

Sujet 2

Gestion de contact d'un modèle 1D dans un réseau tubulaire

Proposé par : Erwan Kerrien et Pierre-Frédéric Villard

Equipe : Tangram

Informations générales

Encadrants	Erwan Kerrien, Pierre-Frédéric Villard	
Adresse	LORIA, Campus Scientifique - BP 239, 54506 Vandœuvre-lès-Nancy	
Téléphone	03 83 59 20 67	
Email	erwan.kerrien@loria.fr	pierrefrederic.villard@loria.fr
Bureau	C034	

Motivations

Un cathéter est un tube long, fin et flexible que le médecin fait naviguer dans le réseau vasculaire afin d'établir une route depuis l'aîne jusqu'au cerveau. Cette route servira par la suite à acheminer les micro-outils jusqu'au site pathologique et traiter l'AVC. Un cathéter peut être modélisé par un modèle 1D géométriquement constitué par un ensemble de points reliés par des segments et dont le comportement mécanique obéit à une formulation du type Cosserat [1]. La navigation fait intervenir de nombreux contacts entre le cathéter et la paroi des vaisseaux sanguins qui aujourd'hui sont difficiles à simuler de manière rapide et fidèle à la réalité. L'objectif de ce stage est d'étudier et implémenter la gestion de contacts entre le cathéter et les vaisseaux sanguins.

Sujet

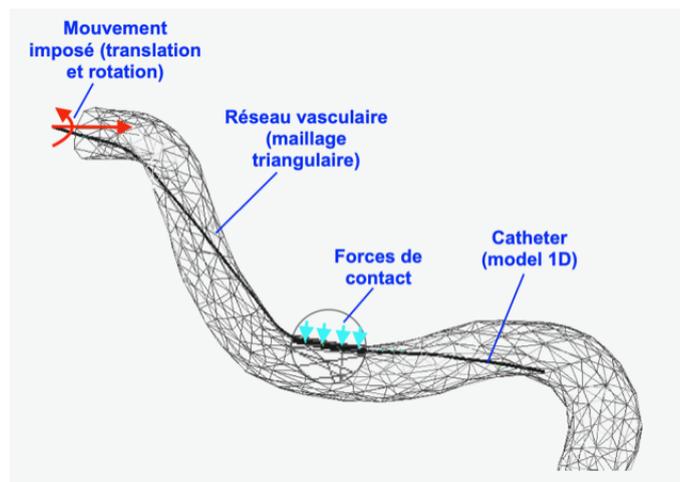


FIGURE 1 – Illustration de la problématique

La modélisation physique est un domaine bien établi qui fait appel à des notions et techniques avancées à la fois en physique, mathématiques et informatique (voir par exemple le cours de D. James [2], un peu ancien mais qui constitue toujours une excellente introduction au domaine). Parmi les forces à simuler, les forces de réponse à une collision posent un problème particulièrement difficile car elles dépendent de la géométrie qui varie pendant la simulation, notamment à cause de ces mêmes forces de collision. Par conséquent, leur gestion – qui recouvre la détection et le calcul de la force de rappel – va être impactée à la fois par la méthode de résolution du système mécanique à simuler, et par la représentation géométrique choisie pour les objets en contact. Dans notre cas particulier, l'objectif est de pouvoir simuler le contact entre un cathéter, objet 1D dont le comportement obéit au modèle mécanique de Cosserat, et une surface représentée de manière implicite. On suivra dès lors 3 étapes :

1. Réaliser un état de l'art sur les méthodes permettant de gérer les contacts entre un objet dynamique et une structure statique avec des contraintes de temps interactif (voir [3] pour une base de travail récente).
2. Implémenter une méthode de gestion contact entre le modèle 1D utilisé dans le projet et une structure tubulaire modélisée de manière discrète par un maillage triangulaire (voir Figure 1)
3. Concevoir et implémenter une méthode de gestion contact entre ce même modèle 1D et la structure cette fois modélisée de manière continue par une surface implicite [4].

Cadre du travail

Ce stage se fera dans le contexte du projet PreSPIN [5] financé par l'ANR. Ce projet consiste à concevoir des outils de simulation pour la planification et le traitement des AVC ischémiques [6]. Plus particulièrement, le stage porte sur la partie simulation de la navigation d'un cathéter [7] dans les vaisseaux sanguins. Ce dernier point est le sujet de la thèse de doctorat de Radhouane Jilani, avec lequel le ou la stagiaire devra travailler en étroite collaboration.

Références

- [1] J. Spillmann. CORDE : Cosserat rod elements for the animation of interacting elastic rods. Thèse de doctorat de l'université Albert Ludwig de Freiburg im Breisgau, 2008. <https://freidok.uni-freiburg.de/fedora/objects/freidok:5775/datastreams/FILE1/content>
- [2] D. James. Physically Based Modeling and Interactive Simulation. *Cours du département d'informatique de Carnegie Mellon University*, 2003. <http://www.cs.cmu.edu/~djames/pbmis/spring03.html>
- [3] B. Wang et al. A Large-scale Benchmark and an Inclusion-based Algorithm for Continuous Collision Detection. *ACM Transactions on Graphics*, 40(5) :1-16 (No 188), 2021. <https://doi.org/10.1145/3460775>
- [4] E. Kerrien et al. Blood vessel modeling for interactive simulation of interventional neuroradiology procedures. *Medical Image Analysis*, 35 :685–698, 2017. https://hal.inria.fr/hal-01390923/file/medima_20161008.pdf
- [5] <https://project.inria.fr/prespin/>
- [6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Accident_vasculaire_c%C3%A9r%C3%A9bral#Isch%C3%A9mique
- [7] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Cath%C3%A9ter>