

**TP2**

## Ecoulement instationnaire autour d'un cylindre

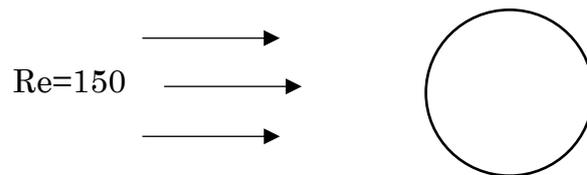
**Sommaire**

<b>1. But du T.P.....</b>	<b>2</b>
<b>2. Analyse préliminaire.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Création de géométrie sous Gambit .....</b>	<b>2</b>
a. Stratégie de création de géométrie.....	3
b. Esquisse.....	4
c. Maillage.....	4
d. Conditions aux limites .....	6
<b>4. Résolution du problème sur Fluent et traitement des résultats.....</b>	<b>6</b>
a. Modélisation du problème.....	6
b. Résultats à reproduire. ....	8

## 1. But du T.P

Le but de ce chapitre est d'étudier numériquement le flux instable autour d'un cylindre circulaire et d'observer le phénomène de propagation de vortex. Cette écoulement est l'un des problèmes les plus classiques de la mécanique des fluides.

Pour cette expertise, nous examinerons le nombre de Reynolds de 150.



Afin de garantir le nombre de Reynolds  $\left( Re = 150 = \frac{\rho V D}{\mu} \right)$ , nous pouvons arbitrairement définir :

$$\begin{cases} D = 2 \text{ m} \\ V = 1 \text{ m / s} \\ \rho = 75 \text{ kg / m}^3 \\ \mu = 1 \text{ kg / ms} \end{cases}$$

## 2. Analyse préliminaire

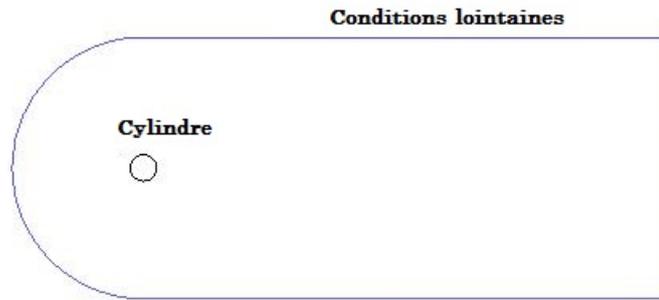
Pour  $Re = 150$ , nous recherchons un flux instable avec un vortex périodique.

- Quelle sera la fréquence d'oscillation de ce flux?
- Quelle est l'allure de ces vortex?

*Les réponses à ces questions devront être proposées par la CFD.*

## 3. Création de géométrie sous Gambit

Dans un écoulement externe tel que le flux autour d'un cylindre, nous devons définir des conditions lointaines et mailler la région entre la géométrie du cylindre et les limites définies. Ces limites devront être assez lointaines de telle sorte que les conditions aux limites n'affectent pas l'écoulement près du cylindre.

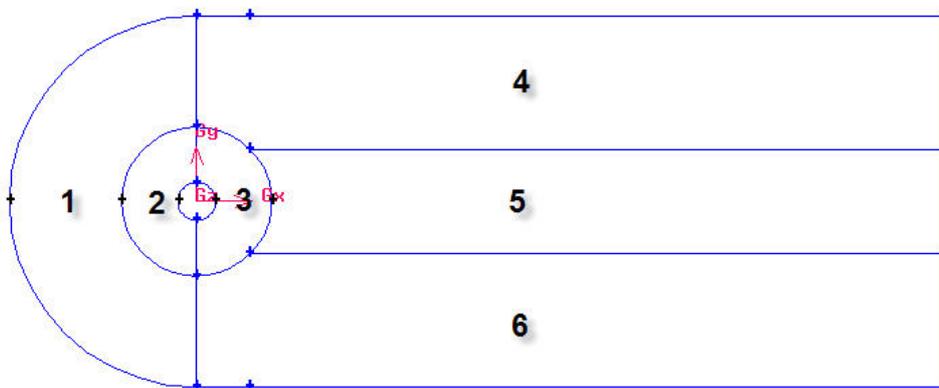


**Figure 1.** Géométrie a configuré sous CFD

### a. Stratégie de création de géométrie

Pour modéliser cet écoulement, nous avons besoin de l'espace entre le cylindre a étudié et des limites lointaines. Cette espace qui représente le domaine d'étude doit être maillé de tel sorte qu'il y est un raffinement des mailles autour du cylindre pour capturer la région active (champ d'influence). Par ailleurs, la forme des limites lointaines *peut* être choisie de manière assez grossière cela dans l'ambition de cerner au mieux l'écoulement autour du cylindre. (Figure. 1)

Afin de raffiner et de contrôle le maillage autour, nous divisons le domaine d'étude en différentes faces (régions) comme indiqué ci-dessous.



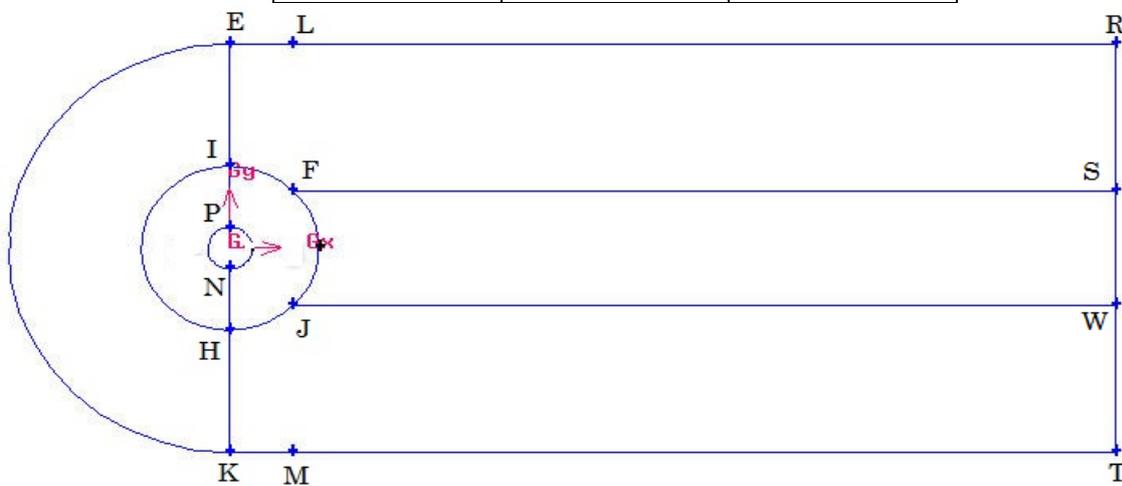
**Figure 2.** Subdivision du domaine d'étude en 6 faces

L'arrondissement de la limite lointaine en amont du cylindre a été choisi afin de réduire le domaine d'étude dans cette région où l'écoulement est moins actif avant de circuler sur le cylindre. Nous définirons la géométrie en aval du cylindre pour être relativement longue, de telle sorte que les conditions aux limites n'affectent pas le flux près du cylindre.

### b. Esquisse

Pour esquisser notre géométrie sous Gambit différentes méthodes existes, à titre indicatif le tableau ci-dessous résume les dimensions du domaine d'études :

Point	coordonnées	
	X	Y
P	0	1
N	0	-1
I	0	4
E	0	10
R	40	10
H	0	-4
K	0	-10
T	40	-10

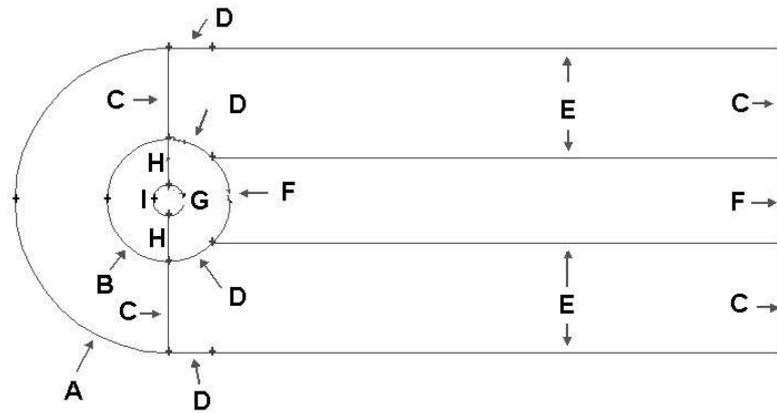


**Figure 3.** Représentation des points stratégique pour la création du domaine d'étude.

***NB:*** Les détails pour la réalisation de cette esquisse, ainsi que la localisation des points (*F, J, S, W*) seront exposés durant la séance de *TP*.

### c. Maillage

Le traitement des faces du domaine est nécessaire afin de mieux représenter le maillage autour de l'obstacle et ainsi de bien cerner l'écoulement. Pour cela, nous utiliserons les paramètres suivants :



Face	Propriété du maillage de chaque face
A	Interval Count: 72, Double First Length: 0.5
B	Interval Count: 72, Double First Length: 0.2
C	Interval Count: 30, First Length: 0.1 <i>Ou bien</i> Interval Count: 30, Last Length: 0.1 <i>Assurez-vous que le maillage est plus raffiné près du cylindre</i>
D	Interval Count: 18
E	Interval Count: 90, First Length: 0.1 <i>Ou bien</i> Interval Count: 90, First Length: 0.1 <i>Assurez-vous que le maillage est plus raffiné près du cylindre</i>
F	Interval Count: 36
G	Interval Count: 72
H	Interval Count: 30
I	Interval Count: 72, Double First Length: 0.05

Tableau 1 : Maillage de chaque face.

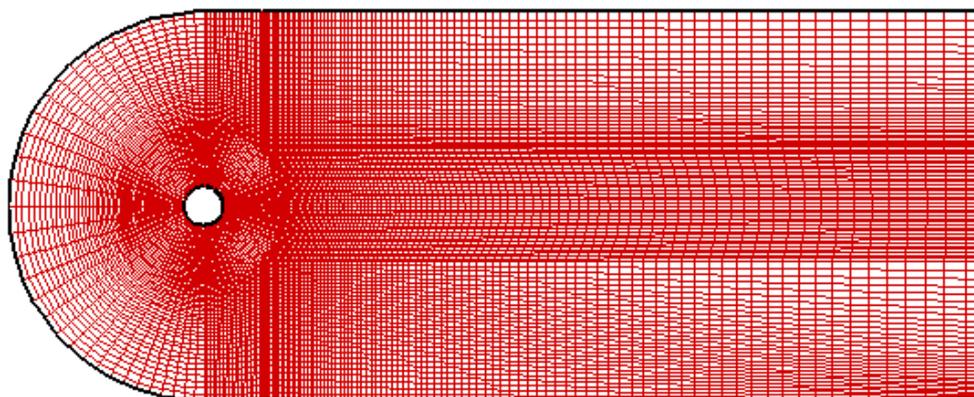
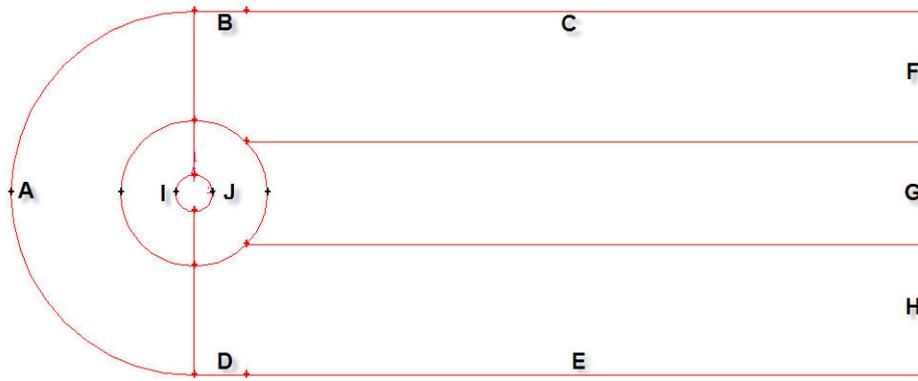


Figure 4. Détails du maillage du domaine d'étude

d. Conditions aux limites



On définit les limites comme suit :

Faces	Nom
A	Face1
B, C	Face2
D, E	Face3
F, G, H	Face4
I, J	Cylindre

Sous Gambit, toutes les conditions aux limites peuvent être considérés comme des parois "WALL", ces dernières seront ajustées et redéfini sous Fluent.

4. Résolution du problème sur Fluent et traitement des résultats

a. Modélisation du problème

Les paramètres régissant le problème traité sont représentés sur le tableaux ci-dessous

Equation de comportement	<ul style="list-style-type: none"> <li>Equation de continuité</li> </ul> $\frac{\partial(\rho)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho v_i)}{\partial x_i} = 0$ <ul style="list-style-type: none"> <li>Equation de conservation de quantité de mouvement</li> </ul> $\rho \frac{\partial}{\partial t}(v_i) + \rho \left( v_j \frac{\partial v_i}{\partial x_j} \right) = - \frac{\partial p}{\partial x_i} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_i}{\partial x_j \partial x_j} \right)$										
Conditions aux limites	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cylindre : paroi solide</li> <li>Face 1, 2 et 3 : <math>v_1 = 1m / s</math></li> <li>Face 4 : sortie de l'écoulement</li> </ul> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2">sous fluent</th> </tr> <tr> <th>Zone</th> <th>Type</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Face 1, 2 et 3</td> <td>Velocity-inlet, <math>v_1 = 1m / s</math></td> </tr> <tr> <td>Face 4</td> <td>Pressure-outlet</td> </tr> <tr> <td>Cylindre</td> <td>wall</td> </tr> </tbody> </table>	sous fluent		Zone	Type	Face 1, 2 et 3	Velocity-inlet, $v_1 = 1m / s$	Face 4	Pressure-outlet	Cylindre	wall
sous fluent											
Zone	Type										
Face 1, 2 et 3	Velocity-inlet, $v_1 = 1m / s$										
Face 4	Pressure-outlet										
Cylindre	wall										

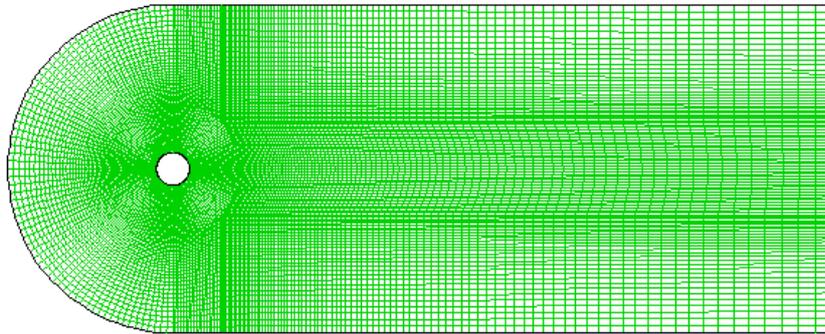
propriétés thermophysiques	$\begin{cases} \rho = 75 \text{ kg / m}^3 \\ \mu = 1 \text{ kg / ms} \end{cases}$
<p><b><u>Remarque :</u></b> Etant donné que l'étude est en instationnaire, il est nécessaire de définir un pas de temps pour les itérations. Un pas de temps plus petit signifie un résultat plus précis mais un temps de calcul plus grand. Nous devons trouver l'équilibre entre la précision et le temps de calcul.</p> <p><b><u>Calcul du pas de temps :</u></b> Williamson<sup>1</sup> a fixé grossièrement le nombre de Strouhal (Sr) pour ce cas de l'écoulement autour d'un cylindre à 0.183. Afin de capturer correctement l'écoulement, l'expérience a montré que nous devrions avoir au moins 20 à 25 pas de temps dans un cycle de déversement. Utilisons 25 pour notre cas.</p> $Sr = \frac{f D}{U} \quad \text{nombre de Strouhal}$ <p>Pour notre cas, <math>U=1\text{m/s}</math> et <math>D=2\text{m}</math>, alors <math>f = 0.0915</math> (1/sec)</p> <p>Ainsi, le temps de l'étude :</p> $t = \frac{1}{f} = 10,9 \text{ (sec)}$ <p>par conséquent, le pas du temp <math>\Delta t = \frac{\Delta t}{25} = 0,436(\text{sec}) \sim 0,4(\text{sec})</math></p>	
Initiation & itération	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrez 0,4 (s) comme de pas de temps.</li> <li>• Entrez 30 pour <i>Max. Iterrations per Time Step</i> (Maximum itérations par pas de temps).</li> <li>• Entrez 800 pour Nombre de pas de temps.</li> <li>• Commencer les itérations</li> </ul>

<sup>1</sup> C.H.K Williamson and G.L. Brown, A Series in to representat the Strouhal-Reynolds number relationship of the cylinder wake, J. Fluids Struc. 12,1073 (1998).

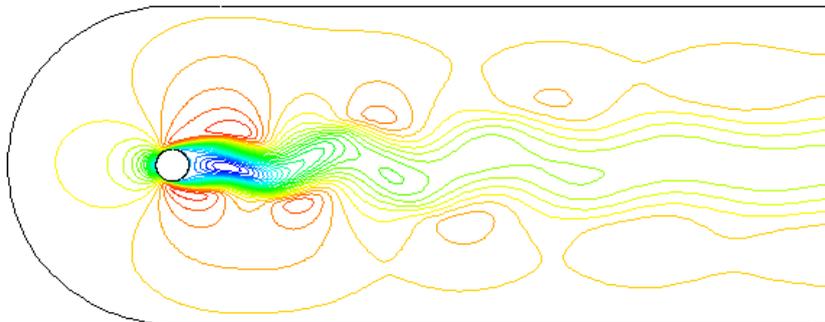
**b. Résultats à reproduire**

**1.** A l'aide du logiciel Tecplot, représenter :

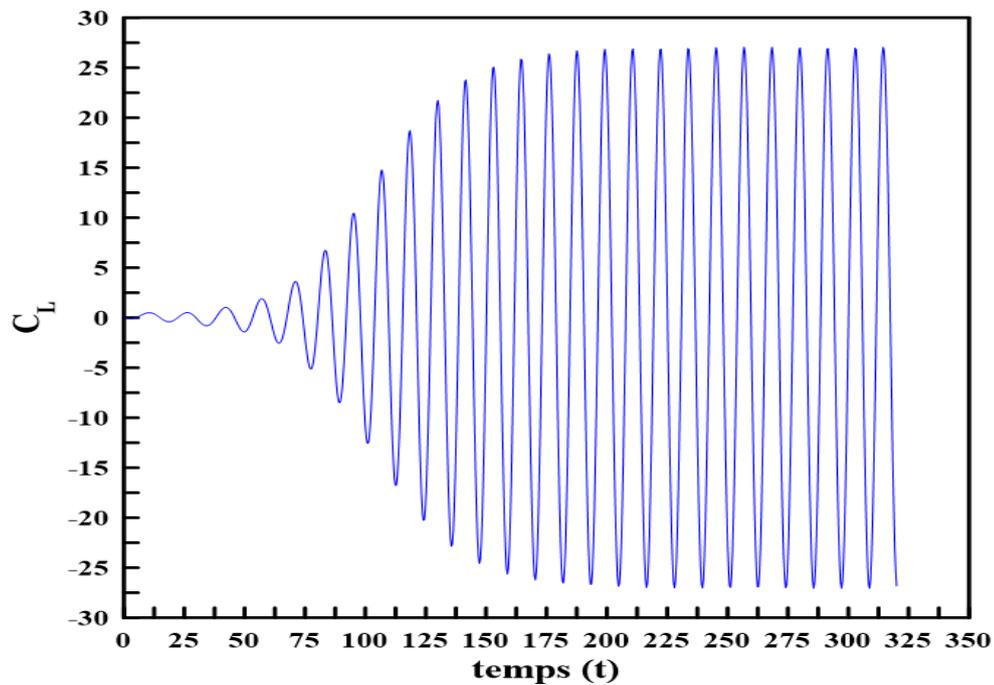
i. Le maillage



ii. Le champ des vitesses U



**2.** A l'aide de Grapher, tracer en fonction du temps, la force (coefficient) aérodynamique normale à l'écoulement.



*NB : On remarque qu'au bout d'un temps  $t \approx 175s$ , la force aérodynamique est périodique.*

**3.** Visualiser la video de l'écoulement sous format *MPEG*.

Rappel :

***Coefficients aérodynamiques d'un profil physique (ici, le cylindre) :***

Définition : La force aérodynamique est la force exercée par l'air en mouvement sur l'objet. Elle peut être projetée :

- dans la direction du vent incident (traînée, Drag en anglais)
- dans la direction normale au vent (repère orthonormé direct) Lift en anglais
- dans la direction des z ascendant (soulèvement ou appui)

Les coefficients aérodynamiques sont calculés dans chaque direction en divisant la force dans cette direction par la pression dynamique de vent incident et par la surface de référence (S), ces coefficients :

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2}\rho V_{ref}^2 S} \quad C_L = \frac{F_L}{\frac{1}{2}\rho V_{ref}^2 S} \quad C_z = \frac{F_z}{\frac{1}{2}\rho V_{ref}^2 S}$$