



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

Activity Report 2014

Project-Team GAMMA3

Automatic mesh generation and advanced
methods

RESEARCH CENTER
Paris - Rocquencourt

THEME
Numerical schemes and simulations

Table of contents

1. Members	1
2. Overall Objectives	1
3. New Software and Platforms	2
4. New Results	3
4.1. Serendipity and reduced elements	3
4.2. Validity of transfinite and Bézier-Serendipity patches	3
4.3. Meshing Strategies and the Impact of Finite Element Quality on the Velocity Field in Fractured Media	3
4.4. Automatic Mesh Generation of Multiface Models on Multicore Processors	3
4.5. Applications du maillage et développements de méthodes avancées pour la cryptographie	4
4.6. Développement de méthodes avancées et maillages appliqués à l'étude de la nanomorphologie des nanotubes-fils en suspension liquide	4
4.7. Applications du maillage à des problèmes multi-physiques, développement de méthodes de résolutions avancées et modélisation électromagnétisme-thermique-mécanique à l'échelle mesoscopique	5
4.8. Visualization and modification of high-order curved meshes	5
4.9. Mesh adaptive ALE numerical simulation	5
4.10. Mesh adaptation for Navier-Stokes Equations	6
4.11. Adaptive multigrid strategies	6
4.12. Metric-orthogonal and metric-aligned mesh adaptation	6
5. Bilateral Contracts and Grants with Industry	6
6. Partnerships and Cooperations	6
6.1. National Initiatives	6
6.2. European Initiatives	7
6.3. International Initiatives	7
6.4. International Research Visitors	7
7. Dissemination	7
7.1.1. Scientific events selection	7
7.1.2. Journal	8
8. Bibliography	8

Project-Team GAMMA3

Keywords: Adaptive Algorithm, Geometry Modeling, Simulation, Parallel Algorithms, Geometry Processing, Visualization

Creation of the Project-Team: 2010 January 01.

1. Members

Research Scientists

Paul-Louis George [Team leader, Inria, Senior Researcher]
Frédéric Alauzet [Inria, Senior Researcher, HdR]
Patrick Laug [Inria, Senior Researcher, HdR]
Adrien Loseille [Inria, Researcher]

Faculty Members

Dominique Barchiesi [UT Troyes, Professor]
Houman Borouchaki [UT Troyes, Professor]
Abel Cherouat [UT Troyes, Professor]
Thomas Grosges [UT Troyes, Associate Professor]
Laurence Moreau [UT Troyes, Associate Professor]

Engineers

Slimane Amara [UT Troyes]
Alexis Loyer [Inria, from Oct 2014]
Dominique Moreau [UT Troyes]

Administrative Assistant

Maryse Desnous [Inria]

Others

Nicolas Barral [Inria]
Anis Chaari [UT Troyes]
Loïc Maréchal [Inria]
Victorien Menier [Inria]
Fadhil Mezghani [UT Troyes]
Rémi Slys [UT Troyes, until Mar 2014]
Aichun Zhu [UT Troyes]

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 [34].

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 [35].

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 Software and Platforms

3.1. BLGEOL-V1 software

Participants: Patrick Laug [correspondant], Houman Borouchaki.

BLGEOL-V1 software can generate hex-dominant meshes of geologic structures complying with different geometric constraints: surface topography (valleys, reliefs, rivers), geologic layers and underground workings. First, a reference 2D domain is obtained by projecting all the line constraints into a horizontal plane. Different size specifications are given for rivers, outcrop lines and workings. Using an adaptive methodology, the size variation is bounded by a specified threshold in order to obtain a high quality quad-dominant mesh. Secondly, a hex-dominant mesh of the geological medium is generated by a vertical extrusion, taking into account the surfaces found (interfaces between two layers, top or bottom faces of underground workings). The generation of volume elements follows a global order established on the whole set of surfaces to ensure the conformity of the resulting mesh.

4. New Results

4.1. Serendipity and reduced elements

Participants: Paul Louis George [correspondant], Houman Borouchaki, Nicolas Barral.

We give a method to constructing Serendipity elements for quads and hexes with full symmetry properties and indicate the reading of their shape functions. We show that, since the degree 5, the Serendipity elements are no longer symmetric but we propose a method resulting in a Lagrange element of degree 5 with full symmetry properties after adding an adequate number of additional nodes.

On the other hand, we show how to guarantee the geometric validity of a given curved element (seen as a patch) of a mesh. This is achieved after writing the patch in a Bézier setting (Bernstein polynomials and control points). In addition, we discuss the case of patch derived from a transfinite interpolation and it is proved that only some of them are Serendipity elements indeed, we return to the same elements as above

We also give a method to constructing Lagrange Serendipity (or reduced) simplices with a detailed description of the triangles of degree 3 and 4. We indicate that higher order triangles are not candidate apart if we impose a restricted polynomial space. We show that a tetrahedron of degree 3 is a candidate while high order elements are not candidate even if a restriction in the polynomial space is considered. In addition, we propose a method for the validation of such elements, in a given mesh, where the validation means the positiveness of the jacobian.

A technical report have been published [29].

4.2. Validity of transfinite and Bézier-Serendipity patches

Participants: Paul Louis George [correspondant], Houman Borouchaki, Nicolas Barral.

We define generalized transfinite patches for quads and hexes with full symmetry properties. We give a way of constructing those patches by considering the Bézier setting using linear combinations of tensor-product patches of various degree. Those patches are exactly the Bézier-Serendipity patches recently introduced

ASfor reduced quadrilateral patches, we introduce the so called "Bézier-Serendip" patches. After some recalls about standard Bézier patches, we propose a method to constructing those reduced patches. The corresponding Bernstein polynomials are written by means of linear combinations of the standard Bernstein polynomials. We give a full description of the patches of degree 2, 3, 4 and 5. Since degree 5, the location of the control points is no longer symmetric and to remedy this problem, we propose adding a number of control points which results in *extended* Bézier-Serendip patches. Those reduced patches are in the Bézier framework what the Serendipity elements are in the finite element framework.

A technical report and a paper have been published [30], [17].

4.3. Meshing Strategies and the Impact of Finite Element Quality on the Velocity Field in Fractured Media

Participants: Patrick Laug [correspondant], Géraldine Pichot.

For calculating flow in a fracture network, the mixed hybrid finite element (MHFE) method is a method of choice as it yields a symmetric, positive definite linear system. However, a drawback to this method is its sensitivity to bad aspect ratio elements. For poor-quality triangles, elementary matrices are ill-conditioned, and inconsistent velocity vectors are obtained by inverting these local matrices. In this work, different strategies have been proposed for better reconstruction of the velocity field [21].

4.4. Automatic Mesh Generation of Multiface Models on Multicore Processors

Participant: Patrick Laug [correspondant].

This work started in September 2014, as part of a sabbatical at Polytechnique Montréal. In a previous study, a parallel version of an indirect approach for meshing composite surfaces – also called multiface models – was developed. However, this methodology could be inefficient in practice, as the memory management of most existing CAD (computer aided design) systems use static global caches to save information. In our new approach, CAD queries are fully parallelized, using the Pirate library from Polytechnique Montréal. This library provides a set of C++ classes that implement STEP-compliant B-Rep geometric and topological entities, as well as classes to represent meshes and solutions. By modifying the data structures so that memory caches are local to each face of the geometric model, geometric primitives can efficiently be evaluated in parallel, and performance measurements show significant gains.

4.5. Applications du maillage et développements de méthodes avancées pour la cryptographie

Participants: Thomas Grosgees [correspondant], Dominique Barchiesi, Michael François.

L'utilisation des nombres (pseudo)-aléatoires a pris une dimension importante ces dernières décennies. De nombreuses applications dans le domaine des télécommunications, de la cryptographie, des simulations numériques ou encore des jeux de hasard, ont contribué au développement et à l'usage de ces nombres. Les méthodes utilisées pour la génération de tels nombres (pseudo)-aléatoires proviennent de deux types de processus : physique et algorithmique. Ce projet de recherche a donc pour objectif principal le développement de nouveaux procédés de génération de clés de chiffrement, dits "exotiques", basés sur des processus physiques, multi-échelles, multi-domaines assurant un niveau élevé de sécurité. Deux classes de générateurs basés sur des principes de mesures physiques et des processus mathématiques ont été développés.

La première classe de générateurs exploite la réponse d'un système physique servant de source pour la génération des séquences aléatoires. Cette classe utilise aussi bien des résultats de simulation que des résultats de mesures interférométriques pour produire des séquences de nombres aléatoires. L'application du maillage adaptatif sert au contrôle de l'erreur sur la solution des champs physiques (simulés ou mesurés). A partir de ces cartes physiques, un maillage avec estimateur d'erreur sur l'entropie du système est appliqué. Celui-ci permet de redistribuer les positions spatiales des noeuds. L'étude (locale) de la réduction d'entropie des clés tout au long de la chaîne de création et l'étude (globale) de l'entropie de l'espace des clés générées sont réalisées à partir de tests statistiques.

La seconde classe de générateurs porte sur le développement de méthodes avancées et est basée sur l'exploitation de fonctions chaotiques en utilisant les sorties de ces fonctions comme indice de permutation sur un vecteur initial. Ce projet s'intéresse également aux systèmes de chiffrement pour la protection des données et deux algorithmes de chiffrement d'images utilisant des fonctions chaotiques sont développés et analysés. Ces Algorithmes utilisent un processus de permutation-substitution sur les bits de l'image originale. Une analyse statistique approfondie confirme la pertinence des cryptosystèmes développés.

4.6. Développement de méthodes avancées et maillages appliqués à l'étude de la nanomorphologie des nanotubes-fils en suspension liquide

Participants: Thomas Grosgees [correspondant], Dominique Barchiesi, Abel Cherouat, Houman Borouchaki, Laurence Giraud-Moreau, Anis Chaari.

Ce projet de recherche (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 nanofils (NF) ou de nanotubes (NT) en suspension dans un écoulement. Au cours de ce projet, deux types de techniques optiques complémentaires sont 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 l'étude 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 au cours du temps et de l'espace).

4.7. Applications du maillage à des problèmes multi-physiques, développement de méthodes de résolutions avancées et modélisation électromagnétique-thermique-mécanique à l'échelle mesoscopique

Participants: Dominique Barchiesi [correspondant], Abel Cherouat, Thomas Grosgees, Houman Borouchaki, Laurence Giraud-Moreau, Sameh Kessentini, Anis Chaari, Fadhil Mezghani.

Le contrôle et l'adaptation du maillage lors de la résolution de problèmes couplés ou/et non linéaires reste un problème ouvert et fortement dépendant du type de couplage physique entre les EDP à résoudre. Notre objectif est de développer des modèles stables afin de calculer les dilatations induites par l'absorption d'énergie électromagnétique, par des structures matérielles inférieures au micron. Les structures étudiées sont en particulier des nanoparticules métalliques en condition de résonance plasmon. Dans ce cas, un maximum d'énergie absorbée est attendu, accompagné d'un maximum d'élévation de température et de dilatation. Il faut en particulier développer des modèles permettant de simuler le comportement multiphysique de particules de formes quelconques, pour une gamme de fréquences du laser d'éclairage assez étendue afin d'obtenir une étude spectroscopique de la température et de la dilatation. L'objectif intermédiaire est de pouvoir quantifier la dilatation en fonction de la puissance laser incidente. Le calcul doit donc être dimensionné et permettre finalement des applications dans les domaines des capteurs et de l'ingénierie biomédicale. En effet, ces nanoparticules métalliques sont utilisées à la fois pour le traitement des cancers superficiels par nécrose de tumeur sous éclairage adéquat, dans la fenêtres de transparence cellulaire. Déposées sur un substrat de verre, ces nanoparticules permettent de construire des capteurs utilisant la résonance plasmon pour être plus sensibles (voir projet européen *Nanoantenna* et l'activité génération de nombres aléatoires). Cependant, dans les deux cas, il est nécessaire, en environnement complexe de déterminer la température locale, voire la dilatation de ces nanoparticules, pouvant conduire à un désaccord du capteur, la résonance plasmon étant très sensible aux paramètres géométriques et matériels des nanostructures. Dans ce sens, l'étude permet d'aller plus loin que la "simple" interaction électromagnétique avec la matière du projet européen *Nanoantenna*.

Le travail de l'année 2014 a constitué en la poursuite de l'étude des spécificités de ce type de problème multiphysique pour des structures de forme simple et la mise en place de fonctions test, de référence, pour les développements de maillage adaptatifs pour les modèles multiphysiques éléments finis. Nous espérons pouvoir proposer un projet ANR couplant les points de vue microscopiques et macroscopiques dans les deux années qui viennent.

4.8. Visualization and modification of high-order curved meshes

Participants: Alexis Loyer, Adrien Loseille [correspondant].

During the partnership between Inria and Distene, a new visualization software has been designed. It address the typical operations that are required to quickly assess the newly algorithm developed in the team. In particular, interactive modifications of high-order curved mesh and hybrid meshes has been addressed. The software VIZIR is freely available at <https://www.rocq.inria.fr/gamma/gamma/vizir/>.

4.9. Mesh adaptive ALE numerical simulation

Participants: Frédéric Alauzet [correspondant], Nicolas Barral, Adrien Loseille.

Running highly accurate numerical simulations with moving geometries is still a challenge today due to their prohibitive cost in CPU time. Using anisotropic mesh adaptation is one way to drastically reduce the size of the problem and to reach the desired accuracy. Previously, we have developed an ALE formulation using mesh connectivity change in order to achieve any complex displacement. Then, this method has been coupled with the unsteady anisotropic mesh adaptation using the fixed-point algorithm. The key point of this work is the use of an ALE metric that takes into account the mesh motion in the metric field definition [24], [14].

4.10. Mesh adaptation for Navier-Stokes Equations

Participants: Frédéric Alauzet, Victorien Menier, Adrien Loseille [correspondant].

Adaptive simulations for Navier-Stokes equations require to propose accurate error estimates and design robust mesh adaptation algorithms (for boundary layers).

For error estimates, we design new estimates suited to accurately capture the speed profile in the boundary layers. For mesh adaptation, 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 [25].

4.11. Adaptive multigrid strategies

Participants: Frédéric Alauzet [correspondant], Victorien Menier, Adrien Loseille.

Multigrid is a well known technique used to accelerate the convergence of linear system solutions. Using a multigrid strategy to solve non-linear problems improves the robustness and the convergence of each Newton step, the accelerating overall the whole process. In particular, larger time step can be considered. This of main importance when solving turbulent Navier-Stokes equations on complex geometries. First, we developed the classical multigrid method on non-nested meshes. Then, we have pointed out the similarity between the Full MultiGrid (FMG) algorithm and the mesh adaptation algorithm. We have proposed a new Adaptive Full MultiGrid algorithm which improve the overall robustness of the adaptive process and its overall efficiency [25].

4.12. Metric-orthogonal and metric-aligned mesh adaptation

Participants: Frédéric Alauzet, Victorien Menier, Adrien Loseille [correspondant].

A new algorithm to derive adaptive meshes has been introduced through new cavity-based algorithms. It allows to generate anisotropic surface and volume mesh that are aligned along the eigenvector directions. This allows us to improv the quality of the meshes and to deal naturally with boundary layer mesh generation [19], [27].

5. Bilateral Contracts and Grants with Industry

5.1. Bilateral Contracts with Industry

- Dassault Aviation, *Extraction de la topologie et simplification des détails géométriques*, P. Laug et H. Borouchaki, 66 k-euros, 2013-2015.

6. Partnerships and Cooperations

6.1. National Initiatives

6.1.1. ANR

F. Alauzet, N. Barral, V. Menier and A. Loseille are part of the MAIDESC ANR (2013-2015) on mesh adaptation for moving interfaces in CFD.

6.2. European Initiatives

6.2.1. FP7 & H2020 Projects

P. Laug participates in the GEOPRISM (GEOlogical resources PROtection and exploitation using Innovative Simulation Methods - Towards new generations of simulation technologies) project, submitted to H2020-FETOPEN-2014-2015-RIA. This project involves several Inria teams (Sage, Gamma3, Pomdapi, Coffee) and several European research centers and universities.

6.3. International Initiatives

6.3.1. Inria Associate Teams

6.3.1.1. AM2NS

Title: Advanced Meshing Methods for Numerical Simulations

International Partner (Institution - Laboratory - Researcher):

Mississippi State University (ÉTATS-UNIS)

Duration: 2014 - 2016

See also: https://www.rocq.inria.fr/gamma/gamma/Membres/CIPD/Frederic.Alauzet/AssociateTeam_AM2NS/AT_am2ns.html

Numerical simulation is now mature and has become an integral part of design in science and engineering applications. Meshing, i.e., discretizing the computational domain, is at the core of the computational pipeline and a key element to significant improvements. The AM2NS Associate Team focus on developing the next generation of automated meshing methods to improve their robustness and the mesh quality to solve the ever increasing complexity of numerical simulations. Four major meshing issues are targeted: (i) more robustness for mesh generation methods in recovering a given data set, (ii) higher quality for anisotropic adapted meshes via constraint alignment, (iii) higher quality for boundary layer meshes near geometry singularities, and (iv) more robustness in handling complex displacement for moving mesh methods. The impact of this collaborative research will be to provide more reliable solution output predictions in an automated manner by using these new meshing methods.

6.4. International Research Visitors

6.4.1. Visits to International Teams

6.4.1.1. Sabbatical programme

Laug Patrick

Date: Sep 2014 - Aug 2015

Institution: **Polytechnique Montréal** (Canada)

The main scientific objectives are twofold: the reconstruction of a 3D space or scene from multiple images, and the parallelization of the mesh generation of multiface models on multicore processors.

7. Dissemination

7.1. Promoting Scientific Activities

7.1.1. Scientific events selection

7.1.1.1. Member of the conference program committee

AIAA conferences in Meshing, Visualization, and Computational Environments

7.1.2. Journal

7.1.2.1. Reviewer

The members of the team reviewed numerous papers for numerous international conferences and journals: IJNME, EWC, Computers and Structures, IMR, JCP, SICOMP, SINUM, AIAA...

8. 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, pp. 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*, in "Maillage et adaptation ; Traité MIM, série Méthodes numériques et éléments finis", Hermès, Paris, France, 2001, pp. 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, pp. 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. *17*, in "Mesh Generation and Mesh Adaptivity: Theories and Techniques", Wiley InterScience, 2004, pp. 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, pp. 2866-2897, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcp.2009.12.021>
- [8] A. LOSEILLE, R. LÖHNER. *Robust Boundary Layer Mesh Generation*, in "Proceedings of the 21st International Meshing Roundtable", X. JIAO, J.-C. WEILL (editors), Springer Berlin Heidelberg, 2012, pp. 493-511 [DOI : 10.1007/978-3-642-33573-0_29], <http://hal.inria.fr/hal-00935315>
- [9] 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. LE BRIS (editors), North-Holland, Amsterdam, Netherlands, 2003, pp. 271-375, ISBN: 0-444-51248-9

Publications of the year

Articles in International Peer-Reviewed Journals

- [10] D. BARCHIESI, T. GROSGES. *Errata: Fitting the optical constants of gold, silver, chromium, titanium and aluminum in the visible bandwidth*, in "Journal of Nanophotonics", 2014, vol. 8, n^o 1, pp. 089996-089996 [DOI : 10.1117/1.JNP.8.089996], <https://hal.inria.fr/hal-01107387>
- [11] D. BARCHIESI, T. GROSGES. *Fitting the optical constants of gold, silver, chromium, titanium, and aluminum in the visible bandwidth*, in "Journal of Nanophotonics", 2014, vol. 8, n^o 1, pp. 083097–083097 [DOI : 10.1117/1.JNP.8.083097], <https://hal.inria.fr/hal-00936659>
- [12] D. BARCHIESI, T. GROSGES. *Plasmonics for biosensors: numerical methodology to evaluate the influence of uncertainties on the optical properties*, in "Materials Today: Proceedings", September 2014, vol. 1S, pp. 225-228 [DOI : 10.1016/J.MATPR.2014.09.027], <https://hal.inria.fr/hal-01098987>
- [13] D. BARCHIESI, T. GROSGES. *Resonance in metallic nanoparticles: a rigorous formulation of the dipolar approximation*, in "European Journal of Physics", March 2014, vol. 35, n^o 3, art. no. 035012 [DOI : 10.1088/0143-0807/35/3/035012], <https://hal.inria.fr/hal-00967111>
- [14] N. BARRAL, E. LUKE, F. ALAUZET. *Two Mesh Deformation Methods Coupled with a Changing-connectivity Moving Mesh Method for CFD Applications*, in "Procedia Engineering", October 2014, vol. 82, pp. 213-227 [DOI : 10.1016/J.PROENG.2014.10.385], <https://hal.inria.fr/hal-01113354>
- [15] A. CHAARI, L. GIRAUD-MOREAU, T. GROSGES, D. BARCHIESI. *Numerical Modeling of the Photothermal Processing for Bubble Forming around Nanowire in a Liquid*, in "The Scientific World Journal", March 2014, vol. 2014, 794630 [DOI : 10.1155/2014/794630], <https://hal.inria.fr/hal-00965288>
- [16] M. FRANÇOIS, T. GROSGES, D. BARCHIESI, R. ERRA. *Pseudo-random number generator based on mixing of three chaotic maps*, in "Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation", 2014, vol. 19, n^o 4, pp. 887–895 [DOI : 10.1016/J.CNSNS.2013.08.032], <https://hal.inria.fr/hal-00936657>
- [17] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI. *Carreaux de Bézier–Serendip*, in "Comptes Rendus Mathématique", February 2015, vol. 353, n^o 2, pp. 179-184 [DOI : 10.1016/J.CRMA.2014.11.017], <https://hal.inria.fr/hal-01115518>
- [18] T. GROSGES, D. BARCHIESI. *Numerical Study of Plasmonic Efficiency of Gold Nanostripes for Molecule Detection*, in "The Scientific World Journal", January 2015, vol. 2015, n^o Article ID 724123, 8 p. [DOI : 10.1155/2015/724123], <https://hal.inria.fr/hal-01112956>
- [19] A. LOSEILLE. *Metric-orthogonal Anisotropic Mesh Generation*, in "Procedia Engineering", 2014, vol. 82, 13 p. [DOI : 10.1016/J.PROENG.2014.10.400], <https://hal.inria.fr/hal-01113345>
- [20] B. YAHIAOUI, H. BOROUCAKI, A. BENALI. *Hex-Dominant Mesh Improving Quality to Tracking Hydrocarbons in Dynamic Basins*, in "Oil and Gas Science and Technology", August 2014, vol. 69, n^o 4, pp. 565-572 [DOI : 10.2516/OGST/2014020], <https://hal-ifp.archives-ouvertes.fr/hal-01068287>

Invited Conferences

- [21] G. PICHOT, P. LAUG, J. ERHEL, J. E. ROBERTS, J. JAFFRÉ, J.-R. DE DREUZY. *Meshing Strategies and the Impact of Finite Element Quality on the Velocity Field in Fractured Media*, in "SIAM Annual Meeting", Chicago, United States, July 2014, <https://hal.inria.fr/hal-01074807>

International Conferences with Proceedings

- [22] A. CHAARI, T. GROSGES, L. GIRAUD-MOREAU, D. BARCHIESI. *Electromagnetic Heat-induced of Nanowire in Liquid: Computation of the Bubble Shape*, in "PIERS Proceedings - Progress in Electromagnetics Research Symposium", Guangzhou, China, August 2014, pp. 504-508, <https://hal.inria.fr/hal-01064391>
- [23] F. MEZGHANI, D. BARCHIESI, A. CHEROUAT, T. GROSGES, H. BOROUCHEKI. *Computation of the Field Enhancement by Small Facet Angles of Metallic Nanoparticles: Adaptive Remeshing for Finite Element Method*, in "PIERS Proceedings - Progress in Electromagnetics Research Symposium", Guangzhou, China, August 2014, pp. 509-513, <https://hal.inria.fr/hal-01064387>

Conferences without Proceedings

- [24] N. BARRAL, F. ALAUZET. *Large displacement body-fitted FSI simulations using a mesh-connectivity-change moving mesh strategy*, in "44th AIAA Fluid Dynamics Conference", Atlanta, United States, June 2014 [DOI : 10.2514/6.2014-2773], <https://hal.inria.fr/hal-01113351>
- [25] V. MENIER, A. LOSEILLE, F. ALAUZET. *Multigrid Strategies Coupled with Anisotropic Mesh Adaptation*, in "AIAA Scitech 2015", Kissimmee, United States, January 2015 [DOI : 10.2514/6.2015-2041], <https://hal.inria.fr/hal-01113357>

Scientific Books (or Scientific Book chapters)

- [26] *Computational and Experimental Assessment of Models for the First AIAA Sonic Boom Prediction Workshop Using Adaptive High Fidelity CFD methods*, 2014 [DOI : 10.2514/6.2014-2009], <https://hal.inria.fr/hal-01113348>
- [27] F. ALAUZET, D. MARCUM. *A Closed Advancing-Layer Method with Changing Topology Mesh Movement for Viscous Mesh Generation*, in "Proceedings of the 22nd International Meshing Roundtable", J. SARRATE, M. STATEN (editors), Springer International Publishing, 2014, pp. 241-261 [DOI : 10.1007/978-3-319-02335-9_14], <https://hal.inria.fr/hal-00940099>
- [28] V. MENIER, A. LOSEILLE, F. ALAUZET. *CFD Validation and Adaptivity for Viscous Flow Simulations*, 44th AIAA Fluid Dynamics Conference, 2014, n^o 2014-2925 [DOI : 10.2514/6.2014-2925], <https://hal.inria.fr/hal-01115098>

Research Reports

- [29] P.-L. GEORGE, H. BOROUCHEKI, N. BARRAL. *Bezier-Serendipity patches of arbitrary degree*, Inria Paris, October 2014, n^o RR-8624, 43 p. , <https://hal.inria.fr/hal-01078461>
- [30] P.-L. GEORGE, H. BOROUCHEKI, N. BARRAL. *Construction et validation des éléments réduits associés à un carreau simplicial de degré arbitraire*, July 2014, n^o RR-8571, 55 p. , <https://hal.inria.fr/hal-01052929>
- [31] P.-L. GEORGE, H. BOROUCHEKI, N. BARRAL. *Construction et validation des éléments Serendip associés à un carreau de degré arbitraire*, July 2014, n^o RR-8572, 107 p. , <https://hal.inria.fr/hal-01052913>
- [32] P.-L. GEORGE, H. BOROUCHEKI. *Sur les carreaux B-spline ou NURBS de degré 2*, June 2014, n^o RR-8550, 59 p. , <https://hal.inria.fr/hal-01009703>

- [33] P.-L. GEORGE, H. BOROUCAKI. *Sur les éléments finis de Lagrange pyramidaux*, April 2014, n^o RR-8525, 21 p. , <https://hal.inria.fr/hal-00982190>

References in notes

- [34] P.-G. CIARLET. *Basic Error Estimates for Elliptic Problems*, Ciarlet, P. G. and Lions, J. L., North Holland, 1991, vol. II
- [35] P.-J. FREY, P.-L. GEORGE. *Maillages. Applications aux éléments finis*, Hermès Science Publications, Paris, 1999