

Role de la variabilité sur la forme optimale d'un arbre asymétrique, application aux poumons.

Benjamin MAUROY, Laboratoire MSC, Paris 7 / CNRS

Plamen BOKOV, Laboratoire MSC, Paris 7 / CNRS

Mots-clés : modélisation, poumons, mécanique des fluides, asymétrie, optimisation, sélection naturelle, dynamique des populations.

Le caractère asymétrique de l'arbre bronchique a été décrit à de nombreuses occasions [1]. Plus précisément, les bronches du poumons bifurquent la plupart du temps en une bronche majeure et une bronche mineure. Cette asymétrie a un effet sur la résistance hydrodynamique et le volume de l'arbre bronchique, c'est pourquoi nous avons cherché à en comprendre les conséquences en terme d'optimisation de la géométrie pulmonaire.

Nous avons d'abord cherché la forme optimale d'un arbre asymétrique parcouru par un fluide en régime de Poiseuille. Ce type d'arbre forme un bon modèle pour la partie distale (profonde) de l'arbre bronchique. La géométrie de cet arbre est contrôlée par des facteurs de réduction [2] qui déterminent les changements de taille d'une bronche lorsqu'elle bifurque, avec un facteur différent pour les bronches majeures et mineures et qui dépend de sa génération.

Nous montrerons [4] que l'arbre asymétrique qui optimise la résistance hydrodynamique à volume borné a un facteur de réduction adimensionnel à partir de la deuxième génération et que ce facteur dépend fortement de l'asymétrie des branchements. Cette optimisation donne aussi accès à une fonction de coût qui a la particularité d'être asymétrique autour de son minimum.

Nous montrerons ensuite qu'une telle fonction de coût associée à un objet biologique soumis à de la variabilité (développementale par exemple) tel que le poumon n'induit pas forcément la sélection naturelle à minimiser ce coût (théorie du "cliff-edge" [3]). Nous proposerons donc une fonction de coût alternative qui intègre la variabilité.

Finalement, nous appliquerons ce résultat au poumon et comparerons les prédictions de notre modèle avec les données disponibles dans la littérature [4].

Références

- [1] M.H. TAWHAI, P. HUNTER, J. TSCHIRREN, J. REINHARDT, G. MCLENNAN, A.E. HOFFMAN, *CT-based geometry analysis and finite element models of the human and ovine bronchial tree*, J. Appl. Physiol. 97 231021, 2004.
- [2] B. MAUROY, M. FILOCHE, E. R. WEIBEL, B. SAPOVAL, *An optimal bronchial tree may be dangerous*, Nature, 427, 633-636, 2004.
- [3] M.D. MOUNTFORD, *The significance of litter size*, Journal of Animal Ecology 37: 363-367, 1968
- [4] B. MAUROY, P. BOKOV, *Influence of variability on the optimal shape of a dichotomous airway tree branching asymmetrically.*, Phys. Biol. 7 016007, 2010.

Benjamin MAUROY, Laboratoire MSC, Université Paris 7 / CNRS, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris

`benjamin.mauroy@univ-paris-diderot.fr`

Plamen BOKOV, Laboratoire MSC, Université Paris 7 / CNRS, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75013 Paris

`plamen.bokov@univ-paris-diderot.fr`