

Groupe
interdisciplinaire de
recherche en
éléments
finis



Rapport annuel d'activité

2005-2006



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences et de génie



Nos coordonnées

Faculté des sciences et de génie
Pavillon Adrien-Pouliot, local 2987
Université Laval
Québec (Québec)
Canada G1K 7P4

Téléphone : (418) 656-2209
Télécopieur : (418) 656-3404

giref@giref.ulaval.ca
www.giref.ulaval.ca



UNIVERSITÉ
LAVAL

Faculté des sciences et de génie

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	2
--------------------	---

LE REGROUPEMENT

Historique	3
Thématique de recherche	3
Programmation de recherche.....	3
Infrastructure.....	4

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers.....	5
Chercheurs associés.....	12
Personnel administratif et professionnel	14
Stagiaires postdoctoraux.....	15
Étudiants au doctorat	16
Étudiants à la maîtrise.....	23
Stagiaires	27

LES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS

Maîtrise	28
Doctorat	29

LES PROJETS EN COURS.....	30
---------------------------	----

LES ACTIVITÉS

Séminaires.....	42
-----------------	----

LES PUBLICATIONS

Revue avec comité de lecture	44
Conférences avec arbitrage et actes de colloque	47

AVANT-PROPOS

Le GIREF regroupe une bonne partie des forces vives dans le domaine de la modélisation numérique et du calcul scientifique au Québec. Ses quelque 25 chercheurs illustrent son caractère interdisciplinaire et proviennent principalement de l'Université Laval mais aussi de Polytechnique, de l'Université du Québec en Outaouais, à Trois-Rivières et de l'Université McGill.

Il faut admettre que l'année 2005-2006 a été difficile puisque nous n'avons pas pu renouveler notre financement commun au programme de Regroupements stratégiques du FQRNT. Nous ne reviendrons pas sur les circonstances qui ont mené à cet échec mais il est certain que les membres devront collectivement trouver de nouvelles sources de financement commun s'ils désirent le maintien de l'infrastructure actuelle du GIREF.

Malgré cela, les membres du GIREF ont quand même décidé de monter le dossier en vue de l'évaluation périodique du GIREF par la Commission de la recherche de l'Université Laval (CRUL). La visite du comité a eu lieu en décembre. Le GIREF était représenté par son directeur, André Fortin de même que Marie-Laure Dano de génie mécanique, Alain Cloutier des sciences du bois et de la forêt, René Therrien du Département de génie des mines, de la métallurgie et des matériaux et enfin par Robert Guénette et Daniel Le Roux du Département de mathématiques et de statistique. Zanin Kavazovic, représentant étudiant, s'est occupé de la rencontre de la Commission avec les étudiants. Sylvie Lambert a compilé les statistiques et coordonné tout le montage du dossier. Tout porte à croire que la reconnaissance officielle du GIREF sera prolongée de 5 ans.

Les différents projets se sont bien entendus poursuivis alors que de nouveaux projets ont démarré. Le développement du logiciel MEF++, fer de lance des développements informatiques au GIREF s'est poursuivi. Plusieurs étudiants peuvent ainsi profiter d'une plate-forme de travail extrêmement performante et échanger facilement de la méthodologie numérique.

La collaboration avec la Société française de pneumatiques Michelin s'est poursuivie pour la modélisation des problèmes de contact en grandes déformations. MM. André Fortin, Michel Fortin et Robert Guénette étaient impliqués dans ce projet. MM. Éric Chamberland et Carl Robitaille, professionnels de recherche au GIREF, étaient responsables de la mise en œuvre informatique dans le logiciel MEF++.

MM. Alain Cloutier du Centre de recherche sur le bois (Faculté de Foresterie), Pierre Blanchet de Forintek, André Fortin du Département de mathématiques et de statistique, ainsi que Dominique Pelletier du Département de génie mécanique de Polytechnique ont obtenu en fin d'année une réponse positive du CRSNG pour le développement d'un logiciel de modélisation numérique des phénomènes thermo-hygro-mécaniques dans les composites à base de bois. Les travaux commenceront en 2006. M. Jean Deteix, professionnel de recherche sera responsable du développement des méthodes numériques et de leur implémentation dans MEF++.

Les domaines de recherche couvrent maintenant la mécanique des fluides et des solides, les applications en sciences du bois, les modèles océaniques, les problèmes de surfaces libres en hydrologie, la modélisation des guides d'ondes en optique, les bio-fluides, la mise en forme des polymères, le transport de contaminants en milieux poreux, etc. Les activités scientifiques des membres du GIREF continuent de se diversifier, ce qui illustre l'importance de la modélisation numérique et du calcul scientifique au Québec et en particulier à l'Université Laval.

Le directeur,

André Fortin

Historique

Le groupe interdisciplinaire de recherche en éléments finis (GIREF) a été fondé à l'Université Laval en 1990 autour de deux noyaux de chercheurs, un groupe de mathématiciens appliqués et un groupe d'ingénieurs provenant de deux facultés, et plusieurs départements : génie civil, génie mécanique, sciences du bois et de la forêt, etc.

Officiellement reconnu par l'Université Laval comme centre de recherche en 1995, le GIREF compte environ 28 chercheurs dont 17 de l'Université Laval, mais également de l'Université de Montréal, de l'Université McGill, de l'Université du Québec en Outaouais, à Trois-Rivières et de l'INRS-ETE. Ajoutons à cela des chercheurs provenant du milieu industriel, de laboratoires gouvernementaux et aussi de l'extérieur du Québec.

Thématique de recherche

La modélisation numérique est au cœur des sciences appliquées et joue un rôle fondamental dans presque toutes les disciplines des sciences et du génie. La modélisation ou simulation numérique, souvent appelée calcul scientifique « Scientific Computing », consiste à représenter un phénomène physique par un modèle mathématique sous forme de très grands systèmes d'équations (de l'ordre du million) qui sont résolues à l'aide de l'ordinateur. La modélisation numérique est maintenant pleinement établie comme une discipline scientifique en elle-même qui possède ses protocoles de recherche, de vérification et de validation. Un nombre extraordinaire de revues scientifiques sont totalement ou partiellement dédiées à cette discipline somme toute relativement récente. De plus en plus de grandes et moyennes entreprises embauchent des numériciens pour répondre à leurs besoins grandissants en ce domaine.

Programmation de recherche

L'objectif stratégique fondamental du GIREF est le développement de méthodes numériques originales en vue d'applications en sciences et génie et le transfert technologique vers les chercheurs et les entreprises du Québec et même ailleurs. Un certain nombre d'objectifs secondaires se greffent à cela :

- Assurer une formation, un encadrement et un milieu de travail de qualité à nos étudiants des cycles supérieurs.
- Initier des stages de formation et d'initiation à la recherche pour les étudiants de premier cycle;

Programmation de recherche *(suite)*

- Former une main-d'œuvre spécialisée pour les entreprises québécoises;
- Fournir les ressources matérielles en appui aux projets de recherche des membres;
- Apporter les ressources humaines et l'expertise nécessaires en modélisation numérique à la réalisation de projets scientifiques de grande envergure;
- Faire le transfert technologique vers les entreprises à travers des projets de recherches concertés.

Infrastructure

L'infrastructure actuelle du GIREF a permis jusqu'à maintenant l'embauche d'une agente de secrétariat, d'un technicien informatique et de plusieurs professionnels de recherche chargés de la supervision et du développement de nos logiciels ainsi que de l'aide aux étudiants des différents projets. Ces personnes qui sont mises à la disposition de tous les membres, et surtout de leurs étudiants, ont un effet structurant. Cela représente une force de travail importante qui crée une synergie significative entre les membres.

Le travail des membres, des étudiants et des professionnels de recherche se concentre autour de notre laboratoire informatique au pavillon Adrien-Pouliot qui est le lieu de rencontre privilégié pour échanger, s'entraider et discuter. On y retrouve du matériel informatique très performant, ce qui est absolument nécessaire dans le domaine de la modélisation numérique. L'équipement le plus important est un ordinateur parallèle de 32 processeurs, obtenu grâce à une subvention de la FCI dans le cadre du projet CLUMEQ. Au cours des dernières années, notre laboratoire a facilité le travail d'un grand nombre d'étudiants de tous les cycles.

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers

Mosto **Bousmina**

*Génie chimique
Université Laval
Mosto.bousmina@gch.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Chimie, catégorie générale
- Génie chimique
- Génie civil, génie de la construction et génie des matériaux
- Ingénierie

Alain **Charbonneau**

*Informatique et ingénierie
Université du Québec en Outaouais
alain.charbonneau@uqo.ca*

Intérêts de recherche

- Simulation numérique de guides optiques
- Méthodes numériques

Alain **Cloutier**

*Sciences du bois et de la forêt
Université Laval
alain.cloutier@sbf.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Modélisation du gauchissement hygromécanique des composites laminés à base de bois
- Modélisation du pressage à chaud des panneaux de fibres de bois
- Modélisation du séchage du bois

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (*suite*)

Marie-Laure **Dano**

*Génie mécanique
Université Laval
mldano@gmc.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Comportement mécanique des matériaux et structures composites
- Stabilité dimensionnelle des structures
- Matériaux et structures intelligents
- Modélisation des structures composites

Michel **Delfour**

*Mathématiques et statistique
CRM
Université de Montréal
delfour@crm.umontreal.ca*

Intérêts de recherche

- Optimisation de forme (stents)
- Design et contrôle
- Modélisation des coques

Guy **Dumas**

*Génie mécanique
Université Laval
guy.dumas@gmc.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Simulation directe (DNS)
- Stabilité hydrodynamique
- Génie aérospatial, aéronautique et automobile
- Modélisation de la turbulence

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (*suite*)

Marie-Isabelle **Farinas** *Génie mécanique*
École Polytechnique de Montréal
marie-isabelle.farina@polymtl.ca

Intérêts de recherche

- Mécanique des fluides
- Éléments finis
- Optimisation
- Transfert de chaleur
- Biofluides

André **Fortin** *Mathématiques et statistique*
Direction
Université Laval
andre.fortin@giref.ulaval.ca

Intérêts de recherche

- Modélisation numérique
- Fluides non newtoniens
- Calcul de surfaces libres
- Adaptation de maillages

Michel **Fortin** *Mathématiques et statistique*
Université Laval
mfortin@mat.ulaval.ca

Intérêts de recherche

- Calcul parallèle pour problèmes de contact
- Maillage adaptatif
- Méthodes de Lagrangien augmenté
- Méthodes mixtes

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (*suite*)

Yves **Fortin**

*Sciences du bois et de la forêt
Université Laval
yves.fortin@sbf.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Modèle hygro-thermo-mécanique pour le bois
- Modélisation numérique du séchage du bois
- Mesures expérimentales

Vincent **François**

*Génie mécanique
Université du Québec à Trois-Rivières
francois@uqtr.ca*

Intérêts de recherche

- Mécanique des milieux continus
- Modélisation et simulation

Augustin **Gakwaya**

*Génie mécanique
Université Laval
agakwaya@gmc.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Systèmes virtuels de fabrication avancée et intégrité structurale de véhicules volants
- Modélisation avancée des structures composites aérospatiales soumises à des impacts ballistiques
- Modélisation du comportement chemo-thermo-mécanique de produits carboné et de la glace atmosphérique
- Méthode sans maillages et formulation SPH (impact et interaction fluide-structure)

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (suite)

Martin **Gander**

*Mathématiques et statistique
Université McGill
mgander@math.mcgill.ca*

Intérêts de recherche

- Décomposition de domaines (Méth. de Schwartz)
- Méthodes itératives
- Préconditionneurs

André **Garon**
Direction adjoint

*Génie mécanique
École Polytechnique de Montréal
andre.garon@meca.polymtl.ca*

Intérêts de recherche

- Méthodes d'éléments finis
- Turbines hydrauliques
- Turbulence
- Mécanique des fluides (modélisation, simulation)
- Thermohydraulique

Guy **Gendron**

*Génie mécanique
Université Laval
guy.gendron@gmc.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Modélisation des structures faites de matériaux composites
- Modélisation des pièces minces
- Modélisation du gauchissement des pièces stratifiées soumises à un gradient d'humidité

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (*suite*)

Robert **Guénette**

*Mathématiques et statistique
Université Laval
robert.guenette@mat.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Méthodes numériques en mécanique des fluides non newtoniens
- Modèles rhéologiques
- Formulation hamiltonienne
- Problèmes de contact

Daniel **Le Roux**

*Mathématiques et statistique
Université Laval
dleroux@mat.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Analyse numérique des équations aux dérivées partielles
 - Méthode des éléments finis et spectraux
 - Méthode semi-lagrangienne
 - Modélisation océanique et climatique

Dominique **Pelletier**

*Génie mécanique
École Polytechnique de Montréal
dominique.pelletier@polymtl.ca*

Intérêts de recherche

- Écoulements turbulents
- Calcul de sensibilité
- Maillage adaptatif et estimation d'erreurs

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs réguliers (suite)

Roger **Pierre**

*Mathématiques et statistique
Université Laval
rpierre@mat.ulaval.ca*

Intérêt de recherche

- Analyse numérique des équations aux dérivées partielles
- Modélisation numérique des guides d'ondes

Jean-Loup **Robert**

*Génie civil
Université Laval
Jean-loup.robert@gci.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Modélisation des écoulements à surface libre
- Modélisation des phénomènes de transport par diffusion et convection

Yves **Secretan**

*INRS-ETE
Québec
Yves.secretan@ete.inrs.ca*

Intérêts de recherche

- Modèle numérique de terrain
- Modélisation des risques d'inondation
- Modèles hydrauliques et de qualité de l'eau

René **Therrien**

*Géologie et génie géologique
Université Laval
Rene.therrien@ggl.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Écoulements en milieux poreux
- Transport de contaminants
- Équations de réaction-diffusion

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs associés

Josée **Bastien**

*Génie civil
Université Laval
josee.bastien@gci.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Structures en béton
- Structure, propriétés et essais des matériaux

Yves **Bourgault**

*Mathématiques et statistique
Université d'Ottawa
ybourg@mathstat.uottawa.ca*

Intérêts de recherche

- Mécanique des fluides numérique
- Méthodes numériques
- Modélisation mathématique
- Mécanique des milieux continus

Claire **Deschênes**

*Génie mécanique
Université Laval
cdeschen@gmc.ulaval.ca*

Intérêt de recherche

- Recherche et développement sur les turbines hydrauliques
- Écoulements dans les turbines hydrauliques
- Modélisation de la turbulence

LES MEMBRES DU GIREF

Chercheurs associés

Mario Fafard

*Génie civil
Université Laval
mfafard@gci.ulaval.ca*

- Modélisation du préchauffage cuve Hall-Hérault
- Modélisation et expérimentation migration espèces chimiques dans le carbone
- Contact multi-physique
- Méthode des éléments finis stochastiques

Mohamed Farhloul

*Mathématiques et statistique
Université de Moncton
farhlom@umoncton.ca*

Intérêts de recherche

- Méthodes d'éléments finis mixtes
- Singularités et raffinement de maillages
- Fluides non newtoniens

Jean-Jacques Gervais

*Mathématiques et statistique
Université Laval
Jean-Jacques.Gervais@mat.ulaval.ca*

Intérêts de recherche

- Théorie des singularités
- Application à la théorie de la bifurcation

Jean-François Héту

*Institut des matériaux industriels
Conseil national de recherches du Canada
jean-francois.hetu@nrc.ca*

Intérêts de recherche

- Modélisation de la mise en forme des polymères
- Calcul scientifique et parallélisme

LES MEMBRES DU GIREF

Personnel administratif et professionnel

Éric **Chamberland**

Professionnel de recherche

- Responsable du développement de MEF++
- Aide aux étudiants
- Adaptation de maillage

PLT - 2990

eric.chamberland@giref.ulaval.ca

Sylvie **Lambert**

Agente de secrétariat

- Convocation et organisation des réunions
- Conception et rédaction de documents administratifs
- Planification et organisation matérielle (congrès, voyages, etc.)
- Suivi et mise à jour des dossiers et des échéanciers relatifs à la gestion du budget, du personnel, des achats, etc.

PLT -2987

sylvie.lambert@giref.ulaval.ca

Carl **Robitaille**

Professionnel de recherche

- Problèmes de contact
- Parallélisme

robitail@giref.ulaval.ca

Cristian **Tibirna**

Professionnel de recherche

- Parallélisme de MEF++
- Responsable du beowulf
- Aide aux étudiants

PLT-2988

ctibirna@giref.ulaval.ca

LES MEMBRES DU GIREF

Stagiaires postdoctoraux

Alvandi, Alireza

Étude fiabiliste des ouvrages en béton

Directrice : Josée Bastien

Deteix, Jean

Optimisation de coques composites

Direction : Alain Cloutier

Codirection : Guy Gendron, André Fortin

Gabbouhy, Mostafa

Étude d'un modèle de Saint-Venant 3D avec couplage de la convection thermique et adaptation de maillage

Direction : Daniel Le Roux

Codirection : Jean-Loup Robert

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat

- Alteyrac, Jérôme** *Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire (Picea mariana (Mill.) B.S.P.)*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection: S.Y. Tony Zhang et Jean-Claude Ruel
- Beck, Katherina** *Conception d'un nouveau produit en bois d'ingénierie à usage structural à partir de bois de trituration provenant d'essences sous-utilisées*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : Alexander Salenikovich et Robert Beauregard
- Barbosa da Cruz, Antônio Guilherme** *Directrice : Claire Deschênes
Codirection : Andre Louiz Amarente Mesquita*
- Ben Amor, Anis** *Stabilité dimensionnelle des panneaux composites à base de bois*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : Robert Beauregard
- Ben Ismaïl, Anīs** *Modélisation numérique du procédé de poinçonnage-corrélation entre l'état du matériau et ses propriétés magnétiques*
- Direction : Mario Fafard et Mohamed Rachik
- Benmoussa, Khalid** *Écoulements à surfaces libres*
- Direction : André Fortin
- Blanco, Claudio** *Méthodologie d'implantation de microturbines dans le bassin amazonien dans une perspective de développement durable*
- Direction : Yves Secretan

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

- Brahmi, Ahcène** *Méthodes d'éléments finis mixtes raffinées pour les équations de Boussinesq*
Direction : Hassan Manouzi
Codirection : Mohamed Farhloul
- Chang, Philippe** *Modélisation hydraulique en éléments finis*
Direction : Jean-Loup Robert
- Chaouki, Hicham** Direction : Fouad Erchiqui
Codirection : Augustin Gakwaya
- Dieme, Michel** *Modèle 3-D de circulation dans le lac de Guier (Sénégal)*
Direction : Daniel Le Roux
Codirection : Abdou Sene
- Diouf, Coly Waya** *Modélisation intégrée de l'écoulement en nappe libre et transport de nitrates dans la région de Portneuf*
Direction : René Therrien
- Djoumna, Georges** *Modélisation des équations de Saint-Venant par des méthodes d'éléments finis*
Direction : Roger Pierre
Codirection : Daniel Le Roux
- El Maliki, Abderrahman** *Méthodes itératives de type Kaylov*
Direction : Robert Guénette
Codirection : Michel Fortin
- Espinoza Herrera, Raul** *Fabrication des panneaux bois-matériel inorganique*
Direction : Alain Cloutier

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

- Garcia, Rosilei A.** *Amélioration de la stabilité dimensionnelle des panneaux MDF par traitements physico-chimiques*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : Bernard Riedl
- Gauthier, Louis** Direction : Augustin Gakwaya
Codirection : Dennis Nandlall
- Grandmont, Jean-Frédéric** *Analyse structurale du système âme-semelles des poutrelles en I*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : Guy Gendron
- Graf, Thomas** *Modélisation numérique de l'écoulement de fluides et transport de masse avec effets de densité dans les milieux fracturés*
- Direction : René Therrien
- Hammoud, Rabah** *Structure*
- Direction : Mario Fafard
- Jedidi, Rym** *Simulation numérique des guides d'ondes courbés*
- Direction : Roger Pierre
Codirection : Marie Fontaine
- Julien, Steve**
Boursier FQRNT *Simulation de la turbulence*
- Direction : Guy Dumas
Codirection : André Fortin
- Kane, Abdoulaye Sabou** *Analyse des instabilités dans les écoulements non newtoniens tridimensionnels*
- Direction : Roger Pierre

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

Kavazovic, Zanin	<i>Méthodes de décomposition de domaines</i> Direction : Robert Guénette
Lavoie-Perrier, Marie-Anne	Direction : Augustin Gakwaya Codirection : Ensan, Nejad
Leblanc, Anne-Marie	<i>La modélisation 3D du régime thermique du pergélisol de la vallée de Salluit, Nunavik, Québec, en réponse au changement climatique</i> Direction : Richard Fortin Codirection : René Therrien
Liu, Wenhua	<i>Étude des changements de couleurs du bois au cours du séchage</i> Direction : Yves Fortin
Lizdaoui, Aziza	<i>Étude des extractibles de l'écorce de l'épinette noire et de peuplier faux-tremble</i> Directrice : Tatjana Stevanovic Janezic Codirection : Alain Cloutier
Mohammadian, Abdolmajid	<i>Modélisation de l'écoulement du fleuve Sénégal : Estuaire, modèle de sédimentation</i> Direction : Le Roux Codirection : Jean-Loup Robert
Moutee, Mohssine	<i>Modélisation 3-D du comportement mécanique du bois au séchage</i> Direction : Yves Fortin Codirection : Mario Fafard
Nabhani, Messaoud	<i>Simulation 3-D du séchage à haute température</i> Direction : Yves Fortin Codirection : Carl Tremblay et André Fortin

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

Ngueho Yemele, Martin Claude	<i>Fabrication de panneaux de particules à base d'écorce</i> Direction : Alain Cloutier Codirection : Pierre Blanchet
Non, Étienne	<i>Continuation des solutions périodiques du système de Navier-Stokes</i> Direction : Roger Pierre Codirection : Jean-Jacques Gervais
Ould Denna, Mohamed Yahya	Direction : Daniel Le Roux
Picard, Donald	<i>Structure</i> Direction : Mario Fafard Codirection : Gervais Soucy
Qian, Ruixia	<i>Mesure d'écoulements dans une turbine hydraulique</i> Direction : Claire Deschênes Codirection : Maryse Pagé
Ramadane, Abderrazak	<i>Résolution parallèle de problèmes couplés de contact thermo-électro-mécanique par sous-domaines</i> Direction : Mario Fafard Codirection : Daniel Marceau
Reyna Valencia, Valencia	Direction : Mostapha Mosto Bousmina
Robitaille, Carl	<i>Modélisation du contact frottant en grandes déformations</i> Direction : André Fortin Codirection : Michel Fortin

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

- Rostand, Virgile** *Discrétisation des équations de St-Venant par la méthode des éléments finis*
- Direction : Daniel Le Roux
- Rycabel, Tadeusz** *Qualité et valeur des produits finis en fonction des conditions de croissance chez l'épinette noire (Picea mariana Mill.)*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : S.Y. Tony Zhang
- Samson, Éric** *Modélisation numérique du transport ionique dans les matériaux cimentaire non saturés*
- Direction : Jacques Marchand
Codirection : Jean-Loup Robert
- Thiam, Ndeye** *Stabilité et bifurcation en mécanique des fluides*
- Direction : Jean-Jacques Gervais
Codirecteur : Roger Pierre
- Thiam, Ngueye** *Méthode combinée d'éléments finis et d'éléments finis de frontière pour la simulation des guides d'ondes*
- Direction : Roger Pierre
Codirection : Marie Fontaine
- Tossou, Edmond E.** *Les écoulements en charge et le transport de glaces flottantes avec le modèle 2D de Saint-Venant*
- Direction : Jean-Loup Robert
Codirection : Brian Morse
- Toumb, Bassirou** *Diffusion de polluants dans un domaine 2D*
- Direction : Daniel Le Roux
Codirection : Abdou Sene

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants au doctorat (*suite*)

- Toumbou, Babacar** *Un modèle de l'estuaire du bassin du fleuve Sénégal: applications aux inondations*
- Direction : Daniel Le Roux
Codirection : Abdou Sene
- Vidal Bastia, Marcia** *Pressage de panneaux fibres de bois MDF*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : André Fortin
- Wane, Bocar Amadou** *Modélisation de l'écoulement du fleuve Sénégal : Estuaire, modèle de sédimentation*
- Direction : Daniel Le Roux
Codirection : Abdou Sène
- Youbissi, Fabien** *Méthode de sous-domaines appliquée au problème de contact*
- Direction : Robert Guénette

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants à la maîtrise

- Agassounon, Leonard C.** *Caractérisation des propriétés hydrauliques d'un granite à modérément fracturé*
Direction : René Therrien
- Chamberland, Éric** *Modélisation du contact frottant en grandes déformations*
Direction : Mostapha Mosto Bousmina
Codirection: André Fortin
- Chung Chian, Javier R.** *Stratégies de séchage à haute température pour le bois à valeur ajoutée*
Direction : Yves Fortin
- Cloutier, Jonathan** *Développement de système virtuel de fabrication avancée de produits en aluminium*
Direction : Augustin Gakwaya
- De la Chevrotière, Alexandre** Direction : Augustin Gakwaya
- De la Cruz Sanchez, Carmen Mariella** *Mesure des constantes élastiques du bois d'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) dans des conditions d'équilibre du séchage à basse température*
Direction : Roger Hernancez Pena
Codirection : Yves Fortin
- Gakwaya, Myriam** *Compensation des déformations induites thermiquement dans les matériaux composites à l'aide d'un piézocomposite*
Directrice : Marie-Laure Dano

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants à la maîtrise *(suite)*

- Girard, Frederic** *Optimisation de stratifiés en utilisant un algorithme génétique*
- Direction : Guy Gendron
Codirection : Louis Gosselin
- Giroud, Guillaume** *Caractérisation de la proportion de bois d'aubier et de duramen chez le bouleau à papier (*Betula papyrifera* Marsh.)*
- Direction : Alain Cloutier
- Harrisson, Lise** *Caractérisation des papiers de finition et des panneaux de fibres de bois de haute densité (HDF) utilisés dans la production de plancher flottant*
- Direction : Alain Cloutier
Codirection : Ahmed Koubaa
- Jouan de Kervenoael, Loïc** *Étude de l'écoulement turbulent autour d'une marche 2D descendante par vélocimétrie par image de particules (PIV).*
- Directrice : Claire Deschênes
Codirection : Yvan Maciel
- Jullière, Benjamin** *Contrôle actif des déformations thermiques des matériaux composites carbone/epoxy*
- Directrice : Marie-Laure Dano
- Kinsey, Thomas** *Modélisation numérique des écoulements aérodynamiques autour de systèmes d'ailes oscillantes : Application à l'extraction d'énergie*
- Direction : Guy Dumas

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants à la maîtrise *(suite)*

- Ledoux, Catherine** *Influence des fractures verticales sur le transport de la phase aqueuse dans un calcaire fracturé*
- Direction : René Therrien
Codirection : René Lefebvre
- Matei, Mihaita** *Perte de puissance dans la lubrification élastohydrodynamique dans un contact linéaire*
- Direction : Claude Gosselin
Codirection : Guy Dumas
- Michaud, Bernard** *Lieu d'enfouissement sanitaire Cook, Aylmer. Modélisation numérique de l'écoulement de l'eau souterraine et du transport des contaminants*
- Direction : René Therrien
- Pouliot, Benoît** *Comparaison de paires d'éléments finis pour la résolution des équations de St-Venant*
- Direction : Daniel Le Roux
- Raymond, Jasmin** *Évaluation du potentiel géothermique de l'ancienne mine Gaspé, Murdochville*
- Direction : René Therrien
- Reyna Valencia, Alejandra** *Mechanical characterization of proton exchange membranes for fuel cell applications*
- Direction : Mostapha Mosto Bousmina
Codirection : Serge Kaliaguine
- Rioux, Myriam** *Miroirs déformables à base de ferrofluide - Simulations numériques et étude préliminaire du contrôle*
- Direction : Ermanno F. Borra
Codirection : André Fortin et Simon Thibault

LES MEMBRES DU GIREF

Étudiants à la maîtrise *(suite)*

- Savard, Catherine** *Modélisation 3D de l'écoulement et des échanges isotopiques dans des réseaux de fractures*
- Direction : Georges Beaudoin
Codirection : René Therrien et Donna Kirkwood
- St-Onge, Virginie** *Développement de méthodes non destructives de contrôle de la qualité du bois modifié à haute température*
- Direction : Yves Fortin
Codirection : Carl Tremblay
- Torriano, Federico**
Boursier CRSNG *Contributions aux techniques de modélisation numérique des écoulements turbulents avec séparations importantes: application à un concept d'éolienne à ailes oscillantes*
- Direction : Guy Dumas
- Toussaint, Geneviève** *Modélisation du confinement des débris des pales d'un moteur d'avion*
- Direction : Augustin Gakwaya
Codirection : Dennis Nandlall
- Villaumé, Florian** *Prédiction des forces instantanées par la méthode Vortex appliquée aux écoulements autour de multiples corps mobiles*
- Direction : Guy Dumas
- Voinot, Damien** *Caractérisation et valorisation des produits volatiles émis lors du séchage du bois de pin gris et de chêne rouge*
- Direction : Tatjana Stevanovic Janezic
Codirection : Yves Fortin

LES MEMBRES DU GIREF

Stagiaires

Arbour, Mathieu

Modélisation de la déformation d'un plancher d'ingénierie à l'aide des éléments finis

Direction : André Fortin

Tremblay, Patrice

Infrastructure de tests de validation

Direction: P. Blanchet, A. Cloutier, A. Fortin

LES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS

MAÎTRISE

<p>Gauthier, Louis Génie mécanique 2005-03-31</p> <p><i>Étude du gauchissement dû à la fabrication dans des structures renforcées de fibres de verre orientées aléatoirement</i></p> <p>Directrice : M.-L. Dano</p>	<p>Giroud, Guillaume Sciences du bois 2005-12-31</p> <p><i>Caractérisation de la proportion de bois d'aubier et de duramen chez le bouleau à papier (Betula papyrifera Marsh.)</i></p> <p>Direction : A. Cloutier</p>
<p>Grandmont, Jean-Frédéric Sciences du bois</p> <p><i>Passage 2-3^e cycle sans dépôt de mémoire</i></p>	<p>Pouliot, Benoît Mathématiques et statistique 2005-12-31</p> <p><i>Comparaison de paires d'éléments finis pour la résolution des équations de Saint-Venant</i></p> <p>Direction : D. Le Roux</p>
<p>Reyna Valencia, Alejandra Génie chimique 2005-10-31</p> <p><i>Mechanical characterization of proton exchange membranes for fuel cell applications</i></p> <p>Direction: M. Bousmina Codirection: S. Kalaguine</p>	<p>St-Onge, Virginie Science du bois 2005-12-31</p> <p><i>Développement de méthodes non destructives de contrôle de la qualité du bois modifié à haute température</i></p> <p>Direction : Y. Fortin Codirection : C. Tremblay</p>

LES ÉTUDIANTS DIPLÔMÉS

DOCTORAT

<p>Alteyrac, Jérôme Sciences du bois 2005-07-31</p> <p><i>Influence de la densité de peuplement et de la hauteur dans l'arbre sur les propriétés physico-mécaniques du bois d'épinette noire (Picea mariana (Mill.) B.S.P.)</i></p> <p>Direction : A. Cloutier Codirection: S.Y. Tony Zhang, J.C. Ruel</p>	<p>Garcia, Rosilei. Aparecida Sciences du bois 2005-12-31</p> <p><i>Amélioration de la stabilité dimensionnelle des panneaux de fibre de bois MDF par traitements physico-chimiques</i></p> <p>Direction : A. Cloutier Codirection : B. Riedl</p>
<p>Graf, Thomas Sciences de la terre 2005-12-31</p> <p><i>Modélisation numérique de l'écoulement de fluides et transport de masse avec effets de densité dans les milieux fracturés</i></p> <p>Direction: R. Therrien</p>	<p>Ramadane, Abderrazak Génie civil 2005-11-30</p> <p><i>Résolution par sous-domaines naturels de problèmes avec contact multiphysique</i></p> <p>Direction : Fafard, Mario Codirection : Marceau, Daniel</p>

LES PROJETS EN COURS

- **Projet ACE**

Chercheur responsable : *André Garon*

Chercheurs : *M. Delfour (U. Montréal), A. Fortin, Y. Bourgault (U. d'Ottawa)*

Le groupe ACE (Aérosol-Cœur-Endoprothèse) s'intéresse à la modélisation numérique dans le domaine biomédical et est supporté financièrement par l'INRIA (France) pour favoriser les collaborations avec des chercheurs canadiens. Les recherches s'articulent autour du développement de méthodes mathématiques pour l'approximation et la résolution des équations de la biomécanique et plus particulièrement des écoulements fluides à l'intérieur du corps humain. Ces outils ont pour double rôle de reproduire les phénomènes physiques à l'origine des pathologies circulatoires et d'identifier des méthodes pour les corriger. Certaines applications concernent en fait le développement et la conception optimale de dispositifs implantés: prothèse endovasculaire, pompe d'assistance ventriculaire, cryochirurgie, etc.) . En particulier mentionnons les travaux suivants:

(1) Développement d'un modèle asymptotique de la dispersion des macromolécules d'un stent dans la paroi artérielle (Delfour). Il s'agit ici de l'identification du second terme de l'expansion. Des travaux antérieurs ont été publiés dans la revue SIAM (Delfour, Longo, Garon) en 2004.

(2) Développement d'un modèle pour l'écoulement en milieux poreux (parois artérielles) (Urquiza, Garon, Delfour, N'Dri).

(3) Étude d'une formulation des équations de Navier-Stokes stabilisés (N'Dri, Urquiza, Garon, Delfour)

(4) Étude des formulations Galerkin-Discontinue appliquées à la discrétisation des équations de transport hyperbolique pour la prédiction de la lyse des érythrocytes dans les dispositifs médicaux. (Lacasse, Garon, Pelletier et Bourgault).

(5) Étude d'une formulation asymptotiquement exacte de la lyse des érythrocytes (Garon, Farinas)

(6) Prédiction des fronts de gel-dégel lors de cryochirurgie (Fortin A.)

LES PROJETS EN COURS

- **Aérodynamique d'une aile oscillante par méthode eulérienne**

Chercheur : *Guy Dumas*

Étudiant à la maîtrise : *Thomas Kinsey*

Stagiaires^{1^{er}} cycle : *Philippe Tremblay, Nancy Girard*

Dans ce projet, nous étudions l'aérodynamique instationnaire associée à l'écoulement laminaire 2D autour d'une aile en mouvement oscillant (pilonnement et tangage) avec de larges amplitudes. Des applications en propulsion ainsi qu'en extraction d'énergie (turbine) sont visées. Ces écoulements sont modélisés par une méthode de volumes finis (code FLUENT, méthode eulérienne) selon deux approches différentes :

1. Dans un repère inertiel à l'aide d'une approche par maillage dynamique/adaptatif, et
2. Dans un repère accéléré (repère de pilonnement de l'aile) à l'aide de termes d'accélération apparente dans les équations de Navier-Stokes et d'un maillage en tangage rigide avec une interface de glissement non conforme.

La dynamique tourbillonnaire complexe de ces écoulements périodiques dans le temps et les forces instantanées exercées sur l'aile oscillantes sont étudiées en détail sur une vaste plage paramétrique.

- **Analyse structurale des poutrelles en I**

Chercheurs : *Guy Gendron, Alain Cloutier*

Étudiant au doctorat : *Jean-Philippe Grandmont*

L'objectif général du projet est de développer une meilleure compréhension du comportement du système âme-semelles des poutrelles en I afin d'en optimiser les caractéristiques par l'utilisation d'un modèle numérique. L'objectif spécifique est de modéliser le comportement mécanique d'une poutrelle en I par la méthode des éléments finis et d'utiliser ce modèle afin de valider scientifiquement la contribution de l'âme dans la poutrelle.

Comme le projet fait suite à une première phase entreprise lors d'une maîtrise, le travail poursuivi dans le cadre d'un passage accéléré au doctorat est basé sur les résultats obtenus précédemment. La première partie consistera à améliorer nos connaissances des matériaux constituant la poutrelle en I. Le point principal consistera à caractériser l'OSB (*Oriented Strand Board*) en fonction de sa densité variable. Nous poursuivrons le travail en nous intéressant à la caractérisation des joints âme-âme et âme-semelles afin d'ajouter ces éléments à la modélisation. L'ensemble des résultats que nous obtiendrons sera transposé dans un modèle

- **Analyse structurale des poutrelles en I (suite)**

par éléments finis. Suite à cela, des essais de validation seront effectués sur des poutrelles afin de s'assurer de la qualité du modèle. Ce dernier pourra, s'il prouve ses qualités, être utilisé comme outil d'optimisation et de design des produits pour les industriels.

- **Conception à l'aide de la méthode des éléments finis de panneaux agglomérés (meubles et cabinets) stables en dimensions incluant la finition non balancée**

Chercheurs : *Alain Cloutier, Robert Beauregard, André Fortin*

Les domaines d'utilisation des panneaux composites à base de bois s'orientent de plus en plus vers des applications structurales techniques. Cette reconquête implique le développement d'outils prévisionnels performants permettant une plus grande maîtrise du comportement hygro-mécanique de ces matériaux. Pour des raisons économiques ou esthétiques, on remarque une tendance dans l'industrie qui consiste à appliquer des revêtements de qualité différente sur les deux faces du panneau. Ces pratiques entraînent une distribution de teneur en humidité et de contrainte non uniforme dans l'épaisseur du panneau, pouvant engendrer des déformations. Il s'agit de caractériser le gauchissement des panneaux de fibres et de particules, finis et asymétriques, tout en définissant les conditions et les limites d'utilisation des divers produits de finition dans le but d'avoir un produit final le plus balancé possible.

L'étude comporte à la fois un aspect expérimental et un aspect modélisation par éléments finis. On doit donc établir un modèle approprié; déterminer les propriétés physiques et mécaniques des composites et des finitions de revêtements relatives au transfert d'humidité, au retrait/gonflement et aux déformations; procéder à la résolution du modèle par éléments finis et, finalement, valider les résultats du modèle en les comparant à des résultats expérimentaux.

- **Contrôle des déformations thermiques dans des structures composites par des composites à fibres piézoélectriques**

Chercheurs : *Marie-Laure Dano, Guy Gendron*

Étudiants à la maîtrise : *Myriam Gakwaya, Benjamin Jullière*

L'objectif de ce projet est d'étudier s'il est possible d'utiliser des composites à fibres piézoélectriques pour contrôler les déformations thermiques dans des structures composites. Il a d'abord fallu caractériser les matériaux étudiés, développer un modèle dans ABAQUS, et mener des essais expérimentaux pour

LES PROJETS EN COURS

- **Contrôle des déformations thermiques dans des structures composites par des composites à fibres piézoélectriques** (suite)

valider les prédictions du modèle. Ensuite, une boucle de contrôle a été ajoutée afin de pouvoir compenser automatiquement les déformations thermiques induites. On étudie maintenant comment réussir à détecter les distorsions induites afin de les compenser automatiquement.

- **Équipe FQRNT : mathématiques appliquées**

Chercheurs : *André Fortin, Michel Delfour (U. de Montréal), Michel Fortin, Martin Gander (McGill), Robert Guénette, Daniel Le Roux et Roger Pierre*

Ce groupe bénéficie d'une subvention du FQRNT dans le cadre du programme « équipe de recherche » et s'intéresse davantage aux aspects plus mathématiques de la modélisation numérique. Les applications couvrent la modélisation des guides d'ondes (R. Pierre), la mise en forme des polymères (R. Guénette et A. Fortin), les modèles océaniques (D. Le Roux), les problèmes à surfaces libres et les méthodes de lignes de niveau (A. Fortin et M. Delfour), les estimations d'erreurs (M. Fortin).

- **Étude sur le développement de structures bistables**

Chercheur : *Marie-Laure Dano*

Étudiant 1^{er} cycle : *Simon Côté*

Ces travaux de recherche consistent à concevoir une structure qui peut changer de forme sur commande. La structure est constituée d'une plaque composite à empilement non-symétrique et d'actuateurs à fibres piézoélectriques. La plaque composite possède la particularité d'avoir deux formes stables à température ambiante. L'objectif est d'utiliser des actuateurs à fibres piézoélectriques collés à la surface de la plaque pour passer d'une forme stable à une autre.

- **Projet MEF++**

Chercheurs : *André Fortin et Éric Chamberland*

MEF++ est le logiciel d'éléments finis développé par plusieurs membres du GIREF et qui a un effet structurant sur les activités du groupe. On y développe maintenant la méthodologie numérique qui se retrouvera dans les logiciels commerciaux de demain. C'est à la fois un outil de recherche fondamentale en analyse numérique et un logiciel d'applications industrielles. On peut l'utiliser pour la résolution de problèmes en mécanique des fluides, en mécanique des solides, en transfert de chaleur, pour des problèmes fortement couplés, non stationnaires etc. Il permet aux chercheurs d'accélérer leurs développements en partageant de l'information et de la méthodologie avec les autres membres.

LES PROJETS EN COURS

- **Projet MEF++** (suite)

Au cours de la dernière année, de nombreux ajouts ont été apportés à MEF++ permettant de traiter notamment les problèmes de contact en grandes déformations avec une grande variété de discrétisations. Les schémas instationnaires ont aussi été améliorés pour les rendre plus flexibles et plus faciles à utiliser.

L'adaptation de maillage a continué de progresser permettant de contrôler automatiquement la qualité et la précision des solutions calculées. De nombreuses publications sont issues de ces développements, notamment dans le domaine de la cryochirurgie.

- **Méthode lagrangienne des particules vortex pour la simulation des écoulements externes**

Chercheur : *Guy Dumas*

Étudiant à la maîtrise : *Florian Villaumé*

Stagiaires 1^{er} cycle : *Pascal Bochud, Julie Lefrançois*

Une méthode lagrangienne de particules vortex (Vortex Method), implémentée dans un code maison en langage C, a été adaptée pour la simulation des écoulements aérodynamiques instationnaires 2D autour de multiples corps mobiles en mouvement relatif arbitraire. Dans ce type d'applications, l'approche eulérienne par maillage dynamique et/ou mobile devient impraticable. L'alternative par une approche de résolution lagrangienne qui ne requiert aucun maillage devient alors particulièrement attrayante. La méthode est actuellement en phase de validation et d'optimisation. Elle sera appliquée pour l'étude des performances d'un nouveau concept de turbine à 4 ailes oscillantes.

- **Modélisation avancée en turbulence**

Chercheur: *Guy Dumas*

Étudiant au doctorat : *Steve Julien*

Étudiant à la maîtrise : *Federico Torriano*

La prise en compte adéquate des effets de la turbulence sur les écoulements à grands Reynolds demeure encore un défi considérable du point de vue de la modélisation numérique dans plusieurs types d'écoulement. On s'intéresse dans ce projet à deux situations d'importance: les écoulements internes en repère tournant et les écoulements externes autour de corps non profilés. Dans le premier cas, une modélisation RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes) à l'aide

LES PROJETS EN COURS

- **Modélisation avancée en turbulence** (suite)

d'un modèle RSM (Reynolds Stress Model) à 7 équations en 3-D est utilisée alors que pour le second cas, une approche de modélisation hybride RANS-LES (Large Eddy Simulation), communément appelée DES (Detached Eddy Simulation), est mise à l'essai.

- **Modélisation du comportement en service des lames de plancher d'ingénierie à base de bois**

Chercheurs : *Alain Cloutier, Pierre Blanchet, André Fortin*

Étudiant à la maîtrise : *Benoit Belleville*

Les lames de plancher d'ingénierie à base de bois sont constituées généralement de deux à trois couches de bois de propriétés et d'orientation différentes. La déformation de ces lames de plancher lors des changements de saison doit être contrôlée. L'objectif de ce projet est donc de modéliser la déformation des lames de plancher d'ingénierie suite à des variations d'humidité relative de l'air ambiant. Les propriétés physico-mécaniques de chaque couche du composite doivent être déterminées, incluant les adhésifs utilisés pour coller les couches. Le modèle développé permet de calculer la teneur en humidité et les déformations du composites suite à des changements d'humidité relative de l'air ambiant.

- **Modélisation du comportement hygro-thermo-mécanique du bois au cours du séchage**

Chercheurs : *Yves Fortin, Roger Hernandez, Mario Fafard, Guy Gendron, Carl Tremblay et Maurice Defo*

Étudiants à la maîtrise : *Messaoud Nabhani, Mariella de la Cruz et Anouar Guissi*

Étudiant au doctorat : *Mohssine Moutee*

Ce projet porte sur le développement d'un modèle mécanique de l'induction des contraintes et déformations prenant place au cours du séchage. L'étude est divisée en trois volets, soit le développement du modèle comme tel, la détermination expérimental des paramètres du modèle, et puis la validation du modèle dans des conditions réelles de séchage. Ce projet s'est terminé officiellement en septembre 2004.

LES PROJETS EN COURS

- **Modélisation du contact en grandes déformations**

Chercheurs : *André Fortin, Michel Fortin et Éric Chamberland, Robert Guénette*

Partenaire industriel : *Michelin*

Dans le cadre de ce projet, plusieurs éléments tétraédriques ont été développés pour la modélisation des matériaux hyper-élastiques. Les analyses de convergence montrent clairement la pertinence de ces éléments et brisent le mythe voulant que les éléments tétraédriques soient moins précis que les éléments hexaédriques en mécanique des solides.

La modélisation du contact pneu-route (déformable - non déformable) et du contact pneu-pneu (déformable-déformable) est d'une importance capitale pour la conception de nouveaux pneus.

Les algorithmes classiques sont peu précis et peu performants. L'objectif principal est ici le développement de méthodologie originale permettant de modéliser le contact frottant avec une plus grande précision.

- **Modélisation du gauchissement hygro-mécanique dans des feuilles de carton**

Chercheuse : *Marie-Laure Dano*

Étudiant à la maîtrise : *Jean-Pierre Bourque*

L'objectif de ce projet est de développer des outils d'analyse pour permettre de concevoir et fabriquer des cartons ayant une meilleure stabilité dimensionnelle lorsque soumis à des variations d'humidité.

- **Modélisation du pressage à chaud des panneaux de fibres de bois**

Chercheurs : *Alain Cloutier, André Fortin*

Étudiante au doctorat : *Marcia Vidal Bastias*

Le procédé de pressage à chaud des panneaux de fibres de bois implique des phénomènes de transfert de chaleur et de masse important dans l'ébauche. La dynamique de ces transferts accompagnée de la réaction mécanique de l'ébauche déterminent le profil de densité vertical des panneaux et leurs propriétés physico-mécaniques et influencent les coûts de production. L'objectif de ce projet est de modéliser les transferts de chaleur et de masse dans l'ébauche en cours de pressage. Le modèle utilisé permet de calculer la température, la teneur en humidité et la pression gazeuse dans l'ébauche en cours de pressage.

LES PROJETS EN COURS

- **Modélisation en sciences du bois**

Chercheurs : *Alain Cloutier, Yves Fortin, André Fortin et Guy Gendron*

Partenaire industriel : *Forintek*

Dans ce thème de recherche, on s'intéresse à la modélisation appliquée au génie du bois et en particulier aux questions de séchage du bois massif, de pressage à chaud des panneaux composites à base de bois et de stabilité dimensionnelle en service des composites laminés à base de bois.

Les méthodes numériques deviennent des outils incontournables dans le domaine des produits du bois étant donné la rareté croissante de la ressource, le développement de produits du bois à valeur ajoutée de plus en plus complexes à concevoir et à mettre en œuvre et la mondialisation des marchés où les entreprises québécoises et canadiennes sont en compétition avec des pays où la savoir faire est à l'avant-garde et où la croissance des arbres est plus rapide qu'ici.

Des modèles numériques de l'évolution de la température et de la teneur en humidité dans une pièce de bois en cours de séchage ont été développés et mis en œuvre. De nombreuses comparaisons avec des résultats expérimentaux ont montré la pertinence de ces modèles et des techniques numériques utilisées. On peut ensuite en déduire les déformations engendrées par les gradients de teneur en humidité et de température dans la pièce qui ont un impact majeur sur la qualité et la valeur des bois séchés. On s'attaque maintenant à la modélisation du séchage d'une pile de planches de bois, problème plus proche du procédé de séchage industriel. De plus, un projet est en cours sur la modélisation des poutrelles composites en « I » dans le but d'optimiser la géométrie des composantes.

- **Optimisation de laminés en utilisant l'algorithme génétique**

Chercheurs : *Guy Gendron et Louis Gosselin*

Étudiant à la maîtrise : *Frédéric Girard*

Ces travaux portent sur l'optimisation de structures laminées en utilisant un algorithme génétique. Un programme d'optimisation est alors développé et est ensuite appliqué à la résolution d'une série de problèmes d'optimisation où les variables de design peuvent appartenir à des domaines discrets ou continus.

- **Optimisation de laminés en utilisant l'algorithme génétique** (suite)

Tout d'abord, il est question de problèmes pour lesquels le nombre de couches du laminé, le matériau et l'épaisseur de ces couches sont fixes. Les variables de design sont alors l'orientation de chaque pli qui peuvent prendre des valeurs discrètes (0° , $\pm 45^\circ$, 90°) dans un premier cas et des valeurs continues (0° à 90°) par la suite. Deuxièmement, il est question de problèmes où le nombre de plis et le matériau des plis deviennent des variables de design qui s'ajoutent alors à l'orientation des plis.

Dans ces cas, les variables de design (matériaux et orientations) sont sélectionnées à partir d'une liste de valeurs discrètes. L'objectif de ces problèmes est, en premier lieu, la minimisation du poids ou du coût de la structure sous différentes contraintes et finalement, la minimisation du poids et du coût simultanément avec une formulation multi-objectifs. L'algorithme génétique développé utilise une stratégie multi-élite et empêche la présence d'individus identiques parmi la population.

- **Séchage des composants de maisons usinées**

Chercheurs : *Yves Fortin et Maurice Defo*

Étudiant à la maîtrise : *Suying Xing*

Ce projet consiste à développer des stratégies de séchage pour les composants de maisons usinées comme les poutrelles en I, les sections de murs, les fermes de toit, et les bois de finition.

Des programmes optimisés sont d'abord définis à l'aide de simulations numériques et puis comparés avec les résultats obtenus en laboratoire et en usine. L'objectif est d'améliorer à la fois la qualité des produits utilisés et diminuer les pertes en cours de transformation. Ce projet prendra fin en mars 2008.

- **Simulation numérique à grande échelle du transport de contaminants dans les massifs fracturés**

Chercheurs : *René Therrien, André Fortin*

Étudiant à la maîtrise : *Guillaume Kenny*

Professionnel de recherche : *Cristian Tibirna*

Ce projet visait à améliorer les méthodes de simulation de la migration de contaminants dans les aquifères fracturés, ce qui constitue un problème environnemental important. L'amélioration des méthodes de simulation permet de mieux prédire la migration des contaminants et ainsi de mieux concevoir des méthodes de contrôle ou de réhabilitation. Le projet a consisté à modifier le

LES PROJETS EN COURS

- **Simulation numérique à grande échelle du transport de contaminants dans les massifs fracturés (suite)**

simulateur MEF++ afin de représenter l'écoulement d'eau souterraine et le transport de masse dans un système composé de fractures et d'une matrice rocheuse, représentatif de massifs fracturés naturels. Un nouveau terme de couplage entre les fractures et la matrice a été développé. De plus, on a exploré le potentiel de la méthode d'adaptation de maillage pour mieux représenter les forts gradients présents autour d'une fracture.

Les résultats du projet ont été présentés à 2 conférences, dont une avec compte rendus écrits et un article sera soumis pour publication à une revue avec comité de lecture.

- **Stratégies de séchage à haute température pour les produits du bois à valeur ajoutée**

Ce projet porte sur le développement de stratégies de séchage à haute température pour les produits à valeur ajoutée. L'étude comporte deux volets principaux, l'un étant le développement d'un modèle de séchage à haute température et l'autre sur l'expérimentation en séchoir de diverses stratégies et programmes de séchage. Ce projet se terminera en mars 2006.

Chercheurs : *Yves Fortin, Maurice Defo et André Fortin*

Étudiant à la maîtrise: *Javier Chung*

Étudiant au doctorat : *Messaoud Nabhani*

- **Traitements thermiques du bois**

Cette étude porte sur l'effet des traitements thermiques du bois sur ses propriétés d'utilisation, entre autres le changement de couleur, sa résistance mécanique, sa résistance aux agents de dégradation et sa stabilité dimensionnelle. Le séchage et les traitements thermiques à haute température sont les traitements visés. Des modèles de prédiction du déplacement des extractibles dans le bois au cours des traitements et des changements structuraux des composantes du bois sont développés à partir d'essais en laboratoire. Ce projet prendra fin en mars 2008.

Chercheurs : *Yves Fortin et Aziz Laghdir*

Étudiant au doctorat : *Wenhua Liu*

LES PROJETS EN COURS

- **Travaux de recherche de Daniel Le Roux**

Pendant l'année 2005 j'ai poursuivi, avec l'aide de deux étudiants : M. Virgile Rostand (au doctorat depuis septembre 2004), et M. Benoît Pouliot (maîtrise 2003-2005), mes recherches sur l'étude de schémas d'éléments finis pour les équations de Saint-Venant, encore appelées équations en eaux peu profondes. Le but de ces études est de trouver des paires d'éléments finis stables, précises et qui génèrent peu de bruit numérique, en particulier sur des maillages non structurés lorsque la viscosité est faible. Cet aspect est crucial pour bien simuler la propagation des ondes dans un grand nombre d'applications en géophysique, notamment la modélisation de la circulation océanique et climatique, mais aussi les écoulements dans les rivières et les estuaires.

Avec un autre étudiant, M. Abdolmajid Mohammadian, (doctorat 2003-2006), nous nous sommes intéressés à la conservation de certaines quantités dans les équations de Saint-Venant. Cet aspect est important pour assurer la précision des simulations à long terme. Nous avons proposé trois schémas, applicables sur des maillages non structurés, qui peuvent simuler des conditions complexes d'écoulement : les topographies variables, les écoulements tourbillonnaires, transcritiques et discontinus. Nous avons également utilisé une analyse de type Fourier pour étudier plusieurs méthodes de volumes finis de type upwind, et plus particulièrement la vitesse de phase, la vitesse de groupe, l'amortissement et la dispersion.

Trois autres étudiants poursuivent actuellement leur thèse sous ma direction à l'Université Laval, ils sont codirigés par le professeur Abdou Sène de l'Université Gaston-Berger de Saint-Louis du Sénégal. Il s'agit de M. Bocar Amadou Wane, depuis septembre 2003, de M. Michel Diémé qui travail sur un modèle 3-D de circulation du lac de Guiers (Sénégal) et de M. Bacar Toumbou qui poursuit ses recherches doctorales sur des modèles d'inondation.

Enfin avec M. Mostafa Gabbouhy, chercheur postdoctoral (2003-2005) nous avons étudié un modèle de Navier-Stokes 3D à surface libre.

LES PROJETS EN COURS

- **Travaux de recherche d'Yves Secretan**

Système d'évaluation et de gestion des risques d'inondation en milieu fluvial (SEGRI) : Le projet vise la problématique des risques actuels d'inondation, ceux reliés aux éléments vulnérables existants. Nous espérons en effet, par une approche curative complémentaire prenant acte de la situation présente, contribuer à mieux diagnostiquer la nature et le coût récurrent des risques actuels, et à les résoudre. Puisqu'elle contribuera à réduire à long terme les dommages, elle a également les qualités d'une approche préventive. Le projet vise à développer une méthodologie intégrée qui cherche d'abord à: i) établir le bilan des risques actuels d'inondations sur un cours d'eau; ii) élaborer une stratégie intégrée de réduction des risques qui se justifie par sa rentabilité économique, tout en respectant des critères de durabilité, de respect du milieu naturel et d'équité entre les divers intervenants; et iii) gérer le risque résiduel par une concertation des intervenants et une mise à niveau continue des plans de mesures d'urgence. De nouveaux instruments de calculs informatisés faisant appel à la géomatique et à la modélisation numérique seront élaborés. Le projet global vise aussi à démontrer la faisabilité et la pertinence de l'approche par une application à un tronçon de la rivière Chaudière/ FAQDD/ Coll. : M. Leclerc, P. Boudreau, Ville de Châteauguay.

Modélisation de la baie de Guajara : L'IESAM (Instituto de Estudos Superiores da Amazônia, Brésil) et l'UFPA (Universidade Federal do Pará, Brésil), en partenariat avec l'INRS-ETE, veulent construire un modèle de la baie de Guajara, située dans l'estuaire de la Guajara, dans la région délimitée par la baie de Marajo et les rivières Para et Guama (État du Pará, Brésil) afin d'en analyser les risques environnementaux. Ceux-ci sont principalement associés aux rejets de la ville de Belém et au transport d'hydrocarbures. Le modèle doit permettre d'analyser la dynamique des courants dans la baie qui est soumise à la marée ainsi que le transport-diffusion des divers polluants. Notre contribution comprend la mise à disposition de licences académiques pour les logiciels Modeleur/Hydrosim/Dispersim, la formation des chercheurs brésiliens et l'aide au démarrage du projet. Ce projet est subventionné par le CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), l'équivalent du CRSNG au Brésil/ CNPq/ Coll. : P. Boudreau.

LES ACTIVITÉS

Séminaires

En 2005 le GIREF a présenté 8 séminaires dont 4 ont été donnés par des membres du GIREF. De ce nombre 2 des conférenciers étaient des étudiants.

- 28 janvier** Florin LINCA, agent de recherche à l'IMI
CNRC
- L'utilisation des éléments finis pour la résolution de différentes applications industrielles – défis, modélisation et résultats*
- 18 mars** Jean-François REMACLE
Université Catholique de Louvain la Neuve- Belgique
- Éléments finis discontinus de haut ordre*
- 12 août** Pascal GROB
INRIA – France
- Quelques méthodes numériques pour la vibroacoustique*
- 16 septembre** Guy GENDRON
Département de génie mécanique
- Flambement et post-flambement d'une antenne de communication*
- 31 octobre** Ahcène BRAHMI, étudiant au doctorat
Université de Moncton
- Une méthode d'éléments finis mixte duale raffinée pour le couplage des équations de Navier-Stokes et de la chaleur*
- 18 novembre** Louis GOSSELIN, professeur
Département de génie mécanique
- Génération de formes et de structures optimales en thermique*

LES ACTIVITÉS

Séminaires *(suite)*

- 25 novembre** Abderrasak RAMADANE, étudiant
Département de génie civil
Résolution par sous-domaines naturels de problèmes avec contact
- 12 décembre** Marie-Laure DANO, professeure
Département de génie mécanique
Compensation des déformations thermique dans des structures composites à l'aide de composites à fibres piézoélectriques

Revues avec comité de lecture

Alteyrac, J., Zhang, S.Y., Cloutier, A., *Influence of stand density on ring width and wood density at different sampling heights in black spruce (Picea mariana)*, Wood Fiber Sci., 37 (1), 83-94, 2005.

Blanchet, P., Gendron, G., Cloutier, A., Beauregard, R., *Numerical prediction of engineered Wood flooring behavior*, Wood Fiber Sci., 37 (3), 484-496, 2005.

Boulaajine, L., Farhloul, M., Paquet, L., *A posteriori error estimation for the dual mixed finite element method of the elasticity problem in a polygonal domain*, Numer. Methods Partial Differential Eq., 21, 938-960, 2005.

Dammak, F., Abid, S., Gakwaya, A., Dhatt, G., *A formulation of the non linear discrete Kirchoff quadrilateral shell element with finite rotation and enhanced strains*, Revue européenne des éléments finis, 14 (1), 7-31, 2005.

EL Mebrouke, Bousmina, M., *Effect of Hydrodynamics on dynamics of phase separation in PS/PVME Blends*, 46, 9005-9014, 2005.

Erchiqui, F., Bendada, A., Gakwaya, A., *Analysis of long fibers direction of transversely isotropic hyperelastic material for thermoforming application*, Journal of Reinforced Plastics and Composites, 24, 961-975, 2005.

Erchiqui, F., Gakwaya, A., Rachik, M., *Dynamic finite element analysis of non linear isotropic hyperelastic and viscoelastic materials for thermoforming applications*, Polymer Engineering & Science, 45, 125-134, 2005.

Farhloul, M., Serghini Mounim, A., *A mixed-hybrid finite element method for convection-diffusion problems*, Applied Mathematics and Computation, In press, www.sciencedirect.com

Fortin, A., Belhamadia, Y., *Numerical prediction of freezing fronts in cryosurgery: comparison with experimental results*, Computer Methods in Biomechanics & Biomedical Engineering, 8 (43), 241-249, 2005.

Fortin, M., Serghini Mounim, A., *Mixed and hybrid finite element methods for convection-diffusion equations and their relationships with finite volume*, Calcolo, 42 (1), 1-30, 2005.

Ganev, S., Cloutier, A., Gendron, G., Beauregard, R., *Linear expansion and thickness swell of MDF as a function of panel density and sorption state*, Wood Fiber Sci., 37 (2), 327-336, 2005.

Revue avec comité de lecture (suite)

Ganev, S., Cloutier, A., Gendron, G., Beauregard, R., *Finite element modeling of the hygroscopic warping of medium density fiberboard*, Wood Fiber Sci., 37 (2), 337-354, 2005.

Ganev, S., Gendron, G., Cloutier, A., Beauregard, R., *Mechanical properties of MDF as a function of density and moisture content*, Wood Fiber Sci., 37 (2), 314-326, 2005.

Garcia, R., Cloutier, A., *Characterization of heat and mass transfer in the mat during hot pressing of MDF panels*, Wood Fiber Sci., 37 (1), 23-41, 2005.

Garcia, R., Cloutier, A., Riedl, B., *Dimensional stability of MDF panels produced from fibers treated with maleated polypropylene wax*, Wood Sci., Technol., 39 (8), 630-650, 2005.

Grmela, M., Lebond, G., Dauby, P.C., Bousmina, M., *Ballistic-diffusive heat conduction at nanoscale : GENERIC approach*, Physics Letters A, 339, 273-245, 2005.

Hanert, E., Le Roux, D., Legat, V., Deleersnijder, É., *An efficient Eulerian finite-element method for the shallow-water equations*, Ocean Modelling, 10, 115-136, 2005.

Iza, M., Bousmina, M., *Damping function for narrow and large Mw polymers: Comparison with the Force-Balanced Network model*, Rheol. Acta, 4, 377-386, 2005.

Le Roux, D., F. Carey, G., *Stability dispersion analysis of the discontinuous Galerkin linearized shallow-water system*, Int. J. Numer. Methods Fluids, 48, 325-347, 2005.

Le Roux, D., Sène, A., Rostand, V., Hanert, E., *On some spurious mode issues in shallow-water models using a linear algebra approach*, Ocean Modelling, 10, 83-94, 2005.

Levesque, R., Kallaguine, S., Bousmina, M., *Effect of molecular weight on the mutual diffusion process in PS/PVME blend*, J. Polymer Eng., 25 (6), 501-526, 2005.

Revues avec comité de lecture (suite)

Levesque, R., Vaudreuil, S., Mighri, F., Bousmina, M., *Thermally activated non-reversible response of PS/PVME*, J. Polymer. Eng., 25 (6), 487-499, 2005.

Mir, H., Fafard, M., Bissonnette, B., Dano, M.-L., *Damage modelling in random shari glass fibre reinforced composites inducing permanent strain and unilateral effect*, Journal of Applied Mechanics, 72 (2), 249-258, 2005.

Mohammadian, A., Le Roux, D., Tajrishi, M., Mazaheri, K., *A mass conservative scheme for simulating shallow flows over variable topography using unstructured grids*, Advances in water resources, 28, 523-539, 2005.

Moutee, M., Fafard, M., Fortin, Y., Laghdir, A., *Modeling the creep behaviour of wood cantilever loaded at free end and during drying*, Wood Fiber Sci., 37 (3), 521-534, 2005.

Reyna, A., Bousmina, M., Kaliaguine, S., *The effect of sulfonation on mechanical properties of PEEK for fuel cell membranes*, J. Appl. Polym. Sci., 6, 2389-2393, 2005.

Sinha Ray, S., Bousmina, M., *Biodegradable polymers and their layered silicate nanocomposites: in greening the 21st century materials world*, Progress in Materials Sciences, 50, 962-1079, 2005.

Sinha Ray, S., Bousmina, M., *Compatibilization efficiency of the organically modified clay in immiscible PC/PMMA blend*, Macromol. Rapid Comm., 26, 45-455, 2005.

Sinha Ray, S., Bousmina, M., Okamoto, K., *Structure-property relationship in nanocomposites of PBSA and Silicate*, Macromol. Mat. Eng., 290, 759-768, 2005.

Xing, C., Deng, J., Zhang, S.Y., Riedl, B., Cloutier, A., *Differential scanning calorimetry characterization of urea-formaldehyde resin curing behaviour as affected by less desirable wood material and catalyst content*, J. Appl. Polym. Sci., 98, 2027-2032, 2005.

Yu, W., Zhou, Ch., Bousmina, M., *Theory of viscoelastic blends*, J. Rheol., 49, 215-236, 2005.

LES PUBLICATIONS

Revue avec comité de lecture (*suite*)

Zmievski, V., Grmela, M., Bousmina, M., Dagreou, S., *Rheology of suspensions of rigid spheres : position and velocity correlations*, Physics Review E., 71, 051503, 2005.

Conférences avec arbitrage et actes de colloques

Benmoussa, K., Fortin, A., *Une méthode d'éléments finis adaptatives pour le calcul de surfaces libres*, Compte rendu du Septième congrès marocain de mécanique, Casablanca, 115-117, avril 2005.

Bousmina, M., *Fund. Of PNCs intern.*, Workshop on PNCs, 23-25, 2005.

Bousmina, M., *The truth about PNCs*, Intern. Polym., Mat., Eng., Conf., 18-21, 2005.

Bousmina, M., *Mech. of complex systems*, 5th intern. Cong. On Mech., 19-22, 2005.

Bousmina, M., *Rheo. of Polym. Blends*, Gordon Conference, 6-11, 2005.

Bousmina, M., *Fundam. Insight into PNCs*, PPS meeting, 2005.

Colin, F., Etienne, S., Pelletier, D., Borggaard, J., *Application of a sensitivity equation method to turbulent conjugate heat transfer*, Paper AIAA-2005-0186, 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2005.

Dano, M.-L., Gakwaya, A., *Use of macro-fiber composites to control thermally-induced distortions in composite structures*, Proceedings of the 5th Canadian International Composites Conference (CD), 2005.

Dano, M.-L., Gakwaya, A., *Use of macro-fiber composites to control thermally-induced distortions in composite structures*, 1st International Symposium on Macro Fiber Composite Applications, ISMA, 27-28 septembre, Dresden, Allemagne.

Dano, M.-L., Gakwaya, A., Jullière, B., *Active control of thermally induced distortion in composites structures*, october 13-14, Toronto, CANSMART 2005.

Conférences avec arbitrage et actes de colloques (*suite*)

Dumas, G., Kinsey, T., *Unsteady forces on flapping airfoils*, 11th Aerodynamics Symposium, Paper 257, Canadian Aeronautics and Space Institute (CASI), 2005.

Duvigneau, R., Pelletier, D., Borggaard, J., *On the accuracy of shape parameter boundary conditions in the sensitivity equation method*, Paper AIAA-2005-0127, 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2005.

Etienne, S., Pelletier, D., *An updated lagrangian monolithic formulation for steady-state fluid-structure interaction problems*, Paper AIAA-2005-1086, AIAA-2005-0127, 43RD AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit, 2005.

Fortin, A., Belhamadia, Y., *Numerical prediction of freezing fronts in cryosurgery: Comparison with experimental results*, Computer Methods in Biomechanics & Biomedical Engineering, 8(4), 241-249, 2005.

Fortin, A., Belhamadia, Y., *Numerical modeling of phase change problems*, Lecture Notes in Pure and Applied Mathematics, Cagnol et Zolézio Eds., 240, 63-71, 2005.

Garcia, R. A., Cloutier, A., Riedl, B., *Dimensional stability of MDF panels produced from heat treated fibers*, FPS 59th International Convention, Québec, June 19-22, 2005.

Gendron, G., Dano, M.-L., Larouche, S., *Buckling and postbuckling behaviour of a thin laminated cone*, 5th Canadian international Conference on Composites, 16-19 août, Vancouver, 2005.

Girard, B., Fortin, Y., Beaulieu, J., *Conventional and high-temperature drying of plantation-grown white spruce for value-added products*, Proceedings of the 9th International IUFRO Wood Drying Conference, 363-368, 2005.

Giroud, G., Cloutier, A., *Characterization of heartwood proportion in white birch (*Betula papyrifera* Marsh.)*, FPS 59th International Convention, Québec, June, 19-22, 2205.

Julien, S., Dumas, G., Torriano, F., Maciel, Y., *Investigation of the 3D inlet flow characteristics in a rotating channel set-up*, 20th Canadian Congress of Applied Mechanics, CANCAM 2005-223, Symposium on Turbulence, 2005.

LES PUBLICATIONS

Conférences avec arbitrage et actes de colloques (*suite*)

Kinsey, T., Dumas, G., *Aerodynamics of oscillating wings and performance as wind turbines*, 23rd AIAA Applied Aerodynamics Conf., Paper AIAA-2005-5094, 6-9, 2005.

Maciel, Y., Yan, G., Dumas, G., *Experiments on turbulent channel flow subject to system rotation*, 20th Canadian Congress of Applied Mechanics, CANGAM 2005-222, Symposium on Turbulence, 2005.

Tossou, E. E., Robert, J.-L., Gagnon, A., *Experimental and numerical study of stormwater inlets*, Canadian Society for Civil engineering 17th Canadian Hydrotechnical Conference, Ref. A059, 2005.

Vidal Bastias, M., Cloutier, A., Fortin, A., *A finite element model for the evaluation of MDF hot pressing process*, FPS 59th International Convention, Québec, June 19-22, 2005.

Ouvrages collectifs

Sharifi, H., Gakwaya, A., *Object oriented modeling of field boundary element method in non linear solid mechanics with applications*, Advances in boundary element techniques VI.A.P.S. Selvadurai et al (eds) EC Ltd, 317-326, 2005.

Sinha-Ray, S., Bousmina, M., *Nano reinforcements of Renewable Plastics*, Handbook of Biodegradable Polymeric Materials edited by S. Mallaspragada and B. Narasimhan, 1, 9, 1-53, 2005.

Richard, D., D'Amours, G., Fafard, M., Gakwaya, A., Désilets, M., *Development and validation of a thermo-chemo-mechanical model of the baking of ramming paste*, Late Metals 2005, proceeding of the 134th TMS Annual Meeting, E. by H. Kvande, 13-17, 2005.

