

Modélisation de l'écoulement sanguin dans l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal

Passionné par les lois physiques qui régissent le fonctionnement du corps et le développement des mathématiques en biologie, j'ai choisi de faire une modélisation physique et mathématique de l'écoulement sanguin afin de mieux comprendre son comportement dans l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal.

L'Anévrisme de l'Aorte Abdominal (AAA) est une maladie très dangereuse. Il est responsable de turbulences du flux sanguin ce qui peut changer la pression artérielle et entraîner la rupture de l'aorte. Cela provoque une hémorragie interne souvent mortelle. D'où la nécessité de modéliser l'écoulement sanguin dans l'AAA.

Positionnement thématique (ETAPE 1)

PHYSIQUE (Mécanique), MATHEMATIQUES (Analyse).

Mots-clés (ETAPE 1)

| Mots-Clés (en français) | Mots-Clés (en anglais) |
|----------------------------------|-------------------------------|
| <i>Anévrisme</i> | <i>Aneurysm</i> |
| <i>Aorte Abdominal</i> | <i>Abdominal Aorta</i> |
| <i>Équation de Navier-Stokes</i> | <i>Navier-Stokes equation</i> |
| <i>L'écoulement sanguin</i> | <i>Blood flow</i> |
| <i>Modélisation</i> | <i>Modeling</i> |

Bibliographie commentée

La biomathématique est le domaine d'étude qui associe la biologie et les mathématiques. De façon pertinente, les mathématiques appliquées aux sciences biologiques et médicales sont déterminées par l'ensemble des techniques et concepts mathématiques, numériques et informatiques qui permettent de modéliser et d'analyser les phénomènes biologiques. Les mathématiques appliquées à la médecine ont des applications tant pratiques que théoriques dans de nombreux domaines comme l'étude du système cardiovasculaire qui est en plein essor depuis quelques années [6].

L'étude de la circulation sanguine dans le corps humain (l'hémodynamique) intéresse beaucoup de scientifiques. Il existe plusieurs phénomènes pouvant affecter l'écoulement sanguin et qui sont à l'origine de pathologies mortelles courantes du système cardio-vasculaire. Parmi ces pathologies, on peut citer les ruptures d'anévrisme dans l'aorte abdominale : L'Anévrisme de l'Aorte Abdominal (AAA) est une dilatation qui touche la portion abdominale de l'aorte. La dilatation anévrismale de l'aorte est responsable de turbulences du flux sanguin qui entraînent la formation progressive de thrombus (caillot ou sang coagulé) sur la paroi interne du sac anévrisimal [4].

Le sang humain est décrit comme étant un fluide incompressible, or les fluides incompressibles sont gouvernés par les expressions issues de la mécanique des fluides. L'équation de Navier-Stokes [1] est une équation décrivant le mouvement des fluides. Puisqu'un fluide peut être un liquide ou un gaz, on comprend que l'équation de Navier-Stokes est omniprésente dans les phénomènes qui nous

entourent. On peut l'utiliser par exemple pour comprendre les mouvements des courants dans les océans, ainsi que ceux des grandes masses d'air dans l'atmosphère. On s'en sert également pour étudier la circulation du sang dans nos artères [3].

Dans un vaisseau comme dans tout conduit, l'écoulement sanguin peut changer de formes en fonction de la vitesse circulatoire (dépendant elle-même de la résistance circulatoire d'aval), des modalités de l'éjection systolique (dépendant de la cinétique ventriculaire gauche), de la viscosité sanguine, mais aussi de la géométrie du vaisseau et de sa paroi [5]. Décrire le mouvement d'un fluide fait appel à des notions différentes de celles développées en Mécanique du point ou du solide. Le mouvement d'un fluide est un écoulement où il y a déformation continue du fluide, un mouvement pouvant être étudié grâce à l'équation du mouvement (loi de conservation de l'impulsion) [2].

Problématique retenue

Comment peut-on modéliser physiquement et mathématiquement l'écoulement sanguin dans l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal (AAA) ?

Objectifs du TIPE

Mon objectif sera de modéliser physiquement et mathématiquement l'écoulement sanguin dans l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal (AAA).

Pour ce faire, le logiciel SolidWorks m'aidera d'abord dans la conception d'un modèle physique, puis l'équation de Navier-Stokes et d'autres équations me permettront quant à elles d'élaborer un modèle mathématique.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] JEAN-MARC BRUN : Mécanique des fluides : *August 8, 2008*
- [2] CLAUDE SAINT-BLANQUET : Mécanique des fluides : https://www.sciences.univ-nantes.fr/sites/claude_saintblanquet/synophys/45meflu/45meflu.htm
- [3] SCIENCE ÉTONNANTE : La mystérieuse équation de Navier-Stokes : <https://scienceetonnante.com/2014/03/03/la-mysterieuse-equation-de-navier-stokes/>
- [4] CENTRE CARDIO-THORACIQUE DE MONACO INFORMATION DU PATIENT : L'anévrisme de l'aorte abdominal (maladie, diagnostic et traitements) : https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.ccm.mc/pdf/Anevrysme-de-l_aorte-abdominale.pdf&ved=2ahUKEwiilIntsdX1AhWPz4UKHfzUB-QQFnoECDkQAQ&usg=AOvVaw1DlGw2XiDmcCEDk-kYDAb1
- [5] ULTRASONOGRAPHIE - ÉCHOGRAPHIE - DOPPLER : Le profil d'écoulement sanguin : <https://ultrasonographie-vasculaire.edu.umontpellier.fr/ultrasonographie-vasculaire/angiosonologie-principes-technique-et-methode-dinterpretation/le-profil-decoulement-sanguin/>
- [6] TECHNO-SCIENCE.NET : Biomathématique : <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Biomathematique.html>

Références bibliographiques (ETAPE 2)

[4] CENTRE CARDIO-THORACIQUE DE MONACO INFORMATION DU PATIENT : L'anévrisme de l'aorte abdominal (maladie, diagnostic et traitements) : https://www.ccm.mc/wp-content/uploads/2021/11/Anevrysme-de-l_aorte-abdominale.pdf

DOT

[1] *Début novembre 2021 : Documentation sur l'écoulement sanguin dans le corps humain.*

[2] *Fin novembre 2021 : Choix définitif du sujet : Modélisation de l'écoulement sanguin dans l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal.*

[3] *Début janvier 2021 : Choix de logiciel pour la conception d'un modèle physique de l'Anévrisme de l'Aorte Abdominal.*

[4] *Fin avril 2022 : Complexité énorme des calculs suivant le modèle posé, j'ai décidé de faire des hypothèses pour simplifier l'étude et rendre les résultats atteignables.*

[5] *Début mai 2022 : Rencontre avec un spécialiste dans le domaine de l'énergétique et de la mécanique pour m'expliquer la méthode de résolution des équations trouvées et implémentation du code.*