

Ecole doctorale SMAER
Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Sujet de thèse

Segmentation et suivi temporel automatiques des cavités cardiaques en IRM dynamique et IRM de flux 4D

Laboratoire : Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique – ISIR

Laboratoire d’Imagerie Biomédicale - LIB

Etablissement de rattachement : Sorbonne Université

Directeur de thèse : Catherine Achard (catherine.achard@sorbonne-universite.fr)

Co-encadrant : Nadja Kachenoura (nadjia.kachenoura@inserm.fr) et

Thomas Dietenbeck (thomas.dietenbeck@sorbonne-universite.fr)

Thèse rattachée au projet européen MAESTRIA regroupant 18 partenaires en provenance de 9 pays.

Collaboration étroite avec l’Institut de Cardiométabolisme et Nutrition et SCAI (Sorbonne Centre for Artificial Intelligence)

Résumé du sujet :

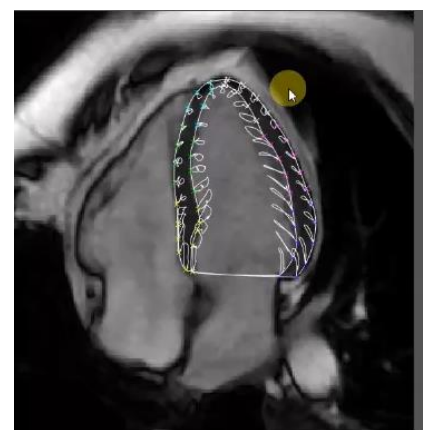
L’objectif de cette thèse est de développer des méthodes d’apprentissage profond pour la segmentation d’images d’IRM dynamique et d’IRM de flux 4D afin de retrouver les différentes cavités cardiaques et de déterminer des marqueurs pertinents à la détection de la myopathie atriale.

Ecole doctorale SMAER
Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

Segmentation et suivi temporel automatiques des cavités cardiaques en IRM dynamique et IRM de flux 4D

	Sorbonne Université Faculté des Sciences et d'Ingénierie
	Institut des Systèmes Intelligents et de Robotique UMR 7222 (ISIR) T55-65 Pyramide 4 place Jussieu, 75005 PARIS
	Laboratoire d'Imagerie Biomédicale (LIB) Campus des Cordeliers Escalier A – 3ème étage 15 rue de l'Ecole de Médecine 75006 PARIS
 MAESTRIA	Doctorat dans la cadre du projet européen Maestria portant sur la détection précoce des fibrillations artérielles grâce à l'intelligence artificielle. 18 partenaires en provenance de France, UK, Allemagne, Grèce, Espagne, Pays-Bas, USA, Canada
Contacts	Catherine Achard catherine.achard@sorbonne-universite.fr Nadjia Kachenoura nadjia.kachenoura@inserm.fr Thomas Dietenbeck thomas.dietenbeck@sorbonne-universite.fr

Contexte: La déformation du myocarde (muscle cardiaque) au cours du temps, quantifiée en imagerie par résonance magnétique (IRM) dynamique par traitement d'image conventionnel (suivi de textures), est un marqueur puissant de l'atteinte cardiaque, tant il est modifié précocement au cours de la maladie en comparaison aux autres marqueurs communément utilisés en routine clinique. Malgré ses performances, son utilisation systématique en routine demeure entravée par la complexité et le temps d'analyse dus à la nécessité d'initialiser manuellement les bords des différentes cavités cardiaques. De plus, souvent les logiciels cliniques ne gèrent que le ventricule gauche du cœur, omettant les autres cavités qui sont pourtant cibles de plusieurs maladies.



Dans ce contexte, l'équipe d'imagerie cardiovasculaire iCV du LIB a mis en place le logiciel Cardio-Track (Dépôt LIB-ICAN, Sorbonne Université), qui permet l'analyse semi-automatique de la déformation de toutes les cavités cardiaques à partir de données d'IRM (15 vues

Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

anatomiques, 4 cavités cardiaques et 30 à 50 images temporelles en seulement 30 minutes, comparé à plusieurs heures si analysées manuellement). Le choix de l'IRM a été guidé par son aspect non irradiant et multimodal (tissu, fonction, écoulement sanguin), ainsi que par ses résolutions en espace et en contraste inégalables. Ce logiciel a été validé dans plusieurs pathologies permettant de générer une base de données expertisée de plus de 400 patients. Grâce à son originalité (aspect multi-cavités et reproductibilité) il est présentement utilisé sur de larges cohortes, ce qui permettrait d'accroître ces effectifs.

Nous souhaitons aller plus loin en utilisant les avancées récentes sur l'apprentissage et plus particulièrement celles du domaine des réseaux de neurones afin d'une part, d'arriver à une analyse totalement automatique des données IRM et d'autre part, de voir si de telles approches peuvent améliorer les méthodes plus traditionnelles. Dans un seconde temps, la thèse se focalisera sur l'analyse d'IRM de flux 4D où seules de petites cohortes sont actuellement disponibles. L'idée pour cela est d'utiliser conjointement, lors de l'apprentissage, les données d'IRM anatomo-fonctionnelles largement disponibles.

Objectif de la thèse :

Dans un premier temps, un algorithme d'apprentissage profond sera développé sur la base de données d'IRM dynamiques de SU-LIB comportant à la fois des volontaires sains et des patients atteints de diverses maladies cardiovasculaires. Cette base de données IRM de 400 sujets (15 vues cardiaques axiales et longitudinales par patient, chaque vue comprend 30 à 60 phases couvrant l'ensemble du cycle cardiaque) a été annotée (segmentée) grâce au logiciel CardioTrack qui permet un control visuel des contours obtenus pour chaque coupe anatomique analysée.

Le but de ce réseau sera de segmenter automatiquement ces séquences d'images de manière à localiser précisément toutes les cavités cardiaques. Il servira entre autre, à initialiser et à contraindre spatialement l'algorithme utilisé pour le suivi des limites des cavités cardiaques qui permet l'estimation de la déformation myocardique tri-directionnelle (longitudinale, circonférentielle et radiale) et multi-chambres.

La validation de la segmentation sera effectuée en utilisant la distance de Hausdorff et le coefficient de Dice.

La seconde partie de cette thèse concerne la segmentation d'images d'IRM de flux 4D avec une couverture complète de l'aorte, où seules de petites cohortes sont actuellement disponibles (~200 patients) car il s'agit d'une technique d'imagerie très récente. Comme l'apprentissage sur un faible jeu de données de qualité très hétérogène risque d'amener à des segmentations peu robustes et que ces images présentent certaines redondances avec les IRM dynamiques disponibles en grande quantité, l'idée est de combiner ces bases de données pour obtenir des

Ecole doctorale SMAER

Sciences Mécaniques, Acoustique, Electronique, Robotique

segmentations robustes des IRM de flux 4D et ainsi, pouvoir remonter aux cavités cardiaques. Une telle segmentation permettra de délimiter les champs de vitesse 3D+t dans les cavités cardiaques pour calculer des indices hémodynamiques (vorticité, gradients de pression, ...) qui sont modifiés précocement dans l'atteinte cardiaque.

Cadre applicatif :

Cette thèse entre dans le cadre du projet européen MAESTRIA, comportant 18 partenaires provenant de 9 pays, qui vise à développer de nouvelles approches pour la détection de la myopathie auriculaire afin d'améliorer la gestion des soins et d'identifier de nouvelles pistes thérapeutiques pour la médecine personnalisée des accidents vasculaires cérébraux.

Techniques utilisées : Apprentissage, deep learning

Qualités du candidat requises : Titulaire d'un M2 d'Ingénierie ou d'informatique ou d'un diplôme d'ingénieur, possédant des compétences en apprentissage et souhaitant explorer un sujet à l'interface de l'apprentissage et de l'imagerie médicale.

Candidature : Envoyer CV + lettre de motivation **avant le 7 juin 2021** à

catherine.achard@sorbonne-universite.fr

nadjia.kachenoura@inserm.fr

thomas.dietenbeck@sorbonne-universite.fr