HAL
open science

Simulation numérique de l'activité électrique dans l'oreillette gauche et les veines pulmonaires

Simon Labarthe, Yves Coudière, Jacques Henry

To cite this version:

Simon Labarthe, Yves Coudière, Jacques Henry. Simulation numérique de l'activité électrique dans l'oreillette gauche et les veines pulmonaires. Printemps de la Cardiologie, Apr 2012, Bordeaux, France. hal-00785607

HAL Id: hal-00785607

https://inria.hal.science/hal-00785607v1

Submitted on 6 Feb 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Simulation numérique de l'activité électrique dans l'oreillette gauche et les veines pulmonaires

SIMON LABARTHE, YVES COUDIÈRE, JACQUES HENRY
simon.labarthe@u-bordeaux2.fr, yves.coudiere@inria.fr, jacques.henry@inria.fr

MODÈLE MATHÉMATIQUE

Paramètres maîtrisés → **Modèles mathématiques** Oreillette gauche (OG) Veine Pulmonaire (VP) (Monodomaine, Bidomaine) → Simulations numériques
- *Non pathologiques*
- *Pathologiques*

Bidomaine :

$$\begin{cases} \alpha(C_m\partial_t V + I_{ion}(V)) - divD_i\nabla\Phi_i = 0 \\ \underbrace{\alpha(C_m\partial_t V + I_{ion}(V))}_{\text{électrophysiologie}} + \underbrace{divD_e\nabla\Phi_e}_{\text{couplage}} = \underbrace{I_{app}}_{stim} \end{cases}$$

Monodomaine :

$$\underbrace{\alpha(C_m\partial_t V + I_{ion}(V))}_{\text{électrophysiologie}} + \underbrace{divD\nabla V}_{\text{couplage}} = \underbrace{I_{app}}_{stim}$$

ENTRÉES DU MODÈLE

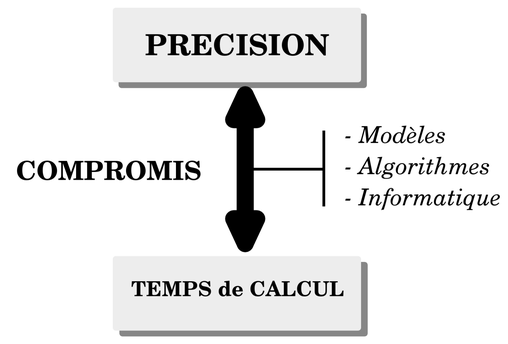
- **Electrophysiologie** : OG $\neq$ VP
- **Couplage inter-cellulaire** : anisotropie du tissu...
- **Anatomie** : IRM, fibres.
- **Excitation/Stimulation** : NS, trigger, électrode...

SORTIE DU MODÈLE

- **Bidomaine** : V_m, Φ_i, Φ_e.
- **Monodomaine** : V_m uniquement (Φ_i et Φ_e accessibles après extrapolation).
- **Post-processing médical** :

EGM / ECG	PA, $\partial V/\partial t_{max}$
Carte d'activation	Courants ioniques
...	...

COMPROMIS



MODÈLE DE FIBRES SUR L'OG

PROBLÉMATIQUE

Structure fibreuse :
- Inaccessible sur patient.
- Accessible sur coeur explanté, mais pour l'instant de mouton [5].

$\Rightarrow$ **reconstruction semi-automatique *a priori*** à partir d'un IRM [*CHU Haut-Lévêque*].

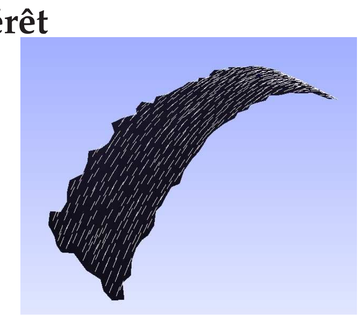
MÉTHODE

1. Bibliographie : descriptions histologiques [2, 1].
2. Définition manuelle de zones d'intérêt.
3. Fibres circonférentielles construites automatiquement sur ces zones.
4. Complétion à l'ensemble de la géométrie : algorithme mathématique (inpainting).

RÉSULTATS

Fibres circonférencielles sur des zones d'intérêt

Fibres sur la base de la VP supérieure gauche



Fibres sur le dome

Extrapolation sur l'ensemble de la géométrie

Fibres sur l'endocarde de l'OG : vue antérieure.

SIMULATION : RYTHME SINUSAL

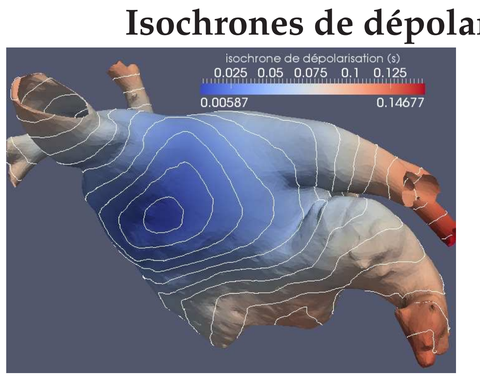
PARAMÈTRES

- **Physiologie, anatomie** : CRN, couplage standard, fibres reconstruites.
- **Stimulation** : faisceau de Bachmann ($t = 5ms$), sinus coronaire ($t = 10ms$) et foramen ovale ($t = 26,3ms$).

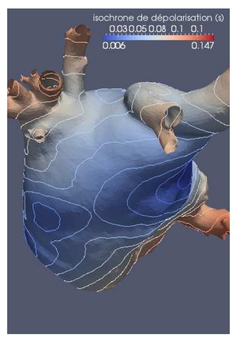
RÉSULTATS

- Conduction anisotrope.
- Dépolarisation complète ($120ms$) se terminant dans la VPSG.

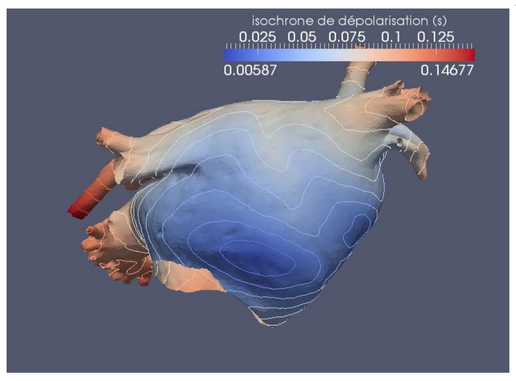
Isochrones de dépolarisation



vue antérieure



vue septale



vue postérieure

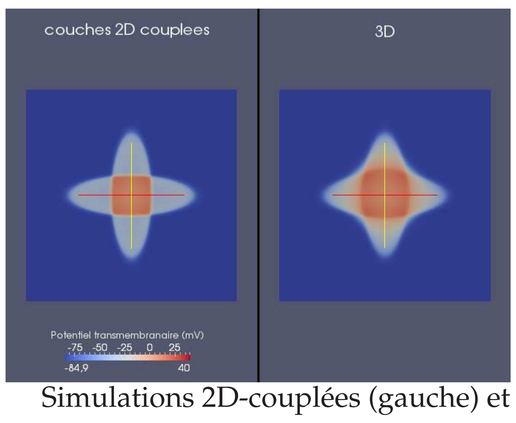
COUCHES DE FIBRES

PROBLÉMATIQUE

- Prise en compte des hétérogénéités d'anisotropie dans l'épaisseur du tissu avec un modèle 2D ?

MÉTHODE ET RÉSULTATS

- Utilisation de modèles 2D couplés.



$\Rightarrow$ gain de temps

Simulations 2D-couplées (gauche) et 3D (droite) de propagation avec deux couches de fibres orthogonales.

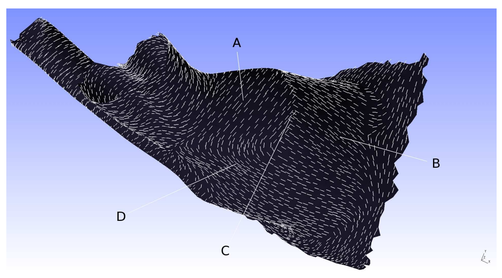
SIMULATION : BLOC

PROBLÉMATIQUE

L'organisation complexe des fibres dans les VP peut provoquer des blocs, notamment lors d'un protocole S1-S2 [3]. Une hétérogénéité de conduction peut provoquer un bloc unidirectionnel [4].

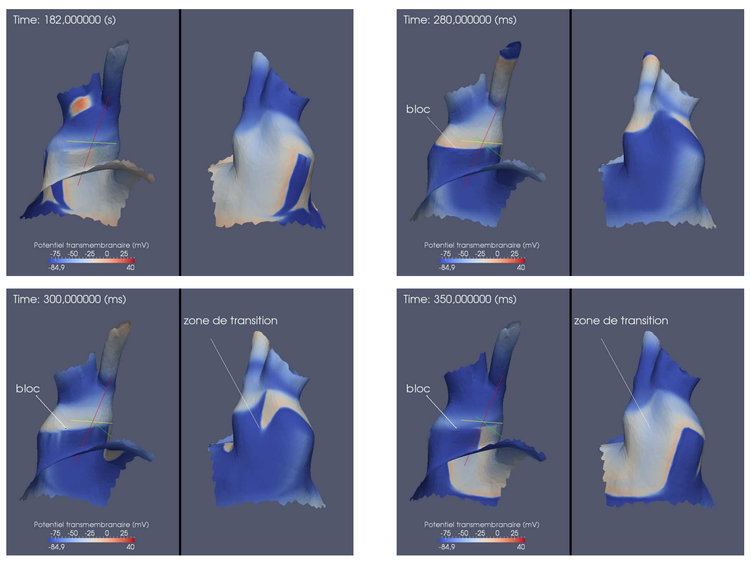
PARAMÈTRES

- **Physiologie** : CRN modifié pour VP, conductivité tangentielle diminuée.
- **Anatomie** : les fibres sont circonférentielles dans la partie distale, et axiales dans la partie ostiale. Une zone de transition sépare deux zones de discontinuité.
- **Stimulation** : S1-S2 ($177ms$) distal.



A - direction circonférencielle
B - direction axiale
C - zone de discontinuité
D - zone de transition

RÉSULTATS



Après S1, l'onde de dépolarisation franchit la discontinuité. Après S2, un bloc se produit. Mais le PA se propage dans la zone de transition et envahit la partie ostiale de la VP, provoquant un début de réentrée.

RÉFÉRENCES

[1] S.Y. HO et al. Dans : *Cardiovascular Research* (2002).
[2] S.Y. HO et al. Dans : *Jour. of Cardiovasc. Electrophy.* (1999).
[3] M. HOCINI et al. Dans : *Circulation* (2002).
[4] C.W. ZEMLIN et al. Dans : *Physica D: Nonlin. Phenom.* (2009).
[5] J. ZHAO et al. Dans : *Circulation: Arrhyt. and Electrophy.* (2012).