Étude de la dynamique des bouchons liquides non-Newtoniens : de la microfluidique aux maladies pulmonaires

Contexte et objectifs

Le poumon est une structure en arbre fractal dont la fonction primaire est d'assurer efficacement les échanges gazeux entre l'atmosphère et le système sanguin. Les parois de l'arbre pulmonaire sont couvertes d'une couche de mucus, un fluide non-Newtonien dont la fonction est de capter les impuretés présentes dans l'air. Dans un poumon sein, l'épaisseur de cette couche représente quelques pourcents des voies pulmonaires. Néanmoins, des maladies pulmonaires comme la mucoviscidose ou la bronchite chronique peuvent considérablement augmenter l'épaisseur de cette couche, qui devient alors instable, aboutissant ainsi à la formation de bouchons de mucus. Ceux-ci altèrent considérablement la circulation de l'air dans les poumons pouvant dans certains cas aboutir à des insuffisances respiratoires.

L'objectif de ce stage est de comprendre la dynamique de ces bouchons de mucus (déplacement, rupture) dans des géométries simplifiées, à savoir des canaux transparents dont les diamètres sont comparables à ceux des voies pulmonaires distales (taille submillimétrique). En particulier, le stage se focalisera sur l'étude de l'influence des propriétés non-Newtoniennes de ces fluides (comportement rhéofluidifiants, fluides à seuil, fluides thixotropes) sur cette dynamique. Pour cela, les expériences seront réalisées avec différents fluides puis un simulant du mucus couramment utilisé dans la communauté médicale (Actigum TM). La dynamique des ponts liquides sera observée expérimentalement à l'aide de caméra rapides, de microscopes et de systèmes de micro-PIV. Des modèles phénoménologiques simples seront développés pour comparer à la dynamique observée. Enfin des simulations numériques seront réalisées sur le logiciel OpenFoam en partenariat avec des chercheurs de l'IEMN.

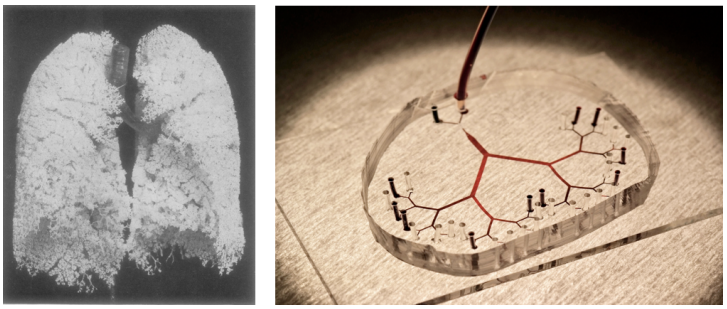

FIGURE 1 – Gauche : Arbre bronchique obtenu par technique de moulage via l'injection de résine à l'intérieur du poumon. Droite : Arbre synthétique en PDMS utilisé pour étudier la dynamique de bouchons liquides dans une structure en arbre [2].

Organisation et Compétences Requises : La durée de stage sera 5 mois (février à juillet 2019) et s'effectuera au centre de recherche de Douai de l'IMT Lille-Douai en collaboration avec l'IEMN de l'université de Lille. Le stage s'adresse à un(e) étudiant(e) avec un cursus en physique ou mécanique des fluides, ayant un goût pour la réalisation d'expériences en métrologie optique de type PIV et l'analyse d'images. Une connaissance en fluides complexes est en plus sans être un pré-requis. Durant le stage l'étudiant(e) acquerra des compétences en microfluidique, en rhéologie et en dynamique et organisation de la matière molle.

Contacts

- Encadrant : S. Amir BAHRANI, IMT Lille-Douai : amir.bahrani@imt-lille-douai.fr
- Co-Encadrants : Michaël BAUDOIN & Peter Favreau, IEMN, UMR 8520 CNRS, Univ. Lille : michael.baudoin@univ-lille1.fr & peter.favreau@ens-cachan.fr

Références

[1] Y. Song et al., *Med. Eng. Phys.*, 337 (2011). [2] M. Baudoin et al., *Proc. Nat. Ac. Sci.*,, 110 (2013). [3] J. C. Magniez et al., *Soft Matter*, 12 (2016). [4] S. Signé Mamba et al., *J. Fluid Mech.*, 838 (2018). [5] S. Signé Mamba, *Int. J. Multiph. Flow*, In press (2018).