

Université de Montpellier  
Master 1 de Mathématiques appliquées.  
Notions de mécanique pour mathématiciens.  
TP Notions de mécanique des fluides.

### CFD computational fluid dynamics.

But :

- Installation et Utilisation logiciel académique FEATool Multiphysics.

## Finite Element Analysis Toolbox for Matlab.

Nous allons nous familiariser avec un logiciel écrit en Matlab: <https://www.featool.com/>

1. Installation  
Lancer Matlab. Suivre scrupuleusement les instructions de <https://www.featool.com/download/>  
Cliquer sur l'onglet "Apps", normalement à l'issue de l'install, une icône FEATool multiphysics apparaît dans la liste des Apps.
2. Prise en main sur un exemple d'écoulement dans une conduite.  
Lancer le tutoriel depuis le menu de FEATool File/Model example and tutorial/fluid dynamics/laminar channel flow. Vous pouvez régler la vitesse du film du tutoriel ou regarder ensuite les différentes étapes dans la fenêtre en bas à droite. Vous pouvez aussi lire tranquillement la documentation [ici](#)

[www.featool.com/doc/Fluid\\_Dynamics\\_01\\_channel\\_flow1](http://www.featool.com/doc/Fluid_Dynamics_01_channel_flow1)

Retrouver le profil de Poiseuille. Calculer le débit et comparer avec la formule de Hagen-Poiseuille vue en cours. Diminuer la hauteur  $h$  du canal par deux, vérifier la dépendance en  $h^3$  (au lieu de  $h^4$  en 3D) du débit. De même vérifier la dépendance linéaire en la viscosité et la chute de pression par unité de longueur. Pour ce dernier cas on changera la condition limite d'entrée dans le canal en imposant la pression d'entrée au lieu de la vitesse comme dans le tutoriel. On veillera aussi à *augmenter la viscosité dynamique*  $\mu = 0.1$  (au lieu de  $\mu = 0.001$  qui donne des résultats aberrants car le nombre de Reynolds est trop élevé pour donner un écoulement stationnaire).

3. Ecoulement autour d'un obstacle, calculs de traînée et portance.  
tutoriel pour écoulement autour d'un cylindre

[https://www.featool.com/doc/Fluid\\_Dynamics\\_04\\_flow\\_around\\_cylinder1](https://www.featool.com/doc/Fluid_Dynamics_04_flow_around_cylinder1)

Pour des raisons de dimensions, une force s'exprime en Newton ce qui correspond à une masse x accélération c'est à dire en  $kg \cdot m \cdot s^{-2}$ , c'est exactement la même unité que la quantité  $\rho \cdot U^2 A$  où  $\rho$  est la densité du fluide,  $U$  une vitesse typique ou vitesse caractéristique de l'écoulement et  $A$  l'aire de la section.

calcul de coefficients de traînée et portance. On définit la traînée (drag en anglais) comme la composante horizontale (dans la direction de l'écoulement) de la force exercée par le fluide sur l'obstacle. Pour des raisons de dimension cette force peut s'écrire  $F_x = \frac{1}{2} C_D \rho U^2 A$  où  $A$  est l'aire de la section. wikipedia:drag coefficient Ainsi le coefficient de traînée de la Tesla model 3 est de 2.3, celui d'une formule 1 est de 1.4, celui de Usain Bolt 1.2. En réalité ce coefficient sans dimension n'est pas constant mais dépend du nombre de Reynolds de l'écoulement. Pour une sphère il varie entre 1.6 à bas Reynold et 0.47 lorsque l'écoulement est turbulent  $Re \gg 1$ .

On définit de même la portance (lift en anglais) comme la composante verticale (dans la direction transverse à l'écoulement)  $F_y = \frac{1}{2} C_L \rho U^2 A$  où  $A$  est l'aire de la section. Dans le cas d'écoulement bidimensionnels, comme  $\rho$  est une densité surfacique, il faut remplacer dans les formules  $A$  par le diamètre de la section.

Pour calculer la force  $F$  exercée par le fluide sur l'obstacle, il suffit d'intégrer la contrainte  $\sigma \cdot \mathbf{n} = -p\mathbf{n} + \mu(\nabla u + \nabla u^T)$  sur le bord de l'obstacle,  $\mathbf{n}$  désigne la normale extérieure à l'obstacle (pointant vers le fluide).

4. Dessinez un profil de votre choix et calculez numériquement la traînée et la portance. Calculez le nombre de Reynolds.
5. Augmenter progressivement le nombre de Reynolds. Que constatez-vous?