

Modélisation de biosprays dans les voies respiratoires supérieures

Laurent BOUDIN, Université Paris 6 - Pierre et Marie Curie

Céline BARANGER, CEA/DAM

Pierre-Emmanuel JABIN, Université de Nice - Sophia-Antipolis

Simona MANCINI, Université d'Orléans

Mots-clés : équation cinétique, méthode particulière

Les modèles cinétiques sont utilisés pour décrire un ensemble de particules numériques d'un point de vue statistique. Couplés avec un modèle d'équations fluides classiques, ils ont été d'abord utilisés par Williams [4] dans le contexte de la théorie de la combustion. Puis O'Rourke [3] a plus spécifiquement étudié l'équation cinétique, prenant en compte de nombreux phénomènes physiques (transport, collision, coalescence, etc.), essentiellement en rapport avec l'industrie nucléaire.

Le travail présenté ici est dédié aux aérosols (ou sprays), pour lesquels on peut utiliser des modèles cinétiques, ou couplés fluide-cinétique lorsqu'on s'approche de modèles plus réalistes. On s'intéresse plus spécifiquement aux aérosols circulant dans les voies respiratoires supérieures. Les aérosols sont utilisés comme vecteurs de traitements médicamenteux, pour des maladies fréquentes comme la grippe ou des maladies respiratoires comme l'asthme. Dans chaque cas, on veut générer un spray de gouttelettes ayant des caractéristiques spécifiques (vitesse, taille, température, comportement en terme de coalescence, de fragmentation, de collisions, etc.). Une gouttelette est constituée de produit actif destiné à soigner les zones infectées, mais aussi d'autres fluides, dont le rôle est de protéger le produit actif situé à l'intérieur de la gouttelette jusqu'à ce qu'elle atteigne les zones infectées. Nous nous sommes principalement intéressés à deux types de sprays: les aérosols inhalés et les sprays injectés.

Ce travail, initié au cours du CEMRACS 2004 [1], est la première étape d'une étude consacrée aux aérosols dans les voies respiratoires supérieures. Dans l'équation cinétique suivante, très similaire à celle que l'on peut trouver dans [2],

$$\partial_t f + v \cdot \nabla_x f + \nabla \cdot (f(u - v)) + \partial_r(\chi f) = \Delta_v f,$$

la fonction de densité de probabilité des gouttelettes f dépend du temps t , de la position x , de la vitesse v , du rayon r des gouttelettes supposées sphériques. La quantité χ décrit l'évolution du rayon des gouttelettes, et u désigne le champ de vitesse de l'air ambiant. L'équation peut être couplée avec les équations de Navier-Stokes.

Notre travail [1] a consisté à étudier le comportement d'une solution numérique 2D de ce problème fluide-cinétique résolu par une méthode de volumes finis pour la partie fluide et une méthode particulière pour l'aérosol. La gorge est modélisée par un ensemble de deux parallélépipèdes (horizontal et vertical), les gouttelettes injectées ont des vitesses élevées, les aérosols inhalés sont presque immobiles.

Références

- [1] C. BARANGER, L. BOUDIN, P.-E. JABIN, S. MANCINI, *A modeling of biospray for the upper airways*, ESAIM Proc. 14, 41–47, 2005.
- [2] R. CAFLISCH, G.C. PAPANICOLAOU, *Dynamic theory of suspensions with Brownian effects*, SIAM J. Appl. Math. 43 (4), 885–906, 1983.
- [3] P.J. O'ROURKE, *Collective drop effects on vaporizing liquid sprays*, PhD thesis, Los Alamos National Laboratory, 1981.
- [4] F.A. WILLIAMS, *Combustion theory*, second edition, Benjamin Cummings, 1985.

Laurent BOUDIN – laurent.boudin@upmc.fr

Laboratoire Jacques-Louis Lions, UPMC et CNRS UMR 7598, Boîte courrier 187, 175 rue du Chevaleret, 75013 Paris

Céline BARANGER – celine.baranger@cea.fr

CEA/DAM, CEB3, BP 12, 91680 Bruyères-le-Châtel

Pierre-Emmanuel JABIN – jabin@math.unice.fr

Laboratoire Jean-Alexandre Dieudonné, UNSA et CNRS UMR 6621, Parc Valrose, 06108 Nice Cedex 02

Simona MANCINI – simona.mancini@univ-orleans.fr

MAPMO, Univ. d'Orléans et CNRS UMR 6628, BP 6759, 45067 Orléans Cedex 2