

**Journée Thématique  
GdR STIC-Santé**

**Sous l'égide du thème F :  
« Apprentissage et assistance aux gestes médico-chirurgicaux »**

**Faculté de médecine - Pitié –Salpêtrière - salle 405  
91 bd de l'Hôpital – Paris 13<sup>e</sup>  
Métro Saint-Marcel (ligne 5)**

**6 février 2009**

<b>« Modélisation et simulation d'organes – 2<sup>e</sup> partie »</b>
--

**Organisateurs :**

**Florence Zara (LIRIS, Lyon)  
Tanneguy Redarce (Lab. Ampère, Lyon)  
Lucile Vadcard (LSE, Grenoble)  
Patrick Dubois (CHRU de Lille)**

**Objectif de la Journée Thématique :**

Cette journée sera consacrée aux travaux réalisés sur la modélisation et la simulation d'organes. Elle fait suite à la journée thématique du 25 avril 2008.

## **Publications des organisateurs :**

L. Vadcard, N. Balacheff, **Looking at e-learning through the european Kaleidoscope**, International Handbook of Information Technology in Education, Voogt J & Knezek G (eds), Kluwer, (à paraître en 2007).

L. Vadcard, V. Luengo , **Interdisciplinary approach for the design of a learning environment**, E-Learn 2005 - World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Vancouver, Canada, October 24-28, 2005.

L. Vadcard, **Conception d'un environnement informatique pour la formation des chirurgiens**, 4èmes rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactiques des Sciences et des Technologies, Lyon 12-15 octobre 2005.

R. Moreau, M.-T. Pham, R. Silveira, H. T. Redarce, X. Brun, O. Dupuis, **Design of a new instrumented forceps: application to a safe obstetrical forceps blade placement**, IEEE transactions on biomedical engineering, p 10, 2007.

O. Dupuis, R. Moreau, R. Silveira, M.-T. Pham, A. Zentner, M. Cucherat, R.-C. Rudigoz, H. T. Redarce, **A new obstetric forceps for the training of junior doctors. A comparison of the spatial dispersion of forceps blades trajectories between junior and senior obstetricians**. The american journal of obstetrics and gynecology. vol 194, p.1524-1531, 2006.

F. Zara, F. Faure, J.-M. Vincent, **Parallel Simulation of Large Dynamic System on a PCs Cluster: Application to Cloth Simulation**, International Journal of Computers and Applications, Volume 26, pages 173-180, 2004.

V. Baudet, M. Beuve, F. Jaillet, B. Shariat, F. Zara, **Integrating Elastic Parameters in 3D Mass-Spring System**, Research Report RR-LIRIS-2007-004, 2006 (soumis à EuroGraphics 2007).

A. C.Jambon, D.Querleu, P.Dubois, C.Chaillou, M P.eseure, S.Karpf, C.Geron, **A Training Simulator for Initial Formation in Gynecologic Laparoscopy**, MMVR2000, Newport Beach, 2-30 jan. 2000.

P.Dubois, T Q.hommen, A. C.Jambon, **In vivo measurement of surgical gestures**, IEEE Trans. on Biomed. Eng., 49(1), 2002, 49-54.

P.Dubois, G.Delmar, G.Picod, **Measurements of mechanical interactions between a surgical instrument and an organ: methodological aspects**, Proc. of the IASTED Intern. Conf. "Applied Simulation and Modelling", Crete, Greece, 25-28 june 2002, pp 174-9.

P.Dubois, M.Boukerrou, R C.Ubod Dit Guillet, M Cosson., B N.Etrouni, M.Vermandel, **Modèle mécanique 3D de la cavité pelvienne : étude préliminaire**, Proc. of SURGETICA'2005, Sauramps Médical Ed., pp 123-131

## **Programme de la Journée Thématique :**

9h	Accueil et présentation de la journée	
9h15 – 10h	Modélisation pelvienne	M-E. Bellemare LSIS, Marseille
10h – 10h45	Planification et validation d'interventions rénales coelioscopiques	Angel Osorio LIMSI-CNRS, Imagerie Radiologique, Orsay
10h45 – 11h30	Modélisation et traitement d'images	Patrick Clarysse CREATIS, Lyon
11h30 – 12h	Modélisation d'un torse de nourrisson pour la simulation de son comportement global sous le geste AFE en kinésithérapie respiratoire	Christine Barthod Luc Maréchal SYMME, Chambéry
<b>PAUSE REPAS</b>		
13h30 – 14h15	Calcul rapide, réaliste et générique de déformations de corps hyper-élastiques en simulation interactive de chirurgie	François Goulette Centre de Robotique, Ecole des Mines de Paris
14h15 – 15h	Vérification et validation : comparaison de modèles déformables pour la GMCAO	Emmanuel Promayon TIMC-IMAG, GMCAO, Grenoble
15h – 15h45	Interactive Voxel based Cutting of Deformable Models at Arbitrary Resolution	Lenka Jerabkova INRIA-EVASION, Grenoble
16h	Discussion	

Les créneaux comprennent le temps de la présentation (30 minutes) ainsi que le temps des questions (15 minutes).

## Résumés des orateurs :

### **Marc-Emmanuel Bellemare**

Laboratoire des Sciences de l'Information et des Systèmes (LSIS) , Université Aix-Marseille

#### *Modélisation pelvienne*

Les troubles de la statique pelvipérinéale regroupent un ensemble de pathologies qui associent une perte des rapports anatomiques normaux des organes pelviens, une altération de la fonction anorectale et/ou urogénitale, et une altération de la qualité de vie des malades. La fréquence de ces troubles augmente avec le vieillissement de la population [1, 2]. Toutefois, les formes du sujet jeune, hommes ou femmes, ne sont pas rares. La variabilité et la complexité des anomalies anatomiques [3] rencontrées expliquent la variabilité de la symptomatologie qui est souvent peu spécifique ou non spécifique et est fréquemment associée à une altération de la qualité de vie. La prise en charge de ces malades est confrontée à 2 difficultés principales : rattacher les anomalies anatomiques aux symptômes décrits par le patient et évaluer le résultat fonctionnel de la correction anatomique envisagée. Le développement d'un simulateur de pelvis patient-spécifique [4], statique et dynamique permet d'envisager l'amélioration de la prise en charge de ces malades à plusieurs niveaux. En effet, le simulateur permettra :

- d'aider à la compréhension de la physiopathologie des troubles de la statique pelvienne en simulant les différentes contraintes sur l'anatomie de chaque patient ;
- d'évaluer le résultat fonctionnel de la correction chirurgicale éventuelle avant l'intervention en simulant cette correction à partir du modèle spécifique au patient ;
- d'aider au choix des malades nécessitant une correction chirurgicale et d'évaluer différentes techniques chirurgicales.
- d'identifier les malades à haut risque de développer un trouble de la statique pelvienne et d'envisager chez eux un geste de protection avant la survenue de lésions définitives.

Le projet que nous développons dans ce cadre consiste à réaliser des simulations patient spécifiques dans un contexte réaliste. La problématique générale [5] induit les étapes principales suivantes :

#### 1. Acquisition des données

La spécification des acquisitions en routine

#### 2. Segmentation et modélisation géométrique des organes dans des volumes IRM

La segmentation automatique ou supervisée des organes principaux

Le choix d'une modélisation géométrique adaptée.

#### 3. Modélisation physique et simulation

Choix des lois de comportement prenant en compte les contacts en statique ou en dynamique avec frottement et la gestion des grandes déformations.

Choix du schéma de simulation

#### 4. Évaluation et Mise à jour des modèles.

Quantification objective des résultats

Protocole d'évaluation objective

### **Références bibliographiques**

- [1] MacLennan AH, Taylor AW, Wilson DH, Wilson D. The prevalence of pelvic floor disorders and their relationship to gender, age, parity and mode of delivery. BJOG. 2000 Dec;107(12):1460-70.
- [2] Uustal Fornell E, Wingren G, Kjølhed P. Factors associated with pelvic floor dysfunction with emphasis on urinary and fecal incontinence and genital prolapse: an epidemiological study. Acta Obstet Gynecol Scand. 2004 Apr;83(4):383-9.
- [3] Hoyte L, Fielding JR, Versi E, Mamisch C, Kolvenbach C, Kikinis R (2001) Variations in levator ani volume and geometry in women: the application of MR based 3D reconstruction in evaluating pelvic floor dysfunction. Arch Esp Urol 54: 532-539
- [4] N. Pirró, M.-E. Bellemare, O. Durieux, M. Ouaisi, I. Sielezneff, B. Sastre, P. Champsaur. "Résultats préliminaires et perspectives de la modélisation dynamique du pelvis féminin", 2ème Congrès Francophone de Chirurgie Digestive et Hépatobiliaire, Paris, 7-9 Décembre 2006.
- [5] M.-E. Bellemare, N. Pirró, L. Marsac, O. Durieux, "Toward the Simulation of the Strain of Female Pelvic Organs", in: EMBC07, 29th IEEE EMBS Annual International Conference, pp. 2756-2759, August 23-26 2007.

## **Angel Osorio**

LIMSI-CNRS, Imagerie Radiologique, Orsay Jacques

*Segmentation 3D d'images DICOM. Application aux interventions coelioscopiques.*

Les examens radiologiques du type scanner ou IRM fournissent des véritables images 3D que de nombreux logiciels exploitent aujourd'hui, en particulier en ce qui concerne la volumétrie. Par ailleurs, le futur de la chirurgie semble être percutané, situation où la maîtrise de la métrique des images semble indispensable. Nous présentons dans cette communication le système informatique PTM3D, développé au LIMSI, qui assure la segmentation 3D d'images scanner et IRM. Le système dispose d'un ensemble de modules de planification et de validation chirurgicales qui aident le praticien dans la réalisation d'actes chirurgicaux. Des utilisations en ligne, au bloc opératoire, lors d'interventions rénales et hépatiques sont présentées.

### **Références bibliographiques :**

[1] Liver regeneration and recanalization time course following reversible portal vein embolization. Panagiotis Lainas, Lyes Boudechiche, Angel Osorio, Aurore Coulomb, Anne Weber, Danièle Pariente, Dominique Franco, Ibrahim Dagher. *Journal of Hepatology*. September 2008 (Vol. 49, Issue 3, Pages 354-362).

[2] Planning and validating percutaneous nephrolithotomies in a non-classical patient's position using a new 3D augmented reality system. Angel Osorio, Julien Nauroy, Sonia Dahdouh, Patricia Donars, Emmanuelle Frenoux, CNRS, Orsay (F), Juan-Antonio Galan, Juan-Jose Lobato, Ines Navarro, Juan-Pablo Caballero, General Hosp., Alicante (E) International Congress Series, Computer Assisted Radiology and Surgery. Elsevier June 2008.

[3] A new computerized system making 3D segmentations from DICOM images to help on line on laparoscopic interventions. Application to gastroplasty and cholecystectomy. Angel Osorio, Jean-Marie Biset, Roland Boustani, Julien Nauroy, Michelle Boustani, Patricia Donars, Cédric Gourlay, Emmanuelle Frenoux. Education Exhibit 2006, RSNA'06, Chicago, November 26 - December 2, 2006.

[4] Percutaneous nephrolithotomy (PCNL): Practice and surgery using a new Augmented Reality system and a new real time 2D/3D fusion software. Angel Osorio, Julien Nauroy, Françoise Dargent, Xavier Ripoche, Samuel Merran, Olivier Traxer InfoRAD 2005, RSNA'05, Chicago, November 27 - December 3, 2005. Cette publication a reçu l'Award « Certificate of Merit » de RSNA2005. (cf. <http://rsna2005.rsna.org/>)

## **Patrick Clarysse**

Laboratoire CREATIS-LRMN, CNRS UMR 5220, Inserm U630, Lyon

### *Modélisation et traitement d'images*

Le traitement et l'analyse d'images sont des sources de problèmes inverses en général mal posés. L'extraction de structures (ou segmentation) est à ce titre un bon exemple. Comment extraire automatiquement et au mieux des images la forme 3D des structures qui la compose? En l'absence d'information sur le contenu de la scène observée, on fait appel à un arsenal de techniques de traitement d'images des plus simples au plus complexes. Le résultat n'est en général pas garanti et peut varier largement en fonction des méthodes. Dans la plupart des cas cependant, on dispose d'information sur les structures présentes dans l'image : le nombre de structures d'intérêt, leur forme approximative, leur topologie au minimum. Cette information peut alors être exploitée pour contraindre la segmentation et rendre ainsi le problème mieux posé. La forme des structures peut être disponibles sous diverses représentations : surfaces paramétriques ou implicites, surface maillées, volumes voxélisés, modèles statistiques issus d'un apprentissage, modèles d'apparence liés à l'information image... Pour les structures déformables, on peut prendre en compte d'autres aspects liés au comportement physique statique et dynamique. Pour recouvrir l'ensemble de ces aspects, on utilisera le terme de modèle a priori de structure. Ces modèles sont très largement utilisés en analyse d'images médicales où l'on peut décrire plus ou moins précisément ce que l'on cherche. Ils sont intégrés en tant que connaissance a priori dans les algorithmes de traitement d'images. Dans cet exposé, nous considérons le problème de la segmentation de structures déformables dans des séquences d'images et plus particulièrement de la segmentation et du suivi du cœur dans des séquences d'images par Résonance Magnétique (IRM). Nous présenterons la méthode générique du Gabarit Déformable Élastique (GDE) et ses différentes versions pour l'extraction automatique de l'anatomie cardiaque, développée en collaboration avec l'Institut Camille Jordan à Lyon. Le GDE consiste à représenter le myocarde par un modèle a priori de forme déformé élastiquement pour s'adapter à la forme spécifique du cœur du patient. Nous commenterons différents aspects pour l'exploitation pratique du GDE pour la segmentation des structures cardiaques dans des séquences d'Images par Résonance Magnétique (IRM) : stratégies multi-résolution, champ de force et initialisation, notamment. Nous introduirons l'extension récente du GDE pour une modélisation dynamique et non plus statique du cœur, en s'appuyant sur une représentation harmonique du mouvement sur l'ensemble du cycle cardiaque et en proposant un algorithme original de résolution. Nous présenterons également une méthode alternative basée sur un modèle statistique. Les méthodes seront illustrées sur des données de synthèse et des données IRM réelles acquises chez l'homme et le petit animal. Enfin, nous terminerons sur notre approche d'évaluation qui s'appuie en particulier sur une stratégie entièrement numérique combinant un modèle dynamique du thorax et du cœur et la simulation de son imagerie.

### **Références bibliographiques :**

- [1] J. Schaerer, J. Pousin, and P. Clarysse. A new singular perturbation approach for image segmentation tracking. In *Biomedical Imaging: From Nano to Macro*, 2008. ISBI 2008. 5th IEEE International Symposium on, pages 1445-1448, May 2008.
- [2] Y. Rouchdy, J. Pousin, J. Schaerer, and P. Clarysse. A nonlinear elastic deformable template for soft structure segmentation: application to the heart segmentation in MRI. *Inverse Problems*, 23:1017-1035, 2007.
- [3] B. Delhay, P. Clarysse, C. Pera, and I.E. Magnin. A spatio-temporal deformation model for dense motion estimation in periodic cardiac image sequences. In *From Statistical Atlases to Personalized Models: Understanding Complex Diseases in Populations and Individuals*, Satellite Workshop MICCAI 2006, Copenhagen, Denmark, pages (in-press), October 2006.
- [4] R. Haddad, P. Clarysse, M. Orkisz, D. Revel, and I. E. Magnin. A realistic anthropomorphic numerical model of the beating heart. *Innov Tech Biol Med - RBM*, 26(4):270-272, 2005.

## **Christine Barthod, Luc Maréchal**

Laboratoire Systèmes et Matériaux pour la Mécatronique (SYMME), Université de Savoie

*Modélisation d'un torse de nourrisson pour la simulation de son comportement global sous le geste AFE en kinésithérapie respiratoire*

L'objectif du projet est la réalisation d'un simulateur, constitué d'un environnement physique et d'un environnement informatique didactique, pour l'apprentissage du geste AFE en kinésithérapie respiratoire.

Le système physique consiste en un torse anthropomorphe de nourrisson, dont les fonctionnalités souhaitées seront réalisées conjointement par la structure mécanique et son instrumentation. A partir d'un scanner de nourrisson de six mois, nous avons reconstitué un modèle CAO du torse. Nous avons choisi de concevoir un système dit «passif» privilégiant une approche matériaux/structure et en s'imposant de définir une structure creuse pour y intégrer l'instrumentation. La géométrie du modèle a été transférée sous un code éléments finis afin de dimensionner la structure sous des cas de charges représentatifs d'un geste AFE référent. Les premières simulations utilisent des lois de comportement issues de la littérature pour simuler le comportement des matériaux utilisés pour représenter le thorax, l'abdomen et le diaphragme du nourrisson. Puis, dans une démarche essai-erreur, la structure interne et les matériaux ont été choisis afin de recalibrer les valeurs simulées des déplacements de la structure obtenus sous les efforts appliqués par les praticiens, avec les déplacements mesurés pendant les campagnes sur nourrissons en situation.

### **Références bibliographiques :**

- [1] L. Maréchal, C. Barthod, J-C. Jeulin, G. Gautier and J. Lottin, " Mechatronical approach for the definition of future functionalities for a chest simulator", Mecatronics 2008, paper 211, mai 2008, Le Grand Bornand, France
- [2] L. Maréchal, C. Barthod, G. Gautier, J. Lottin, J.C. Jeulin, "Instrumentation and LabVIEW based continuous processing for chest physiotherapy", Biodevices 2008, International Joint Conference on Biomedical Engineering Systems and Technologies, pp 41-46
- [3] L. Maréchal, C. Barthod, J. Lottin, G. Gautier and J-C. Jeulin, "Measurement System for Gesture Characterization During Chest Physiotherapy Act on Newborn Babies Suffering from Bronchiolitis", Proceeding of the 29th IEEE EMBS Annual International Conference, pp 5770-5773, August 23-26, 2007, Cite Internationale, Lyon, France

## **François Goulette**

CAOR - Centre de Robotique, Mathématiques et Systèmes, Mines ParisTech

*Calcul rapide, réaliste et générique de déformations de corps hyper-élastiques en simulation interactive de chirurgie*

Les simulateurs interactifs de chirurgie virtuelle visent à améliorer la qualité de la formation au geste et de la dextérité des chirurgiens. Une des difficultés techniques actuelles à la maturité de ces simulateurs est la possibilité de réaliser des algorithmes de déformation rapides et réalistes du comportement élastique des organes. Il existe plusieurs méthodes, que nous présenterons, qui tentent de concilier les exigences de réalisme et de rapidité. Une analyse des besoins de l'application visée montre cependant qu'aucune n'est actuellement pleinement satisfaisante.

Nous présentons dans cet exposé une méthode que nous appelons "HEML" (Hyper-Elastic Mass Links) [Gou06] conçue comme une contribution à ce besoin de nouvelles méthodes de calcul de déformations. Cette méthode, particulièrement rapide en nombre d'opérations, est issue d'une approche « éléments finis » ; dans sa formulation elle garde les avantages des « masses-ressorts » ; enfin elle permet de prendre en compte des lois de comportement hyper-élastiques génériques, non linéaires, en grandes déformations et grands déplacements, comme par exemple Néo-Hooke semi-incompressible.

### **Références bibliographiques :**

[1] F. Goulette and S. Chendeb, "A Framework for Fast Computation of Hyper-Elastic Materials Deformations in Real-Time Simulation of Surgery". Proc. MICCAI Computational Biomechanics Workshop, Copenhagen, October 2006.

## **Emmanuel Promayon**

TIMC-IMAG, GMCAO, Grenoble

### *Vérification et validation : comparaison de modèles déformables pour la GMCAO*

Il existe aujourd'hui de très nombreux modèles pour simuler en 3D des déformations d'un organe dans le cadre des simulateurs médicaux. Cependant, quelque soit le modèle, il y a toujours un compromis à établir entre rapidité des calculs d'un côté et précision des résultats de l'autre. Chaque nouvel algorithme essaye de démontrer ses performances. Dans les applications graphiques ou les simulateurs chirurgicaux pour l'apprentissage du geste, le principal critère de performance est l'aspect visuel ou le temps de calcul. Par contre, lorsque le simulateur chirurgical est utilisé afin de planifier une opération et d'aider à des décisions de choix thérapeutiques, le niveau de performance doit être mesuré en terme de précisions par rapport à la réalité. [AEW07] expose un cadre général pour la vérification et la validation de modèles. D'autres travaux ont suggéré de manière plus précise des métriques de mesure de précisions pour vérifier et valider des modèles, par exemple [Mar06]. Cependant cette validation est très loin de se faire de manière systématique.

Nous avons proposé un cadre formel pour la modélisation permettant de décrire une expérimentation [CP04] : qu'est-ce qu'un objet physique d'un simulateur et comment on peut le représenter indépendamment du type d'approche utilisé pour la simulation; comment décrire les contraintes et les chargements à appliquer au cours de la simulation. Cela a conduit à la définition de deux langages XML et les API C++ correspondantes (voir <http://www-timc.imag.fr/Emmanuel.Promayon/pml>). Après une présentation rapide de ce cadre, nous montrerons trois types de comparaisons possibles : comparaisons avec des modèles analytiques issus de la mécanique des milieux continus [NMP05, Mar06, MAD+08], comparaisons avec des expériences réelles sur des fantômes [MPT05] (comme l'expérience du TruthCube [KCO+03]), et comparaisons avec des données réelles issues de chirurgies ou de micro-manipulations sur cellules [PMT03].

L'objectif ultime des GMCAO étant d'obtenir un patient numérique reflet le plus fidèle possible du patient réel, il est important de fournir aux modèles le plus possible d'informations. Il est cependant impossible de connaître complètement l'ensemble des paramètres et des conditions limites pour simuler parfaitement un geste ou une opération. Plusieurs pistes ont été explorées dans ces travaux afin de renseigner au mieux le modèle, nous présenterons notamment l'utilisation de l'imagerie IRM dynamique [CPB+05] et la conception d'un dispositif miniature de mesure in vivo des propriétés mécaniques [SCB+08, SBP+08].

## Références bibliographiques :

- [AEW07] Andrew E. Anderson, Benjamin J. Ellis, and Jeffrey A. Weiss: Verification, validation and sensitivity studies in computational biomechanics. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 10(3) :171–184, 2007.
- [CP04] Chabanas, M., Promayon, E.: Physical model language: Towards a unified representation for continuous and discrete models. In: *Proceedings of International Symposium on Medical Simulation*, pp. 256–266, 2004.
- [KCO+03] Kerdok, A., Cotin, S., Ottensmeyer, M., Galea, A., Howe, R., Dawson, S.: Truthcube: Establishing physical standards for real time soft tissue simulation. *Medical Image Analysis* 7, 283–291, 2003.
- [MAD+08] Marchal, J. Allard, C. Duriez, S. Cotin. Towards a Framework for Assessing Deformable Models in Medical Simulation. *Proceedings of International Symposium on Computational Models for Biomedical Simulation (7-8 Juillet 2008, London, England)*. *Lecture Notes in Computer Science*. Ed. F. Bello, E. Edwards, pp. 176-184, 2008.
- [Mar06] Marchal, M.: Modélisation des tissus mous dans leur environnement pour l'aide aux gestes médico-chirurgicaux. PhD Thesis Université Joseph Fourier, December 2006. Direction : J. Troccaz, E. Promayon
- [MPT05] M. Marchal, E. Promayon, J. Troccaz: Simulating Complex Organ Interactions: Evaluation of a Soft Tissue Discrete Model. In *Advances in Visual Computing (International Symposium on Visual Computing, ISVC05)*, George Bebis Et Al (ed.), *Lecture Notes in Computer Science*, Volume 3804, Pages 175-182, 2005.
- [NMP05] M. Nesme, M. Marchal, E. Promayon, M. Chabanas, Y. Payan, F. Faure: Physically Realistic Interactive Simulation for Biological Soft Tissues. In *Recent Research Developments in Biomechanics*, Vol. 2, pp. 1-22, Transworld Research Network, 2005.
- [PMT03] E. Promayon, J. -L. Martiel, P. Tracqui: Physically-Based 3D Simulations of Cell Deformations and Migrations. In *Polymer and Cell Dynamics - Multiscale Modeling and Numerical Simulations*, W. Alt, M. Chaplain, M. Griebel, J. Lenz (eds.), pp. 125-138, Birkhäuser, December 2003.
- [SCB+08] P. Schiavone, F. Chassat, T. Boudou, E. Promayon, F. Valvidia, Y. Payan. In Vivo Measurement of Human Brain Elasticity Using a Light Aspiration Device. *Medical Image Analysis*, 2008 (accepté).
- [SBP+08] P. Schiavone, T. Boudou, E. Promayon, P. Perrier, Y. Payan. A Light Sterilizable Pipette Device for the in Vivo Estimation of Human Soft Tissues Constitutive Laws. In *IEEE Engineering in Medicine and Biology Conference (EMBC)*, August 2008 (in press).

## **Lenka Jerabkova - François Faure**

INRIA Rhône-Alpes, EVASION, Grenoble

### *Interactive Voxel based Cutting of Deformable Models at Arbitrary Resolution*

The method presented by Nesme et al. 2006 [2] allows for an efficient computation of the deformation of soft objects. The object is embedded into a regular grid of deformable hexahedra at an arbitrary resolution. At the same time, a high-resolution representation is used for visualization and interaction.

We propose an extension of this method enabling the simulation of arbitrary object topologies and interactive topological changes during the simulation. In medical applications, the acquired voxel data (e.g., from a CT scan) can be used for both, mechanical computations and visualization, allowing for a high fidelity simulation.

### **Références bibliographiques :**

- [1] Lenka Jerabkova, Torsten Kuhlen (2009). Stable Cutting of Deformable Objects in Virtual Environments using the XFEM. To appear in IEEE Computer Graphics and Applications.
- [2] Matthieu Nesme, Yohan Payan, François Faure (2006). Animating Shapes at Arbitrary Resolution with Non-Uniform Stiffness. In: Eurographics Workshop in Virtual Reality Interaction and Physical Simulation (VRIPHYS)