

Candidature au poste de maître de conférences  
MCF 0023, section 27  
Université de Chambéry - LAMA-UMR5127

Jérôme Velut, qualifié 27<sup>ème</sup> et 61<sup>ème</sup> sections

22 mars 2010

## Résumé

J'ai soutenu une thèse de doctorat le 10 décembre 2007 en tant qu'étudiant à l'INSA Lyon. Ces travaux ont débuté en octobre 2004 au laboratoire CREATIS-LRMN. Ils concernent la segmentation d'images et de volumes par modèles déformables. Motivé par une problématique de robustesse et d'efficacité de traitement, j'ai proposé une méthode de régularisation du modèle déformable par filtrage RII des déformations. Quatre communications en conférences internationales (EURASIP EUSIPCO'06 [2], IEEE ICIP'06 et 08 [3, 4, 5]) et une publication (EURASIP JASP'07 [1]) décrivent les principales contributions méthodologiques et applicatives de mes travaux.

Je suis aujourd'hui en post-doctorat au LTSI, à Rennes. Mon travail s'inscrit dans le projet européen euHeart, regroupant dix-sept partenaires de différents domaines. L'objectif est de proposer un modèle du cœur physiologique et anatomique, personnalisé pour chaque patient. Dans ce contexte, je dois développer des méthodes d'extraction des artères et veines coronaires en gardant à l'esprit la finalité clinique. Les premiers résultats seront présentés à IEEE ISBI [6, 7], et l'effort d'écriture continue pour soumettre 2 papiers dans les mois à venir.

J'ai obtenu, parallèlement à l'allocation de recherche ministérielle, un poste de moniteur à l'INSA Lyon. J'ai enseigné les mathématiques en TD pour des étudiants en deuxième année du premier cycle (100h TD). Puis j'ai pris en charge des groupes de première année pour l'enseignement de l'informatique, de l'algorithmie et des bases de données (100h TD). J'ai également rédigé plusieurs sujets d'évaluation et adapté le cours de base de données à un contexte particulier.

Ensuite, j'ai obtenu en 2007 un poste d'ATER à l'université Claude Bernard (Lyon I) en IUT GEII pour l'année 2007-08. J'ai pris place dans l'équipe d'enseignants d'automatismes et informatique industrielle. Le premier semestre concernait l'électronique numérique (fonctions logiques et câblages) et la programmation VHDL de composants PAL/GAL/FPGA en TP (82.3h eq. TD). Ma charge d'enseignement était constituée de TD en automatismes (24h) et TP en automatismes et informatique industrielle (85.3h eq. TD).

Enfin, j'ai prêté main forte en tant que vacataire à l'équipe pédagogique de l'IUT de Saint-Malo pour une trentaine d'heures de TP d'informatique en 2009.

Parallèlement à ces différentes tâches d'enseignement et de recherche, je me suis investi dans la vie collective et administrative. Quelques vacations pour l'accueil d'étudiants étrangers, une formation technique, une brève description du statut de doctorant pour des étudiants en master ou encore la création de la branche étudiante IEEE Grand Lyon comptent parmi les concrétisations de cet investissement.

## Table des matières

<b>1</b>	<b>Curriculum Vitae</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Enseignements</b>	<b>7</b>
2.1	Vacations	7
2.1.1	Formation industrielle	7
2.1.2	Écoles d'été	7
2.1.3	Informatique	7
2.1.4	Bilan	8
2.2	Monitorat	8
2.2.1	Mathématiques	8
2.2.2	Informatique	8
2.2.3	Base de données	8
2.2.4	Bilan	9
2.3	ATER	9
2.3.1	Électronique numérique et synthèse logique	9
2.3.2	Programmation VHDL	9
2.3.3	Automatismes	10
2.3.4	Informatique industrielle	10
2.3.5	Bilan	10
2.4	Perspectives	10
<b>3</b>	<b>Recherches</b>	<b>12</b>
3.1	Doctorat	12
3.1.1	Mémento	12
3.1.2	Résumé	12
3.1.3	Filtrage RII variant pour la régularisation	12
3.1.4	Filtrage RII de maillages quadrangulaires	13
3.1.5	Perspectives	13
3.2	Post-doctorat	14
3.2.1	Mémento	14
3.2.2	En bref	14
3.2.3	Méthodes	14
3.2.4	Résultats	14
3.2.5	Publications envisagées	15
3.3	Méthodes de travail	15
3.4	Projets personnels de recherche	15
3.5	Projet de recherche spécifique au LAMA (LIMD)	17
<b>4</b>	<b>Publications</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Encadrement et expériences diverses</b>	<b>19</b>
5.1	Encadrements de Master	19
5.2	Séminaires et présentations	19
5.3	Développement Open-Source	19
5.4	Formations suivies (CIES et formations doctorales)	19

# 1 Curriculum Vitae

## État civil

---

Prénom	Jérôme
Nom	Velut
Date et lieu de naissance	26 mai 1979 à Besançon (Doubs)
Nationalité	française
1 enfant	

## Coordonnées

---

Adresse personnelle	10 avenue des romains 35170 BRUZ
Téléphone personnel	09 50 74 81 78
Téléphone portable	06 23 97 83 34
Téléphone professionnel	02 23 23 69 52
Adresses électroniques	jerome.velut@univ-rennes1.fr jerome.velut@gmail.com
Page professionnelle	<a href="http://jerome.velut.free.fr">http://jerome.velut.free.fr</a>

## CNU : Qualifié en sections 27 et 61 (session 2008)

## Recherches

---

Post-doc	Extraction des artères et veines coronaires
Lieu	LTSI, Unité INSERM U642, Rennes
Contexte	Projet européen FP7 euHeart
Début	Septembre 2008
Domaines abordés	imagerie cardiaque, IRM, CT, Moments géométriques, chemins minimaux, modèles déformables
<hr/>	
Doctorat	Segmentation par modèle déformable surfacique localement régularisé par spline lissante
Lieu	INSA-Lyon, laboratoire CREATIS-LRMN
Directeurs de thèse	Hugues Benoit-Cattin et Christophe Odet
Date d'obtention	10 décembre 2007
Domaines abordés	traitement du signal, traitement d'image (2D,3D), imagerie médicale, maillages surfaciques, géométrie et topologie

***Publications*** : voir page 18

## Enseignements

2008-2009	Vacataires	Informatique, Université Rennes 1, IUT R&T Saint-Malo	TP	20h <sup>1</sup>
2007-2008	ATER	Électronique numérique, automatismes et informatique industrielle, Université Claude Bernard Lyon1, IUT GEII.	TP	168h <sup>1</sup>
2007-2008	ATER	automatismes, Université Claude Bernard Lyon1, IUT GEII.	TD	24h <sup>1</sup>
2005-2006	Monitorat	Informatique, INSA Lyon premier cycle, section internationale.	TD	100h <sup>1</sup>
2004-2005	Monitorat	Mathématiques, INSA Lyon premier cycle, section internationale.	TD	100h <sup>1</sup>
étés 2004 et 2005	Vacations	Mathématiques, École d'été INSA Lyon, section internationale.	TD	64h <sup>1</sup>
juin 2004	Vacations	Formation technique VTK	-	2h

## Cursus universitaire

2004-2007	<b>Doctorat</b> en traitement de l' <b>image</b> et des signaux. École doctorale EEA, formation doctorale SIDS <sup>2</sup> , INSA Lyon. Validé par une thèse soutenue le 10/12/2007. Directeurs de thèse : Christophe Odet et Hugues Benoit-Cattin. Rapporteurs : Johan Montagnat et Jacques-Olivier Lachaud.
2003-2004	DEA Images & Systèmes, école doctorale EEA, INSA Lyon. Mention <b>bien</b> .
2000-2003	Maitrise Génie Mathématiques et Informatique, IUP GMI d'Avignon. Titre d' <b>ingénieur-maître</b> spécialité <b>Génie Logiciel</b> .
1999-2000	DEUG Mathématiques et Informatique Appliquées aux Sciences, faculté des sciences d'Avignon.
1997-1999	DUT Génie Électrique et Informatique Industrielle, IUT d'Annecy.
1997	Baccalauréat S option TI, mention assez bien, lycée Victor Bérard, Morez (Jura).

## Compétences informatiques

Programmation	C/C++, Java, Python, PHP, SQL, Assembleur, VHDL, Grafcet...
Développement logiciel	UML, POO, bibliothèques d'interface graphique (WX, Qt), multiplateforme
Logiciels de développement	Visual studio, KDevelop, Automgen, Matlab, Maple, VIM !
Logiciels d'infographie et traitement d'image	Blender, Photoshop/GIMP, ImageJ, bibliothèques VTK/ITK, ParaView (développement de plug-in)
Bureautique	Latex, OpenOffice, MS Office
Systèmes d'exploitation	Microsoft, Linux, débutant sur Mac

<sup>1</sup> les heures sont en équivalent TD

<sup>2</sup> SIDS : Sciences de l'Information, des Dispositifs et des Systèmes

## Activités annexes

---

Centres d'intérêt : Musique, sport, graphismes (BD, modélisation 3D), cuisine. Et plus précisément :

Musique	Guitare, trompette, clavier ; Enregistrement d'un album avec <i>Pirfû Système</i> (Skarock), composition de musiques pour animations ("Edna", Mathieu Rey, Sup'infocom ; "Giopi", publicité).
Sports	Sports de glisse (snowboard, ski, telemark, roller, planche à voile), randonnée (marche, raquettes), escalade.
Vie associative	Adhérent de l'AFRV.

## 2 Enseignements

Cette partie sera l'occasion de présenter les différentes activités d'enseignements auxquelles j'ai participé. Des vacances, un monitorat (mathématiques et informatique) et un poste d'ATER (automatismes et informatique industrielle) ont construit mon expérience d'enseignant.

### 2.1 Vacances

J'ai accepté dès mon arrivée au CREATIS-LRMN quelques tâches d'enseignement. Malgré un volume horaire léger, j'ai pu découvrir le domaine de la pédagogie. Ces expériences m'ont d'emblée conforté dans l'idée de poursuivre dans cette voie.

Aujourd'hui en post-doc, je me suis proposé comme vacataire afin de garder une activité d'enseignement.

#### 2.1.1 Formation industrielle

Lors de mon travail de DEA, j'ai utilisé la bibliothèque graphique VTK parmi mes outils de développements principaux. Il m'a donc été demandé de participer à une formation portant sur cette bibliothèque. Le public était une personne du milieu industriel (SANOFY à Montpellier) connaissant les compétences du CREATIS-LRMN dans le développement d'applications de traitements d'images.

Mon rôle était de proposer un tour d'horizon des capacités de VTK et de ses concepts dans un cours de deux heures.

#### 2.1.2 Écoles d'été

L'école d'été telle qu'elle est conçue à l'INSA Lyon est une période d'un mois d'enseignements à partir de la mi-août. Les étudiants présents sont destinés à intégrer, après cette courte formation, les rangs des différentes sections internationales. Il s'agit d'étudiants étrangers, profitant de mises à niveaux en français mais aussi dans les matières scientifiques fondamentales. J'ai participé en tant qu'enseignant ASINSA de mathématiques à cette école durant les étés 2004 et 2005. Le volume horaire était de 32 heures à raison de 2 heures par jour pendant 1 mois, 4 jours par semaine. La dizaine d'étudiants présents dans mon cours étaient majoritairement chinois et vietnamiens.

- *Objectifs pédagogiques scientifiques* : la formation scientifique dispensée aux étudiants étrangers nouvellement venus doit les amener au niveau baccalauréat série S.
- *Objectifs humains* : le rôle des enseignants en école d'été est de familiariser graduellement les nouveaux arrivants aux méthodes françaises, ceux-ci subissant une évidente perturbation culturelle et linguistique.

#### 2.1.3 Informatique

Souhaitant conserver une part d'enseignement malgré l'aspect purement recherche de ma situation post-doctorale, j'interviens cette année en TP de langage C à l'IUT de Saint-Malo, première année de Réseaux & Telecom. J'ai accepté cette charge en raison du volume d'horaire très modeste (30h TP) et du sujet, que je maîtrise suffisamment aujourd'hui. La préparation n'exige pas de prendre du temps sur la recherche, et c'est un plaisir d'effectuer ces quelques heures avec des étudiants, dans une nouvelle équipe pédagogique.

### 2.1.4 Bilan

Période	Statut	Discipline	Volume horaire
juin 2004	Formateur CREATIS	VTK - informatique graphique	2h
août-septembre 2004	Vacataire ASINSA	Mathématiques	32h
août-septembre 2005	Vacataire ASINSA	Mathématiques	32h
mars-avril 2009	Vacataire IUT R&T	Informatique	30h

## 2.2 Monitorat

Les allocataires de recherche peuvent postuler au monitorat. La charge d'enseignement, de 192 heures TD sur trois ans, permet de se concentrer sur la recherche tout en donnant une expérience significative de l'enseignement. Les moniteurs sont tutorés par un enseignant, et le CIES<sup>1</sup> propose un panel de formations parmi lesquelles j'ai choisi les thématiques en lien avec la pédagogie.

### 2.2.1 Mathématiques

La mission qui me fut confiée en septembre 2004 était la prise en charge de travaux dirigés de mathématiques pour les étudiants en deuxième année EURINSA. Il s'agissait de groupes de 20 à 25 étudiants originaires de pays européens.

Un ensemble de 80 heures de TD permet aux étudiants d'assimiler le cours magistral grâce à de nombreux exercices et la présence d'un enseignant. Ces 80 heures sont réparties sur toute l'année, avec 3 heures par semaine décomposées en séances de 2 heures et 1 heure.

N'étant pas mathématicien de formation, j'ai investi un temps important dans la préparation de ces TD tout en bénéficiant du soutien essentiel de ma tutrice Mme Hélène Fack.

### 2.2.2 Informatique

Toujours pour EURINSA, j'ai enseigné l'informatique à partir de la rentrée 2005. Des étudiants de première année suivaient 2 heures de cours d'informatique par semaine dans le cadre d'une formation généraliste. Ces 2 heures, considérées comme TD, comprenaient en fait une partie de cours et une partie de pratique. Au premier semestre, j'étais en charge d'un groupe de 25 étudiants. Puis un deuxième groupe m'a été confié au deuxième semestre.

Les thèmes abordés étaient variés. L'année a débuté par la bureautique pour ensuite utiliser le logiciel Maple en accord avec les enseignements de mathématiques. Nous sommes passés alors à l'algorithmie, aux bases de la programmation et aux bases de données. De plus, le logiciel LabView m'a permis d'aborder le concept d'objet avec ces étudiants qui l'étudieront plus précisément en deuxième année.

J'ai pu proposer quatre sujets d'examens, des sujets de TD/TP et impulsé le passage de Maple à JAVA en tant que langage de programmation pour l'algorithmie. Cette conversion est effective depuis la rentrée 2006.

### 2.2.3 Base de données

Certains étudiants bénéficient au cours de l'année d'un renforcement de leur volume horaire en mathématiques. Il se trouve que ces heures se font à la place de celles de TP/TD de base de données.

---

<sup>1</sup> Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur



J'ai pris en charge la dizaine d'étudiants dont l'enseignement de base de données faisait défaut. Fin juin 2006, j'ai repris ce cours pour eux, en 20 heures réparties sur une semaine. Nous sommes donc allés plus loin qu'à l'ordinaire et j'ai pu améliorer et approfondir mes exercices, illustrations et sujets d'évaluation.

#### 2.2.4 Bilan

Période	Statut	Discipline	Volume horaire (eq. TD)
2004-2005	Moniteur EURINSA	TD Mathématiques	100h
2005-2006	Moniteur EURINSA	Cours/TD Algorithmie	80h
juin 2006	Moniteur EURINSA	Cours/TD Base de données	20h

### 2.3 ATER

L'allocation ministérielle s'achevant en septembre 2007, je me suis porté candidat pour un poste d'ATER. C'est non seulement la suite logique d'un monitorat, mais c'est surtout une étape supplémentaire dans la connaissance du métier d'enseignant-chercheur puisque la charge horaire est équivalente à celle d'un maître de conférences.

J'ai ainsi été recruté en GEII, à l'IUT B qui est une composante de l'université Claude Bernard Lyon I. J'ai intégré le laboratoire AI (automatismes industriels) pour lequel j'intervenais en TP d'électronique numérique, d'automatismes et d'informatique industrielle et en TD d'automatismes.

#### 2.3.1 Électronique numérique et synthèse logique

Les étudiants en première année GEII recevaient une formation en algèbre booléenne. Les fonctions logiques de base (AND, OR, NOT) étaient étudiées en cours. Le rôle des TP dans lesquels j'intervenais était de les confronter aux problèmes matériels liés à la construction d'une fonction logique. Le niveau des TP était très progressif puisque certains étudiants n'ont jamais rencontré de portes logiques, alors que d'autres "parlent" couramment le binaire. En 10 séances, à raison de 2 heures par séances et 2 séances par semaine, ils devaient mettre en place, par câblage, des fonctions complexes en utilisant uniquement certaines fonctions de base (NOR, NAND) en allant jusqu'aux systèmes séquentiels synchrones et asynchrones.

Ces TP étaient encadrés par deux enseignants pour une vingtaine d'étudiants. L'accent fait mis dès le début de l'année sur l'autonomie, que l'on souhaite de leur part la plus grande possible. Les étudiants devaient tenir à jour un cahier de compte-rendus sur chaque séance. Selon la qualité du cahier, la pertinence des remarques et la complétion des compte-rendus, un bonus/ malus pouvant aller jusqu'à deux points était ajouté à la note de partiel de TP.

#### 2.3.2 Programmation VHDL

Les TP d'électronique numérique décrits précédemment montraient aux étudiants qu'un simple additionneur peut très vite prendre énormément de place si l'on en reste au câblage classique de circuits intégrés de base. Il s'agit d'une transition naturelle vers la programmation de composants type PAL/GAL/FPGA dans lesquels il est possible d'intégrer des câblages, et donc des fonctions, complexes. Les étudiants expérimentaient sur 8 séances de 2 heures la programmation de ces composants en langage VHDL. La suite logiciel utilisée (Max+II, liée au type du composant) intègre un module de simulation que nous utilisions comme étape nécessaire avant une programmation physique sur le composant.

Ces TP étaient dans la continuité de l'électronique numérique et synthèse logique, et toujours encadrés par deux enseignants pour une vingtaine d'étudiants. L'intérêt pédagogique que je dégage ici concerne plus précisément le langage VHDL. En effet, les étudiants en GEII apprennent l'algorithmie via le langage C dès le début de l'année. L'aspect purement séquentiel de la programmation en C ne se retrouve pas systématiquement en VHDL, où le but est de décrire une architecture matérielle comme le ferait un câblage. Il y a donc un mélange de programmations séquentielles et concurrentes qui n'est pas simple à apprécier.

### 2.3.3 Automatismes

Les étudiants en IUT GEII ont une formation de base solide sur les technologies industrielles, notamment avec des cours d'automatisme. J'ai eu à charge le TD (23 étudiants) du deuxième semestre de la matière ARS<sup>2</sup>. Cette première partie était axée sur la structure d'un automatisme industriel, les technologies mises en oeuvre (pneumatiques, électromagnétique...) et l'utilisation d'un Automate Programmable Industriel grâce aux graficets et gemmas.

L'objectif était que les étudiants soient capables de concevoir, via un schéma contact (câblage) ou un programme, la commande d'un système automatique. La mise en pratique de ces connaissances était effectuée en TP sur des automates TSX 37-21, le logiciel PL7-Pro et des platines de câblage comportant les éléments courants d'un automate (relais, contacteurs, protection thermique...). J'intervenais dans 4 groupes de TP d'une vingtaine d'étudiants chacun.

### 2.3.4 Informatique industrielle

Parallèlement, j'enseignais dans les mêmes 4 groupes de TP la gestion d'un microcontrôleur 80C552 et de ses mémoires. Les étudiants avaient un accès par liaison série aux registres du microcontrôleur et pouvaient ainsi programmer, en assembleur ou langage machine, des routines de traitement.

### 2.3.5 Bilan

Période	Statut	Discipline	Volume horaire (eq. TD)
Automne 2007	ATER GEII	TP Électronique numérique et synthèse logique	82.3h
2008	ATER GEII	TP Automatismes	42.6h
2008	ATER GEII	TD Automatismes	24h
2008	ATER GEII	TP Informatique industrielle	42.6h

## 2.4 Perspectives

Je m'efforce depuis le DEA de participer aux tâches d'enseignements, que je considère comme partie intégrante mon projet professionnel. Mon souhait dans ce domaine est d'acquérir les responsabilités habituelles dans un enseignement de discipline pratique. Je pense par exemple à l'informatique ou à l'imagerie numérique, matières pour lesquelles j'ai aujourd'hui les compétences nécessaires à la création d'un cours, des TD et de la plate-forme TP associée.

J'aimerais également approfondir l'aspect pédagogique du métier et créer une réflexion commune au sein de l'équipe enseignante. Ainsi, je regarde d'un oeil attentif les technologies TICE existantes. La maturité des outils actuels est suffisante pour une utilisation à taille réelle dans

<sup>2</sup>Automatismes, Réseaux, Supervision

les universités où les ENT fleurissent et apportent un nouveau mode de communication enseignants/étudiants/administration. Mon souhait est de porter des projets innovants dans ce contexte évolutif, en particulier en tirant parti des outils de gestion de projets de l'industrie et en les adaptant aux spécificités de l'enseignement.

D'autre part, et pour terminer ce volet "Enseignements", je compte m'investir dans les relations internationales, ceci afin d'inscrire l'établissement, ou de conforter sa position, dans la dynamique mondiale actuelle. Cette composante est aujourd'hui indispensable à un projet de formation.

## 3 Recherches

### 3.1 Doctorat

#### 3.1.1 Mémento

Titre	Segmentation par modèle déformable surfacique localement régularisé par spline lissante	
Date de soutenance	10 décembre 2007	
Lieu de soutenance	INSA-Lyon	
Jury	Pierre-Yves Coulon	Président du jury
	Jacques-Olivier Lachaud	Rapporteur
	Johan Montagnat	Rapporteur
	Olivier Coulon	Examineur
	Hugues Benoit-Cattin	Directeur de thèse
	Christophe Odet	Directeur de thèse

#### 3.1.2 Résumé

La segmentation d'image par modèles déformables est une méthode permettant de localiser les frontières d'un objet. Dans le cas d'images difficiles à segmenter en raison de la présence de bruit ou d'un manque d'information, l'introduction de connaissance a priori dans le modèle déformable améliore la segmentation. Ces cas difficiles sont fréquents dans l'imagerie du vivant, où les applications peuvent concerner le traitement d'une grande quantité de donnée. Il est alors nécessaire d'utiliser une méthode de traitement robuste et rapide.

Cette problématique nous a amené à proposer une régularisation locale du modèle déformable (conférence EUSIPCO'06 [2]). Pour ce faire, nous reprenons le concept du contour actif en proposant un nouveau schéma de régularisation. Cette dernière est désormais effectuée via un filtrage RII des déplacements à chaque itération. Le filtre est basé sur un noyau de spline lissante dont le but, à l'origine, était d'approcher un ensemble de points par une fonction continue plutôt que d'interpoler exactement ces points.

Nous mettons en avant, dans cette méthode de régularisation, la concision du paramètre de régularisation : il s'agit d'une valeur  $\lambda$ , réelle et positive, qui influe sur la fréquence de coupure du filtre passe-bas. Une relation analytique existant entre  $\lambda$  (JASP 2007 [1]), la fréquence de coupure et la fréquence d'échantillonnage, il est possible de donner un sens métrique à la fréquence de coupure. De plus, nous pouvons affecter une valeur  $\lambda$  différente en chaque point du contour par une variation des coefficients du filtre et ainsi permettre une régularisation locale du contour actif.

La généralisation de cette nouvelle méthode de régularisation pour des modèles déformables surfaciques est proposée. La difficulté principale concerne la connectivité du maillage, contrainte à une valence 4 partout par le filtrage bidimensionnel (conférence ICIP'06 [3]). Des résultats de segmentation sont donnés pour de tels maillages ainsi que pour des maillages sphériques où un traitement particulier des pôles est mis en oeuvre.

#### 3.1.3 Filtrage RII variant pour la régularisation

Les propriétés de continuité des B-Splines ont déjà été exploitées pour gérer l'élasticité d'un contour actif via son échantillonnage. Parallèlement, il existe une méthode de filtrage passe-bas du contour à chaque itération pour la régularisation. Ce filtre se nomme B-Spline lissant  $SB_\lambda$  : il minimise la courbure du contour en fonction d'un paramètre  $\lambda$  lié à sa fréquence de coupure.

Nos travaux [1] portent sur une intégration différente du filtrage  $SB_\lambda$  pour la régularisation. L'idée de base est de filtrer non plus le contour à chaque itération mais les forces externes. Cette

démarche, justifiée dans le document de thèse, permet :

1. d'éviter l'effet de rétrécissement constaté dans la littérature dans le cas d'une régularisation trop forte,
2. d'exploiter les propriétés d'un filtrage numérique IIR en terme d'implantation,
3. de ne pas restreindre  $\lambda$  dans un court intervalle, et en particulier d'imposer le contour initial comme une connaissance a priori pour un  $\lambda \rightarrow \infty$ ,
4. d'introduire une régularisation locale par une simple variation des coefficients du filtre.

### 3.1.4 Filtrage RII de maillages quadrangulaires

Les travaux sur les contours actifs ont ouvert des perspectives intéressantes. Le filtrage RII pour la régularisation est un moyen efficace d'accroître la robustesse du modèle déformable. Le traitement de volume nécessitant un modèle déformable surfacique, nous avons étudié la faisabilité d'un filtrage RII sur une surface. Se pose alors la question de la représentation de cette surface.

1. Soit la surface est un produit tensoriel de deux courbes : c'est une extension naturelle mais qui impose une topologie simple de la surface (plan, cylindre ou tore) à cause des points singuliers.
2. Soit la surface est un maillage discret, une triangulation ou son dual simplexe : toutes les surfaces sont représentables avec un maillage régulier de valence 3.

Dans notre cas, le filtre monodimensionnel  $SB_\lambda$  se généralise en filtre bidimensionnel pour des images. Une surface étant un objet bidimensionnel, il est possible d'étendre directement le filtrage d'une courbe à une surface, à condition qu'elle ait la même structure qu'une image. Cela se traduit par un maillage dont les sommets sont tous de valence 4.

Cette contrainte nous ramène à des objets de topologie simple. Même une sphère ne peut pas être maillée de cette façon, elle contiendra forcément des points singuliers. Nous avons proposé une méthode permettant de traiter ces points singuliers. De plus, nous tirons parti du filtrage variant vue en 2D pour adapter  $\lambda$  en chaque point, en fonction du pas d'échantillonnage. Ceci permet de s'affranchir de la non-uniformité d'un maillage, ce qui est fréquent surtout dans le cadre d'une déformation.

Nous avons ainsi proposé une méthode de filtrage RII de surfaces. L'algorithme de modèle déformable régularisé par spline lissante est alors généralisable pour toute surface de genre 0 ou fermée de genre 1.

### 3.1.5 Perspectives

Les résultats obtenus dans le cadre général des modèles déformables ouvrent différentes pistes. La première concerne la levée de la contrainte topologique pour utiliser comme modèle n'importe quel type de surfaces (genre, géométrie).

La deuxième piste pertinente est liée à l'amélioration des performances de ce modèle déformable : intégrer notre modèle déformable dans un contexte multirésolution apportera un gain important de performances, autant en terme de rapidité que de justesse de segmentation. Parallèlement, il paraît indispensable de proposer des méthodes automatiques de choix des  $\lambda$  locaux, afin de délester l'utilisateur de cette tâche et ainsi gagner en intuitivité.

La troisième piste est purement applicative : le modèle déformable développé dans ces travaux a été utilisé pour une étude pharmacologique quantitative sur des cobayes dans le cadre d'un suivi longitudinal par IRM [5]. D'autres applications médicales sont envisageables en fonction des besoins des médecins. La rapidité de traitement induit par le filtrage RII permet de penser à du suivi d'objet dans des séquences d'image en temps réel. La segmentation dynamique de volumes devient alors possible.

## 3.2 Post-doctorat

### 3.2.1 Mémento

Sujet	Extraction des artères et veines coronaires pour un modèle anatomique personnalisé du patient
Début	septembre 2008
Durée	2 ans
Lieu	LTSI - Unité INSERM U642 - Rennes
Contexte	Projet européen euHeart (FP7)
Équipe	ACTIVE (J.-L. Coatrieux, C. Toumoulin, M.Garreau)

### 3.2.2 En bref

Les maladies cardiovasculaires sont la première cause de décès dans les pays industrialisés. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet européen euHeart<sup>3</sup>. dix-sept partenaires d'horizons différents (Philips Research, INSERM, INRIA, King's College London, Hospital Clínico San Carlos de Madrid Insalud, ...) ont pour objectifs communs de :

- proposer un modèle numérique (anatomique, physiologique) du coeur,
- adapter ce modèle à chaque patient,
- l'utiliser dans le cadre de diagnostics avancés et d'interventions chirurgicales,
- rendre disponible ce modèle étendu via un langage de description adapté.

Mon travail consiste à extraire les coronaires d'images obtenues lors d'un examen clinique. Les artères sont l'objet de toute l'attention du radiologue pour le diagnostic d'une maladie coronarienne, alors que les veines sont utilisées comme voie d'accès des instruments lors de la pose de stimulateurs pour une thérapie par resynchronisation cardiaque.

Les caractéristiques anatomiques de ces structures vasculaires rendent l'extraction difficile, et la plupart des méthodes utilisées aujourd'hui nécessitent beaucoup d'interactions sans pour autant extraire la totalité de l'arbre. La modalité utilisée (CT ou IRM) apporte également son lot de spécificités qu'il faudra gérer de la manière la plus transparente possible pour le clinicien. Les ambitions affichées sont de minimiser ces interactions et de maximiser la longueur et le nombre de branches extraites. Un article portant sur l'analyse des artères coronaires en IRM, écrit en collaboration avec un radiologue a été soumis.

### 3.2.3 Méthodes

La bibliographie effectuée montre que le problème de l'extraction des coronaires est encore ouvert. Parmi les solutions proposées, on trouve les méthodes basées sur un suivi des branches. Il s'agit de déterminer localement une orientation et d'avancer dans ce sens. À chaque pas, un point est ajouté à la branche courante. L'orientation peut être calculée grâce aux moments géométriques.

Une autre méthode récente utilise le concept de chemin minimal et semble prometteuse. Plus anciens cette fois, les modèles déformables régis selon les lois de la vie artificielle peuvent également donner des résultats intéressants.

### 3.2.4 Résultats

Une grande partie de ce post-doctorat a finalement consisté à rendre accessible aux membres du projet les algorithmes développés au LTSI, afin de remplir la mission concernant l'application clinique. J'ai cependant proposé une intégration des algorithmes de suivi spatial dans un cadre

---

<sup>3</sup><http://www.euheart.eu>

d'hypothèses multiples afin d'éviter au clinicien un paramétrage fastidieux, ainsi qu'une régularisation type spline lissante des orientations successives. Les résultats, prometteurs sur les artères en IRM, seront présentés à la conférence ISBI [7]. Un papier plus détaillé est en cours d'écriture.

J'ai également participé activement à l'élaboration d'un algorithme basé sur la marche rapide (*fast marching*) pour l'extraction des veines en CT. Ces travaux sont conduits par M.-P. Garcia et ont également été accepté à ISBI [6].

### 3.2.5 Publications envisagées

- Journal - type JMRI - IRM et coronaires, en collaboration avec un radiologue.
- Journal - type TMI - Régularisation et hypothèses multiples pour l'extraction de vaisseaux par suivi spatial.
- SIGGRAPH - (Hors post-doc) Filtrage de surfaces, encore et toujours en attente.

## 3.3 Méthodes de travail

Nous évoluons dans un domaine où l'informatique, en tant qu'outil, est omniprésente. En accord avec ma formation, j'ai développé mes méthodes avec un souci de pérennité. Le laboratoire CREATIS-LRMN encourage ce type d'initiatives : plateforme de développement commune, encouragement à l'utilisation de librairies libres et multi-plateformes, formations fréquentes sur ces outils. J'ajouterais à cela un travail collaboratif proche des projets de l'ingénierie, où les réunions d'équipe (doctorants - directeurs de thèses - collaborateurs) occupent une place importante.

Le contexte dans lequel je me trouve actuellement est différent. Un projet européen de l'envergure de euHeart implique une bonne communication entre équipes. L'anglais y est bien sûr de rigueur, et les réunions téléphoniques sont fréquentes. Mes compétences en informatique me permettent d'être autonome pour le développement des algorithmes, qui devront être exploitable pour une bibliothèque sous licence libre. La plate-forme choisie par le consortium pour l'intégration d'outils est GIMIAS (CISTIB, Barcelone), mais les méthodes existantes au laboratoire n'avait pas pris en compte cette contrainte. C'est à moi de travailler dans ce sens avec, encore une fois, la volonté de pérenniser mes développements au sein du projet euHeart mais aussi du laboratoire. C'est pourquoi j'ai mis en place un serveur (Fedora) de gestion de source (GIT) qui permet, en interne, de développer efficacement de nouveaux algorithmes et de partager les connaissances. La production locale est alors externalisée sur le serveur SVN de GIMIAS, rendant accessible aux partenaires les dernières versions de nos travaux.

## 3.4 Projets personnels de recherche

Je souhaiterais engager des actions de recherches dans différents domaines plus ou moins liés à mon expérience professionnelle. La priorité sera évidemment mise sur les thèmes compatibles avec les activités de l'équipe d'accueil.

### Géométrie et Topologie des surfaces discrètes

La représentation des surfaces est toujours un domaine actif de recherche. Même si les triangulations sont massivement utilisées, ce n'est pas forcément la configuration optimale selon les applications (filtrage, MEF, déformations,...). Une activité autour de ce thème peut nous amener à étudier la géométrie différentielle, la topologie discrète, les méthodes d'interpolation et d'approximation d'un nuage de points, la théorie de Morse et les champ de vecteurs définis sur une variété...

Un travail avec des mathématiciens permettrait d'avancer sur le lien entre géométrie et topologie et ainsi contribuer à la recherche fondamentale. D'un autre côté, les constructeurs de GPU pourraient être des partenaires privilégiés dans le cadre de développement d'algorithmes ciblés et optimisés pour du traitement de surface. Finalement, toutes les équipes utilisant de près ou de loin une représentation discrète de surface pour leurs recherches seraient également candidates à une collaboration active (Rendu 3D, image de synthèse, CAO, architecture, réalité virtuelle et augmentée...).

### **Champs vectoriels pour le traitement d'images et de surfaces**

Parmi les domaines que j'ai pu appréhender ces dernières années, les champs vectoriels ont été plusieurs fois utilisés pour diverses raisons. Par exemple, les forces externes guidant la déformation du modèle déformable forment un champ vectoriel. Les méthodes de remaillages implantées sont également basées sur un champ vectoriel défini sur la surface. Il me semble pertinent d'approfondir ce domaine : non seulement il y a des liens indéniables avec le domaine de la topologie -ce qui rejoint le point précédent- mais en plus le champ des applications peut être vaste.

En effet, d'un point de vue purement géométrique, un champ de vecteur est un moyen efficace pour représenter une trajectoire dans une image. Mais les informations que peut porter un vecteur ne sont pas limitées à une direction dans l'espace de plongement (probabilité, vitesse, couleur...). L'analyse des singularités et des continuités d'un champ de vecteurs de caractéristiques serait un moyen prometteur d'extraction d'informations.

### **IHM, réalité augmentée et immersion**

Je situerais cette voie de recherche entre les thématiques fondamentales (géométrie, topologie et traitement d'image) et les applications concrètes (GMCAO<sup>4</sup>, pilotage de robot, sculpture virtuelle, simulation, visualisation de données complexes, reconnaissance et synthèse de la LSF...). Je souhaiterais engager des activités de recherche faisant coopérer traitement de séquences d'images, traitement de maillage, modélisation de scène et toute autre méthode d'extraction d'information de l'environnement réel, dans le but d'instaurer un dialogue riche entre humain et machine.

Les thèmes abordés seront en lien avec des problématiques de traitement de l'information en temps réel. L'information peut provenir, par exemple, de modèles géométriques construits à partir d'une acquisition de l'environnement réel (immersion, pilotage de robot) ou encore de données mécaniques ou physiologiques d'un objet simulé (interface haptique, réalité augmentée per-opératoire). Le sujet est largement ouvert et les collaborations envisageables nombreuses.

---

<sup>4</sup>Gestes Médicaux et Chirurgicaux Assistés par Ordinateur



### 3.5 Projet de recherche spécifique au LAMA (LIMD)

Le LAMA est un laboratoire de mathématiques dont les axes de recherches sont la géométrie et la topologie (équipe Géométrie), les équations aux dérivées partielles (équipe EDPs<sup>2</sup>) et les mathématiques discrètes (équipe LIMD). Ce dernier axe comporte depuis peu une thématique liée à la géométrie discrète, dont une des applications est l'analyse d'image. Ma candidature s'inscrit dans ce contexte, puisque je pourrai développer les premiers points de mon projet personnel en mettant rapidement à profit mes connaissances et en proposant des axes de recherches en collaboration avec les différentes équipes.

#### Intégration à court terme

Parmi les problématiques que j'ai étudiées, les modèles déformables sont au cœur de la géométrie discrète. J'ai également abordé les tenseurs de structure via l'utilisation de la matrice hessienne pour une application en rehaussement de contraste de structures tubulaires. Il me semble pertinent d'aller plus loin sur :

- la régularisation locale des modèles déformables.

Mes compétences en terme de régularisation sont focalisées sur la contrainte géométrique des déformations d'un maillage paramétrique. L'application à un modèle déformable défini par ensemble de niveaux n'est pas trivial, et la contrainte topologique -implicite pour un maillage discret- doit être explicitée. Des travaux de thèse récents adressent ce problème<sup>5</sup>.

- les informations obtenues grâce aux tenseurs de structures.

Les tenseurs de structures sont aujourd'hui très utilisés pour l'étude locale des variations dans une image. Le principal avantage par rapport à un gradient "directionnel" classique est l'apport d'une information de fiabilité d'une mesure le long des vecteurs propres. Cependant, le tenseur de structure est issu d'une dérivation, intrinsèquement influençable par le bruit. L'utilisation des moments d'inertie, calculés par intégration, pourrait améliorer les mesures de caractéristiques locales. J'encadre actuellement un master sur ce sujet.

#### Projet de recherches

De façon globale, un modèle déformable est un objet géométrique et topologique plongé dans un champ vectoriel, aussi appelé champ de déformation. Ce champ vectoriel doit amener chaque point/sommet vers un lieu d'équilibre.

Tout d'abord, l'optimisation des lieux d'équilibre sera l'occasion d'appréhender les notions de singularités dans le champ. L'équipe Géométrie offrant une expertise reconnue dans ce domaine, des travaux transversaux seront menés depuis une définition théorique rigoureuse jusqu'à leurs intégration dans des applications en informatique graphique.

Ensuite, les champs de déformation issus de calculs locaux peuvent introduire des incohérences en terme de déplacements. Par exemple, les tenseurs de structures permettent d'obtenir des vecteurs de direction selon la courbure locale. Cette direction changera brusquement aux points d'inflexion. Cette illustration permet de poser le cadre dans lequel la notion de feuilletage pourra être approfondie.

Enfin, les outils de géométrie discrète et topologie discrète associés à l'analyse différentielle développés au LAMA forment un terrain de prédilection pour l'étude des plongements des  $n$ -variétés. La géométrie discrète différentielle est un domaine actif<sup>6</sup> et la théorie de Morse est à même d'apporter des solutions pour l'analyse des singularités.

---

<sup>5</sup>F. Chantalat, université de Bordeaux, 2009.

<sup>6</sup>Discrete Differential Geometry, Oberwolfach Seminars, Vol. 38, 2008

## 4 Publications

### Journaux internationaux

- [1] J. Velut, H. Benoit-Cattin, and C. Odet. Locally regularized smoothing b-snake. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2007 :Article ID 76241, 12 pages, 2007.

### Conférences internationales avec comité de lecture

- [2] J. Velut, H. Benoit-Cattin, and C. Odet. Locally regularized snakes through smoothing b-spline filtering. In *EUSIPCO*, Sept. 2006.
- [3] J. Velut, H. Benoit-Cattin, and C. Odet. Segmentation by smoothing b-spline active surface. In *ICIP*, pages 209–212, Oct. 2006.
- [4] J. Velut, H. Benoit-Cattin, and C. Odet. IIR filtering of surface meshes for the regularization of deformable models. In *ICIP*, 2008.
- [5] X. Du, J. Velut, R. Bolbos, O. Boeuf, H. Benoit-Cattin, and C. Odet. 3-D knee cartilage segmentation using a smoothing b-spline active surface. In *ICIP*, 2008.
- [6] M.-P. Garcia, C. Toumoulin, P. Haigron, J. Velut, M. Garreau, D. Boulmier, Coronary veins tracking from MSCT using a minimum cost approach. In *ISBI*, 2010, p. In press.
- [7] J. Velut, C. Toumoulin, J.-L. Coatrieux, 3D coronary structure tracking algorithm with regularization and multiple hypotheses in MRI. In *ISBI*, 2010, p. In press.

## 5 Encadrement et expériences diverses

### 5.1 Encadrements de Master

- Artem Zezioulinski (2004-05) a étudié la régularisation locale d'un contour actif en prenant en compte des informations images et temporelles. Encadrement à 50%.
- Romain Allard (2006-07) a étudié certaines méthodes de traitement des maillages pour la définition locale des valeurs du paramètre de régularisation, en particulier l'analyse spectrale des surfaces. Encadrement à 50%.
- Rémi Flamary (2007-08) a travaillé sur les représentations M-Reps de surfaces. Elles offrent un moyen de construire facilement un maillage quadrangulaire. La régularisation par spline lissante sera donc naturellement implantée sur de telles surfaces. Encadrement à 50%.
- Clément Philipot (2010) débute son stage de master sur la comparaison entre les moments d'inertie et la matrice hessienne.

### 5.2 Séminaires et présentations

Mon arrivée au CREATIS-LRMN s'est faite sous la forme du stage de maîtrise GMI<sup>7</sup> au sein de l'équipe informatique. Le but étant de développer des outils haut-niveaux d'interfaces pour le traitement d'image, ce stage s'est clos sur un séminaire présentant ces travaux.

La période de thèse a également été émaillée de présentations sur l'avancement des travaux, devant les membres de l'équipe Volumique et devant le personnel du laboratoire. Les travaux présentés en conférences ont fait l'objet de présentations orales et de poster. Le post-doctorat, dans le contexte d'un projet européen, a été également l'occasion de nombreux échanges internationaux.

### 5.3 Développement Open-Source

J'ai initié quelques projets périphériques à mes activités de recherches. Ces projets sont pour la plupart des extensions de VTK/ParaView. Le code est accessible sur le site de "codage social" github (<http://github.com/jeromevelut>).

Chiron est un plugin pour ParaView facilitant l'accès à certaines interactions, comme la navigation dans les coupes d'un volume le tracé de contour ou encore le placement de points d'intérêt. Peavip permet simplement d'étendre le nombre de filtres accessible dans ParaView à partir des algorithmes existants dans VTK. vtkKinship propose de nouveaux algorithmes pour VTK.

TateTen3D est un projet à part. Il s'agit d'un travail amont sur les méthodes de reconstruction de surfaces à partir d'images. Les premiers tests concernent la projection de franges et les algorithmes de décalage de phase. Des simulations avec Blender sont proposées.

### 5.4 Formations suivies (CIES et formations doctorales)

- Initiation à la zététique : comment enseigner l'esprit critique ?
- Formation de formateurs et dynamique de groupe
- Lecture rapide et efficace
- Optimisation d'un système : introduction aux méthodes inspirées de la nature
- Modélisation et simulation de systèmes d'imageries par rayons X
- Imageries anatomiques et fonctionnelles : cours et démonstration sur machines
- Instrumentation pour l'Imagerie par Résonance Magnétique
- Introduction à la réhabilitation prothétique de la surdité

---

<sup>7</sup>Génie Mathématiques et Informatique, effectuée à l'IUP d'Avignon de 2001 à 2003