

---

# Modélisation du système urinaire inférieur de l'enfant

Lisa Grandjean<sup>\*1</sup>, Nadia Boudaoud<sup>2</sup>, Guillaume Dollé<sup>1</sup>, Salmon Stéphanie<sup>3</sup>, and Marie Laurence Poli Merol<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Laboratoire de Mathématiques de Reims – Université de Reims - Champagne Ardenne – France

<sup>2</sup>CHU de Reims – Hopital Américain – France

<sup>3</sup>Laboratoire de Mathématiques de Reims – Université de Reims - Champagne Ardenne – France

## Résumé

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 détroisor, est composé d'une partie mobile (dôme vésical) qui se distend plus ou moins pour accueillir l'urine et assure donc la compliance de la vessie. La structure de ce muscle est très différente dans la région triangulaire comprise entre les deux orifices urétéraux et l'orifice urétral, puisque cette zone, appelée trigone, quant à elle ne se déforme pas. Nous essayons de construire un modèle numérique de la vessie de l'enfant pour retrouver son comportement sain, lors de la miction et du remplissage, dans un premier temps, pour réussir à modéliser certaines pathologies par la suite. Nous travaillons avec des chirurgiennes en pédiatrie, ce qui nous permet de construire des modèles numériques basés sur diverses données cliniques, en particulier des mesures, débits, pressions, résultats de bilans urodynamiques ou encore des images de cystographies.

Lors de la miction, une contraction du détroisor provoque la déformation de la paroi de la vessie (dôme vésical) et l'évacuation de l'urine. Au cours de la vidange, durant environ trente secondes, la taille de la vessie diminue. N'ayant pas beaucoup d'informations sur la structure de la partie déformable du détroisor, nous la considérons passive dans un premier temps. Dans ce premier modèle, nous utilisons la méthode Arbitrary Lagrangian Eulerian (ALE) pour résoudre les équation de Navier-Stokes avec une surface libre, en domaine mobile. Cela permet d'inclure explicitement une vitesse de déplacement du domaine dans les équations de la mécanique des fluides. Cette vitesse de déplacement est calculée par extension harmonique de la vitesse du fluide sur la surface libre. Nous résolvons ce problème par la méthode des éléments finis et réalisons les simulations à l'aide du logiciel FreeFem++. La surface libre correspond alors au dôme vésical, et la partie basse de la vessie est fixe puisque nous tenons compte de la présence du trigone. La vitesse en sortie (urètre) lance alors le mécanisme, et la structure suit passivement la descente du fluide.

Concernant le remplissage de la vessie, l'urine pénètre progressivement par les uretères et pousse le dôme vésical jusqu'à atteindre la capacité maximale de la vessie. Cette étape du cycle, contrairement à la vidange, se fait de manière très progressive pendant environ trois heures. Nous cherchons un modèle d'interactions fluide-structure qui permette de reproduire le fonctionnement normal de la vessie, notamment un déplacement de la paroi qui soit en accord avec les images médicales, ainsi qu'une pression vésicale qui reste raisonnable tout au long du cycle afin d'éviter tout reflux vers les reins.

Afin de mieux comprendre le comportement de la pression au cours du remplissage, nous

---

\*Intervenant

avons réalisé un modèle électrique RC, dont la Résistance représente la pression de l'urètre, qui est fermé, et la Compliance représente la capacité du muscle vésical à se distendre afin de permettre une augmentation de volume sans grande augmentation de pression. Ce modèle nous a permis de retrouver des courbes d'évolution de pression saines, et de comparer avec des profils pathologiques. Ces différentes données sont issues de bilan urodynamiques réalisées au préalable par les chirurgiennes.

**Mots-Clés:** Mécanique des fluides, méthode des éléments finis, méthode ALE, interactions fluide, structure