

Simulation numérique, mode d'emploi

1 Programme simple

1.1 Paramètres de calcul

Dans le programme `bvk_simple.edp`, la géométrie de l'écoulement, le maillage du domaine de calcul et la résolution temporelle du calcul sont définis. Les seules options à ajuster sont :

- choisir entre maillage de taille fixe ou maillage adaptatif (plus précis mais plus lent)
- la valeur du nombre de Reynolds
- le nombre d'itérations en temps.

Les calculs sont effectués sur des variables adimensionnées : vitesse normalisée par la vitesse moyenne U , longueurs normalisées par la largeur L de l'obstacle, temps normalisé par $\tau = L/U$, le temps nécessaire pour parcourir la taille de l'obstacle à la vitesse moyenne.

Le pas de temps par défaut est 0.1, ce qui veut dire que le fluide parcourt en moyenne le dixième de la taille de l'obstacle en un pas de temps.

1.2 Déroulement du calcul

Le programme affiche le maillage du domaine de calcul. Il faut appuyer sur entrée pour continuer.

Le programme résout d'abord l'équation de Stokes sur le domaine de calcul pour initialiser le champ de vitesse et il affiche cette solution sous forme de lignes de courant. Il faut appuyer sur entrée pour continuer.

Une fois le nombre de Reynolds choisi, le programme résout l'équation de Navier-Stokes instationnaire. A chaque pas de temps, le programme calcule les composantes de force longitudinale et transverse sur l'obstacle, en intégrant les contraintes sur le contour de l'obstacle. Les forces sont normalisée par $\rho U^2 L$, il s'agit donc de coefficients de traînée et de portance à un facteur 1/2 près. Tous les 10 pas de temps, le programme sauvegarde sur des fichiers le champ de vitesse, le champ de pression et le champ de vorticité. Les composantes de force en fonction du temps ainsi que les champs sauvegardés sont affichés à l'écran pendant le déroulement du calcul.

Le programme s'arrête lorsque le nombre d'itérations demandée est effectué. Sont alors sauvegardés dans des fichiers le maillage, le champ de vitesse et le champ de pression afin de pouvoir relancer le calcul pour de nouvelles itérations.

1.3 Fichiers créés

Le programme crée les fichiers suivants au cours de son exécution :

- `parametres_b10_rexxx.txt` : paramètres de calcul (xxx est la valeur du nombre de Reynolds)
- `f_vs_t_b10_rexxx.txt` : composantes de force en fonction du temps. 3 colonnes : numéro d'itération, f_x , f_y
- une série de fichiers `p_b10_rexxx_tnnn.vtk` : champ de pression à l'itération nnn
- une série de fichiers `vit_b10_rexxx_tnnn.vtk` : champ de vitesse à l'itération nnn
- une série de fichiers `vor_b10_rexxx_tnnn.vtk` : champ de vorticité à l'itération nnn
- `mesh_b10_rexxx_tnnn.msh` : maillage à la fin du calcul
- `pu_b10_rexxx_tnnn.sol` : solution à la fin du calcul (champs de vitesse et de pression)

1.4 Prolonger le calcul

Si le nombre d'itérations réalisées n'est pas assez grand pour atteindre un régime quasi-stationnaire, il est possible de prolonger le calcul. Pour ce faire, utiliser le programme `bvk_simple_restart.edp`. Donner le nom du maillage précédemment enregistré (fichier `.msh`) puis le fichier de solution (`.sol`). Entrer le nombre de Reynolds désiré puis le nombre d'itérations supplémentaires à effectuer.

2 Post-traitement

2.1 Champs de vitesse et de pression

Les fichiers .vtk qui contiennent les champs de pression, vitesse et vorticité doivent ˆetre ouverts avec Paraview.

2.2 Composantes de force sur l'obstacle

Le fichier `f_vs_t_b10_rexxx.txt` peut ˆetre lu avec un tableur ou import e dans Matlab. La première colonne est le numéro d'itération. Pour avoir le temps *adimensionnel*, il faut multiplier le numéro d'itération par la longueur du pas de temps (0.1 dans le programme simple). La deuxième colonne est la composante de tra inee (exprimée en coefficient de tra inee adimensionnel) et la troisième colonne est la composante de portance (exprimée en coefficient de portance adimensionnel).

Les données de ces fichiers à différents nombres de Reynolds permettent de :

- mesurer le coefficient de tra inee de l'obstacle en fonction du nombre de Reynolds
- mesurer le nombre de Reynolds critique pour l'apparition de l'instabilité du sillage en examinant le signal de portance
- mesurer la fr equance (adimensionnée) d'émission des tourbillons à partir de la périodicité du signal de portance. On pourra modéliser le signal par une somme de sinus pour déterminer la périodicité.
- mesurer l'amplitude de fluctuation de la force de portance en fonction du nombre de Reynolds
- mesurer le taux de croissance σ de l'instabilité en examinant la montée de l'amplitude du signal de portance. On pourra faire cette mesure en modélisant la partie initiale du signal par une fonction de la forme $A + B \exp(\sigma t) \sin(\omega t + \phi)$. Il faut noter, qu'en dessous du nombre de Reynolds critique, si on examine le signal de portance, on constate qu'il présente des oscillations spontanées qui décroissent en amplitude. En dessous du seuil, σ est donc négatif. Le seuil est caract eris e par le changement de signe de σ ; on le déterminera donc de façon précise en examinant l'évolution de σ avec Re .

Ces différentes analyses peuvent ˆetre faites avec l'outil `curve fitting` de Matlab.