterogeneous media ", *SIAM J. Math. Anal.*, 40, 2 (2008), pp. 699-715).