

## Avis de Soutenance

Monsieur Guillaume FREBOURG

Biologie-Santé - Spécialité Neurosciences

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

*Imagerie de perfusion de la moelle épinière à 3 Tesla et simulation biomécanique à l'aide d'un modèle poro-visco-élastique dans la myélopathie cervicale chez l'homme.*

dirigés par Madame Virginie CALLOT et Monsieur Yvan PETIT

Soutenance prévue le **lundi 16 décembre 2024** à 14h30

Lieu : CEMEREM, 1er étage Faculté de Médecine, 27 Bd Jean Moulin, 13005 Marseille

Salle : de réunion du CEMEREM

### Composition du jury proposé

Mme Virginie CALLOT	CEMEREM-CRMBM, CNRS, Aix-Marseille Université	Directrice de thèse
M. Yvan PETIT	École de Technologie Supérieure	Co-directeur de thèse
Mme Morgane EVIN	Université Gustave Eiffel	Rapporteuse
M. Patrick FREUND	University of Zurich	Rapporteur
M. Éric WAGNAC	LIO – Laboratoire d'innovation ouverte en technologies de la santé	Examineur
M. Pierre-Hugues ROCHE	APHM, Hôpital Nord, Service de Neurochirurgie	Président

**Mots-clés :** IRM, Traitement du signal, Biomécanique, Simulations numériques, Syndrome centro-médullaire, Myélopathie dégénérative

### Résumé :

Contexte : La compression de la moelle épinière due à une dégénérescence du rachis est souvent associée à des dysfonctionnements médullaires. Pour les cas graves de myélopathies cervicales dégénératives (DCM), la chirurgie décompressive est recommandée. Cependant, la gestion et le suivi des cas moins sévères restent un défi. L'identification de biomarqueurs de l'atteinte tissulaire pourrait considérablement aider à la prise de décision clinique. Des études antérieures ont montré que l'ischémie joue un rôle majeur, conduisant à l'apoptose cellulaire, exacerbée par des processus inflammatoires, qui évoluent ensuite vers une myélopathie et des altérations fonctionnelles. Dans ce travail de thèse, nous nous concentrons sur l'étude de la perfusion médullaire, avec pour objectif de développer une technique d'IRM de cartographie de la perfusion et de créer des simulations par éléments finis réalistes pour des compressions DCM typiques. Méthodologie : En continuité avec les travaux du CRMBM, nous avons exploré l'imagerie par résonance magnétique avec contraste dynamique (DCE) à 3T, une technique encore peu utilisée pour la moelle épinière. Un protocole d'acquisition et de post-traitement a été développé et optimisé pour extraire des paramètres semi-quantitatifs (PSQ) de perfusion malgré les contraintes spécifiques liées à la moelle (petite taille,

mouvements physiologiques). Parallèlement, un modèle poro-viscoélastique (PVE) a été conçu pour simuler les réponses mécaniques de la moelle sous compression. Ce modèle intègre une composante fluide dans une matrice élastique poreuse, permettant de mieux comprendre les interactions entre les contraintes mécaniques et les effets vasculaires au sein du tissu médullaire, constitué de neurones, cellules gliales, et vaisseaux sanguins. Résultats : Dans une étude exploratoire menée sur des sujets sains et des patients présentant une compression dégénérative, les PSQs dérivés de l'IRM DCE ont révélé une perfusion plus élevée dans la matière grise (MG) que dans la matière blanche (MB), en accord avec la littérature. Un schéma d'hypoperfusion distinct a été observé au niveau des segments comprimés par rapport aux niveaux adjacents. Les simulations biomécaniques avec le modèle PVE ont fourni des informations supplémentaires, en introduisant des métriques telles que le ratio d'occupation vasculaire (void ratio) et la pression hydrostatique (pression de pore), en plus des métriques classiques de contraintes et de déformations. Ces nouvelles métriques pourraient non seulement apporter un éclairage sur certaines observations issues de la littérature, mais aussi permettre une évaluation plus précise des zones d'ischémie le long de la moelle. Perspectives : Ces travaux exploratoires ont permis de poser de nouvelles bases pour l'exploration de la perfusion médullaire et les simulations biomécaniques des compressions. La collecte de données de perfusion sur un plus grand nombre de patients reste nécessaire pour confirmer les résultats observés. Au niveau méthodologique, des marges d'amélioration ont été identifiées pour aller plus loin. Le transfert de cette méthodologie à une imagerie à 7T pourrait par exemple améliorer la sensibilité et permettre d'obtenir des cartes de perfusion plus détaillées, au-delà des analyses par région d'intérêt actuellement possibles à 3T. Pour approfondir ces résultats, il serait ensuite intéressant d'étudier différents schémas de compression sur de plus grandes cohortes de patients atteints de myélopathie cervicale. Cela permettrait d'affiner les modèles en éléments finis poro-viscoélastiques en fonction des différents patterns de compression et de vérifier leur corrélation avec les mesures de perfusion obtenues par IRM. Une approche patient-spécifique pourrait aussi être utile pour établir un lien fiable entre la compression mécanique et l'ischémie.

LE DOYEN

Georges LEONETTI