

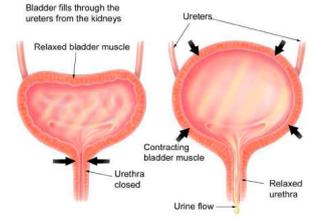
Modélisation du système urinaire inférieur de l'enfant

Lisa GRANDJEAN, LMR UMR CNRS 9008 - Reims
Stéphanie SALMON, LMR UMR CNRS 9008 - Reims

Guillaume DOLLÉ, LMR UMR CNRS 9008 - Reims
Nadia BOUDAUD, CHU de Reims, CReSTIC - Reims
Marie-Laurence POLI-MEROL, CHU de Reims, CReSTIC - Reims

Dans le cadre d'un projet financé par la Fondation des Amis de l'Hôpital Américain de Reims, nous travaillons à la modélisation du système urinaire inférieur de l'enfant en étroite collaboration avec des chirurgiennes pédiatres du CHU de Reims. Nous construisons différents modèles numériques de la vessie de l'enfant de 5 à 10 ans pour reproduire le comportement sain, lors de la miction et du remplissage, afin de mieux comprendre le fonctionnement normal.

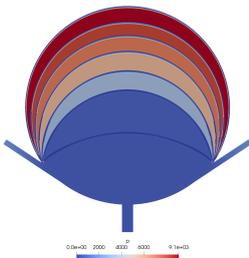
La vessie est l'organe du système urinaire qui reçoit, par les uretères, l'urine produite par les reins, la conserve, avant de l'évacuer par l'urètre. Le muscle vésical, appelé détroiseur, est composé d'une partie très mobile, le dôme vésical qui se distend pour accueillir l'urine et assure la complianc de la vessie. La structure de ce muscle est différente dans la région triangulaire comprise entre les deux méats urétéraux et l'orifice urétral; cette zone, appelée trigone, ne se distend que très peu. À partir de données issues de la littérature, de mesures anatomiques, de bilan urodynamique (données de débits, pressions et volumes), et d'imageries (échographie, cystographie et scanner abdominopelvien), nous construisons des modèles adaptés aux phases de remplissage et de vidange. Dans un premier temps, nous résolvons les équations de Navier-Stokes incompressibles en domaine mobile (1) avec un déplacement imposé provenant des données images.



$$\begin{cases} \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} - \vec{c}) \cdot \nabla \vec{u} - \nu \Delta \vec{u} + \nabla p = 0 & \text{dans } \Omega^t \\ \nabla \cdot \vec{u} = 0 & \text{dans } \Omega^t \end{cases} \quad (1)$$

où \vec{u} est la vitesse du fluide, ν sa viscosité cinématique, p la pression et \vec{c} représente la vitesse du domaine. Puis après avoir étudié différents modèles de structure, nous présentons un modèle plus complet, prenant en compte les interactions fluide-structure, à travers une approche monolithique [2]. Dans ce cadre, on considère un maillage global $\Omega_t = \Omega_t^F \cup \Omega_t^S$ sur lequel on résout le problème (1) pour la partie fluide, dans Ω_t^F , un problème d'élasticité (linéaire ou non) pour la structure, dans Ω_t^S , avec les conditions de couplage sur l'interface Σ_t :

$$\begin{cases} \vec{u}^F = \vec{u}^S & \text{sur } \Sigma_t \\ \sigma^F(\vec{u}^F, p) \vec{n}^F = -\sigma^S(\vec{d}^S) \vec{n}^S & \text{sur } \Sigma_t \end{cases} \quad (2)$$



Les résultats que nous présentons sont obtenus en résolvant ces différents problèmes, par la méthode des éléments finis, avec le logiciel FreeFem++ [1].

[1] F. Hecht. *New development in freefem++*. Journal of Numerical Mathematics, **20(4)**, 2012.

[2] C. Murea. *Three-dimensional simulation of fluid-structure interaction problems using monolithic semi-implicit algorithm*, 2019.