ÉCOULEMENT DANS UN ANÉVRISME: COMPARAISON DE DIFFÉRENTES MÉTHODES DE TYPE COUCHE LIMITE.

P.-Y. LAGRÉE,
Laboratoire de Modélisation en Mécanique
UMR 7607 Boîte 162
Université Paris 6, 75252 Paris
pyl@ccr.jussieu.fr

INTRODUCTION

Les pathologies liées aux anévrismes sont une cause non négligeable de décès [1] & [2], la décision d'opérer peut être étayée (entre autres) par une compréhension mécanique fine. La résolution par les équations de Navier Stokes, en supposant la paroi rigide et le régime établi (écoulement stationnaire et axi-symétrique), est maintenant parfaitement possible (même par des codes commerciaux) [1] & [2]. Cependant, nous pensons que les méthodes simplifiées (de type couche limite interactive) ont encore leur mot à dire: elles extraient les phénomènes fondamentaux (mécanismes et échelles), elles permettent de dimensionner rapidement le problème et de trouver les jeux de paramètres sans dimensions pertinents pour comparer les résultats numériques bruts aux expériences *in vivo* ou *in vitro*. Leur simplicité permet de faire des calculs rapides et d'étudier ainsi les tendances induites par la variation des paramètres.

MÉTHODE

Nous présentons ici différentes modélisations issues des techniques de couche limite de l'aérodynamique. Dans un premier temps, on veut montrer que les résultats obtenus par [1] et [2] peuvent être réinterprétés (en se plaçant dans leurs mêmes hypothèses d'écoulement stationnaire). Il faut définir la possibilité ou nom de l'existence d'un écoulement de type "bouchon". Si tel est le cas, c'est que l'on est à grand nombre de Reynolds en turbulent ou laminaire: la méthode que nous adaptons ici à un écoulement interne est celle de la "couche limite interactive" (Interacting Boundary Layer: IBL) qui est très utilisée et très efficace dans les écoulements externes (autour d'ailes d'avions) [3]. On décompose l'écoulement en deux parties: une partie où la viscosité est négligeable (fluide parfait, loin de la paroi) et une partie où elle est prépondérante (couche limite, près de la paroi). La solution de fluide parfait (linéarisée pour simplifier à outrance, mais on peut ensuite affiner) est simplement telle que les variations de pression sont égales à deux fois les variations de la hauteur de la paroi (d'après la conservation du flux et Bernoulli). Cette pression fait s'épaissir la couche limite. L'ingrédient essentiel est que cet épaississement se comporte comme une paroi fictive qui "engraisse" la vraie paroi: la variation de pression de fluide parfait doit donc tenir compte en fait de la variation de paroi plus celle de l'épaisseur de déplacement de couche limite. La mise en œuvre de la résolution numérique de la partie couche limite est un peu délicate car il y a séparation de la couche limite (méthode itérative dite semi- inverse [3] pour résoudre l'écoulement séparé). Les fondements asymptotiques sont dans [4], et font appel à la "triple couche". Si maintenant la couche limite a envahi tout le tube, le profil d'entrée est non plus plat mais parabolique; la triple couche permet une nouvelle fois la description asymptotique du phénomène [5] (en double couche); la séparation ne produit alors aucun déplacement à l'ordre le plus bas dans le cœur de l'écoulement.

Dans un second temps, mettant en cause l'hypothèse d'instationnarité et de paroi rigide, on propose un modèle instationnaire [6] de résolution des équations de Ling & Atabek (sans leur simplification du terme non linéaire), il s'agit de l'écoulement pulsé dans un tuyau souple avec une variation de section.

RÉSULTATS

Nos modélisations stationnaires se comparent qualitativement, voire quantitativement, aux simulations de [1] et [2], dans les cas IBL et dans le cas où le profil d'entrée est celui de Poiseuille (fig. 1).

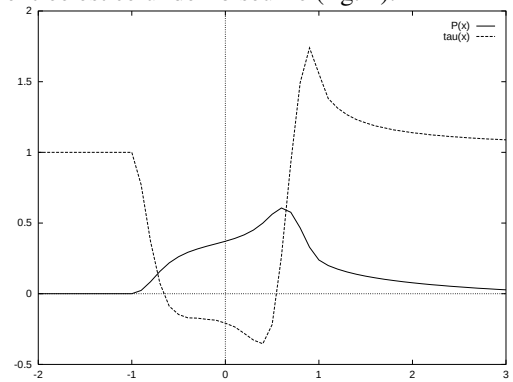

fig. 1 Un exemple d'évolution du frottement pariétal et de la pression, anévrisme entre -1 et 1. Bon accord avec [1] cas Re=1000 modèle 4.

CONCLUSION

Nous avons en fait fait une revue de techniques classiques de l'aérodynamique appliquées ici en écoulement interne (le cas du profil plat est original). Les résultats sont encourageants mais ne sont valables que dans les cas quand même assez restrictifs envisagés par [1] et [2]. À noter que ces méthodes peuvent être appliquées sans encombres à des écoulements respiratoires.

RÉFÉRENCES

[1] BUDWIG R. et al. (1993) J. of Bio. Eng., 115, nov., 419- 423.
[2] BLUESTEIN D. et al. (1996) J. of Bio. Eng., 118, aug., 280- 286.
[3] LE BALLEUR (1982) VKI lecture series 1982-04, 1-87.
[4] RUBAN A.I. & TIMOSHIN S.N. (1986) Fluid Dyn., 2, 74-79.
[5] SAINTLOS S. & MAUSS J. (1996) Int. J. Engng. Sci., 34, 2, 201-211.
[6] LAGRÉE (1998) cette même revue.