



HAL
open science

Image-guided Simulation for Augmented Reality during Hepatic Surgery

Nazim Haouchine

► **To cite this version:**

Nazim Haouchine. Image-guided Simulation for Augmented Reality during Hepatic Surgery. Computer Science [cs]. Université de Lille1, 2015. English. NNT: . tel-01254439v1

HAL Id: tel-01254439

<https://inria.hal.science/tel-01254439v1>

Submitted on 12 Jan 2016 (v1), last revised 22 May 2022 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Thesis submitted to obtain the title of
Doctor of Philosophy of the
University of Lille 1

Doctoral School of Engineering Science
Field: Computer Science

Image-guided Simulation for Augmented Reality during Hepatic Surgery

Prepared at **Inria** by

NAZIM HAOUCHINE

Defended on January 26th 2015

Jury members:

<i>Advisors:</i>	Stephane COTIN	Research Director, Inria
	Marie-Odile BERGER	Research Director, Inria
<i>Co-advisor:</i>	Jeremie DEQUIDT	Associate Professor, Lille University
<i>Reviewers:</i>	Adrien BARTOLI	Professor, Auvergne University
	Jocelyne TROCCAZ	Research Director, CNRS
<i>Examiners:</i>	Danail STOYANOV	Senior Research Fellow, University College London
	Nassir NAVAB	Professor, Technische Universitat Munchen
<i>President:</i>	Gery CASIEZ	Professor, Lille University

ABSTRACT

Image-guided Simulation for Augmented Reality during Hepatic Surgery

Abstract: The main objective of this thesis is to provide surgeons with tools for pre and intra-operative decision support during minimally invasive hepatic surgery. These interventions are usually based on laparoscopic techniques or, more recently, flexible endoscopy. During such operations, the surgeon tries to remove a significant number of liver tumors while preserving the functional role of the liver. This involves defining an optimal hepatectomy, i.e. ensuring that the volume of post-operative liver is at least at 55% of the original liver and the preserving at hepatic vasculature. Although intervention planning can now be considered on the basis of preoperative patient-specific, significant movements of the liver and its deformations during surgery data make this very difficult to use planning in practice. The work proposed in this thesis aims to provide augmented reality tools to be used in intra-operative conditions in order to visualize the position of tumors and hepatic vascular networks at any time. To achieve this we propose the following main steps:

- Modeling the liver biomechanics (and deformations due to breathing motion), and the inclusion of the pressure created by blowing Co₂ during surgery.
- Tracking features points on the surface of the liver in the endoscopic images and perform 3D reconstruction of the liver surface.
- Visualization of internal structure during the intervention, taking into account the intra-operative deformations.
- Real-time non-rigid registration of 3D liver model on the laparoscopic image.

Keywords: Image-guided Simulation, Biomechanical Modeling, Real-Time Augmented Reality, Computer Assisted Surgery, Minimally Invasive Surgery, Visual Tracking, 3D Reconstruction, Non-rigid Registration.

RÉSUMÉ

Simulation Guidée par l'Image pour la Réalité Augmentée durant la Chirurgie Hépatique

Résumé:

L'objectif principal de cette thèse est de fournir aux chirurgiens des outils d'aide à la décision pré et per-opératoire lors d'interventions minimalement invasives en chirurgie hépatique. Ces interventions reposent en général sur des techniques de laparoscopie ou plus récemment d'endoscopie flexible. Lors de telles interventions, le chirurgien cherche à retirer un nombre souvent important de tumeurs hépatiques, tout en préservant le rôle fonctionnel du foie. Cela implique de définir une hépatectomie optimale, c'est à dire garantissant un volume du foie post-opératoire d'au moins 55% du foie initial et préservant au mieux la vascularisation hépatique. Bien qu'une planification de l'intervention puisse actuellement s'envisager sur la base de données pré-opératoire spécifiques au patient, les mouvements importants du foie et ses déformations lors de l'intervention rendent cette planification très difficile à exploiter en pratique. Les travaux proposés dans cette thèse visent à fournir des outils de réalité augmentée utilisables en conditions per-opératoires et permettant de visualiser à chaque instant la position des tumeurs et réseaux vasculaires hépatiques. Pour y parvenir nous proposons les étapes principales suivantes :

- Modélisation de la biomécanique du foie (déformations et mouvement dû à la respiration), ainsi que la prise en compte de la pression créée par insufflation de Co2 durant l'intervention.
- Suivi de points caractéristiques sur la surface du foie dans les images endoscopiques et Reconstruction 3D de la surface du foie.
- Visualisation de la planification lors de l'intervention en prenant en compte les déformations per-opératoires.
- Recalage temps réel non rigide du modèle 3D du foie sur l'image.

Mots-clés: Réalité Augmentée, Simulation Biomechanique Temps Réel, Chirurgie Minimalement Invasive, Reconstruction 3D, Suivi Visuel, Chirurgie Guidée par l'Image, Recalage non-rigide.

