

# Avis de Soutenance

Monsieur AXEL BARTOLI

## RECHERCHES BIOMEDICALES Pathologies cardio-vasculaires, nutrition et inflammation

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Apport des techniques d'intelligence artificielle dans l'évaluation de phénotypes cardiovasculaires en imagerie.*

Travaux dirigés par Monsieur Alexis JACQUIER et Madame Monique BERNARD

Soutenance prévue le **mardi 16 juin 2026** à 14h00

Lieu : 27 Bd Jean Moulin, 13385 Marseille

Salle : de thèse 1

### Composition du jury proposé

M. Alexis JACQUIER	Professeur des universités - praticien hospitalier	Aix-Marseille Université, AP-HM, CRMBM	Directeur de thèse
Mme Claire BOULETI	Professeure des universités - praticienne hospitalière	Université et CHU de Poitiers	Rapporteuse
M. Maxime SERMESANT	Directeur de recherche	INRIA, Université Côte d'Azur	Rapporteur
M. Paul HABERT	Professeur des universités - praticien hospitalier	Aix-Marseille Université, AP-HM, LiE	Président
Mme Monique BERNARD	CNRS, Aix Marseille université	Invitée	

**Mots-clés :** Intelligence artificielle, Imagerie cardiovasculaire, Médecine prédictive, Imagerie par résonance magnétique, Tomodensitométrie, deep learning

### Résumé :

L'essor des méthodes d'intelligence artificielle, et en particulier des approches d'apprentissage profond appliquées à l'imagerie médicale, a profondément modifié les possibilités d'analyse quantitative en imagerie cardiovasculaire. Parmi leurs applications, la segmentation automatique d'images constitue une étape centrale permettant l'extraction automatisée de biomarqueurs morphologiques, volumétriques et morphométriques à partir d'images tridimensionnelles. Historiquement, l'extraction de ces biomarqueurs reposait sur des segmentations manuelles ou semi-automatiques, longues, peu reproductibles et difficilement applicables à de larges bases de données. L'objectif de cette thèse était d'évaluer comment des outils de segmentation basés sur l'apprentissage profond pouvaient permettre une quantification standardisée, reproductible et à

grande échelle de phénotypes cardiovasculaires en imagerie. Les travaux présentés reposent sur le développement, la validation et l'application clinique de plusieurs pipelines de segmentation automatique appliqués à différents phénotypes cardiovasculaires complexes. Le premier axe concerne la segmentation des trabéculations du ventricule gauche en IRM cardiaque. La morphologie trabéculée du myocarde constitue un phénotype tridimensionnel complexe dont la quantification restait limitée par la difficulté de segmentation manuelle et la variabilité inter-observateur. Le développement d'un outil de segmentation automatique a permis l'extraction de paramètres volumétriques reproductibles et l'application de ces méthodes à des cohortes populationnelles de grande taille, permettant l'établissement de valeurs de référence et l'analyse de la distribution de ce phénotype. Le second axe concerne la segmentation automatique de la graisse épicaudique en tomographie densitométrie thoracique. La quantification volumétrique de la graisse épicaudique constitue un biomarqueur métabolique et inflammatoire d'intérêt, mais son extraction restait limitée par la nécessité de segmentations manuelles chronophages. Le développement d'un algorithme de segmentation automatique a permis d'extraire ce biomarqueur de manière systématique sur de larges cohortes d'imagerie, permettant son intégration dans des modèles pronostiques. Le troisième axe concerne l'analyse de phénotypes vasculaires complexes en tomographie densitométrie, notamment la dissection aortique résiduelle et l'analyse de territoires vasculaires rénaux. La segmentation automatique des structures vasculaires et lumenales a permis l'extraction de paramètres morphométriques avancés, notamment des volumes de faux chenal, de lumière vraie et des territoires parenchymateux dépendant d'artères spécifiques. Ces paramètres tridimensionnels permettent d'aller au-delà des mesures bidimensionnelles classiques de diamètre et d'améliorer la caractérisation morphologique, la stratification du risque et la planification préopératoire. Dans leur ensemble, ces travaux montrent que les techniques de segmentation automatique basées sur le deep learning permettent de transformer des images médicales en biomarqueurs quantitatifs reproductibles extractibles à grande échelle. Au-delà de l'automatisation, l'apport principal de ces méthodes réside dans la possibilité d'analyser de grandes bases de données d'imagerie et d'accéder à une description multidimensionnelle des phénotypes cardiovasculaires. Ces approches s'inscrivent dans l'émergence d'une imagerie de phénotypage quantitatif, où l'imagerie devient une source de données quantitatives intégrables dans des modèles diagnostiques, pronostiques ou décisionnels, contribuant à la transition vers une imagerie cardiovasculaire quantitative et orientée vers la médecine personnalisée.

## **Summary:**

L'essor des méthodes d'intelligence artificielle, et en particulier des approches d'apprentissage profond appliquées à l'imagerie médicale, a profondément modifié les possibilités d'analyse quantitative en imagerie cardiovasculaire. Parmi leurs applications, la segmentation automatique d'images constitue une étape centrale permettant l'extraction automatisée de biomarqueurs morphologiques, volumétriques et morphométriques à partir d'images tridimensionnelles. Historiquement, l'extraction de ces biomarqueurs reposait sur des segmentations manuelles ou semi-automatiques, longues, peu reproductibles et difficilement applicables à de larges bases de données. L'objectif de cette thèse était d'évaluer comment des outils de segmentation basés sur l'apprentissage profond pouvaient permettre une quantification standardisée, reproductible et à grande échelle de phénotypes cardiovasculaires en imagerie. Les travaux présentés reposent sur le développement, la validation et l'application clinique de plusieurs pipelines de segmentation automatique appliqués à différents phénotypes cardiovasculaires complexes. Le premier axe concerne la segmentation des trabéculations du ventricule gauche en IRM cardiaque. La morphologie trabéculée du myocarde constitue un phénotype tridimensionnel complexe dont la quantification restait limitée par la difficulté de segmentation manuelle et la variabilité inter-observateur. Le développement d'un outil de segmentation automatique a permis l'extraction de paramètres volumétriques reproductibles et l'application de ces méthodes à des cohortes

populationnelles de grande taille, permettant l'établissement de valeurs de référence et l'analyse de la distribution de ce phénotype. Le second axe concerne la segmentation automatique de la graisse épicaudique en tomoudensitométrie thoracique. La quantification volumétrique de la graisse épicaudique constitue un biomarqueur métabolique et inflammatoire d'intérêt, mais son extraction restait limitée par la nécessité de segmentations manuelles chronophages. Le développement d'un algorithme de segmentation automatique a permis d'extraire ce biomarqueur de manière systématique sur de larges cohortes d'imagerie, permettant son intégration dans des modèles pronostiques. Le troisième axe concerne l'analyse de phénotypes vasculaires complexes en tomoudensitométrie, notamment la dissection aortique résiduelle et l'analyse de territoires vasculaires rénaux. La segmentation automatique des structures vasculaires et lumenales a permis l'extraction de paramètres morphométriques avancés, notamment des volumes de faux chenal, de lumière vraie et des territoires parenchymateux dépendant d'artères spécifiques. Ces paramètres tridimensionnels permettent d'aller au-delà des mesures bidimensionnelles classiques de diamètre et d'améliorer la caractérisation morphologique, la stratification du risque et la planification préopératoire. Dans leur ensemble, ces travaux montrent que les techniques de segmentation automatique basées sur le deep learning permettent de transformer des images médicales en biomarqueurs quantitatifs reproductibles extractibles à grande échelle. Au-delà de l'automatisation, l'apport principal de ces méthodes réside dans la possibilité d'analyser de grandes bases de données d'imagerie et d'accéder à une description multidimensionnelle des phénotypes cardiovasculaires. Ces approches s'inscrivent dans l'émergence d'une imagerie de phénotypage quantitatif, où l'imagerie devient une source de données quantitatives intégrables dans des modèles diagnostiques, pronostiques ou décisionnels, contribuant à la transition vers une imagerie cardiovasculaire quantitative et orientée vers la médecine personnalisée.

LE DOYEN  
Georges LEONETTI

