

# Problèmes inverses en électrophysiologie cardiaque par observateurs de fronts

Annabelle COLLIN, Inria Saclay Île-de-France

Dominique CHAPELLE, Inria Saclay Île-de-France

Philippe MOIREAU, Inria Saclay Île-de-France

De nombreuses pathologies cardio-vasculaires sont dues à des troubles électrophysiologiques qui perturbent le rythme cardiaque. Pour modéliser le signal électrique se propageant dans le cœur, on utilise classiquement le modèle bidomaine [1], un système d'équations de réaction diffusion couplé à un modèle ionique cellulaire modélisé par une ou plusieurs équations différentielles. Ce modèle complexe doit alors être adapté à chaque état physiologique afin de produire des simulations prédictives d'un patient donné. Dans cette optique, on peut s'appuyer naturellement sur les nombreuses données médicales disponibles, en particulier les cartes d'activation électrique d'un patient, [4]. Dans ce travail, nous proposons d'assimiler ces données médicales à l'aide d'un observateur [5], fondé sur le modèle bidomaine et corrigeant sa dynamique en fonction des écarts aux mesures observées.

Les cartes d'activation sont des données de type ensembles de niveaux. Or des *level sets* similaires apparaissent naturellement en traitement d'images, notamment dans la détection d'objets (*i.e.* la segmentation) où l'on résout une équation dite eikonale caractérisant l'évolution du contour de l'objet poursuivant celui qui est observé [3]. Or par une analyse asymptotique exploitant la "raideur" du front, le modèle bidomaine peut être lui-même relié à une équation eikonale [2]. Nous définissons donc notre observateur du modèle bidomaine de telle sorte qu'asymptotiquement il corresponde à un observateur de l'équation eikonale résultante, s'inspirant alors des propriétés de suivi de contours obtenues en traitement d'images. Cet observateur est justifié mathématiquement et nous proposons des discrétisations adaptées s'appuyant sur des stratégies à pas fractionnaires. Nous montrons qu'il peut aussi se coupler naturellement avec un observateur paramétrique afin d'identifier par exemple la vitesse du front électrique à partir des cartes d'activation. Les résultats sur données synthétiques réalistes démontrent le potentiel de cette approche et nous rapprochent de la personnalisation de modèles d'électrophysiologie adaptés à des patients.

## Références

- [1] PULLAN A.J., BUIST M.L. AND CHENG L.K., *Mathematically modelling the electrical activity of the heart*, World Scientific, 2005.
- [2] KEENER J.P. , *An eikonal-curvature equation for action potential propagation in myocardium*, Journal of mathematical biology, 29, 629–651, 1991.
- [3] ZHAO H.K., CHAN T., MERRIMAN B. AND OSHER S., *A Variational Level Set Approach to Multiphase Motion* Journal of Computational Physics, 127(1), 179–195, 1996.
- [4] RAMANATHAN C., GHANEM R. N., JIA P., RYU K. AND RUDY, Y., *Noninvasive electrocardiographic imaging for cardiac electrophysiology and arrhythmia*, Nature medicine, 10(4), 422–428, 2004.
- [5] LUENBERGER, D.G. *An introduction to observers*, IEEE Transactions on Automatic Control, 16, 596–602, 1971.