

## Sujet de postdoctorat

### Modélisation de la dynamique d'un film de mucus viscoélastique dans une voie respiratoire élémentaire

Dans l'arbre de conduction des voies aériennes pulmonaires (les 15 premières générations de l'arbre trachéobronchique), l'évacuation ou la clairance du mucus, dont une des tâches est de capter les particules étrangères au corps humain, se fait par voie muco-ciliaire, c.-à-d. par le battement coordonné de cils submergés dans une sous-couche de liquide périciliaire, ainsi que sous l'effet de la respiration. Ces voies aériennes sont suffisamment rigides pour résister aux contraintes visqueuses du mucus et, entre les générations 5 et 15, l'écoulement d'air y est laminaire. Le projet proposé concerne cette partie du système respiratoire.

Plusieurs revues bibliographiques récentes pointent un manque de simulations numériques physiologiquement représentatives de l'écoulement de mucus. En particulier, la compréhension du rôle que joue la viscoélasticité du mucus dans la clairance est identifiée comme verrou majeur à lever. Il en découle la nécessité de développer des modèles prédictifs permettant d'évaluer l'effet de la viscoélasticité du mucus sur les différents mécanismes de clairance, par voie muco-ciliaire et par la toux, afin d'aider à aiguiller le développement de médicaments. Par exemple, des études physiologiques ont démontré que l'élasticité du mucus agit de manière différente sur les deux mécanismes de clairance, l'améliorant dans le premier cas et la détériorant dans le deuxième.

Il est donc proposé dans le cadre de ce projet de développer un modèle à basse dimension permettant de représenter à l'échelle élémentaire, c'est-à-dire au sein d'une bronche individuelle, la stabilité et la dynamique non-linéaire d'un film de mucus, prenant en compte la rhéologie viscoélastique du mucus (Halpern et al., Phys. Fluids, 2010 ; Zhou et al., J. Fluid Mech., 2016), le transfert de quantité de mouvement depuis les cils (Manolidis et al., J. Biomech. Eng., 2016), ainsi que l'effet dynamique d'un gaz actif au cœur de la voie aérienne (Dietze et Ruyer-Quil, J. Fluid Mech., 2015). Ce modèle reposera sur une approche intégrale de couche limite WRIBL (weighted residual integral boundary layer) représentant l'écoulement en fonction des débits (liquide et gaz) et de l'épaisseur instantanés du film (Dietze et al., J. Fluid Mech., 2020). En éliminant la dimension radiale du problème, le modèle permettra des études paramétriques conséquentes à l'aide de simulations numériques à faible coût de calcul. Ces calculs seront confrontés à des simulations directes reposant sur les équations de Navier-Stokes entières (Grenier et al., J. Comp. Phys., 2013).

Le postdoctorat sera centré sur la modélisation et encadré par les laboratoires FAST (Georg Dietze, CNRS, Université Paris-Saclay), LISN (Nicolas Grenier, Université Paris-Saclay) et PMC (Marcel Filoche, CNRS, École Polytechnique). Il bénéficiera également d'un regard physiologique à travers l'équipe « Biomécanique & Appareil Respiratoire » de l'Institut Mondor de Recherche Biomédicale (IMRB), où est impliqué Marcel Filoche.

Le postdoctorat sera localisé au laboratoire FAST et durera 12 mois à partir du printemps 2021. Le financement est acquis via le Labex LaSIPS (Laboratoire Systèmes et Ingénierie du Plateau de Saclay).

Georg DIETZE (CNRS, Laboratoire FAST)

Tel : 0169158057

Courriel : [georg.dietze@universite-paris-saclay.fr](mailto:georg.dietze@universite-paris-saclay.fr)

Web : <http://www.fast.u-psud.fr/~dietze>

19/02/2021