

Simulation numérique de l'activité électrique du cœur

Muriel BOULAKIA, Projet REO, INRIA Rocquencourt

Miguel FERNÁNDEZ, Projet REO, INRIA Rocquencourt

Jean-Frédéric GERBEAU, Projet REO, INRIA Rocquencourt

Le cœur a pour fonction de faire circuler le sang dans l'organisme, fonction qui est assurée par la contraction du muscle cardiaque. Cette contraction est engendrée par une onde électrique qui se propage dans le tissu cardiaque. La propagation électrique est initiée dans les cellules du nœud sinusal situé dans l'oreillette droite et le signal se propage ensuite de proche en proche par des jonctions qui relient les cellules entre elles. Lorsque le cœur présente des troubles de conduction électrique, cela entraîne des désynchronisations de l'activité mécanique qui perturbent l'efficacité de l'éjection du sang. Une solution très répandue est de réguler artificiellement la propagation de l'onde électrique dans le cœur en la provoquant à l'aide de sondes ou pacemakers. D'un point de vue médical, des questions se posent encore : Y a-t-il des points de stimulation plus efficaces que d'autres ? Quand faut-il stimuler ? Une question capitale est aussi de déterminer les critères permettant d'identifier une pathologie. Toutes ces questions font l'objet de recherches médicales actives fondées sur des analyses expérimentales. L'objectif des simulations numériques entreprises est de compléter les observations médicales et de constituer une aide au diagnostic.

Un premier travail qui nous intéresse consiste à simuler ce que le médecin mesure et utilise pour son diagnostic. Une des mesures les plus communément utilisées est l'électrocardiogramme qui rend compte de l'activité électrique cardiaque. Cet examen consiste à mesurer le potentiel électrique généré par la source électrique, c'est-à-dire le cœur, à la surface du thorax.

Nous travaillons actuellement ([1]) à simuler numériquement un électrocardiogramme. Cela nécessite en particulier de coupler l'activité électrique du cœur et celle du thorax. Le modèle que nous considérons pour représenter la propagation de l'onde électrique dans le cœur est le modèle bidomaine. Il est établi à partir de bilans électriques effectués au niveau d'une cellule cardiaque. Un procédé d'homogénéisation permet ensuite d'obtenir un modèle continu au niveau macroscopique. Le thorax est considéré comme un conducteur passif et des conditions à l'interface cœur-thorax introduisent un couplage entre le problème sur le cœur et le problème sur le thorax.

La résolution numérique passe par une méthode de décomposition de domaine avec un algorithme Dirichlet-Neumann. Nous avons obtenu des premiers résultats avec un modèle ionique simplifié représenté par une équation de réaction-diffusion (modèle de FitzHigh-Nagumo) et cherchons maintenant à obtenir des résultats plus réalistes. Pour cela, d'une part, nous considérons des modèles ioniques plus complexes et, d'autre part, nous tenons compte de certaines données physiologiques : anisotropie dans le thorax (différence de conductivité entre les poumons, les côtes...) et dans le cœur où les cellules cardiaques sont organisées en fibres.

Références

- [1] M. BOULAKIA, M. FERNÁNDEZ, J.F. GERBEAU, *Simulation of the cardiac electrical activity*, en préparation.

Muriel BOULAKIA – muriel.boulakia@inria.fr

INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau BP 105, 78153 Le Chesnay CEDEX

Miguel FERNÁNDEZ – miguel.fernandez@inria.fr

INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau BP 105, 78153 Le Chesnay CEDEX

Jean-Frédéric GERBEAU – jean-frederic.gerbeau@inria.fr

INRIA Rocquencourt, Domaine de Voluceau BP 105, 78153 Le Chesnay CEDEX