

Rapport d'activité /Activity Report

**Spring School and Workshop on
Mini-invasive procedures in medicine and surgery : mathematical and numerical challenges
École de printemps et Atelier sur les
Traitements mini-invasifs en médecine et chirurgie: défis mathématiques et numériques**

Date: 16-27 mai/May 2005 (École du 16-20 et Atelier du 23-27)

Webpage : www.crm.umontreal.ca/Med05/indexen.html

Comité scientifique et organisateurs / Scientific committee and organizers: Michel Delfour (Montréal), André Fortin (Laval), André Garon (École Polytechnique, Montréal), Charles Peskin (Courant Institute of Mathematical Sciences, New York), Marc Thiriet (CNRS, Laboratoire Jacques-Louis Lions et projet REO de l'INRIA, Paris).

Commanditaires Sponsors: Centre de recherches mathématiques (CRM), INRIA Rocquencourt (France), MITACS

L'activité était étalée sur deux semaines : l'École comprenait deux séries de six heures de cours et trois mini ateliers thématiques de trois heures chacun; l'Atelier était composé de conférences de 50 minutes regroupées autour de neuf thèmes sur cinq jours.

Conférenciers principaux de l'École/Main speakers of the School :

Charles Peskin (Courant Institute of Mathematical Sciences, New York), *Mathematical Modeling and Computer Simulation of the Circulation and the Heart*;

Marc Thiriet (CNRS, Laboratoire Jacques-Louis Lions et projet REO de l'INRIA, Paris), *Des données d'entrée (biologiques, médicales, physiques, rhéologiques) aux simulations numériques des écoulements sanguins*.

Conférenciers et animateurs des mini ateliers de l'École/

Speakers and animators of mini-workshops of the School:

Miguel Fernandez (INRIA, Rocquencourt, Projet REO), *Simulations numériques du couplage fluide-structure dans les vaisseaux physiologiques*;

Julie Grant (Génie Mécanique, École Polytechnique, Montréal) et Gérard Plante (Institut de Pharmacologie de Sherbrooke, Université de Sherbrooke), *Transport moléculaire dans la paroi des vaisseaux et écoulements sanguins*;

Grégoire Malandain (INRIA Sophia-Antipolis, Projet Epidaure) et Catalin Fetita (Institut National des Télécommunications, Projets Artemis), *Traitement des images médicales : de l'extraction des contours des vaisseaux à la production du maillage*.

Invited speakers of the Workshop :

Yves Bourgault (Math. et Stat. Ottawa, Canada)

Greg W. Burgreen (Mississippi State University, USA)

Laurent Cohen (CEREMADE, Paris-Dauphine, France)

Michel Delfour (CRM et DMS, Montréal, Canada)

Christopher Ross Ethier (Toronto Western Research Institute, Canada)

Catalin Fetita (Institut National des Télécommunications, Projets Artemis, France)

Aaron Fogelson (Utah, USA)

André Fortin (GIREF, Laval, Canada)

André Garon (École Polytechnique, Montréal, Canada)

Rainald Lohner (George Mason, USA)

Grégoire Malandain (INRIA, Sophia Antipolis, projet EPIDAURE, France)

Mette Sofie Olufsen (North Carolina State, USA)

Robert Owens (DMS, Montréal, Canada)

Joaquim Peiró (Imperial College of London, UK)

Michel Sorine (INRIA, Rocquencourt, Projet SOSSO2, France)
David Steinman (Robarts Research Institute, London, Canada)
Marc Thiriet (CNRS, Laboratoire Jacques-Louis-Lions et INRIA Rocquencourt, Projet REO, France)
José Urquiza (CRM, Montréal, Canada)
Keith Worsley (Math and Stat, McGill, Canada)
Jean-Paul Zolésio (CNRS et INRIA, Sophia-Antipolis, projet OPALE, France)

Contributions des étudiants, postdocs, et autres/

Contributions by students, postdoc and others :

Maria Abdelali (École Polytechnique, Montréal, Canada)
Jordi Alastruey (Imperial College, London, UK)
Mélicha Côté (École Polytechnique, Montréal, Canada)
M. Doyle (Math & Stat, Ottawa, Canada)
Stéphane Étienne (École Polytechnique, Montréal, Canada)
C. Olah (Math & Stat, Ottawa, Canada)
A. Radaelli (Imperial College, London, UK)

Participants: 58 inscrits dont 18 étudiants

Objectifs/Goals :

L'objectif de ce tandem école de printemps et atelier est de réunir des experts de calibre international sur plusieurs facettes des traitements mini-invasifs en médecine et en chirurgie et d'identifier les défis mathématiques et computationnels sous-jacents.

The object of this combined Spring School and Workshop is to bring together experts of international stature on several facets of mini-invasive procedures in medicine and surgery and identify the underlying mathematical and computing challenges

Thèmes principaux de l'atelier/Main themes of the workshop :

Biology and Mechanics of Blood Flows/ Biologie et mécanique des écoulements sanguins
Brain imaging and functions/ Imagerie et fonctions cérébrales
Cardiac pump/ Pompe cardiaque
Fluid-structure interactions/ Interactions fluide-structures
Image-based computations/ Le calcul à partir de l'image
Imaging, meshing and computing/ Images, maillage et calcul
Image processing/ Traitement d'image
Immersed Boundaries/ Frontières plongées
Medical devices/ Dispositifs médicaux
Mathematical Modeling and Computer Simulation of the Circulation and the Heart/ Modélisation mathématique et simulation numérique de la circulation et du cœur
Particle flows/ Écoulements de particules
Wall transport/ Transport pariétal

Résumé de l'activité :

[English follows]

Cet ambitieux projet est le fruit d'une collaboration fructueuse et soutenue entre Marc Thiriet de l'INRIA (France), André Garon de Polytechnique (Canada) et de Michel Delfour du CRM et du DMS (Canada). L'importance de ces échanges entre le Canada et la France a été reconnu depuis près de deux par l'INRIA en conférant aux chercheurs impliqués le statut d'équipe associée.

L'initiative de faire précéder l'atelier par une École de printemps a été un franc succès avec une excellente participation étudiante et des échanges animés et fructueux. Nous avons eu le privilège d'avoir deux conférenciers principaux exceptionnels dont les 12 exposés ont été complémentaires. Charles Peskin du Courant Institute (New York) est un pionnier dans le domaine de la modélisation mathématique et de la simulation de la circulation et du cœur et le père des "immersed boundaries" et des premières simulations de valves. Marc Thiriet membre du CNRS (Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie) et responsable du projet REO à l'INRIA (Rocquencourt, France) est un pneumologue de formation doublé d'un mécanicien des fluides. Il a pour cette école été une vraie locomotive avec entre autres un magnifique livre encyclopédique de plus de 300 pages "*Biology and mechanics of blood flows*" qui a été distribué en pré-publication à tous les participants. Ce livre sera publié par Springer. Le thème de ses conférences a été "*Des données d'entrée (biologiques, médicales, physiques, rhéologiques) aux simulations numériques des écoulements sanguins*".

Les deux séries de conférences principales ont été complétées par trois après-midis de mini-ateliers thématiques. Miguel Fernandez (INRIA, Rocquencourt, Projet REO) a animé celui sur la "*Simulations numériques du couplage fluide-structure dans les vaisseaux physiologiques*". Le Dr Gérard Plante de l'Institut de Pharmacologie de Sherbrooke et Julie Grant (École Polytechnique, Montréal) ont animé le second sur le "*Transport moléculaire dans la paroi des vaisseaux et écoulements sanguins*". Enfin Grégoire Malandain (INRIA Sophia-Antipolis, Projet Epidaure) et Catalin Fetita (Institut National des Télécommunications, Projets Artemis) ont animé le dernier sur le thème du "*Traitement des images médicales : de l'extraction des contours des vaisseaux à la production du maillage*".

L'atelier principal de la seconde semaine a réuni des spécialistes de renommée internationale autour de neuf des grands thèmes de notre activité. Il a été un lieu de rencontre privilégié des équipes américaines, canadiennes, et françaises dans une atmosphère québécoise très conviviale. La participation a été nourrie jusqu'à la toute dernière session du vendredi. Les étudiants qui en ont exprimé le vœu ont pu faire des exposés le mercredi après midi et en fin de journée les autres jours.

Il convient enfin de remercier le CRM, l'INRIA et MITACS pour leur soutien financier.

English summary :

This ambitious project is born from a sustained and productive collaboration between Marc Thiriet (l'INRIA,France), André Garon (École Polytechnique, Canada) and Michel Delfour (CRM and DMS, Canada). The importance of such exchanges between France and Canada was recognized two years ago by INRIA which conferred the status of associated group to the researchers.

The initiative of holding a Spring school in the days preceding the Workshop proved to be a great success; student participation was excellent and exchanges were useful and animated. We had the privilege to have two exceptional principal speakers whose 12 talks were complementary. Charles Peskin (Courant Institute, New York) is one of the pioneers in the field of mathematical modeling and in the simulation of flows and the heart. He his also the "father" of "immersed boundaries" and of the first valve simulations. Marc Thiriet (member of CNRS, Laboratoire Jacques-Louis Lions, Université Pierre et Marie Curie), and principal investigator responsible for the REO project at INRIA, Rocquencourt, France), is a pneumologist by training as well as a mechanical engineer specializing in fluids. He was a tremendous driving force during the school, thanks to, in particular, an extraordinarily encyclopedic book of more than 300 pages titled *Biology and mechanics of blood flows* which was given in pre-publication to all participants. This work will be published by Springer. The theme of his lectures was "From input data (biologic, medical, physical, rheological) to blood flow numerical simulations."

These two series of principal lectures of the school were completed by three afternoons of thematic mini-workshops. Miguel Fernandez (INRIA, Rocquencourt, Projet REO) animated the one on “Numerical simulations of the fluid-structure coupling in physiological vessels.” Dr Gérard Plante (Institut de Pharmacologie de Sherbrooke) and Julie Grant (École Polytechnique, Montréal) conducted the second one on “Molecule transport in vessel walls and blood flows.” Finally, Grégoire Malandain (INRIA Sophia-Antipolis, Projet Epidaure) and Catalin Fetita (Institut National des Télécommunications, Projets Artemis) lead the one on “Medical image processing: from vessel wall extration to surface mesh production.”

The main workshop of the second week brought together world-renowned specialists around nine of the major themes of the activity. It was a privileged meeting ground for the American, Canadian and French team, in a very casual Quebecer ambiance. The participation was sustained until the very last session on Friday. Students interested to give a talk gave their presentations on Wednesday afternoon and at the end of the other days.

We thank CRM, INRIA and MITACS for their financial assistance.