

<b>Titre du Master</b>	<b>Micro-tomographie 4D pour le suivi <i>in situ</i> du gonflement aortique</b>
<b>Titre en anglais</b>	<b>4D tomography for <i>in situ</i> characterization during aortic inflation</b>
<b>Lieu de travail principal</b>	<b>MatéIS CNRS-INSA Lyon-UCBL, UMR5510, Villeurbanne, mateis.insa-lyon.fr</b>
<b>Encadrants</b>	<b>Eric Maire, DR CNRS, <a href="mailto:eric.maire@insa-lyon.fr">eric.maire@insa-lyon.fr</a> Jérôme Adrien, IR CNRS, <a href="mailto:jerome.adrien@insa-lyon.fr">jerome.adrien@insa-lyon.fr</a> Joël Lachambre, IR, CNRR, <a href="mailto:joel.lachambre@insa-lyon.fr">joel.lachambre@insa-lyon.fr</a> Rémy GAUTHIER, CR CNRS, <a href="mailto:remy.gauthier@cnrs.fr">remy.gauthier@cnrs.fr</a></b>

### Résumé du projet :

Le projet de stage vise à développer une méthode de tomographie dynamique pour suivre l'évolution temporelle de la microstructure d'une aorte lors d'un gonflement afin de comprendre les mécanismes de rupture aortique. Une méthodologie de micro-tomographie ( $\mu$ CT) stroboscopique sera appliquée afin de synchroniser le chargement mécanique et l'acquisition de scans successifs pour suivre temporellement en 3D le gonflement d'une aorte. L'étudiant.e aura en charge la mise en place de cette méthode sur les tomographes du laboratoire MatéIS. Le protocole de scan tomographique devra notamment considérer la dose de rayonnement absorbée par l'aorte afin de limiter sa dégradation.

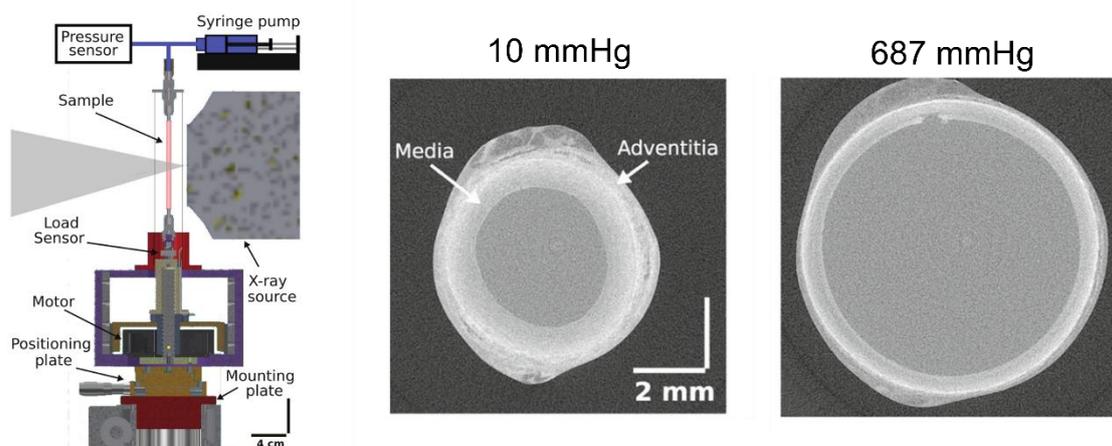
### Description du projet :

La dissection aortique (DA) est l'une des pathologies cardiovasculaires la plus répandue, avec 35 cas sur 100 000 pour les personnes âgées de 65 à 75 ans [1]. DA est caractérisée par une délamination soudaine de la couche interne de la paroi aortique, permettant au sang de s'écouler entre les différentes couches internes et moyennes. Ces déchirures peuvent avoir des conséquences graves comme la survenue d'accidents vasculaires cérébraux. Une DA peut être résumée en trois étapes clés :

- Une fragilité pre-dissection : une dégradation graduelle de la couche médiale résultant en la formation de défauts structuraux locaux.
- Une déchirure : l'initiation d'une fissure lorsque la pression sanguine excède la résistance mécanique de la paroi dégradée
- Une évolution soudaine : la propagation rapide de la fissure au travers des différentes couches constituant la paroi aortique en suivant le chemin privilégié par une résistance mécanique moindre

Dans ce contexte, l'objectif du projet, dans sa globalité, est de proposer de nouvelles méthodes permettant aux cliniciens de mieux estimer le risque de dissection aortique pour le patient en se basant sur des données cliniques disponibles. Pour cela, un sous-objectif consiste à prédire la pression sanguine à laquelle l'initiation d'une fissure sur les couches internes de la paroi aortique se produit. Cela implique une meilleure compréhension de l'influence de la microstructure et des défauts structuraux sur l'amorce de la dissection.

Les méthodes de suivi *in situ* par tomographie aux rayons X sont prometteuses pour caractériser l'évolution d'une microstructure lors d'un chargement mécanique critique. Classiquement, le chargement complet de l'échantillon est scindé en plusieurs étapes entre lesquelles un scan tomographique est réalisé [2]. Une étude de gonflement aortique dans ces conditions a déjà été menée au sein du laboratoire [3].



*Figure 1: Schémas du montage expérimental de suivi *in situ* et coupe tomographique d'une aorte de cochon à différentes pressions de gonflement. La dissection aortique peut être observée à haute pression [3].*

Mais si cette méthode est adaptée pour les matériaux présentant un faible comportement viscoélastique, la relaxation des tissus aortiques pendant la durée du scan peuvent à la fois altérer les données d'imagerie et le comportement de l'échantillon. Ainsi, il est indispensable de proposer une approche continue du suivi microstructural. La  $\mu$ CT stroboscopique apparaît comme une solution potentielle. Cette technique se base sur le caractère cyclique d'un événement et de sa synchronisation avec

l'acquisition de scan successifs pour finalement permettre la reconstruction 3D de l'échantillon à toutes les étapes de l'événement [4]. Cette méthode est par exemple déjà exploitée en clinique pour suivre en direct les battements du cœur [5].

Dans ce contexte, l'étudiant.e aura pour rôle de développer cette méthode au sein du laboratoire MatéIS dans le but de suivre l'évolution structural aortique lors d'un chargement de type gonflement. Le protocole de synchronisation entre le chargement et l'acquisition tomographique devra être mis en place. Les paramètres de scans devront être définis en prenant en considération la dose de rayonnement envoyée sur les tissus aortiques pouvant altérer son comportement mécanique. Les expérimentations pourront notamment être réalisées au DTHE (Double Tomographes Haute Energie) disponible sur le site de l'INSA Lyon afin de permettre l'acquisition plus rapide du fait de l'acquisition de scans tomographiques par 2 appareils simultanément.

### **Référence :**

- [1] C.A. Nienaber, R.E. Clough, N. Sakalihasan, T. Suzuki, R. Gibbs, F. Mussa, M.P. Jenkins, M.M. Thompson, A. Evangelista, J.S.M. Yeh, N. Cheshire, U. Rosendahl, J. Pepper, Aortic dissection, *Nat. Rev. Dis. Prim.* 2 (2016) 16053. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.53>.
- [2] J.Y. Buffiere, E. Maire, J. Adrien, J.P. Masse, E. Boller, In situ experiments with X ray tomography: An attractive tool for experimental mechanics, *Proc. Soc. Exp. Mech. Inc.* 67 (2010) 289–305. <https://doi.org/10.1007/s11340-010-9333-7>.
- [3] J. Brunet, B. Pierrat, J. Adrien, E. Maire, N. Curt, P. Badel, A Novel Method for In Vitro 3D Imaging of Dissecting Pressurized Arterial Segments Using X-Ray Microtomography, *Exp. Mech.* 61 (2021) 147–157. <https://doi.org/10.1007/s11340-020-00645-x>.
- [4] A. Klos, L. Bailly, S. Rolland du Roscoat, L. Orgéas, N. Henrich Bernardoni, L. Broche, A. King, Optimising 4D imaging of fast-oscillating structures using X-ray microtomography with retrospective gating, *Sci. Rep.* 14 (2024) 1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-68684-1>.
- [5] S. Dubsky, S.B. Hooper, K.K.W. Siu, A. Fouras, Synchrotron-based dynamic computed tomography of tissue motion for regional lung function measurement, *J. R. Soc. Interface* 9 (2012) 2213–2224. <https://doi.org/10.1098/rsif.2012.0116>.