

Titre en français : Imagerie médicale, modèles biomécaniques et diagnostic

Titre en anglais : Medical imaging, biomechanical models and diagnosis

Nom du directeur de thèse : Deplano Valérie, DR CNRS, IRPHE. **Co directeur :** Alexis Jacquier, PU-PH, Hopital de la Timone

Tel : 04 55 13 20 03

E-Mail : valerie.deplano@univ-amu.fr ; alexis.jacquier@ap-hm.fr

Laboratoires : IRPHE, UMR7342 et CRMBM, UMR7339

Financement : demandé

Type de financement : Bourse ED

Résumé en français :

Les **anévrismes de l'aorte thoracique** se traduisent par un élargissement du diamètre de l'aorte. Leur rupture peut être évitée en introduisant une endoprothèse par voie d'abord vasculaire et en la déployant au niveau de la lésion excluant de fait l'anévrisme. Ces traitements ont une mortalité postopératoire inférieure à celle de la chirurgie (5.57% vs. 16.5%), toutefois ils peuvent être sujet à un échec tardif, notamment à cause de processus continus de remodelage de l'aorte et/ou de l'endoprothèse.

L'objectif de ce projet est de développer des **modélisations numériques 3D** patient-spécifique tenant compte des **interactions fluide-structure** (IFS) pour différents types d'évolution de traitement -favorable et/ou défavorable- ainsi que pour plusieurs temps post opératoires. Ceci permettra d'associer des grandeurs physiques liées aux dynamiques de l'écoulement et des structures à certaines évolutions cliniques défavorables et par suite à prédire certains échecs thérapeutiques.

Il sera tenu compte (i) de la spécificité de la morphologie des patients à plusieurs temps post opératoires, (ii) de l'instationnarité des écoulements sanguins, (iii) du comportement mécanique des parois artérielles et de l'endoprothèse, (iv) du caractère rhéofluidifiant du sang ainsi que (v) des conditions aux limites hydrodynamiques réalistes. La prise en compte du thrombus potentiellement présent dans l'anévrisme exclu par l'endoprothèse devra également être intégrée aux modèles au travers de la mise en place d'un modèle de milieu poreux adapté. L'apport de **l'imagerie médicale**, tomodensitométrie et imagerie par résonance magnétique (IRM), dans ces travaux est essentiel : (i) reconstruction de géométries 3D patient-spécifique de patients pris en charge à l'hôpital de la Timone, (ii) estimation de la distensibilité de leur paroi, (iii) acquisition de vitesses par IRM de flux 2D et 4D pour des conditions d'entrée réalistes et une validation du modèle numérique. Le comportement mécanique de l'endoprothèse sera expérimentalement caractérisé sur le banc de traction biaxial existant dans l'équipe de Biomécanique d'IRPHE.

Ce projet fait l'objet d'une collaboration entre mécaniciens, radiologues diagnosticiens et chirurgiens vasculaires

Résumé en anglais :

Thoracic aorta aneurysm results in a permanent dilation of the aortic diameter. To avoid its rupture endovascular treatment consists of introducing a stent graft using vascular access (no surgery), expanding it at the level of the lesion and so excluding the aneurysm. Endovascular

treatments have a lower postoperative mortality than surgery (5.57% vs. 16.5%). However, late unfavorable evolutionary exists due to continue aorta and endoprosthesis remodeling. The goal of this project is to implement patient specific 3D numerical modeling taking into account fluid structure interaction, favorable and unfavorable patient evolutions and several post operative times. Association of physical quantities related to the dynamics of the flow and structures with unfavorable clinical evolution will be identify and consequently unfavorable treatment evolution predict.

It will be important to take into account (i) the specificity of the patient morphology, (ii) unsteady flows, (iii) the mechanical behavior of both endoprosthesis and arterial wall, (iv) shear thinning behavior of the blood and (v) realistic boundary conditions. Thrombus modeling will be incorporated ; its presence within the excluded aneurysm could actually acts on endoprosthesis. Computed tomography and magnetic resonance imaging (MRI), are essential: to (i) reconstruct 3D patient-specific geometries (Timone hospital), (ii) estimate the aortic wall distensibility (iii) acquire 2D and 4D flow MRI velocities for realistic entry conditions and validation of the numerical model. The endoprosthesis mechanical behavior will be experimentally assess using the biaxial tensile set-up of the IRPHE Biomechanics team.

This project is the result of a collaboration between mechanics, radiologists and vascular surgeons.

Profil du candidat recherché :

Le candidat devra avoir des connaissances académiques dans les champs disciplinaires relatifs au sujet : mécanique des fluides et des structures, biomécanique, modélisations numériques, traitement d'images. Il devra avoir une appétence avérée pour les simulations numériques et l'interdisciplinarité.

Des compétences sur le logiciel ANSYS et en programmation Matlab seront appréciées.

Publications sur le sujet des co-directeurs:

- (1) Deplano, V., Guivier-Curien, C., Bertrand, E. (2016). 3D analysis of vortical structures in an abdominal aortic aneurysm by stereoscopic PIV. *Exp. in Fluids*, 57:167.
- (2) Deplano, V., Boufi, M., Boiron, O., Guivier-Curien, C., Alimi, Y., Bertrand, E. (2016). Biaxial tensile tests of porcine ascending aorta. *Journal of Biomechanics*, 49(10), 2031-2037.
- (3) Deplano, V., Knapp, Y., Bailly, L., Bertrand, E. (2014). Flow of blood analogue fluid in a compliant abdominal aortic aneurysm model: experimental modelling. *Journal of Biomechanics*, 47(6), 1262-1269.
- (1) Wei W, Evin M, Rapacchi S, Kober F, Bernard M, Jacquier A, Kahn CJF, Behr M (2019). Investigating heartbeat-related in-plane motion and stress levels induced at the aortic root. *Biomed Eng Online*. Feb 26;18(1):19.
- (2) Rapacchi S, Troalen T, Bentatou Z, Quemeneur M, Guye M, Bernard M, Jacquier A, Kober F. (2019) Simultaneous multi-slice cardiac cine with Fourier-encoded self-calibration at 7 Tesla. *Magn Reson Med*. 81(4):2576-2587.
- (3) Habert P, Bentatou Z, Aldebert P, Finas M, Bartoli A, Bal L, Lalande A, Rapacchi S, Guye M, Kober F, Bernard M, Jacquier A.(2018) Exercise stress CMR reveals reduced aortic distensibility and impaired right-ventricular adaptation to exercise in patients with repaired tetralogy of Fallot. *PLoS One*. Dec 31;13(12).

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée