

Valérie Moreau-Villéger

Doctorante
MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES & IMAGERIE MÉDICALE

OBJECTIF

Enseignement des mathématiques, mathématiques appliquées. Recherche dans le domaine des mathématiques appliquées, de la modélisation et de l'imagerie médicale.

ETAT CIVIL

Nom et Prénom : **MOREAU-VILLEGGER Valérie**
Date et Lieu de naissance : **7 décembre 1977 à Roanne (42)**
Nationalité : **Française**
Situation de famille : **Mariée sans enfant**
Adresse personnelle : **Appartement D42 - 39 rue Trachel
06000 NICE**
Adresse professionnelle : **INRIA - projet EPIDAURE
2004, route des Lucioles - BP93
06902 Sophia Antipolis CEDEX**
Téléphone : **04.92.38.76.62**
E-mail : **vmoreau@sophia.inria.fr**
Page Web : **<http://www-sop.inria.fr/epidaure/personnel/Valerie.Moreau/>**

FORMATION ET DIPLÔMES

2001-2004 : Doctorante à l'INRIA Sophia Antipolis.
1997-2001 : Elève de l'Ecole Normale Supérieure de Cachan. Département de mathématiques.
2001 : Magistère de Mathématiques et Informatique, ENS de Cachan / Université Paris 7. Mention très honorable
2000-2001 : Année de recherche au CEREMADE, Paris 9 sous la direction de Laurent Cohen.
2000 : Agrégation de mathématiques. Option Calcul Scientifique. Avec le rang 40ème.
1999 : DEA Mathématiques, Vision et Apprentissage. Mention Bien. ENS de Cachan.
Maîtrise de Mathématiques de l'université Paris 7. Mention Bien.
(Algèbre, Topologie Algébrique, EDP et distributions, Théorie spectrale, Probabilités)
1998 : Licence de Mathématiques. Université Paris 7 / ENS de Cachan. Mention Assez Bien.

EXPÉRIENCES

2001-2004 : Monitrice de l'enseignement supérieure. IUT de Nice côte d'Azur, département Informatique
1999 : Stage de D.E.A. sous la direction de Laurent Cohen au CEREMADE, Paris 9.
Suivi de la paroi cardiaque dans des échographies par Doppler Tissulaire.
1998 : Mémoire de première année (ENS Cachan) sur la théorie des nœuds encadré par T. Rivière.

AUTRES COMPÉTENCES

- Informatique : Langages : C/C++, HTML, \LaTeX
 Logiciels : MAPLE, MATLAB, SCILAB
 Développement de logiciels au sein de l'équipe EPIDAURE
 Systèmes d'exploitation : Windows, Linux, Unix.
- Langues : Anglais courant (910/1000 au TOEIC 1998)
 Allemand scolaire
-

FORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

- Formation sur les techniques de communication scientifique en anglais à l'oral et à l'écrit.
 - Colloquium Jacques Morgenstern, organisé par l'INRIA une fois par mois dans divers domaines scientifiques.
 - Participation en avril 2004 à l'école CEA/EDF/INRIA sur la modélisation électromécanique du cœur à l'INRIA Rocquencourt.
 - Formations du Centre d'Initiation à l'Enseignement Supérieur (CIES) : 10 jours par an.
 - Expression orale et dynamique de groupe.
 - Enseignement à distance.
 - Conférences de M. Bastien sur les processus d'apprentissage et l'organisation des connaissances.
 - Conférences de M. Levy-Leblond sur la philosophie des sciences
 - ...
-

CENTRES D'INTÉRÊT

- La photographie depuis toujours. Prise de vue et surtout laboratoire. Je suis responsable du labo photo de l'INRIA Sophia-Antipolis.
 - L'Ecosse, la randonnée, la nature, l'observation des oiseaux, la lecture, ...
-

ACTIVITÉS DE RECHERCHE

Contexte général

Je suis actuellement en troisième année de thèse sous la direction de Nicholas Ayache et d'Hervé Delingette, dans l'équipe EPIDAURE de l'INRIA Sophia Antipolis. Je bénéficie d'une allocation de recherche couplée à un monitorat.

Cette thèse s'est déroulée en partie dans le cadre de l'action de recherche collaborative INRIA : ICEMA/ICEMA-2 (<http://www-rocq.inria.fr/sosso/icema2/icema2.html>). Cette action visait à rassembler des compétences de type modélisation, analyse numérique, simulation, imagerie médicale présentes dans différentes équipes de l'INRIA **pour proposer un modèle électromécanique du cœur**. Cette modélisation a en premier lieu pour objectif la simulation (simulation de pathologies cardiaques, d'interventions médicales), mais aussi l'extraction des paramètres quantitatifs de l'activité cardiaque à partir de données. Une des approches proposées est d'estimer les paramètres du modèle électromécanique à partir de données spécifiques d'un patient.

Mon activité de recherche se décompose en deux grands pôles complémentaires. Je me suis d'abord intéressée à l'analyse d'images échographiques cardiaques. La première partie de ce travail a été codirigée par Laurent Cohen (CEREMADE, Paris 9). Le deuxième pôle de mon travail concerne l'analyse de données cardiaques (mesures électriques ou imagerie médicale) en utilisant des modèles proactifs.

Fin de thèse attendue : février 2005

1. L'analyse d'images échocardiographiques

L'échographie cardiaque est une modalité d'imagerie cardiaque non invasive, très répandue en milieu hospitalier et

peu coûteuse. C'est donc une méthode privilégiée pour étudier la fonction cardiaque. Mais c'est aussi une modalité où le bruit de l'image est très important. Ce bruit, caractéristique des images par ultrasons, est un bruit non gaussien, non isotrope. Il rend donc l'interprétation des échocardiographies difficile, elle nécessite une grande expertise du cardiologue. Automatiser le traitement des images a dès lors deux intérêts majeurs, d'une part fournir au cardiologue un certain nombre d'informations qualitatives ou quantitatives pour guider son diagnostic, et d'autre part pouvoir extraire d'une série importante d'images un certain nombre de paramètres quantitatifs pour des études cliniques et évaluer les implications de différents traitements. De nombreuses méthodes mathématiques de traitement d'images ont donc été développées pour l'étude d'images échographiques, comme l'extraction de contour et l'estimation de la déformation de la paroi cardiaque.

Depuis quelques années s'est développée une nouvelle modalité d'échocardiographie cardiaque, l'imagerie par Doppler tissulaire (DTI). Cette modalité fournit en plus de l'image d'échographie 2D classique une information quantitative sur la vitesse des tissus dans la direction de la sonde échographique. Dans le cadre clinique, elle permet d'apprécier les propriétés contractiles du cœur dans l'évaluation de l'état du patient, le choix de la thérapie à entreprendre et le suivi pendant le traitement. Mes travaux ont alors consisté à intégrer cette nouvelle information à des techniques classiques pour étudier la déformation du muscle cardiaque. Ma démarche a pour objectif de pouvoir fournir une évaluation quantitative précise des paramètres de la fonction cardiaque à partir d'images acquises de manière peu invasive. Pour cela, je me suis placée dans le cadre de méthodes variationnelles fondées sur la minimisation d'énergies.

Les images auxquelles j'ai d'abord appliqué ces techniques sont des images dites TM qui résultent du suivi au cours du temps d'un segment 1D dans l'épaisseur du muscle cardiaque. J'ai proposé un suivi simultané de plusieurs points de la paroi qui prend en compte l'information de l'image classique, l'information de Doppler tissulaire mais aussi la proximité de ces points pour proposer un suivi cohérent de l'ensemble de la paroi. J'ai utilisé le cadre des grilles déformables et j'ai proposé une énergie à minimiser prenant en compte les différents aspects présentés ci-dessus. J'ai aussi choisi une méthode de minimisation adaptée au problème. Les résultats permettent par exemple de mesurer la contraction de la paroi cardiaque pendant un cycle et ont été comparés à des tracés manuels d'experts.

Je me suis par la suite intéressée à des séquences d'images DTI 2D. Le but était toujours de donner une estimation quantitative de la déformation du myocarde. J'ai cette fois recherché un champ dense de déformation du muscle cardiaque. Dans ce cas, l'information de vitesse donnée par le Doppler tissulaire est seulement une information partielle : la valeur de vitesse fournie est la composante de la vitesse dans la direction de la sonde alors que la vitesse est un vecteur 2D. Le terme issu de l'image classique a donc une importance cruciale dans ce cas. Je me suis basée sur des travaux sur le flot optique pour proposer une nouvelle énergie à minimiser qui prend aussi en compte le Doppler tissulaire. J'ai validé cette méthode ainsi que l'apport du Doppler tissulaire grâce à des exemples synthétiques.

Ces travaux ont donné lieu à deux publications dans des conférences internationales [1,2].

Lorsque je me suis intéressée à l'analyse des déformations obtenues, je me suis heurtée aux limitations des méthodes de traitements d'image sans information a priori. De nombreuses approches d'analyse d'image se basent désormais sur l'utilisation de modèles comme les maillages déformables pour l'extraction de paramètres physiologiques. J'ai donc participé aux travaux de l'équipe EPIDAURE sur la modélisation électromécanique du cœur. Les travaux de Maxime Sermesant sur l'utilisation du modèle pour l'analyse d'image donnaient déjà des résultats intéressants. J'ai donc abordé le problème sous un angle différent, je travaille sur l'estimation des paramètres du modèle à partir de "données terrain".

2. L'estimation de paramètres pour un modèle électromécanique du cœur

Le principe est de faire coopérer le modèle électromécanique et les données du patient pour construire un modèle dont les paramètres sont adaptés au patient. Le modèle électromécanique que je cherche à ajuster est le modèle proposé dans le cadre de l'action ICEMA. Il se décompose en trois parties. Il faut en premier lieu un modèle anatomique des ventricules qui comprend la géométrie, l'anatomie et la direction des fibres musculaires. La deuxième brique est un modèle de l'activité électrique. Le modèle choisi est un modèle de réaction-diffusion du type FitzHugh-Nagumo. Ce modèle est très simple ; il a un nombre raisonnable de paramètres à ajuster et permet de commander le modèle mécanique. Le modèle mécanique utilisé est une simplification du modèle de Bestel-Clément-Sorine.

Dans un premier temps, je m'intéresse à l'ajustement du modèle électrique. Le moyen clinique usuel d'étudier l'activité électrique du cœur est l'électrocardiogramme. Cette modalité ne permet pas de connaître le potentiel électrique en un point précis du cœur, elle n'est donc pas assez riche pour estimer les nombreux paramètres du modèle. Grâce à une collaboration avec le National Institute of Health, je dispose de données très riches sur l'activité électrique du cœur. Par des moyens plus invasifs, il est possible d'accéder au potentiel électrique sur la surface d'un cœur de chien. Je me suis basée sur ce type de données pour estimer les paramètres du modèle brièvement présenté ci-dessus.

Je cherche donc à construire un système d'assimilation de données autour de ce modèle et de ces mesures. Cette méthodologie est très fréquente dans des domaines d'application tels que la météorologie, l'océanographie et les mathématiques financières mais est encore très peu utilisée en biomécanique et en particulier dans le cas du modèle électrique du cœur. Deux grandes classes de méthodes existent : les méthodes variationnelles et les méthodes séquentielles organisées autour du filtre de Kalman. Mais deux obstacles m'empêchent d'utiliser ces méthodes. D'une part le potentiel

modélisé (potentiel d'action) et le potentiel mesuré (potentiel extracellulaire) sont de natures différentes et ne sont pas reliés par une relation analytique simple. Pour résoudre ce problème, je ne mets pas en correspondance les potentiels mais les temps d'activation. Ces temps se déduisent des deux potentiels par un traitement du signal très simple. De plus, cette différence implique que je mette en correspondance deux temps. Dans les méthodes classiques d'assimilation de données, le temps joue un rôle différent des autres variables. Il est donc impossible d'utiliser un simple filtrage de Kalman ou une autre méthode existante.

J'ai donc proposé une méthode adaptée à cette problématique. Elle se décompose en deux phases. La première phase est un ajustement automatique global des paramètres en utilisant les propriétés mathématiques du modèle. La deuxième partie consiste en un ajustement local des paramètres. En m'appuyant sur les avantages des méthodes variationnelles et des méthodes séquentielles, j'ai développé une nouvelle méthode qui prend en compte les particularités de ce problème. J'ai validé cette approche sur des données synthétiques. J'ai aussi appliqué cette méthode avec succès à des données réelles. Ce travail a donné lieu à plusieurs communications orales et à la publication d'un rapport de recherche [3].

Perspectives de recherche

Cette méthode prometteuse d'estimation des paramètres pour un modèle de l'activité électrique du cœur doit encore être totalement automatisée. Le modèle utilisé pour l'instant pour l'estimation des paramètres est un modèle simplifié. La méthode doit être appliquée au modèle complet et il est nécessaire de confronter le modèle complet 3D avec les données électriques. Enfin, l'objectif est l'aide au diagnostic de pathologies électriques. Afin de valider la méthode sur des données réelles, la prochaine étape est d'appliquer la méthode à des séries d'images où les pathologies sont identifiées par des experts. Je souhaite aussi comparer cette méthode avec les méthodes existantes (filtre de Kalman et méthode variationnelle). Une comparaison théorique permettra d'établir le rôle précis des différents paramètres de la méthode proposée. Enfin, une fois la méthode éprouvée, il sera envisageable de l'étendre à des modèles plus fins qui prennent en compte des pathologies plus complexes.

PUBLICATIONS

CONFÉRENCES INTERNATIONALES AVEC COMITÉ DE LECTURE ET ACTES.

- [1] V. Moreau, L. Cohen et D. Pellerin. Deformation Field Estimation for the Cardiac Wall using Doppler Tissue Imaging. *In Functional Imaging and Modeling of the Heart (FIMH'01)*, number 2230 in Lecture Notes in Computer Science(LNCS), Springer, 2001.
- [2] V. Moreau, L. Cohen et D. Pellerin. Estimation and Analysis of the Deformation of the Cardiac Wall using Doppler Tissue Imaging. *In International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2002)*, Québec, 2002.

RAPPORT DE RECHERCHE.

- [3] Valérie Moreau-Villéger, Hervé Delingette, Maxime Sermesant, Owen Faris et Elliot McVeigh. Estimation de paramètres globaux et locaux pour un modèle de l'activité électrique du cœur. Rapport de Recherche INRIA. Mai 2004. A paraître.

RAPPORTS ET MÉMOIRES.

- [4] Stage de DEA. Suivi de la paroi cardiaque dans des échographies par Doppler Tissulaire sous la direction de Laurent Cohen au CEREMADE (Paris Dauphine), 1999.
 - [5] Introduction à la théorie des nœuds. Mémoire de première année à l'ENS de Cachan sous la direction de Tristan Rivière, 1998.
-

PRÉSENTATIONS ORALES

Lors de ma thèse j'ai eu l'occasion de présenter mon travail lors d'un exposé oral durant la conférence internationale FIMH 2001 et à l'occasion d'un poster à la conférence ICPR 2002. J'ai aussi présenté oralement mon travail à chacune des réunions de l'action ICEMA-2 devant les différents membres de cette action, deux fois par an. De manière moins formelle, j'ai aussi soumis mon travail à la discussion et à la critique des doctorants et permanents de l'équipe au cours de plusieurs "petites réunions", séminaires internes à l'équipe.

J'ai également présenté mon travail au cours de deux séminaires :

Jun 2003 Séminaire au laboratoire Creatis. INSA de Lyon.

Avril 2004 Organisation d'un séminaire croisé sur le thème de la modélisation de muscles striés avec les projets DEMAR et EPIDAURE de l'INRIA.

ACTIVITÉS D'ENSEIGNEMENT

En tant que moniteur de l'enseignement supérieur, j'ai enseigné de l'analyse et des probabilités (64 h par an) à des étudiants de première et deuxième année du département d'informatique de l'IUT de Nice-Côte d'Azur dans le cadre suivant :

| | | |
|-----------|--|--------------------------------|
| 2001-2002 | Analyse mathématique. Etudiants de 1ère année. 2 groupes de 25-30. | <i>Responsable : G. Aubert</i> |
| | Base de mathématiques. Etudiants de 1ère année. 1 groupe de 15. | <i>Responsable : L. Donati</i> |
| 2002-2003 | Analyse mathématique. Etudiants de 1ère année. 2 groupes de 25-30. | <i>Responsable : G. Aubert</i> |
| | Probabilités. Etudiants de 2ème année. 1 groupe de 20. | <i>Responsable : L. Donati</i> |
| 2003-2004 | Analyse mathématique. Etudiants de 1ère année. 2 groupes de 25-30. | <i>Responsable : G. Aubert</i> |
| | Probabilités. Etudiants de 2ème année. 1 groupe de 20. | <i>Responsable : L. Donati</i> |

Au cours de ces trois années, je me suis adressée au même public, des étudiants d'IUT en formation initiale. Cependant, je me suis adressée à des groupes hétérogènes aussi bien par leur formation que par leurs objectifs (poursuite d'études). Dans ce cadre j'ai appris à concevoir des clés et des images variées sur les thèmes étudiés pour stimuler les différents publics. J'ai eu l'occasion d'enseigner des sujets différents : l'analyse (des suites aux intégrales en passant par les développements limités) et les probabilités. Le défi qui consistait à introduire les premiers concepts formels de l'analyse à des étudiants s'intéressant à un domaine différent, l'informatique, a été une expérience très enrichissante. Enseigner les probabilités en deuxième année m'a permis de m'adresser à un public plus motivé. En outre, à travers les probabilités j'ai pu facilement raccrocher le cours de mathématiques, très abstrait pour les étudiants, à des problématiques concrètes. Enfin, le suivi sur le contenu de l'enseignement, aussi bien pour l'analyse que pour les probabilités, m'a permis d'améliorer mon approche et de progresser d'une année sur l'autre en établissant une méthodologie.
