

Proposition de stage / Internship

Modélisation de l'interaction air-mucus dans un modèle 3D du poumon humain

Modeling of air-mucus interactions in a 3D model of the human lung

Laboratoire JA Dieudonné à Nice, France

(see below for english version)

Encadrant :

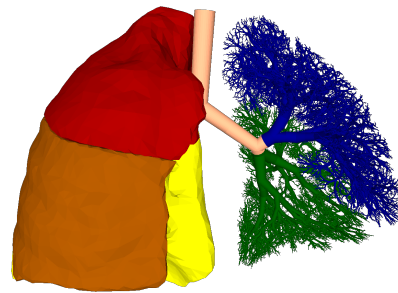
Benjamin Mauroy

Contact :

benjamin.mauroy@univ-cotedazur.fr

Web :

<http://benjamin.mauroy.free.fr>



Lieu : laboratoire JA Dieudonné (LJAD), parc Valrose,
Université Côte d'Azur, Nice.

Contexte scientifique.

La kinésithérapie respiratoire est utilisée fréquemment pour traiter les pathologies pulmonaires d'encombrement induisant un excès de mucus bronchique. Cette discipline est encore aujourd'hui empirique et nécessite d'être validée scientifiquement. Un grand nombre de techniques de kinésithérapie utilise l'interaction entre l'air et le mucus pour mettre le mucus en mouvement et ainsi favoriser son drainage. En agissant sur la paroi du thorax, les kinésithérapeutes induisent des flux d'air dans le poumon qui vont interagir avec le mucus bronchique, situé sur la paroi des bronches. Compte-tenu, entre autres, de la complexité de la géométrie du poumon, repliée sur elle-même, et de la rhéologie du mucus, comprendre expérimentalement les dynamiques induites par ces techniques reste difficile. La modélisation mathématique et numérique est donc un outil idéal pour étudier ces interactions.

Au laboratoire JA Dieudonné, nous avons acquis une expertise depuis plusieurs années sur la modélisation de la kinésithérapie respiratoire et travaillons à améliorer la compréhension de cette discipline en collaboration avec des médecins, des kinésithérapeutes et des mécatroniciens. Récemment, nous avons développé un modèle intégré tridimensionnel du poumon permettant de prédire, à un coût raisonnable, l'écoulement de l'air dans les bronches à partir de pressions ou déplacements appliqués sur un thorax idéalisé. Ce modèle permet en particulier d'avoir accès, dans l'espace et dans le temps, à la contrainte moyenne appliquée par l'air sur la paroi de chaque bronche, là où se situe le mucus.

Objectifs du stage.

Ce stage vise à travailler avec ce modèle, à l'étudier et à le développer. La ou le stagiaire sélectionné-e pourra travailler sur un ou plusieurs des points suivants :

- Etudier les distributions des contraintes aux parois dans les bronches pulmonaires en fonction de différents scénarios de ventilation pulmonaire.
- Etudier les distributions des contraintes aux parois dans les bronches pulmonaires en appliquant des déplacements issus de mesures expérimentales faites par nos collègues mécatroniciens.
- Coupler le modèle du poumon avec un modèle OD d'interaction air-mucus dans les bronches développé au laboratoire, dans le but de développer un modèle de première approximation de la dynamique de l'interaction air-mucus dans un modèle 3D du poumon.

Mots-clefs : modélisation, poumon, mécanique, mécanique des fluides, transport de mucus, ODE, EDP, éléments finis.

Cadre : Ce stage se déroulera dans le cadre des projets de recherche VirtualChest et VADER du LJAD.

Pour plus de détail, voir <http://benjamin.mauroy.free.fr>.

Profil :

Profil mathématiques appliquées, ingénieur ou physique numérique.

Des connaissances de base en mécanique et/ou mécanique des fluides et en éléments finis seront importantes pour ce stage.

Un intérêt pour la biologie sera fortement apprécié.

Une poursuite en thèse sur ce sujet ou sur un sujet connexe pourra être envisagée selon l'évolution du stage.

Modeling of air-mucus interactions in a 3D model of the human lung

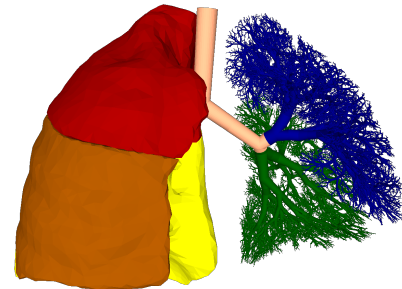
Laboratoire JA Dieudonné à Nice, France

Supervisor: Benjamin Mauroy

Contact: benjamin.mauroy@univ-cotedazur.fr

Website: <http://benjamin.mauroy.free.fr>

Location: JA Dieudonné Laboratory (LJAD), Valrose campus, Université Côte d'Azur, Nice, France.



Scientific context

Respiratory physiotherapy is frequently used to treat pulmonary obstructive diseases characterized by an excess of bronchial mucus. This discipline remains largely empirical and needs scientific validation. Many physiotherapy techniques rely on the interaction between air and mucus to mobilize mucus and promote its drainage. By acting on the chest wall, physiotherapists induce airflows in the lungs that interact with the bronchial mucus located on the bronchial walls.

Given, among other factors, the complexity of lung geometry, folded upon itself, and the rheology of mucus, understanding experimentally the dynamics induced by these techniques remains difficult. Mathematical and numerical modeling is therefore an ideal tool to study these interactions.

At the JA Dieudonné Laboratory, we have developed over the years strong expertise in modeling respiratory physiotherapy. We aim to improve the understanding of this discipline through collaborations with physicians, physiotherapists, and mechatronics engineers. Recently, we have developed an integrated three-dimensional model of the lung that can predict, at reasonable computational cost, airflow in the bronchi from pressures or displacements applied to an idealized thorax. This model provides access, in both space and time, to the average shear stress exerted by air on the wall of each bronchus, where the mucus is located.

Internship objectives

The goal of this internship is to work with, study, and further develop this model. The selected intern will work on one or several of the following tasks:

- Study the distribution of wall shear stresses in the pulmonary bronchi under different pulmonary ventilation scenarios.
- Study the distribution of wall shear stresses in the bronchi by applying displacements measured experimentally by our mechatronics collaborators.
- Couple the lung model with a 0D air-mucus interaction model developed in our laboratory, in order to build a first approximation model of the air-mucus dynamics in a 3D model of the lung.

Keywords: modeling, lung, mechanics, fluid mechanics, mucus transport, ODE, PDE, finite elements.

Framework: This internship is part of the VirtualChest and VADER research projects conducted at the JA Dieudonné Laboratory.

For more details, see <http://benjamin.mauroy.free.fr>