



IN PARTNERSHIP WITH:
**Université de Technologie de
Troyes**

Activity Report 2011

Project-Team GAMMA3

Automatic mesh generation and advanced
methods

RESEARCH CENTER
Paris - Rocquencourt

THEME
**Computational models and simula-
tion**

Table of contents

1. Members	1
2. Overall Objectives	1
3. New Results	2
3.1. 3D matrix-free P^1 -exact conservative interpolation	2
3.2. A changing-topology ALE numerical scheme	2
3.3. Advanced boundary layer meshing	3
3.4. Applications du maillage à la cryptographie	3
3.5. Applications du maillage à l'électromagnétisme et modélisation multi-physiques	3
3.6. Automatic decomposition of discretized surfaces for parallel processing	3
3.7. Construction de maillages de degré 2 – Triangle et tétraèdre $P2$	4
3.8. Continuous and Discrete Adjoint to the Euler Equations for Fluids	4
3.9. Goal-oriented anisotropic mesh adaptation for unsteady problems	4
3.10. Hessian recovery techniques on isotropic and anisotropic meshes	4
3.11. High Quality Geometric Meshing of CAD Surfaces	4
3.12. Linéarisation et maillage des surfaces paramétrées	5
3.13. Mesh adaptation for very high-order numerical scheme	5
3.14. Méthodes de remaillages adaptatifs pour le formage incrémental de tôles minces	5
3.15. Méthodes de remaillages adaptatifs surfacique dans le cadre des simulations numériques d'emboutissage de structure minces	5
3.16. Multi-scale anisotropic mesh adaptation for unsteady problems	5
3.17. Parallel CAD surface meshing	5
3.18. Quelques avancées dans les algorithmes de maillages tétraédriques	6
3.19. Reconstruction de surface 3D à partir d'images numériques 2D	6
3.20. Validité des éléments finis usuels	6
3.21. Visualisation et modification des maillages courbes d'ordre élevé	6
4. Contracts and Grants with Industry	7
4.1. Contracts with Industry	7
4.2. Grants with Industry	7
5. Partnerships and Cooperations	7
5.1. Regional Initiatives	7
5.2. National Initiatives	7
5.3. Partnerships and cooperations	8
5.4. European Initiatives	8
5.5. International Initiatives	8
5.6. Internship	8
6. Dissemination	9
7. Bibliography	9

Project-Team GAMMA3

Keywords: Geometry Modeling

1. Members

Research Scientists

Paul Louis George [Team leader, responsable scientifique, Senior Researcher]

Patrick Laug [Responsable permanent, Senior Researcher, HdR]

Frédéric Alauzet [Junior Researcher]

Adrien Loseille [Junior Researcher]

Faculty Members

Houman Borouchaki [Professeur, Université de Technologie de Troyes, HdR]

Abel Cherouat [Professeur, Université de Technologie de Troyes, HdR]

Dominique Barchiesi [Professeur, Université de Technologie de Troyes, HdR]

Thomas Grosgees [Maître de conférences, Université de Technologie de Troyes, HdR]

Laurence Moreau [Maître de conférences, Université de Technologie de Troyes]

Technical Staff

Dominique Moreau [Ingénieur Expert, Université de Technologie de Troyes]

Julien Castelneau [Ingénieur Expert]

Loïc Maréchal [Ingénieur Expert]

PhD Students

Guillaume Dufay [Université de Technologie de Troyes]

Rémi Figueredo [Université de Technologie de Troyes]

Mickael François [Université de Technologie de Troyes]

Florent Ilczyszyn [Université de Technologie de Troyes]

Sameh Kessentini [Université de Technologie de Troyes]

Estelle Mbinky [Université Paris 6]

Longmin Ran [Université de Technologie de Troyes]

Fauzi Slimani [Université de Technologie de Troyes]

Rémi Slys [Université de Technologie de Troyes]

Brahim Yahiaoui [Université de Technologie de Troyes]

Jie Zhang [Université de Technologie de Troyes]

Administrative Assistant

Maryse Desnous [TR (en commun avec Macs, Bang et Reo)]

2. Overall Objectives

2.1. Introduction

Une branche importante des sciences de l'ingénieur s'intéresse aux calculs des solutions d'équations aux dérivées partielles très variées (en mécanique du solide, en mécanique des fluides, en modélisation de problèmes thermiques, ...) par la méthode des éléments ou des volumes finis. Ces méthodes utilisent comme support spatial des calculs un maillage du domaine sur lequel les équations sont formulées. Par suite, les algorithmes (de construction) de maillages occupent un rôle important dans toute simulation par la méthode des éléments ou des volumes finis d'un problème modélisé en équations aux dérivées partielles. En particulier, la précision, voire la validité, des solutions calculées est liée aux propriétés du maillage utilisé [35].

L'équipe-projet GAMMA3 a été créé en 2010 à la suite du projet GAMMA. L'équipe est bilocalisée avec une partie à l'UTT (Troyes) et l'autre à Rocquencourt. Les thèmes du projet regroupent un ensemble d'activités concernant les points indiqués ci-dessus, en particulier, l'aspect génération automatique de maillages afin de construire les supports utilisés par les méthodes d'éléments ou de volumes finis. Sont également étudiés les aspects de modélisation géométrique, de post-traitement et de visualisation des résultats issus de tels calculs [36].

L'évolution de la demande en termes de génération automatique de maillages implique une évolution des méthodes classiques de création de maillages vers des méthodes permettant de construire des maillages contrôlés. Les maillages doivent donc être soit isotropes, le contrôle portant sur des tailles souhaitées, soit anisotropes, le contrôle portant à la fois sur des directions et des tailles selon ces dernières.

Le développement d'algorithmes de maillages gouvernés sert de support naturel à la conception de boucles de maillages adaptatifs qui, via un estimateur d'erreurs *a posteriori*, permettent de contrôler la qualité des solutions.

Ces préoccupations amènent à considérer le problème du maillage des domaines de calculs en eux-mêmes tout comme celui du maillage ou du remaillage des courbes et surfaces, frontières de ces domaines.

La taille, en termes de nombre de nœuds, des maillages nécessaires pour certaines simulations, amène à travailler sur la parallélisation des processus de calculs. Cette problématique conduit également à s'intéresser à l'aspect multi-cœurs au niveau des algorithmes de maillages proprement dits.

Simultanément, le volume des résultats obtenus dans de telles simulations, nécessite d'envisager le post-traitement de ces résultats en parallèle ou par des méthodes appropriées.

Par ailleurs, de nombreux problèmes partent de saisies *scanner* (ou autre système discret) des géométries à traiter et demandent d'en déduire des maillages de surfaces aptes à être, par la suite, traités par les méthodes classiques (de remaillage, d'optimisation, de calculs).

Enfin, la maturité de certaines méthodes (victimes de leur succès) conduit les utilisateurs à demander plus et à considérer des problèmes de maillage ou des conditions d'utilisations extrêmes induisant des algorithmes *a priori* inattendus.

Les objectifs du projet GAMMA3 consistent à étudier l'ensemble des points mentionnés ci-dessus afin de rendre automatique le calcul de la solution d'un problème donné avec une précision imposée au départ. Par ailleurs, certaines des techniques utilisées dans les problématiques de maillage sont utilisables dans d'autres disciplines (compression d'images pour ne citer qu'un seul exemple).

3. New Results

3.1. 3D matrix-free P^1 -exact conservative interpolation

Participants : F. Alauzet [correspondant]

The interpolation stage is a crucial step for time-dependent mesh adaptive simulations. Indeed, if the accuracy of the solution is spoiled during this stage then it is lost for ever. In the past, we have demonstrated the superiority of conservative interpolation for 2D compressible flow simulations. Here, we develop the 3D extension of the method on tetrahedral meshes. The same conclusion arose. The main difficulty was to design a fast, accurate and robust mesh intersection algorithm.

3.2. A changing-topology ALE numerical scheme

Participants : F. Alauzet [correspondant] and G. Olivier

The main difficulty arising in numerical simulations with moving geometries is to handle the displacement of the domain boundaries, *i.e.*, the moving bodies. Only vertices displacement is not sufficient to achieve complex movement such as shear. We proved that the use of edge swapping allows us to achieve such complex displacement. We therefore developed an ALE formulation of this topological mesh modification to preserve the solver accuracy and convergence order [31].

3.3. Advanced boundary layer meshing

Participants: F. Alauzet [correspondant], J. Castelneau, L. Marechal, D. Marcum and A. Loseille

We design a new method to generate structured boundary layer meshes which are mandatory to accurately compute compressible flows a high Reynolds number (several millions). It couple the specification of the optimal boundary layer from the geometry boundary and moving mesh techniques to extrude the boundary layer in an already existing mesh. The main advantage of this approach is its robustness, *i.e.*, at each step of the algorithm we have always a valid mesh.

3.4. Applications du maillage à la cryptographie

Participants : T. Grosges [correspondant], D. Barchiesi, Michael François

Développement de nouveaux procédés de génération de clés de chiffrement, dits “exotiques”, basé sur des processus physiques, multi-échelles, multi-domaines assurant un niveau élevé de sécurité. Application du maillage adaptatif au calcul du couplage lumière-matériaux avec contrôle d’erreur. Application du maillage avec estimateur d’erreur sur l’entropie du système. Etude (locale) de la réduction d’entropie des clés tout au long de la chaîne de création et étude (globale) de l’entropie de l’espace des clés générées, à partir de tests statistiques.

3.5. Applications du maillage à l’électromagnétisme et modélisation multi-physiques

Participants : D. Barchiesi [correspondant], T. Grosges, Houman Borouchaki, Laurence Giraud-Moreau, Sameh Kessentini, Anis Chaari

Développement de modèles et méthodes numériques en spectroscopie et électromagnétisme. Optimisation et adaptation aux études de l’interaction lumière-matière aux échelles nano-micro-macro. Applications des maillages adaptifs et optimisés avec estimateur d’erreur sur le champ physique (intensité électrique et/ou magnétique). Etudes des couplages multi-physique (électro-thermique dans les nano-mesostructures, et dans les tissus biologiques).

3.6. Automatic decomposition of discretized surfaces for parallel processing

Participants : S.H. Lo, H. Borouchaki [correspondant], P. Laug

Free-form surfaces and industrial surface forms could nowadays be conveniently generated efficiently by laser-based digitizing techniques or from a CAD graphics system. Automatic algorithms are imperative to decompose complex triangulated objects consisting of thousands to millions of nodal points into simpler surface parts for parameterization and parallel processing. Non-manifold complicated discretized objects will be handled and simple closed or open surface parts (manifolds) are retrieved by means of pure topological considerations. Each of the simple surface part, which is topologically equivalent to an open surface, a sphere or a torus will be decomposed by entirely topological operations into n equal pieces based on a specified geometrical criterion such as surface area, Gaussian curvatures or magnitudes of dihedral angles, etc. Cut planes could be conveniently defined normal to the axes of inertia of the object to be decomposed. The cut plane which produces surface parts which best respect the given criterion will be chosen, and the two bisected surfaces will be made as equal as possible by means of some general balancing mechanisms. This procedure could be repeated as often as necessary until sub-surface parts satisfying the given criterion are obtained. Each piece of the decomposed surfaces having an intact topological boundary can then be processed independently in parallel, and all the pieces could be put back together to recover the original object or partially to represent a certain portion of the object [29].

3.7. Construction de maillages de degré 2 – Triangle et tétraèdre P2

Participants : P.L. George [correspondant], H. Borouchaki, P. Laug

There is a need for finite elements of degree 2 or more to solve various P.D.E. problems. This study discusses a method to construct such meshes in the case of triangular element (in the plane or for a surface) or tetrahedral element (in the volume case), restricting at degree 2. This first part considers the planar case and, to begin with, returns to Bézier curves and Bézier triangles of degree 2. In the case of triangles, the relation with Lagrange P2 finite element is shown. Validity conditions are discussed and some invalid elements are shown while proposing a method to correct them. A construction method is then proposed [34].

3.8. Continuous and Discrete Adjoints to the Euler Equations for Fluids

Participants : F. Alauzet [correspondant] and O. Pironneau

Adjoints are used in optimization to speed-up computations, simplify optimality conditions or compute sensitivities. Because time is reversed in adjoint equations with first order time derivatives, boundary conditions and transmission conditions through shocks can be difficult to understand. In this work, we analyzed the adjoint equations that arise in the context of compressible flows governed by the Euler equations of fluid dynamics. We showed that the continuous adjoints and the discrete adjoints computed by automatic differentiation agree numerically; in particular the adjoint is found to be continuous at the shocks and usually discontinuous at contact discontinuities by both [9].

3.9. Goal-oriented anisotropic mesh adaptation for unsteady problems

Participants : F. Alauzet [correspondant], A. Belme and A. Dervieux

We have extended our previous work on goal-oriented mesh adaptation to time dependent simulations. This requires to set up a global fixed point algorithm in which state and adjoint variables problems are solved. The adjoint problem is solved backward in time [24].

3.10. Hessian recovery techniques on isotropic and anisotropic meshes

Participants : M. Picasso, F. Alauzet [correspondant], H. Borouchaki and P.-L. George

Mesh adaptation required the use of second order derivatives, *i.e.*, the Hessian. For second order numerical scheme, the provided numerical solution is only piecewise linear. Consequently, numerical methods are considered to recover second order derivatives, the famous recovery techniques. In this work, we have investigated several methods. Numerical results on 2D and 3D isotropic and anisotropic meshes indicate that the quality of the results is strongly linked to the mesh topology and that no convergence can be insured in general [22].

3.11. High Quality Geometric Meshing of CAD Surfaces

Participants : P. Laug [correspondant], H. Borouchaki

We propose a general scheme of an indirect approach for generating isotropic and anisotropic geometric meshes of a surface constituted by a conformal assembly of parametric patches, based on the concept of metric. The different steps of the scheme are considered and, in particular, the definition of the geometric metric at each point of the surface (internal to a patch, belonging to an interface or boundary curve, or extremity of such a curve) as well as its corresponding induced metric in parametric domains.

Isotropic or anisotropic geometric metrics can locally produce significant size variations (internal to a patch or across interface curves) and can even be discontinuous across the interface curves. The larger the rate of the mesh size variation, the worse is the shape quality of the resulting mesh. To control this size variation, various methodologies based on metric reduction have been proposed in the case of a continuous isotropic metric. We introduce a novel iterative mesh gradation approach for discontinuous metrics. The approach uses a particular metric reduction procedure in order to ensure the convergence of the gradation process. In particular, we show that in the worst case the anisotropic discontinuous geometric metric map is reduced to an isotropic continuous geometric metric map for which the gradation is controlled [27].

3.12. Linéarisation et maillage des surfaces paramétrées

Participants : P. Laug, H. Borouchaki [correspondant], E. Renaut

Nous proposons une méthodologie pour simplifier la paramétrisation des surfaces composées de carreaux paramétrés issues généralement des environnements CAO (conception assistée par ordinateur). Cette nouvelle paramétrisation est définie via la construction d'une triangulation adaptative appelée support pour chaque carreau. L'adaptation est gouvernée par le contrôle de l'écart entre la paramétrisation initiale et celle issue de la triangulation support. Ce support est utilisé pour générer les maillages de ces surfaces selon une approche indirecte, dans laquelle le maillage est généré via les domaines des paramètres. Le support permet de déconnecter le mailleur du système CAO, et en ce sens constitue un outil universel pour le maillage de telles surfaces [19].

3.13. Mesh adaptation for very high-order numerical scheme

Participants : F. Alauzet, A. Loseille [correspondant] and E. Mbinky

In the past, we have demonstrate that multi-scale anisotropic mesh adaptation is a powerful tool to accurately simulate compressible flow problem and to obtain faster convergence to continuous solutions. But, this was limited to second order numerical scheme. Nowadays, numerous teams are working on the development of very high-order numerical scheme (e.g. of third or greater order): Discontinuous Galerkin, Residual Distribution scheme, Spectral method, ...

This work extend interpolation error estimates to higher order numerical solution representation. We have examined the case of third-order accuracy. The first step is to reduce the tri-linear form given by the third order error term into a quadratic form based on the third order derivative. From this local error model, the optimal mesh is exhibited thanks to the continuous mesh framework.

3.14. Méthodes de remaillages adaptatifs pour le formage incrémental de tôles minces

Participants : L. Moreau [correspondant], A. Cherouat, H. Borouchaki

Développement d'une méthode de remaillage adaptatif surfacique 3D permettant de raffiner de déraffiner le maillage localement autour de l'outil sphérique au cours des simulations numériques de formage incrémental.

3.15. Méthodes de remaillages adaptatifs surfacique dans le cadre des simulations numériques d'emboutissage de structure minces

Participants : L. Moreau [correspondant], A. Cherouat, H. Borouchaki

Développement de méthodes de remaillage adaptatif surfacique 3D, développement de méthodes d'interpolation et transfert des champs, interfaage avec le code EF Abaqus et application sur des exemples concrets de mise en forme de structure métalliques et composites.

3.16. Multi-scale anisotropic mesh adaptation for unsteady problems

Participants : F. Alauzet [correspondant] and G. Olivier

We focused on the extension of the multi-scale anisotropic mesh adaptation to unsteady flows. It leads to the development of a global fixed point mesh adaptation algorithm and space-time error estimates. Moreover, the mesh adaptation methodology has been extended to the case of moving meshes simulations [25].

3.17. Parallel CAD surface meshing

Participants : P. Laug, H. Borouchaki [correspondant]

A wide range of surfaces can be defined by means of composite parametric surfaces as is the case for most CAD modelers. There are, essentially, two approaches to meshing parametric surfaces: direct and indirect. Popular direct methods include the octree-based method, the advancing-front-based method and the paving-based method working directly in the tridimensional space. The indirect approach consists in meshing the parametric domain and mapping the resulting mesh onto the surface. Using the latter approach, we have proposed a general meshing scheme which consists in discretizing each interface curve and meshing each parametric domain according to the above boundary discretizations. Complex surfaces such as a car engine or a complete aircraft are composed of thousands of patches, and meshing these surfaces using the above sequential scheme can be inefficient. We propose a parallel version of the general meshing scheme while naturally balancing the load to each processor.

3.18. Quelques avancées dans les algorithmes de maillages tétraédriques

Participants : H. Borouchaki, P.-L. George [correspondant], L. Marechal

Le comportement en complexité des algorithmes de triangulation sur les "gros" maillage nous amène à utiliser les algorithmes de renumérotation de type Hilbert qui minimise les défauts de cache. Cette technique est également utilisée comme aide à l'optimisation des "gros" maillages. L'algorithme de renumérotation est multi-cœurs.

Des triangulations de plusieurs dizaines de millions de sommets sont construites en utilisant un "simple" ordinateur. La vitesse d'insertion trole le million de tétraèdre à la seconde.

3.19. Reconstruction de surface 3D à partir d'images numériques 2D

Participants : L. Moreau [correspondant], H. Borouchaki, A. Cherouat

Mise au point d'une méthode d'acquisition de la morphologie du buste féminin, développement d'algorithmes de reconstruction de surface 3D d'un buste féminin à partir de photos numériques dans l'objectif de modéliser le comportement du sein en modes statiques et dynamiques.

3.20. Validité des éléments finis usuels

Participants : H. Borouchaki, P.-L. George [correspondant], P. Laug, L. Marechal

On étudie les conditions assurant la validité géométrique des éléments finis usuels de degré 1 et 2. La formulation éléments finis mne conduisant pas toujours à une conclusion simple, on formule les éléments finis sous leur forme de Bézier. Ceci conduit à exhiber des conditions suffisantes (parfois nécessaires et suffisantes) de validité des éléments, c'est-à-dire de la positivité de leur jacobien. Pour les éléments de degré 2, on donne l'interprétation géométrique de ces conditions. Les éléments étudiés sont le triangle à 3 nœuds, le triangle à 6 nœuds, le quadrilatère à 4 nœuds et les quadrilatère à 8 et 9 nœuds, le tétraèdre à 4 nœuds et le tétraèdre à 10 nœuds puis les hexaèdres à 8, 27 et 20 nœuds.

Le cas du simplexe de dimension quelconque et de degré quelconque est traité.

Quelques remarques sur les maillages de surface de degré 2 indiquent quelques pistes à suivre ou à éviter lors de la construction de tels éléments.

3.21. Visualisation et modification des maillages courbes d'ordre élevé

Participants : J. Castelneau, A. Loseille [correspondant], L. Maréchal

Dans le cadre du projet ILab, des nouveaux algorithmes de visualisation et de modifications interactives des maillages courbes et hybrides ont été développés. En effet, une des principales difficultés dans la génération de maillages courbes reste la visualisation. Il est également nécessaire de disposer d'algorithmes de corrections interactifs car les maillages de surfaces initiaux (de degré 2) sont pour la plupart faux.

4. Contracts and Grants with Industry

4.1. Contracts with Industry

- ANDRA, projet 1, Maillage adaptatif hexaédrique appliqué à une alvéole de stockage, D. Moreau et H. Borouchaki, 24 k-euros, 01/06/2010 - 31/05/2011.
- ANDRA, projet 2, Maillage adaptatif hexaédrique du milieu géologique multicouche avec prise en compte des ouvrages de stockage et des évolutions géodynamiques, P. Laug et H. Borouchaki, 48 k-euros, 12/07/2011 - 12/09/2012.
- DASSAULT AVIATION, Maillage surfacique et topologie, P. Laug et H. Borouchaki, 33 k-euros, 01/01/2010 - 31/12/2012.
- LECTRA, Redéfinition des domaines de paramètres, P. Laug et H. Borouchaki, 6 k-euros, 20/09/2011 - 19/09/2012.

4.2. Grants with Industry

- Fondation EADS Grant, F. Alauzet, 150 k-euros, 2012-2015
- Fondation EADS Grant, A. Loseille, 140 k-euros, 2012-2015

5. Partnerships and Cooperations

5.1. Regional Initiatives

- Contrats de Projet Etat-Région Champagne-Ardennes CPER " BRAMMS : Buste-Reconstruction 3D, Acquisition de la morphologie, Modélisation et Simulation du comportement au porter" Mise au point d'une méthode d'acquisition de la morphologie du buste féminin, développement d'algorithmes de reconstruction de surface 3D d'un buste féminin à partir de photos numériques dans l'objectif de modéliser le comportement du sein en modes statiques et dynamiques

5.2. National Initiatives

- Projet ANR-2011-NANO-008: NANOMORPH: 'Nanomorphologie des nanotubes/fils en suspension liquide'
Participants: Thomas Grosge [correspondant], Dominique Barchiesi
Le projet NANOMORPH a pour objet principal le développement et la mise au point d'une instrumentation optique pour déterminer, la distribution en tailles et le coefficient de forme de suspensions de nanofils (NF) ou de nanotubes (NT) en écoulement. Au cours de ce projet, deux types de techniques optiques complémentaires seront développées. La première, basée sur la diffusion statique de la lumière, nécessite d'étudier au préalable la physico-chimie de la dispersion, la stabilisation et l'orientation des nanofils dans les milieux d'étude. La seconde méthode, basée sur une méthode opto-photothermique pulsée, nécessite en sus, la modélisation de l'interaction laser/nanofils, ainsi que des phénomènes multiphysiques induits par ce processus. L'implication de l'équipe-projet GAMMA3 concerne principalement la simulation multiphysique de l'interaction laser-nanofils et l'évolution temporelle des bulles et leurs formations. L'une des principales difficultés de ces problématiques est que la géométrie du domaine est variable (à la fois au sens géométrique et topologique). Ces simulations ne peuvent donc être réalisées que dans un schéma adaptatif de calcul nécessitant le remaillage tridimensionnel mobile, déformable avec topologie variable du domaine (formation et évolution des bulles).
- Distène ILab.

5.3. Partnerships and cooperations

- Université de Technologie de Troyes, maillages pour des problèmes de mécanique du solide et d'électromagnétisme.
- CEA Le Ripault, maillages multidomaines déformables, logiciel BL2D-ABAQ.
- BRGM (Orléans),
- CEREGE (Aix-en-Provence),
- CORIA (Rouen),
- IUSTI (Marseille),
- UCL (Louvain-la-Neuve, Belgique),
- SPBAT(Paris XIII),
- Centro de Fisica de Materiales (CSIC) - Spain
- INSERM U698 - France,
- University of Heidelberg - Germany,
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR IPCF) - Italy,
- Ben Gurion University - Israel,
- Centro de Investigacion Cooperativa NanoGUNE - Spain,
- Instituto Italiano di Tecnologia - Italy,
- Horiba Jobin Yvon - France
- Centro de Investigacion Cooperativa en Biomateriales BiomaGUNE - Spain,
- Technoclone - Austria.
- Projet Tropics INRIA Sophia-Antipolis (Error estimates, flow solver)
- Mississippi State University, USA (Boundary layer meshing)
- EPFL, Switzerland (Study of Hessian recovery)
- CFD Center, George Mason University, USA

5.4. European Initiatives

- Projet Européen : FP7 - Health-F5-2009-241818 : NANOANTENNA
Participants: Dominique Barchiesi [correspondant], Thomas Grosge, Sameh Kensentini
Développement d'un biocapteur in vitro, ultra sensible et sélectif destiné à la détection de protéines impliquées dans les premières phases du développement de maladies. Modélisation et optimisation numériques du dispositif (taille, forme, couplage électromagnétique-matériaux).

5.5. International Initiatives

5.5.1. Visits of International Scientists

- D. Marcum: Mississippi State University, USA, June-July 2011

5.6. Internship

- Nicolas Barral : Improvement of the numerical convergence of MEV numerical scheme and study CFL lax for implicit time integration algorithm.
- Yossel Hollocou: Partitionnement de surfaces triangulées.

6. Dissemination

6.1. Teaching

Master : F. Alauzet: Simulation numérique en géométries complexes, niveau M1, École Centrale Paris

Master : P. Laug : CAO et maillage, 35 heures, niveau M2, UPEC (Université Paris-Est Créteil), France

7. Bibliography

Major publications by the team in recent years

- [1] F. ALAUZET, A. LOSEILLE. *High Order Sonic Boom Modeling by Adaptive Methods*, in "Journal Of Computational Physics", 2010, vol. 229, p. 561-593, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2009.09.020>.
- [2] F. ALAUZET, M. MEHRENBERGER. *P1-conservative solution interpolation on unstructured triangular meshes*, INRIA, January 2009, <http://hal.archives-ouvertes.fr/inria-00354509/>.
- [3] H. BOROUCAKI, D. CHAPELLE, P.-L. GEORGE, P. LAUG, P.-J. FREY. *Estimateurs d'erreur géométriques et adaptation de maillages - Chapter 9*, in "Traité en Mécanique et Ingénierie des Matériaux – Méthodes Numériques – Maillage et adaptation", Hermès, Paris, France, 2001, p. 279-310.
- [4] Y. BOURGAULT, M. PICASSO, F. ALAUZET, A. LOSEILLE. *On the use of anisotropic error estimators for the adaptive solution of 3-D inviscid compressible flows*, in "International Journal for Numerical Methods in Fluids", 2009, vol. 59, p. 47-74, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/flid.1797/abstract>.
- [5] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI, P.-J. FREY, P. LAUG, E. SALTEL. *Chapter 17, Mesh Generation and Mesh Adaptivity: Theories and Techniques*, in "Encyclopedia of Computational Mechanics, Volume 1: Fundamentals", Wiley InterScience, 2004, p. 497-523, ISBN 0-470-84699-2, E. Stein, R. de Borst and T.J.R. Hughes ed., 2nd edition 2008.
- [6] A. LOSEILLE, F. ALAUZET. *Optimal 3D Highly Anisotropic Mesh Adaptation based on the Continuous Mesh Framework*, in "18th International meshing roundtable", Springer, 2009, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-04319-2_20.
- [7] A. LOSEILLE, A. DERVIEUX, F. ALAUZET. *Fully anisotropic goal-oriented mesh adaptation for 3D steady Euler equations*, in "Journal Of Computational Physics", 2010, vol. 229, p. 2866-2897, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2009.12.021>.
- [8] J. TOMASI, B. MENNUCCI, P. LAUG. *The modeling and simulation of the liquid phase*, in "Handbook of Numerical Analysis, Volume X, Special Volume on Computational Chemistry", P. G. CIARLET, C. L. BRIS (editors), North-Holland, Amsterdam, Netherlands, 2003, p. 271-375, ISBN: 0-444-51248-9.

Publications of the year

Articles in International Peer-Reviewed Journal

- [9] F. ALAUZET, O. PIRONNEAU. *Continuous and discrete adjoints to the Euler equations for fluids*, in "International Journal for Numerical Methods in Fluids", 2011, <http://dx.doi.org/10.1002/flid.2681>.

-
- [10] D. BARCHIESI, T. GROSGES, E. KREMER, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Electromagnetic Heat-induced in Meso-structures: Computation of Temperature in Metallic Dimers*, in "PIERS Online", 2011, vol. 7, p. 406-410.
- [11] D. BARCHIESI, N. LIDGI-GUIGUI, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Functionalization layer influence on the Sensitivity of Surface Plasmon Resonance (SPR) biosensor*, in "Optics Communications", 2011, <http://dx.doi.org/10.1016/j.optcom.2011.11.102>.
- [12] M. FRANCOIS, T. GROSGES, D. BARCHIESI, R. ERRA. *A new image encryption scheme based on a chaotic function*, in "Signal Processing: Image Communication", 2011, <http://dx.doi.org/10.1016/j.image.2011.11.003>.
- [13] M. FRANCOIS, T. GROSGES, D. BARCHIESI, R. ERRA. *Generation of Encryption Keys from Plasmonics*, in "PIERS Online", 2011, vol. 7, p. 296-300.
- [14] L. GIRAUD-MOREAU, A. CHEROUAT, H. BOROUCIHI. *Coupling of adapting remeshing and projection techniques for numerical simulations of forming processes*, in "Journal of applied mechanics", 2011.
- [15] L. GIRAUD-MOREAU, A. CHEROUAT, H. BOROUCIHI. *Influence of the adaptive Remeshing during Simulations of Sheet Metal Forming Processes. Key Engineering Materials*, in "Key Engineering Materials", 2011, vol. 473, p. 691-698.
- [16] T. GROSGES, D. BARCHIESI, S. KESSENTINI, G. GREHAN, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Nanoshells for photothermal therapy: a Monte-Carlo based numerical study of their design tolerance*, in "Biomed. Opt. Express", 2011, vol. 2, p. 1584-1596.
- [17] S. KESSENTINI, D. BARCHIESI, T. GROSGES, L. GIRAUD-MOREAU, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Adaptive non-uniform particle swarm: application to plasmonic design*, in "Int. J. Appl. Meta. Comput.", 2011, vol. 2, p. 18-28.
- [18] S. KESSENTINI, D. BARCHIESI, T. GROSGES, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Selective and Collaborative Optimization Methods for Plasmonics: A Comparison*, in "PIERS Online", 2011, vol. 7, p. 291-295.
- [19] P. LAUG, H. BOROUCIHI, E. RENAUT. *Linéarisation et maillage des surfaces paramétrées*, in "Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (CRAS), Mathématique", 2011, vol. 349, p. 591-595 [DOI : DOI:10.1016/J.CRMA.2011.03.020].
- [20] A. LOSEILLE, F. ALAUZET. *Continuous Mesh Framework Part II: Validations and Applications*, in "SIAM J. Numer. Anal.", 2011, vol. 49, p. 61-86, <http://dx.doi.org/10.1137/10078654X>.
- [21] A. LOSEILLE, F. ALAUZET. *Continuous mesh framework, Part I: well-posed continuous interpolation error*, in "SIAM J. Numer. Anal.", 2011, vol. 49, p. 38-60, <http://dx.doi.org/10.1137/090754078>.
- [22] M. PICASSO, F. ALAUZET, H. BOROUCIHI, P.-L. GEORGE. *A numerical study of some Hessian recovery techniques on isotropic and anisotropic meshes*, in "SIAM J. Sci. Comp.", 2011, vol. 33, n^o 3, p. 1058-1076, <http://dx.doi.org/10.1137/100798715>.

- [23] B. RADI, M. AYADI, A. CHEROUAT, L. MOREAU, A. EL HAMMI. *Identification of the Characteristics of Hydroformed Structures Using optimization Methods*, in "Key Engineering Materials", 2011, vol. 473, p. 723-730.

International Conferences with Proceedings

- [24] F. ALAUZET, A. BELME, A. DERVIEUX. *Anisotropic goal-oriented mesh adaptation for time dependent problems*, in "19th International meshing roundtable", Springer, 2011, p. 99-121, http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24734-7_6.
- [25] F. ALAUZET, G. OLIVIER. *Extension of Metric-Based Anisotropic Mesh Adaptation to Time-Dependent Problems Involving Moving Geometries*, in "49th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit", Jan 2011.
- [26] S. KESSENTINI, D. BARCHIESI, T. GROSGES, M. LAMY DE LA CHAPELLE. *Particle swarm optimization and evolutionary methods for plasmonic biomedical applications*, in "2011 IEEE Congress on Evolutionary Computation", 2011, p. 2315-2320.
- [27] P. LAUG, H. BOROUCAKI. *High Quality Geometric Meshing of CAD Surfaces*, in "20th International meshing roundtable", Springer, 2011, <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24734-7>.
- [28] P. LAUG, H. BOROUCAKI. *Parallel CAD surface meshing*, in "PARENG 2011: The Second International Conference on Parallel, Distributed, Grid and Cloud Computing for Engineering", 2011, p. 63-80.
- [29] S. LO, H. BOROUCAKI, P. LAUG. *Automatic decomposition of discretized surfaces for parallel processing*, in "PARENG 2011: The Second International Conference on Parallel, Distributed, Grid and Cloud Computing for Engineering", 2011, p. 63-80.
- [30] A. LOSEILLE, R. LÖHNER. *Boundary Layer Mesh and Adaptivity*, in "49th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit", 2011, vol. 2011-0470.
- [31] G. OLIVIER, F. ALAUZET. *A New Changing-Topology ALE Scheme for Moving Mesh Unsteady Simulations*, in "49th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit", Jan 2011.

Research Reports

- [32] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI. *Analyse et correction des maillages de surface de degré 2*, INRIA, July 2011, n° RR-7668, <http://hal.inria.fr/inria-00605431/en>.
- [33] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI. *Construction de maillages de degré 2- Partie 3 : Tétraèdre P2*, INRIA, May 2011, n° RR-7626, <http://hal.inria.fr/inria-00595759/en>.
- [34] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI, P. LAUG. *Construction de maillages de degré 2 - Partie 1 : Triangle P2*, INRIA, January 2011, n° RR-7519, <http://hal.inria.fr/inria-00560529/en>.

References in notes

- [35] P.-G. CIARLET. *Basic Error Estimates for Elliptic Problems*, Ciarlet, P. G. and Lions, J. L., North Holland, 1991, vol. II.

- [36] P.-J. FREY, P.-L. GEORGE. *Maillages. Applications aux éléments finis*, Hermès Science Publications, Paris, 1999.