

Modélisation mathématique et étude numérique du transport d'aérosols dans les voies supérieures du poumon humain

La compréhension du transport d'aérosols dans les voies respiratoires est motivée, entre autre, par la perfection de l'aérosolthérapie. Ce phénomène est modélisé dans ce travail par un couplage d'équations aux dérivées partielles issues de la mécanique des fluides et de la théorie cinétique. Ainsi, le fluide est décrit par des fonctions macroscopiques (vitesse, pression), par l'intermédiaire des équations de Navier-Stokes incompressibles tandis que la phase dispersée est décrite par sa densité dans l'espace des phases, grâce à une équation de transport (Vlasov ou Vlasov-Fokker-Planck). Le couplage effectué est fort, en ce sens qu'il associe à l'aérosol une force de rétroaction correspondant au retour de l'accélération de traînée fournie par le fluide : l'interaction fluide/spray se fait dans les deux sens. Enfin, les équations sont en toute généralité considérées en domaine spatial mobile, ceci afin de tenir compte de l'éventuel mouvement des bronches. Par exemple, dans le cas du couplage Vlasov/Navier-Stokes, le système s'écrit :

$$\begin{cases} \partial_t f + \xi \cdot \nabla_x f + \nabla_\xi \cdot [A_d f] = 0, & t \in \mathbb{R}_+, \quad x \in \Omega_t, \quad \xi \in \mathbb{R}^3 \\ \partial_t u + u \cdot \nabla_x u + \nabla_x p - \Delta_x u = F_{\text{spray}}(t, u, x), & t \in \mathbb{R}_+, \quad x \in \Omega_t, \quad (\text{VNS}) \\ \nabla_x \cdot u = 0, & t \in \mathbb{R}_+, \quad x \in \Omega_t, \end{cases}$$

où A_d est le champ d'accélération de traînée des particules, F_{spray} la force de rétroaction et Ω_t le domaine mobile.

Nous décrivons dans l'exposé une méthode ALE/particulaire développée pour approcher le système (VNS) (en domaine mobile cette fois). La méthode utilisée consiste en un couplage explicite d'une méthode ALE/éléments finis pour le fluide et d'une méthode particulaire pour la phase dispersée. L'algorithme développé nécessitant une procédure de localisation des particules dans le maillage, celle-ci a également été mise en place.

Le code implémenté a ensuite été utilisé pour des simulations en domaine fixe, visant à reproduire des expériences réalisées à l'INSERM de Tours, et en domaine mobile pour estimer l'influence de l'aspect "mouvant" sur la capture de particules.



Ayman Moussa

Le séminaire du «Groupe de Modélisation Mathématique, Mécanique et Numérique - GM³N» s'adresse à tout public d'enseignant-chercheurs
<http://www.math.unicaen.fr/~dogbe/seminaires.html>



Conférence de Ayman Moussa

Ecole Normale Supérieure de Cachan

CMLA (Centre de Mathématiques et de Leurs Applications)

Lundi 23 Novembre 2009, à 14 heures

Université de Caen, UFR Sciences, Campus 2

Département de Mathématiques

Salle S3 – 124



Université de Caen
Basse-Normandie