

Mise en œuvre d'un modèle de paroi pour la simulation d'écoulements en milieu poreux-fluide

Stage proposé par le laboratoire M2N du CNAM en collaboration avec le laboratoire Dynfluid en co-tutelle Arts et Métiers ParisTech / CNAM

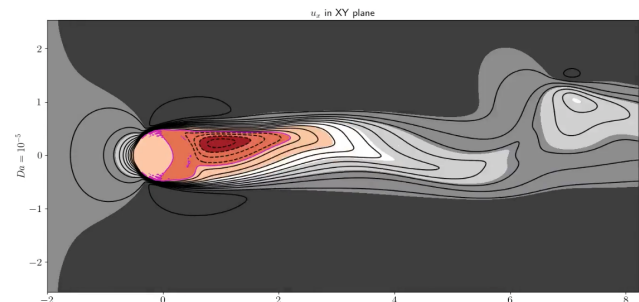
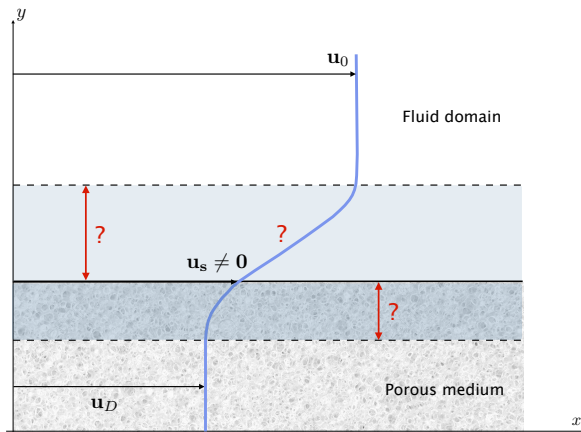
Contexte scientifique

La présence d'un milieu poreux immergé dans un écoulement modifie la nature de ce dernier au voisinage de l'interface milieu poreux/milieu fluide permettant ainsi, sous certaines conditions, de régulariser voire de retarder les transitions de régimes d'écoulement. Les milieux poreux permettent ainsi de contrôler passivement les écoulements et trouvent leur application aussi bien dans des écoulements naturels qu'industriels.

Des travaux très récents [1] réalisés dans le cadre de simulations numériques d'écoulements autour d'une sphère poreuse donnent des éléments de compréhension de la dynamique de sillage en milieu poreux-fluide dans le cas de régimes laminaires ($Re \leq 400$). Ils mettent en évidence le fait que, pour des valeurs élevées de perméabilité de la sphère, l'écoulement est régularisé, avec un retardement de la transition (matérialisé par le détachement et l'éloignement de la zone de recirculation vis à vis de la paroi poreuse) et une baisse du coefficient de traînée. En revanche, pour des valeurs de perméabilité intermédiaires, l'écoulement est perturbé et donc transitionne plus rapidement (matérialisé par la pénétration de la zone de recirculation à l'intérieur de la sphère poreuse) avec une augmentation de la traînée comparé au cas de la sphère solide.

L'explication fine de cette dynamique de sillage complexe autour de corps poreux repose sur la compréhension des mécanismes locaux agissant au niveau de l'interface poreux-fluide. En particulier la dynamique de la couche limite poreuse reste encore mal connue et nécessite des investigations supplémentaires sur des cas tests simples.

(a) Quelle caractérisation de la couche limite et quel profil de vitesse à l'interface poreux-fluide ?



(b) Coupe transversale d'un écoulement 3D à travers une sphère poreuse de perméabilité faible à $Re = 300$.

Figure 1: Écoulement en milieu poreux-fluide

Objectifs et déroulé du stage

L'objectif de ce stage est donc de se focaliser sur l'étude numérique d'une couche poreuse afin d'établir une modélisation de la vitesse dans la zone transitionnelle entre les deux milieux.

Dans un premier temps, une étude bibliographique sera réalisée pour établir un état des lieux des quelques travaux existant concernant la caractérisation de la couche limite à l'interface poreux-fluide. Dans un second temps, des simulations numériques seront effectuées à l'aide de codes de calcul maison [2], sur des cas simples de couches limites bien résolues spatialement. Les résultats en terme de profils de vitesse à l'interface et de description de la couche limite en fonction de la perméabilité du milieu seront comparés dans le cadre de différents cas tests (plaque plane poreuse, sphère poreuse, ...).

Dans ces simulations, la modélisation des écoulements dans les milieux fluide-poreux se fera à l'aide de la méthode de pénalisation de Brinkman, qui consiste à pénaliser les équations régissant l'écoulement en milieu fluide par un terme de forçage, venant imposer le modèle de Brinkman (régissant les écoulements en milieux poreux) dans les zones concernées.

Si les résultats le permettent, un modèle de paroi poreuse pourrait être développé et appliqué à la simulation d'écoulements dans lesquels la résolution fine de la couche limite serait trop coûteuse.

Compétences recherchées

Les candidat·e·s devront être issu·e·s d'une formation en mécanique des fluides numériques et/ou de calcul scientifique.

On attendra des candidat·e·s des compétences en programmation informatique ainsi qu'en dynamique des fluides avec en particulier une bonne connaissance des méthodes et schémas numériques pour la mécanique des fluides.

Un bon niveau d'anglais (écrit et oral) sera également requis.

Informations pratiques et contacts

- LIEU : laboratoire M2N (CNAM Paris, 2 rue Conté 75003 Paris).
- ENCADREMENT : Simon Marié (MCF, laboratoire Dynfluid), Chloé Mimeau (MCF, laboratoire M2N) et Iraj Mortazavi (PU, laboratoire M2N).
- FINANCEMENT : gratification de stage (environ 580-600€/mois) + remboursement partiel des frais de transport
- DURÉE : 5 mois à compter de mars/avril 2023
- CONTACTS : chloe.mimeau@cnam.fr ou simon.marie@cnam.fr
- CANDIDATURE : CV + lettre de motivation + notes de master disponibles, au format PDF envoyés par email.

References

- [1] M. Ciuti, G.A. Zampogna, F. Gallaire, S. Camarri, and P.-G. Ledda. On the effect of a penetrating recirculation region on the bifurcations of the flow past a permeable sphere. *Physics of Fluids*, 33(12):124103, 2021.
- [2] Chloé Mimeau, Simon Marié, and Iraj Mortazavi. A comparison of semi-Lagrangian Vortex method and Lattice Boltzmann method for incompressible flows. *Computers and Fluids*, 224:104946, April 2021.