

Titre en français : Simulation et optimisation de la valve aortique cardiaque par calculs d'interactions fluide structure et méthode adjointe

Titre en anglais : Simulation and optimization of the cardiac aortic valve via fluid-structure coupling and adjoint sensitivity calculation

Nom du directeur de thèse : Julien Favier

Co-directrice : Isabelle Cheylan

Tel : 04 13 55 40 61

E-Mail : julien.favier@univ-amu.fr

Laboratoire : M2P2

Financement : demandé

Type de financement : Ministère

Résumé en français :

L'objectif de la thèse est de simuler et optimiser la dynamique de la valve aortique en interaction avec l'écoulement pulsé de sang dans le cœur humain. C'est un élément clé du fonctionnement cardiaque et de nombreuses pathologies sont liées à des dysfonctionnements de cette partie du cœur. Dans ce contexte, le phénomène de « flutter », qui représente un flottement des feuillets de la valve, est un sujet intéressant à étudier car il a des implications au niveau clinique : turbulence du flux sanguin, durabilité de la valve, etc. Pour cela, une étude de sensibilités sur différents paramètres (géométriques, fluides et structurels) sera menée. Cette étude sera réalisée grâce à un code de simulation fluide-structure déjà existant au laboratoire, couplant la méthode de lattice Boltzmann (LBM) pour la dynamique du sang et une méthode des éléments finis pour calculer les déformations de la valve cardiaque (« two-way coupling »). Des calculs de sensibilités par la méthode adjointe seront développés sur la base de travaux précédemment réalisés, afin d'optimiser la forme de la valve pour différents critères cliniques à définir en lien avec des chirurgiens cardiaques associés au laboratoire M2P2.

Résumé en anglais :

The aim of this thesis is to simulate and optimize the dynamics of the aortic valve with the blood flow in the human heart. This is a key element in cardiac function, and many pathologies are linked to dysfunctions in this part of the heart. In this context, the phenomenon of "flutter", which represents a fluttering of the valve leaflets, is an interesting subject to study as it has implications at the clinical level: turbulence of blood flow, durability of the valve, etc. To this end, a sensitivity study on different parameters (geometric, fluid and structural) will be carried out. This study will be done using a fluid-structure simulation code already available in the laboratory, coupling the Boltzmann lattice method (LBM) for blood dynamics and a finite-element method to compute heart valve deformations ("two-way coupling"). Sensitivity calculations using the adjoint method will be developed on the basis of previous work, in order to optimize the valve shape for various clinical criteria to be defined in conjunction with cardiac surgeons associated with the M2P2 laboratory.

Profil du candidat recherché : Titulaire d'un Master 2 ou d'un diplôme d'école d'ingénieurs, spécialisé en mécanique des fluides et/ou structures

Publications sur le sujet :

- I. Cheylan, T. Fringand, J.Jacob, J. Favier, Analysis of the immersed boundary method for turbulent fluid-structure interaction with Lattice Boltzmann method, *Journal of Computational Physics*, 2023
- T. Fringand, I. Cheylan, M. Lenoir, L. Mace, J. Favier, A stable and explicit Fluid-Structure Interaction Solver based on lattice-Boltzmann and Immersed Boundary methods, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 2024
- I. Cheylan, G. Fritz, D. Ricot, and P. Sagaut, Shape Optimization Using the Adjoint Lattice Boltzmann Method for Aerodynamic Applications, *AIAA Journal* ,2019

Insertion professionnelle après thèse : publique et/ou privée

Date limite de dépôt des candidatures / Application deadline : 15 avril 2024 / April 15th, 2024

Date de démarrage / starting date: 1er octobre 2024 / October 1st, 2024