

Non-linéarité dans des systèmes micro-fluidiques par des valves

Alaa Bou Orm, Badr Kaoui

Biomécanique et Bioingénierie, CNRS, Université de Technologie de Compiègne, 60200 Compiègne, France
 alaa.bou-orm@utc.fr, badr.kaoui@utc.fr

L'écoulement des fluides dans les canaux des systèmes micro-fluidiques s'opère en régime stationnaire et linéaire en raison du faible nombre de Reynolds, caractéristique de l'absence d'effets inertiels à petite échelle. Un intérêt croissant émerge pour l'exploration des phénomènes non-linéaires dans les systèmes micro-fluidiques, en particulier pour des applications variées de contrôle des débits [1]. En complément des techniques déjà proposées dans la littérature, nous suggérons l'utilisation de valves bicuspides, composées de deux feuillets, similaires à celles trouvées dans les veines et les vaisseaux lymphatiques [2,3,4], afin de prévenir un reflux. À ce stade, notre étude est purement numérique. Nous avons développé une méthode numérique basée sur la méthode de Boltzmann sur réseau, mieux adaptée à la prédiction de l'écoulement se développant dans des géométries complexes telles que celles des systèmes micro-fluidiques. La mécanique d'ouverture-fermeture des valves est calculée par la méthode des ressorts, avec un couplage fort avec l'écoulement via la méthode des frontières immergées [5]. Les résultats obtenus par des simulations en 2D pour les performances d'une jonction en T, avec et sans valves, sont présentés dans les Figs. 1a et 1b, ainsi que le débit de sortie Q_{out} en fonction du gradient de pression $\Delta P = P_1 - P_{out}$ entre les entrées et la sortie de la jonction, illustré dans la Fig. 1c. Le débit obtenu à la sortie est non-linéaire en présence des valves. En outre, nous présentons un cas plus fascinant, à savoir l'évolution du régime d'écoulement dans une cascade de jonctions, comme illustré dans la Fig. 1d. Pour cette configuration, nous examinons la nature du débit à la sortie, qu'il soit stationnaire ou non, en fonction de l'amplitude et de la fréquence de l'aspect oscillatoire des écoulements au niveau des entrées multiples. Cette étude nous aidera à prévoir et à analyser le drainage de la lymphe au sein des réseaux de vaisseaux lymphatiques [2,3].

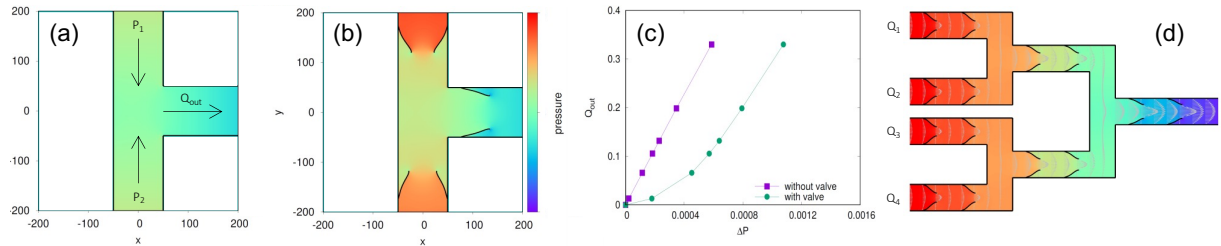


Figure 1. a) Champ de pression calculé dans une jonction en T sans valves, b) Pression en présence des valves, c) Débit à la sortie Q_{out} en fonction du gradient de pression imposé entre les entrées et la sortie de la jonction $\Delta P = P_1 - P_{out}$, d) Champs de pression et de vitesse se développant dans une cascade de jonctions.

Références

1. B. Sarah, D.A. Weitz & G.M. Whitesides, *Chemical Reviews* **122**, 7, 6921-6937 (2022)
2. T.P. Padera, E.F.J. Meijer & L.L. Munn, *Annual Review of Biomedical Engineering* **18**, 125-158 (2016)
3. J.E. Moore & C.D. Bertram, *Annual Review of Fluid Mechanics* **50**, 459-82 (2018)
4. S.C. Hofferberth *et al.*, *Science Translational Medicine* **12**, eaay4006 (2020)
5. A. Bou Orm & B. Kaoui, Computer simulations of the lymphatic vessels and valves dynamics, The 18th International Conference for Mesoscopic Methods in Engineering and Science, June 27th - July 1st, 2022, La Rochelle, France