

Travaux de recherche et activités d'enseignement.

Passé, présent et à venir.

Yves Coudière

Laboratoire de Mathématiques Jean Leray (LMJL)

Université de Nantes

2, rue de la Houssinière – BP 92208

44322 Nantes Cedex

France

Yves.Coudiere@math.univ-nantes.fr

www.math.sciences.univ-nantes.fr/~coudiere

Tél : 02 51 12 59 18

Table des matières

1	Introduction	1
2	Activités de recherche	2
2.1	Projet MOMME – Conférence MMCE09	2
2.2	Méthodes de volumes finis pour les problèmes de diffusion, raffinement de maillage	3
2.3	Méthodes de volumes finis pour des systèmes hyperboliques linéaires	3
2.4	Systèmes d'équations de réaction diffusion en électrocardiologie	3
2.5	Modélisation et calcul scientifique en biologie et en médecine	4
2.6	Développement et diffusion de codes de calcul	4
2.7	Collaborations	5
2.8	Séjours à l'étranger	5
2.9	Encadrement	6
2.10	Financements	6
2.11	Diffusion de l'information scientifique	6
2.12	Charges collectives et administratives (recherche et enseignement)	7
3	Activités d'enseignement	7
4	Publications	8

1 Introduction

Mes travaux de recherche portent sur des problèmes de modélisation, d'analyse mathématique de systèmes d'EDP, de construction et d'analyse numérique de méthodes d'approximation par volumes finis et de simulation numérique 3D. Actuellement, ils sont en particulier motivés par deux applications biomédicales,

- modèles et méthodes mathématiques en électrocardiologie avec la thèse de C. Pierre (2002-2005), le projet ANR MOMME que je coordonne, l'organisation d'une conférence internationale (MMCE'09), trois postdoctorants (un passé, un courant et un à venir), des collaborations nationales et internationales en mathématiques (Université d'Ottawa, IMATI-CNR à Pavie, Université de Pau), en biologie (INSERM Nantes) et en imagerie médicale (INRIA – ASCLEPIOS) ;
- biologie tissulaire osseuse : une thèse qui débute en 2009 et une collaboration en bioingénierie (INSERM Nantes).

Mon activité de développement et analyse de schémas volumes finis est développée au sein de ces projets et aussi directement avec :

- un projet de thèse (financement CNRS-Région, coencadrement avec C. Berthon) ;
- la participation à un projet dans le cadre du GNR MOMAS en collaboration avec F. Hubert (Université de Provence) ;
- une collaboration avec G. Manzini (CNR-IMATI, Pavia), qui est invité 3 mois à partir de septembre 2010 au laboratoire de mathématiques Jean Leray grâce à un poste CNRS.

Mes séjours à l'étranger ainsi que les invitations de chercheurs, l'organisation d'une conférence en électrocardiologie témoignent de mon engagement national et international dans la recherche en mathématiques appliquées. J'ai eu l'occasion d'encadrer plusieurs étudiants aux niveaux doctoral et postdoctoral et je participe activement aux enseignements de mathématiques de licence et de master de l'Université de Nantes. En plus de la coordination du projet ANR MOMME, je participe aux activités du GDR MABEM (CNRS), du GNR MOMAS (programme CNRS PACEN), de l'action CS3D (INRIA). Mon travail inclut une partie importante de développement méthodologique en calcul scientifique et développement de codes de calcul, par exemple dans le projet ANR MOMME.

Enfin mes collaborations avec des chercheurs de l'INSERM (F. Charpentier, G. Lousouarn, P. Layrolle) et de l'INRIA (M. Sermesant) démontrent mon fort investissement vers les applications des mathématiques.

2 Activités de recherche

2.1 Projet MOMME – Conférence MMCE09

Je suis l'initiateur et le coordinateur du projet MOMME (Méthodes et MOdélisation Mathématique en Électrocardiologie) financé par l'ANR (JCJC-07) pour 4 ans avec en particulier 2 post-doctorants.

Le projet vise à améliorer notre compréhension du fonctionnement électrique du cœur et de la formation de l'électrocardiogramme grâce à la modélisation mathématique et aux méthodes numériques. On y rencontre des problèmes variés autour d'équations de Hamilton-Jacobi, d'équations intégrales, de systèmes d'équations de réaction-diffusion ; et des méthodes numériques comme les schémas volumes finis, mais aussi l'algorithme du *fast sweeping* et les méthodes multipôles rapides.

Ce projet me permet d'avoir une interaction visible avec des chercheurs en bioingénierie et imagerie médicale (je suis collaborateur sur l'ANR-09-GENO-003-01 programme GENOPAT 2009, [13]), et de mener des recherches générales en mathématiques appliquées, sur les méthodes de volumes finis par exemple, ayant un lien avec une problématique concrète d'actualité.

Le premier postdoctorant de ce projet est A. Azzouzi. Il a participé au CEMRACS 2009 avec un projet de couplage 1D/3D d'EDP. Le second postdoctorant commencera en 2010 un travail utilisant des méthodes multipôles pour un modèle intermédiaire basé sur des équations intégrales.

A l'issue des 18 premiers mois de fonctionnement de ce projet, nous avons organisé une conférence à Nantes en juin 2009 : notre laboratoire a pu accueillir la plupart des chercheurs du champ des mathématiques, à l'échelle internationale, qui concentrent leurs recherches sur les problématiques du projet MOMME. Le site de la conférence est

www.math.sciences.univ-nantes.fr/MMCE09.

2.2 Méthodes de volumes finis pour les problèmes de diffusion, raffinement de maillage

Depuis le début de ma thèse, j'étudie l'approximation par des méthodes de volumes finis de problèmes de convection-diffusion, avec éventuellement de l'adaptation de maillage. Je m'intéresse à la difficulté qui consiste à approcher l'opérateur de diffusion par une méthode de volumes finis ayant une inconnue par maille telles qu'elles sont conçus pour les applications à la mécanique de fluides. Le traitement correct de ce terme est crucial et particulièrement délicat pour un terme de diffusion anisotrope ou hétérogène. Ce problème a des applications en CFD avec du raffinement de maillage automatique (AMR), transport en milieux poreux (anisotropie, hétérogénéités, maillages irréguliers) et pour la simulation en électrocardiologie (anisotropie, maillages distordus obtenus à partir de segmentations d'images médicales).

J'ai développé une nouvelle approche du calcul des flux de diffusion, appelée « méthode diamant ». L'analyse numérique de cette méthode a fait l'objet des publications [9, 8, 6] où plusieurs estimations d'erreurs sont prouvées, en particulier sur des maillages raffinés de type AMR.

Pendant mon stage postdoctoral à l'INRIA, j'ai travaillé avec A. Dervieux sur la comparaison entre les raffinements de maillage anisotrope et isotrope. Nous prouvons dans [5] que le raffinement anisotrope est indispensable pour retrouver la vitesse de convergence originale des schémas sur des solutions discontinues.

En électrocardiologie, j'ai co-encadré le thèse de C. Pierre avec F. Jauberteau. Dans ce cadre, j'ai développé une nouvelle méthode volumes finis en 3D de type DDFV¹, pour l'approximation de la diffusion hétérogène et anisotrope [21, 2]. Avec F. Hubert nous proposons une variante de cette méthode 3D avec des calculs d'estimations d'erreur [19, 10] pour les opérateurs de diffusion non linéaires (opérateurs de Leray-Lions, p-Laplacien).

Enfin, nous avons démontrons avec G. Manzini (CNR-IMATI, Pavie, Italie) que la méthode DDFV permet de construire de très bons schémas d'ordre 2 pour le problème de convection-diffusion [1]. C'est à la suite de ces travaux qu'avec C. Berthon, nous proposons une thèse sur l'utilisation de ces techniques pour la construction de schémas d'ordre élevé pour les problèmes hyperboliques. Par ailleurs, j'ai obtenu du CNRS un poste de chercheur pour 3 mois pour faire venir G. Manzini en 2010 (séjour prévu de septembre à novembre).

2.3 Méthodes de volumes finis pour des systèmes hyperboliques linéaires

J'ai contribué à analyse d'un schéma volumes finis pour les systèmes hyperboliques linéaires symétriques en domaine borné et en particulier à la discrétisation dissipative et explicite en temps des conditions aux limites [7]. On démontre un résultat de stabilité et de convergence avec une estimation d'erreur optimale ($O(h^{1/2})$) sur des maillages de tailles h).

2.4 Systèmes d'équations de réaction diffusion en électrocardiologie

Je m'intéresse à ce problème depuis mon séjour postdoctoral à l'INRIA (J.-A. Désidéri, 2001, actions ICEMA et ICEMA-2). Je continue cette activité grâce au projet MOMME financé par l'ANR.

Mon travail personnel dans ce domaine concerne l'étude théorique et numérique des équations *monodomaine* et *bidomaine* pour la simulation du comportement électrique du coeur (électrocardiologie). Nous avons prouvé avec C. Pierre des résultats de stabilité et de convergence pour une méthode de volumes finis dans [4, 25, 21], et utilisé ces résultats dans des outils pratiques [17, 27, 28, 23] de calcul avec M. Sermesant.

¹Discrete Duality Finite Volume

Nous avons donné une preuve d'existence et d'unicité de solutions globales pour le système des équations bidomaine et pour des modèles de cellules assez généraux [3], avec Y. Bourgault. C'est un résultat important d'analyse qui ouvre de nouvelles pistes pour la compréhension et l'approximation des solutions des équations de l'électrocardiologie. Par exemple nous travaillons à comparer des opérateurs monodomaine et bidomaine grâce à ce résultat [11].

2.5 Modélisation et calcul scientifique en biologie et en médecine

Le calcul en 3D de solutions d'un modèle complet d'électrocardiologie est un problème de calcul scientifique délicat : c'est un système de réaction-diffusion avec des échelles de temps très variées et des fronts raides. Il nécessite des maillage très fins, des petits pas de temps, et la résolution d'un grand système linéaire creux très mal conditionné à chaque pas de temps (même en explicite).

Je propose deux stratégies pour aborder ce problème : trouver des modèles intermédiaires si possible, et utiliser des techniques modernes de calcul scientifique :

- modèles de propagation de front à base d'équation eikonale, et solveurs numériques rapides (*fast sweeping*, *fast marching* avec M. Sermesant [15, 14]) ;
- simplification du modèle basé sur des équations intégrales, et méthodes multipôles (postdoctorant pour 2010-2011) ;
- préconditionnement et recherche de bons solveurs pour la résolution du système linéaire « bidomaine » (postdoctorants de C. Olah et A. Azzouzi) ;
- méthodes en temps plus stables pour les termes de réaction (stage de N. Papucci), type Runge-Kutta (stabilisé ou SDIRK par exemple).

En modélisation, l'interaction avec F. Charpentier et G. Loussouarn² est primordiale. Nous tentons de mieux comprendre d'une part l'intégration tissulaires de défaut cellulaires (article en cours de rédaction) et d'autre part le couplage entre des tissus de nature électro-physiologique différente.

Depuis début 2009, A. Azzouzi (ATER puis post-doctorant) a développé dans ce cadre un modèle couplé 1D/3D pour représenter l'interaction d'un réseau de fibres musculaires 1D (fibres de Purkinje) avec le myocarde ventriculaire qui est représenté par un milieu continu 3D (travaux du CEMRACS 2009, [12]). Désormais, il implémente et il compare des préconditionneurs pour les méthodes itératives de résolution du système de l'électrocardiologie.

Sur un sujet différent, A. Uzureau débute son doctorat sous ma direction (co-directeur M. Saad, ECN, 30%) sur un problème d'ingénierie tissulaire osseuse. Nous travaillons avec P. Layrolle³ à comprendre, à modéliser et à simuler la croissance et la différenciation cellulaire osseuse dans un bioréacteur en interaction avec un écoulement fluide.

2.6 Développement et diffusion de codes de calcul

Avec M. Sermesant, nous avons programmé la résolution des équations monodomaine de l'électrocardiologie dans le code Υ_{av++} de l'INRIA [17]. Celui-ci s'est inséré dans une plateforme d'imagerie cardiaque appelée Cardioviz et développée dans le cadre de l'action CS3D⁴. Ce code a été partiellement validé par comparaison avec la littérature et l'expé-

²Institut du Thorax, Nantes, INSERM U915 ; projet ANR-09-GENO-003-01

³INSERM U791, Nantes.

⁴dont je suis collaborateur.

rience dans [27, 16] et utilisé pour valider des résultats de biologie théorique (apparition d'ondes spirales) avec M. Pop⁵ [22, 24, 23].

Le code qui a été développé pendant la thèse de C. Pierre généralise le précédent grâce à la méthode DDFV 3D, pour la résolution des équations bidomaine. Il a été déposé en 2005 sur le site ciel.ccsd.cnrs.fr.

Dans le cadre de MOMME nous développons une plateforme logicielle pour tester nos stratégies de modélisation et de simulation en l'électrocardiologie. Le développement co-opératif est assuré par l'utilisation du service `svn` du CNRS (svn.math.cnrs.fr/MOMME/),

2.7 Collaborations

- *G. Loussouarn et F. Charpentier* (INSERM U915) : intégration tissulaires de mutations cellulaires liées à des pathologies en électrophysiologie. *Article en cours de rédaction.*
- *P. Layrolle* (INSERM U791) et *M. Saad* (ECN) : modélisation de la croissance et la différenciation tissulaire osseuse : thèse de A. Uzureau depuis octobre 2009.
- *G. Manzini* (IMATI-CNR, Italie). G. Manzini a été invité 1 mois par l'université de Nantes en juin 2007. Nous travaillons sur l'utilisation des méthodes DDFV pour la convection-diffusion [1]. G. Manzini viendra 3 mois en France sur un poste de chercheur associé du CNRS en 2010.
- *Y. Bourgault* (Pr. Université d'Ottawa, Canada) : formulation du système des équations bidomaine [3] et monodomaine, et leurs comparaison [11]. Nombreuses invitations réciproques.
- *F. Hubert* (LATP, Univ. Provence) : méthode DDFV en 3D, diffusion anisotrope, hétérogène et non linéaire (GNR MOMAS (CNRS)), voir [19] et [10].
- *M. Sermesant* (INRIA) : utilisation des modèles mathématiques d'électrocardiologie pour l'imagerie médicale ou la pratique clinique [16, 27, 28, 18, 17, 15]. Collaboration aussi avec *M. Pop* (*Department of Medical Biophysics of the University of Toronto, Health Science Center, SunnyBrooks & Womens hospital*) en biologie, voir [22, 23, 24].
- J'ai travaillé auparavant avec *A. Dervieux* (INRIA) [5] sur l'adaptation de maillage anisotrope et avec *T. Gallouët and R. Herbin* [6], *J.-P. Vila* et *P. Villedieu* [7, 8, 9] sur l'analyse numérique des schémas volumes finis.

2.8 Séjours à l'étranger

Mes séjours (invités) à l'étranger sont listés dans le CV court joint.

Les invitations du Pr. Y. Bourgault du département de mathématiques et de statistique de l'Université d'Ottawa font parti d'un ensemble d'invitations croisées : le Pr. Y. Bourgault est invité au laboratoire de mathématiques Jean Leray avec la même fréquence (financement sur postes de professeur invité de l'UN ou bien sur projet, ANR – MOMME, Région Pays de la Loire – MatPyl).

Pour le séjour de 4 semaines à Pavie, organisé par G. Manzini au CNR-IMATI, j'ai bénéficié d'un poste de *professeur invité* dans le cadre du programme scientifique *GNCS-INdAM* et fait une série de 3 exposés sur mes travaux.

⁵Dep. of Medical Biophysics of the University of Toronto.

2.9 Encadrement

La liste des étudiants que j'ai encadrés et que j'encadre au niveau doctoral ou postdoctoral est présentée aussi dans le CV joint. D'autres ont participé à mes travaux.

- J. Oniboni en 2001, stagiaire ingénieur de l'INSA Toulouse.
- C. Pierre, doctorat en 2005, postdoctorant du CRM (Montréal, Canada), maintenant IR CNRS à l'Université de Pau et de Pays de l'Adour.
- C. Olah-Coros, postdoctorante CNRS en 2006 à initié le travail sur la résolution du système linéaire bidomaine.
- A. Azzouzi, postdoctorant ANR en 2009-2010 continue ce travail après avoir implémenté un modèle couplé 1D/3D d'électrocardiologie ;
- N. Papucci, stagiaire ECN et MOX (Polytecnico di Milano, Italie, 2009), résolution des EDO de l'électrophysiologie.
- A. Uzureau a débuté en octobre 2009 une thèse de doctorat sur un problème d'ingénierie tissulaire osseuse.
- Une nouvelle thèse débutera en septembre 2010 sur l'utilisation des schémas DDFV pour construire des schémas d'ordre élevé en hyperbolique.

2.10 Financements

En dehors du projet ANR MOMME que je coordonne, j'ai obtenu des financements variés permettant de mener mes recherches avec des étudiants et mes collaborateurs : bourses de thèse (MESR, CNRS-Région), Crédits CNRS (postdoctorat et achat d'un ordinateur), programme MOMAS, GDR MABEM, poste de chercheur associé pour 3 mois (G. Manzini), postes de professeur invités de l'Université de Nantes (pour G. Manzini et Y. Bourgault).

2.11 Diffusion de l'information scientifique

- Publications scientifiques : voir liste de publications.
- Séminaires en France et à l'étranger, conférences invités, écoles (11 exposés, hors séminaires français depuis 2008).
- Journées grand public : fête de la science, journées portes ouvertes de l'Université de Nantes, accueil de lycéens.

Mes présentations orales les plus récentes ou prévues en dehors des séminaires français sont :

École CEA-EDF-INRIA, Rocquenourt, 18 novembre 2009 : *Computing Cardiac Action Potential Propagation with Physiological Cell Models* ;

Bidomain Workshop, Graz, 29 octobre 2009 : *Computing Cardiac Action Potential Propagation with Physiological Cell Models* ;

CEMRACS 09, 29 juillet 2009 : *Mathematical Models and Methods in Electrocardiology* ;

Semaine "Avancées récentes en calcul scientifique", CIRM, février 2009 : *Mathematical Models and Methods in Electrocardiology* ;

Journée du GDR Momas, 14 novembre 2008 : *Quelques schémas DDFV en 3D* ;

Institut du Thorax, UMR 915 Inserm et Université de Nantes, 7 novembre 2008 : *Modèles et méthodes mathématiques en électrocardiologie* ;

Journées du GDR CNRS Mabem à l'Université de Nice, 15 octobre 2008 : *Numerical Simulations in Electrocardiology* ;

Université d'Ottawa, 17 septembre 2008 : *Numerical Simulations in Electrocardiology* ;

IMATI-CNR, Pavia, 10 juillet 2008 : *A 3D DDFV finite volume method for heterogeneous and anisotropic diffusion equations. Application to Electrocardiology* ;

Università di Milano, 9 juillet 2008 : *Numerical Simulations in Electrocardiology* ;

M.O.X., Politecnico di Milano, 7 juillet 2008 : *Mathematical Models and Methods in Electrocardiology* ;

Ecoles CEA-EDF-INRIA, avril 2004 : *Finite Volume Approximation of the FitzHugh-Nagumo Equations* ;

2.12 Charges collectives et administratives (recherche et enseignement)

- Travail de lecture pour *JCP, Num. Meth. PDE, Num. Math, M2AN, IJFV, SIAM Numerical Analysis, Int. J. for Num. Meth. in Eng.*
- conseil scientifique de l'UFR Sciences et Techniques (depuis 2006)
- conseil du laboratoire (2004-2008).
- commission de spécialistes 25/26 de l'Université de Nantes (2004-2009).
- conseil du département (2004-2008), commission de préparation des maquettes de licences.
- Représentant des mathématiques au comité de pilotage du Centre Informatique d'Enseignement de l'université (depuis 2002, gestion du parc informatique de l'UFR).

3 Activités d'enseignement

- J'interviens à tous les niveaux : en M1 et M2 de mathématiques mais aussi régulièrement en L1-L2-L3 et en école d'ingénieur (ECN). Voir une courte liste des enseignements de Master sur mon CV. Les cours de L2 et L3 sont accompagnés de TP en Matlab. Ceux de M2 Pro sont accompagnés de TD et de projets de TP en Fortran 95.
- J'ai participé à la commission de mise en place des maquettes de Licence de mathématiques de l'Université de Nantes.
- J'interviens dans le comité de gestion du centre informatique d'enseignement (mutualisation des ressources informatiques pour les étudiants).
- J'interviens cette année dans un cours de formation continue pour ingénieurs organisé à l'école Polytechnique : « vérification de simulations numériques en mécanique des milieux continus ».

4 Publications

Articles

- [1] Y. Coudière and M. Manzini. The discrete duality finite volume method for convection-diffusion problems. *SIAM J. Numer. Anal.*, 47(6) :4163–4192, 2010.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00319254/fr>.
- [2] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. A 2D/3D discrete duality finite volume scheme. Application to ECG simulation. *International Journal on Finite Volumes*, 6(1), 2009.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00328251/fr>.
- [3] Y. Bourgault, Y. Coudière, and C. Pierre. Existence and uniqueness of the solution for the bidomain model used in cardiac electrophysiology. *Nonlinear Anal. Real World Appl.*, 10(1) :458–482, 2009. DOI :doi :10.1016/j.nonrwa.2007.10.007.
- [4] Y. Coudière and C. Pierre. Stability and convergence of a finite volume method for two systems of reaction-diffusion equations in electro-cardiology. *Nonlinear Anal. Real World Appl.*, 7(4) :916–935, 2006.
- [5] A. Dervieux, D. Leservoisier, P.-L. George, and Y. Coudière. About theoretical and practical impact of mesh adaptation on approximation of functions and PDE solutions. *Internat. J. Numer. Methods Fluids*, 43(5) :507–516, 2003.
- [6] Y. Coudière, T. Gallouët, and R. Herbin. Discrete Sobolev inequalities and L^p error estimates for finite volume solutions of convection diffusion equations. *Math. Model. Numer. Anal.*, 35(4) :767–778, 2001.
- [7] Y. Coudière, J.-P. Vila, and P. Villedieu. Convergence d'un schéma volumes finis explicite en temps pour les systèmes hyperboliques linéaires symétriques en domaines bornés (convergence of a finite volume time-explicit scheme for symmetric linear hyperbolic systems on bounded domains). *C.R. Acad. Sci., Paris, Sér. I, Math.*, 331 :95–100, 2000.
- [8] Y. Coudière and P. Villedieu. Convergence of a finite volume scheme for the linear convection-diffusion equation on locally refined meshes. *Math. Model. Numer. Anal.*, 34(6) :1109–1295, 2000.
- [9] Y. Coudière, J.-P. Vila, and P. Villedieu. Convergence rate of a finite volume scheme for a two dimensional diffusion convection problem. *Math. Model. Numer. Anal.*, 33(3) :493–516, 1999.

Articles Soumis

- [10] Y. Coudière and F. Hubert. The discrete duality finite volume method for convection-diffusion problems. *Submitted.*, 2010.

Articles en préparation

Ceux dont la soumission est imminente.

- [11] Y. Bourgault and Y. Coudière and M. Rioux. Optimal monodomain approximations of the bidomain equations. *In preparation*, 2009.
- [12] A. Azzouzi, Y. Coudière, R. Turpault, and N. Zemzemi. A mathematical model of PMJ used to investigate pacing site optimization. *In preparation*, 2010.
- [13] G. Laurent, S. Saal, M.Y. Amarouch, L. Faivre, G. Bertaux, S. Falcon-Eicher, O. Barthez, C. Thauvin-Robinet, P. Charron, P. Richard, V. Probst, E. Baron, I. Bar, J. Barc, J.J. Schott, J. Merot, R. Turpault, Y. Coudiere, G. Lousouarn, F. Kyndt, and J.E. Wolf. SCN5A mutation associated with a novel cardiac arrhythmia involving the left fascicular-purkinje system associated with dilated cardiomyopathy. *In preparation*, 2010.

Articles de conférences dans le domaine de l'imagerie médicale

Cette section particulière regroupe les articles rédigés en collaboration avec des chercheurs en biologie/médecine et informatique appliquée à l'imagerie médicale. Ces articles ont été retenus dans des *conférences internationales très selectives* et sont parus dans des recueils très bien diffusés, de la série *Lecture notes in Computer Sciences*.

- [14] Sermesant M., Konukoglu E., Delingette H., Coudière Y., Chinchapatnam P., Rhode K.S., Razavi R., and Ayache N. An anisotropic multi-front fast marching method for real-time simulation of cardiac electrophysiology. *Functional imaging and modeling of the heart. 4th international conference*, number 4466 in Lect. Notes Comput. Sci.. Springer, 2007.
- [15] M. Sermesant, Y. Coudiere, V. Moreau-Villeger, K.S. Rhode, D.L. Hill, and R.S. Razavi. A fast-marching approach to cardiac electrophysiology simulation for xmr interventional imaging. *Medical image computing and computer-assisted intervention - MICCAI 2005. 8th international conference*, number 3750 in Lect. Notes Comput. Sci. Springer, 2005.
- [16] M. Sermesant, O. Faris, F. Evans, E. McVeigh, Y. Coudière, H. Delingette, and N. Ayache. Preliminary validation using in vivo measures of a macroscopic electrical model of the heart. In *International Symposium on Surgery Simulation and Soft Tissue Modeling - IS4TM'03*, Lect. Notes Comput. Sci., pages 230–243. Springer, 2003.
- [17] M. Sermesant, Y. Coudière, H. Delingette, N. Ayache, and J.A. Désidéri. An electro-mechanical model of the heart for cardiac image analysis. In W. J. Niessen and M. A. Viergever, editors, *Medical image computing and computer-assisted intervention - MICCAI 2001. 4th international conference*, number 2208 in Lect. Notes Comput. Sci., pages 224–231. Springer, 2001.
- [18] N. Ayache, D. Chapelle, F. Clément, Y. Coudière, H. Delingette, J.A. Désidéri, M. Sermesant, M. Sorine, and José M. Urquiza. Towards model-based estimation of the cardiac electro-mechanical activity from ecg signals and ultrasound images. In T. Katila, I.E. Magnin, P. Clarysse, J. Montagnat, and J. Nenonen, editors, *Functional imaging and modeling of the heart. 1st international workshop*, number 2230 in Lect. Notes Comput. Sci., pages 120–127. Springer, 2001.

Conférences internationales

Cette section regroupe l'ensemble de mes contributions retenues dans des conférences internationales et publiées à ce titre, dans le domaine des mathématiques appliquées mais

aussi dans quelques conférences d'imagerie et bio-ingénierie ([22, 27, 28]), et médicale ([23, 24]).

- [19] Y. Coudière and F. Hubert. A 3D discrete duality finite volume method for nonlinear elliptic equations. In *Algotmy, Conference on Scientific Computing*, Slovakia, 2009. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00356879/fr>.
- [20] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. A 2D/3D finite volume method used to solve the bidomain equations of electrocardiology. In *Algotmy, Conference on Scientific Computing*, Slovakia, 2009. <http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00357267/fr>.
- [21] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. A DDFV scheme for anisotropic and heterogeneous elliptic equations, application to a bio-mathematics problem : electrocardiogram simulation. 5th Conference on Finite volumes for complex applications, Problems and perspectives, 2008.
- [22] M. Pop, M. Sermesant, Y. Coudière, J. Graham, M. Bronskill, A. Dick, and G. Wright. A theoretical model of ventricular reentry and its radiofrequency ablation therapy. In *2006 IEEE International Symposium on biomedical Imaging*, 2006.
- [23] M. Pop, M. Sermesant, A. Dick, Graham J.J., Y. Coudière, and G.A. Wright. Aid of computer modelling to identify ventricular re-entries due to infarct scars. In *15th World Congress in Cardiac Electrophysiology and Cardiac Techniques*, volume 8. Europace, 2006. Supplement 1.
- [24] M. Pop, M. Sermesant, Graham J.J., A. Dick, Y. Coudière, and G.A. Wright. Assessment of radiofrequency ablation of ventricular arrhythmias via magnetic resonance imaging and computer modelling. In *15th World Congress in Cardiac Electrophysiology and Cardiac Techniques*, volume 8. Europace, 2006. Supplement 1.
- [25] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. A finite volume method for the coupled heart-torso bidomain model in electrocardiology. In *Computational Fluid and Solid Mechanics*, 3rd MIT conference, 2005.
- [26] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. Stability and convergence of a finite volume method for a reaction-diffusion system of equations in electro-cardiology. In *Finite volumes for complex applications IV. Problems and perspectives. Papers from the 4th international conference*, pages 163–172, Hermès, 2005.
- [27] M. Sermesant, Y. Coudière, H. Delingette, and N. Ayache. Progress towards an electromechanical model of the heart for cardiac image analysis. In *IEEE International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI'02)*, 2002.
- [28] M. Sermesant, Y. Coudière, H. Delingette, N. Ayache, J. Sainte-Marie, D. Chapelle, F. Clément, and M. Sorine. Progress towards model-based estimation of the cardiac electromechanical activity from ecg signals and 4d images. *ESAIM, Proc.*, 12 :153–161, 2002.
- [29] Y. Coudière, J.P. Vila, and P. Villedieu. Convergence of the finite volumes method for friedrichs' systems on bounded domains. In *on nonlinear partial differential equations*, Besançon (France), 1999. International Conference in memory of S.N. Kruskov.
- [30] Y. Coudière and P. Villedieu. Cell centered finite volume schemes for convection-diffusion problems. In *Abstracts of the Invited Lectures at the Seventh International Colloquium on Numerical Analysis*, pages 233–240, Plovdiv, Bulgaria, August 1998.

- [31] Y. Coudière and P. Villedieu. Convergence rate of the finite volume time-explicit upwind scheme for the maxwell system on a bounded domain. In F. Benkhaldoum and R. Vilsmeier, editors, *Finite volumes for complex applications II. Problems and perspectives. Papers from the 2nd international conference*, pages 125–132. Hermès, 1999.
- [32] Y. Coudière, J.P. Vila, and P. Villedieu. Convergence of a finite volume scheme for a diffusion convection problem. In F. Benkhaldoum and R. Vilsmeier, editors, *Finite Volumes for Complex Applications*, pages 161–168. Hermès, 1996.

Autres

- [33] Y. Coudière. *Contributions à l'analyse numérique de méthodes de volumes finis, à la modélisation et au calcul en électrocardiologie*. HDR, Université de Nantes, 2 juillet 2009.
<http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00421901/fr/>.
- [34] Y. Coudière, C. Pierre, and R. Turpault. Solving the fully coupled heart and torso problems of electrocardiology with a 3D discrete duality finite volume method. 2006.
<http://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00016825>.
- [35] Y. Coudière, B. Palmerio, A. Dervieux, and D. Leservoisier. Accuracy barriers in mesh adaptation. Technical report, INRIA Sophia Antipolis - SMASH, 2002.
<http://hal.inria.fr/inria-00072060/fr>.
- [36] Oniboni J. Modélisation et simulation numérique de l'influx cardiaque (modeling and numerical simulation of electric wave propagation in heart). Technical report, INRIA, 2001.
- [37] Y. Coudière. *Analyse de schémas volumes finis sur maillages non structurés pour des problèmes linéaires hyperboliques et elliptiques*. PhD thesis, Université Paul Sabatier, 12 janvier 1999.
- [38] Y. Coudière and R. Turpault. *MATAPLI*, chapter Modèles et Méthodes Mathématiques en Électrocardiologie. SMAI, 2008.