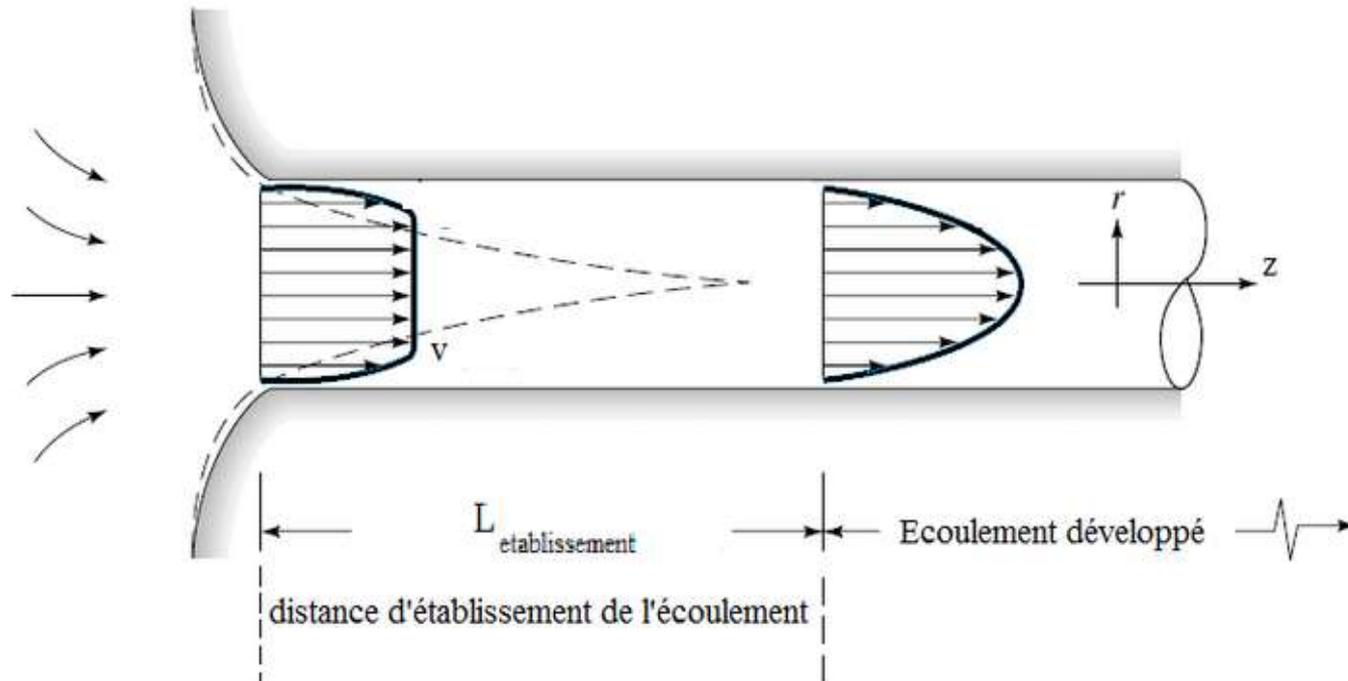


Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique



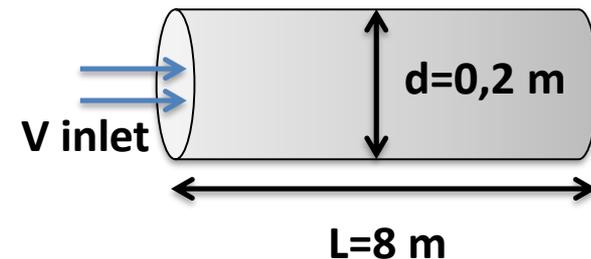
Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

1) Spécifications du problème

On considère un écoulement fluide (2D) à travers un tube circulaire de section constante. Le diamètre du tube est $d = 0,2m$, et sa longueur est $L = 8m$. Le matériau de la conduite est le cuivre ($\rho=8930 \text{ Kg/m}^3$, $C_p=382 \text{ J/Kg.K}$, $\lambda=399 \text{ W/m.K}$). Les conditions aux limites sont choisies de telle sorte que la vitesse d'entrée soit constante le long de la section, $V_{inlet} = 1 \text{ m/s}$, et que la pression à la sortie soit égale à la pression atmosphérique, $P_{outlet} = 1 \text{ atm}$. On choisit un fluide de densité $\rho = 1\text{kg/m}^3$ et le coefficient de viscosité est $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(ms)}$.

Considérent le régime stationnaire, Résolvez ce problème utilisant FLUENT et Tracez:

- la vitesse au niveau de la ligne médiane (totale et zoom) et déduire la longueur d'établissement,
- le coefficient de friction à la paroi de la conduite
- le profil de vitesse à la sortie (+ 2 sections).
- Tester l'indépendance du maillage.
- Validez vos résultats.



 **Remarque:** Les résultats analytiques de V et

Cf dans la région entièrement développée sont:

| | |
|-------------------------------|-------|
| Vitesse axial (ligne médiane) | 2 m/s |
| Coefficient de frottement | 0.16 |

Exemple 1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

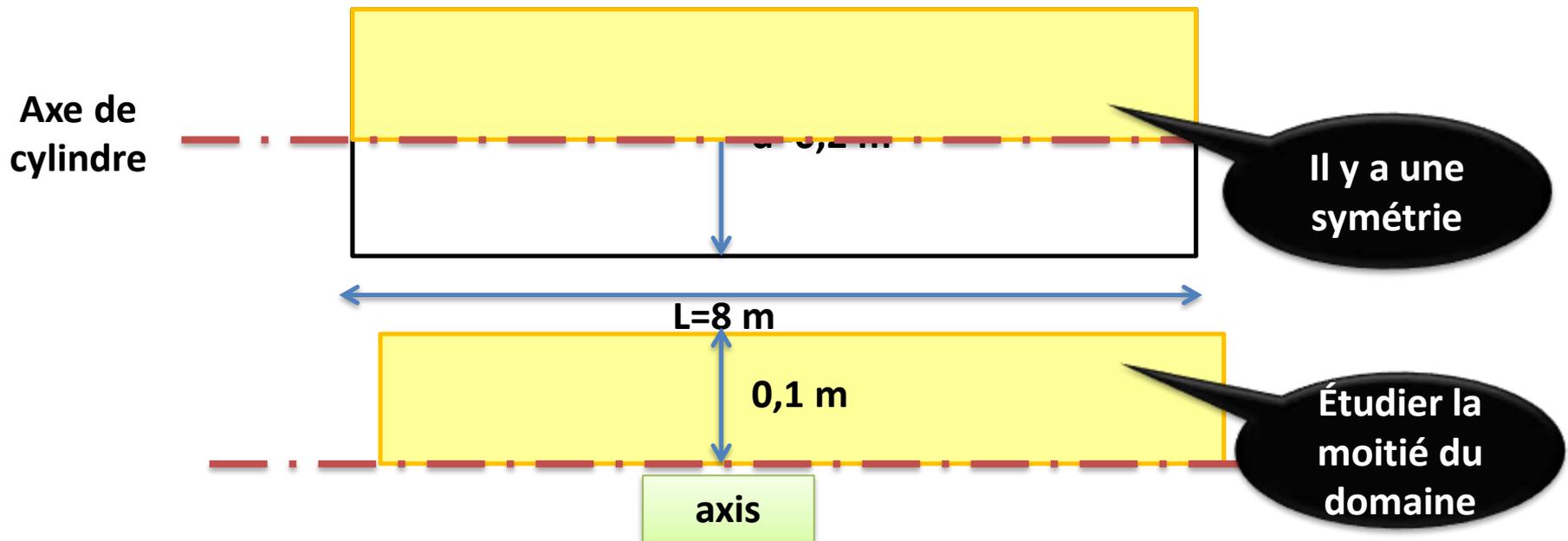
2) Modélisation mathématique

E. Navier Stocks

$$\left\{ \begin{array}{l} \cancel{\frac{\partial \rho}{\partial t}} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0, \quad \text{Équation de continuité (masse)} \\ \cancel{\frac{\partial \rho}{\partial t}} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i \partial x_j} \quad \text{Équation de la quantité de mouvement} \end{array} \right.$$

régime stationnaire

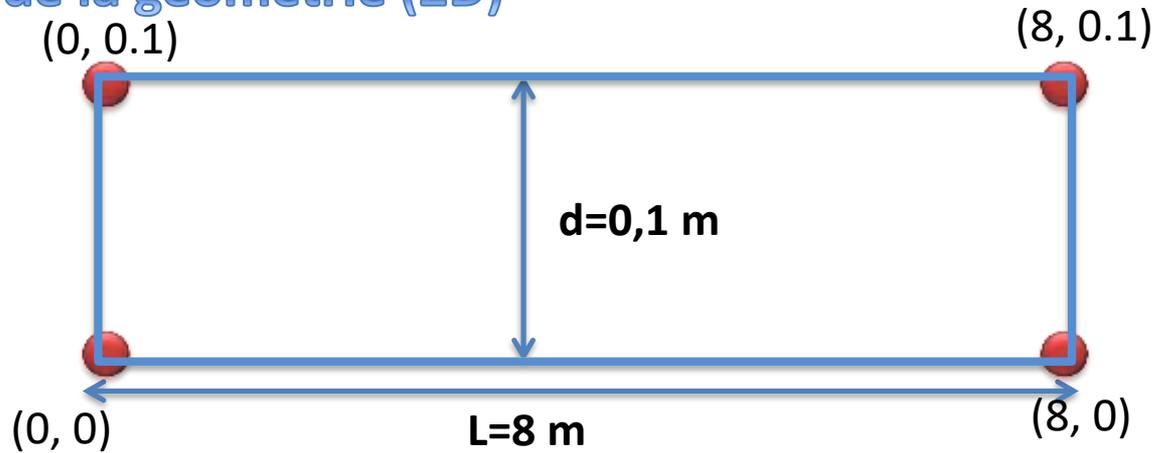
u_i étant la vitesse dans la direction i, p la pression et ν la viscosité cinématique du fluide.



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3) Résolution numérique

3.1. Création de la géométrie (2D)

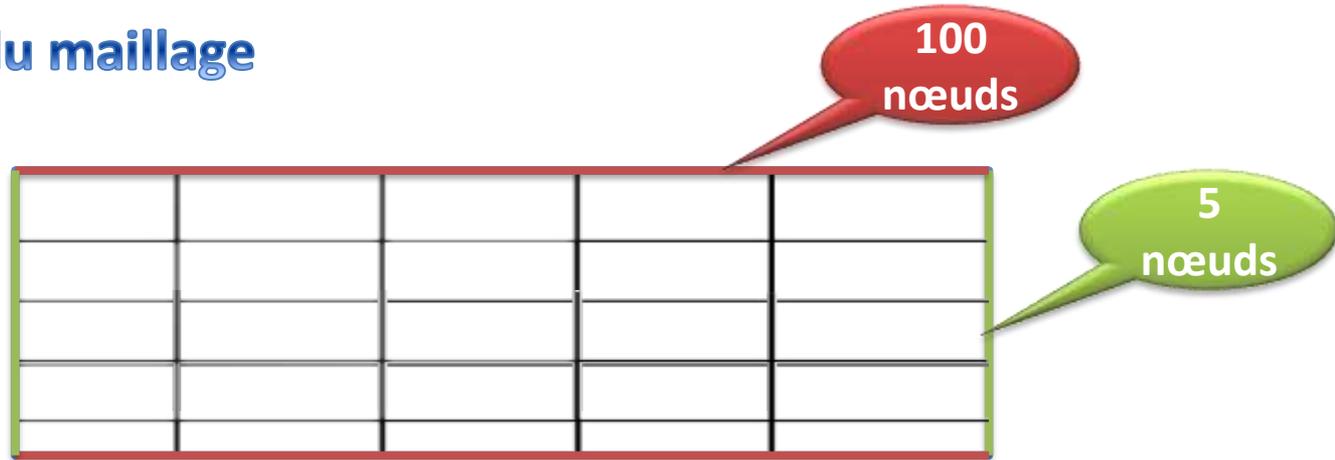


Stratégie pour créer la géométrie

- 1) Créer les sommets aux quatre coins (les coordonnées).
- 2) Joindre les sommets adjacents par les lignes droites pour former le rectangle (jaune).
- 3) Pour finir, créer un « visage » correspondant au secteur inclus par les bords(bleu).

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3.2. Génération du maillage



1) Maillage des lignes

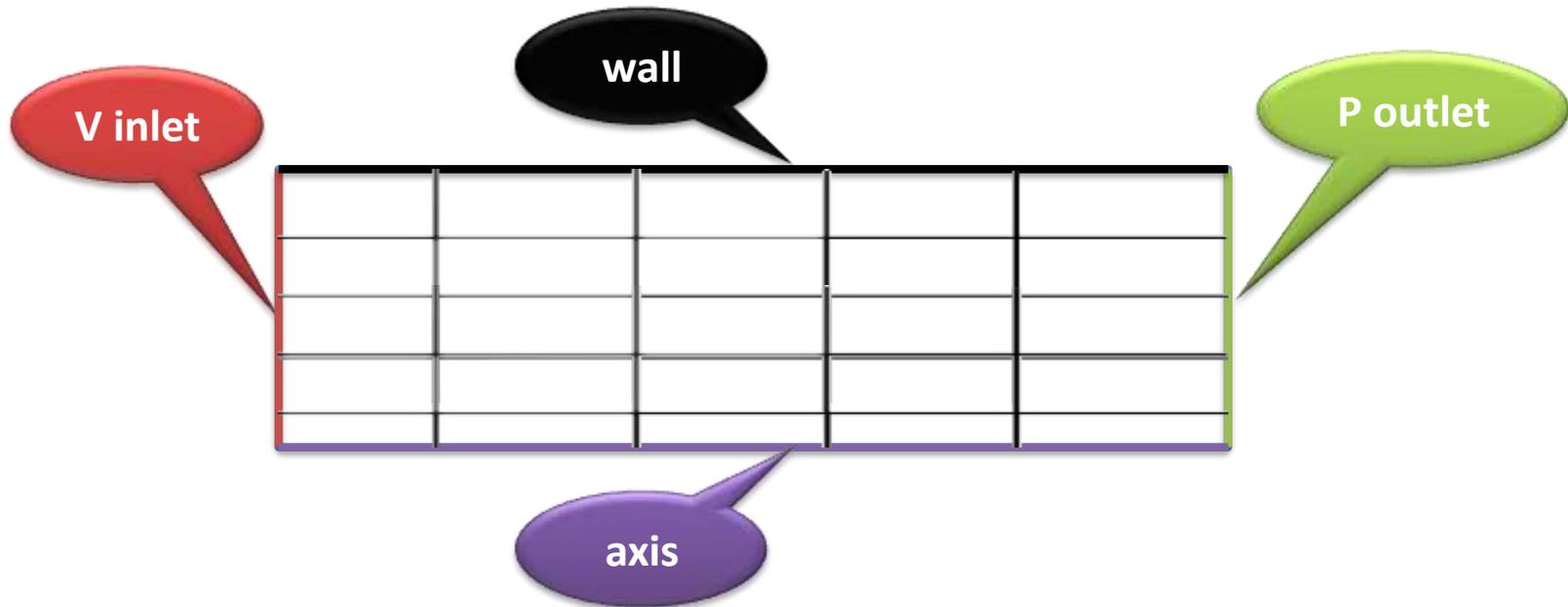
- créer 100 divisions dans la direction axiale,
- 5 divisions dans la direction radiale.

2) Maillage de la surface

- Mailler le visage..

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3.3. Mettre en place les types de conditions aux limites, 'boundary Types (Gambit)



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3.4. Mettre en place du problème sous FLUENT

- 1) Importation du Maillage
- 2) Vérifiez et Affichez le Maillage

3.5 Choix des équations résolues par le solveur

- ➔ La dimension du problème, 2D, axisymétrique ;
- ➔ Le caractère stationnaire
- ➔ Le caractère incompressible de l'écoulement... **oui**
- ➔ prendre en compte le bilan d'énergie ... **non**
- ➔ La prise en compte de forces extérieures (gravité, force d'inertie liées à la rotation,)....**non**
- ➔ Le régime d'écoulement ?!
- ➔ $Re = 100 < 2200 \rightarrow$ Régime **laminaire**

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu}$$

3.6. Définition des propriétés du fluide

- densité $\rho = 1 \text{ kg/m}^3$
- le coefficient de viscosité est $\mu = 2 \cdot 10^{-3} \text{ kg/(ms)}$

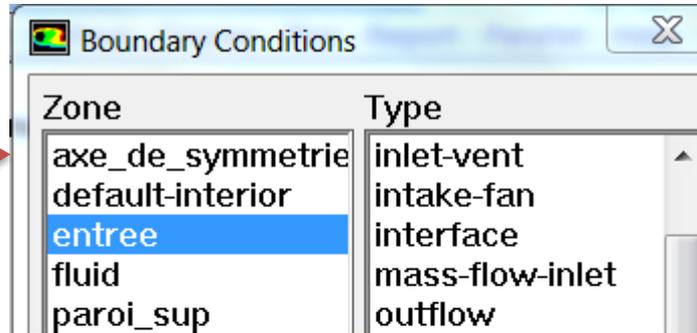
Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3.7. Le réglage des Operating conditions

Utiliser la valeur par défaut de 1 atm (101325 Pa) comme *Operating Pressure*.

3.8. Conditions aux limites

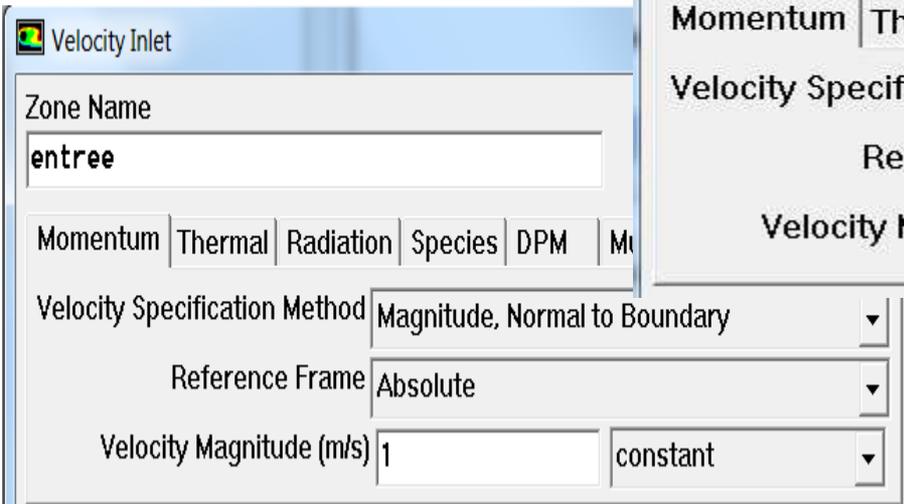
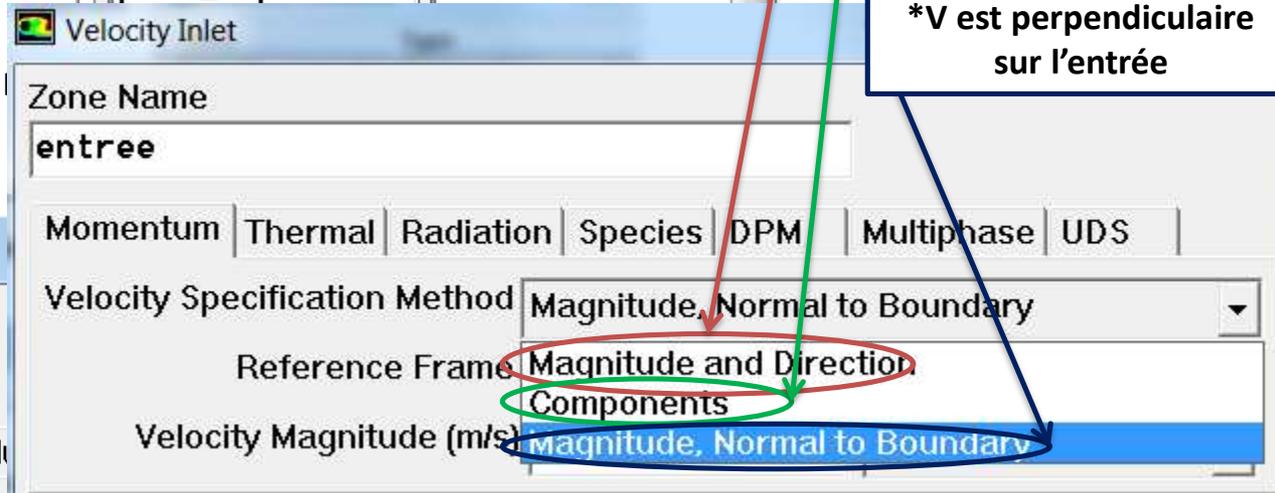
- V inlet = 1 m/s
- P outlet = 1 atm
- Wall
- axis (on donne aucune valeur)



Donner la valeur et la direction du V

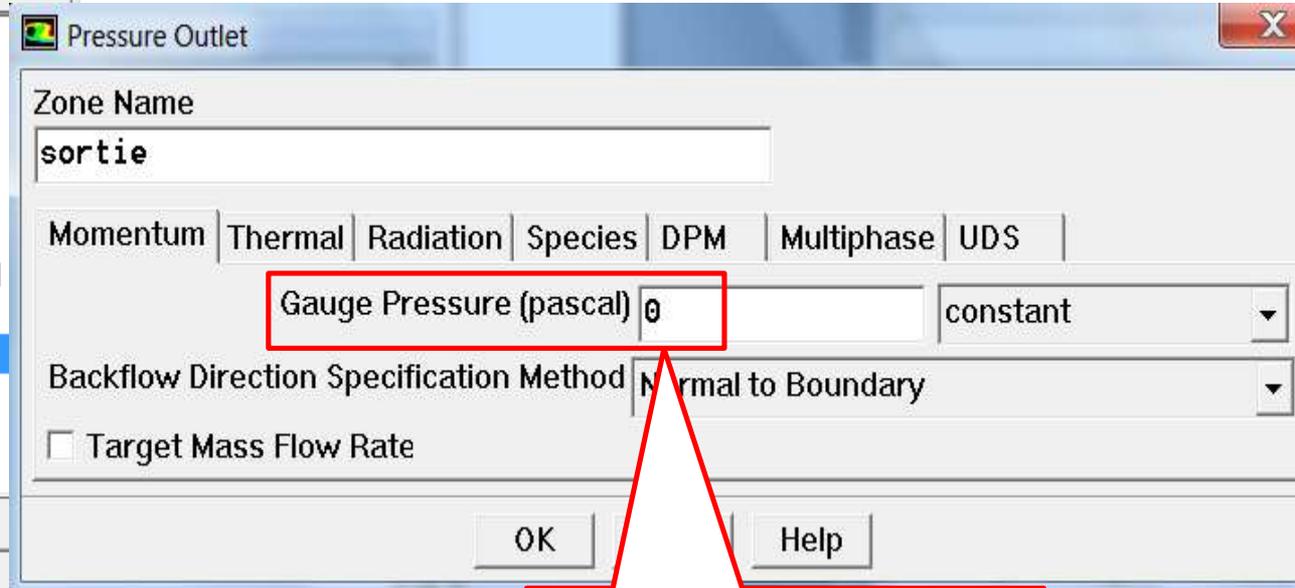
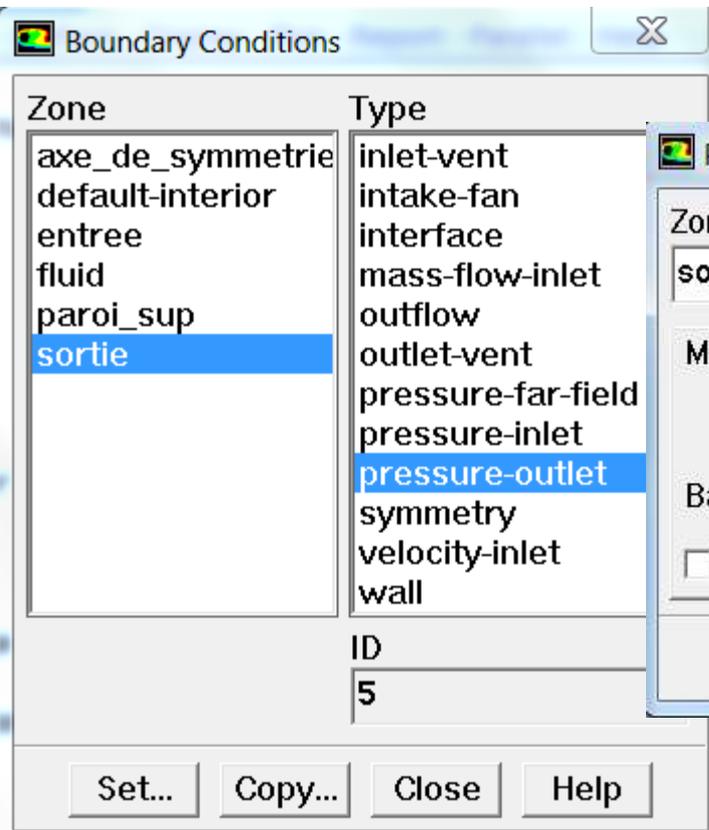
Donner la valeur de V dans chaque direction

*Donner la valeur de V
*V est perpendiculaire sur l'entrée



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

P outlet = 1 atm



$P_{abs} = P_{gauge} + P_{atm}$
 $P_{gauge} = P_{abs} - P_{atm}$
 $P_{gauge} = 0$ (P_{abs} à la sortie = P_{atm})

Exemple 1: Écoule

Wall (on donne aucune valeur)

The image shows the 'Wall' boundary condition settings for a zone named 'paroi_sup'. The 'Wall Motion' section has 'Stationary Wall' selected. The 'Shear Condition' section has 'No Slip' selected. The 'Motion' section has 'Relative' checked. The 'Speed (m/s)' is set to 0, and the 'Direction' is set to X=1, Y=0.

Paroi fixe

Non glissement (on prends en considération les forces de cisaillement due à la paroi)

Non glissement (on prends en considération une force spéciale de cisaillement)

Stationary Wall

No Slip

Specified Shear

Moving Wall

Relative to Adjacent Cell Zone

Translational

Speed (m/s)
0

Direction
X 1
Y 0

No Slip

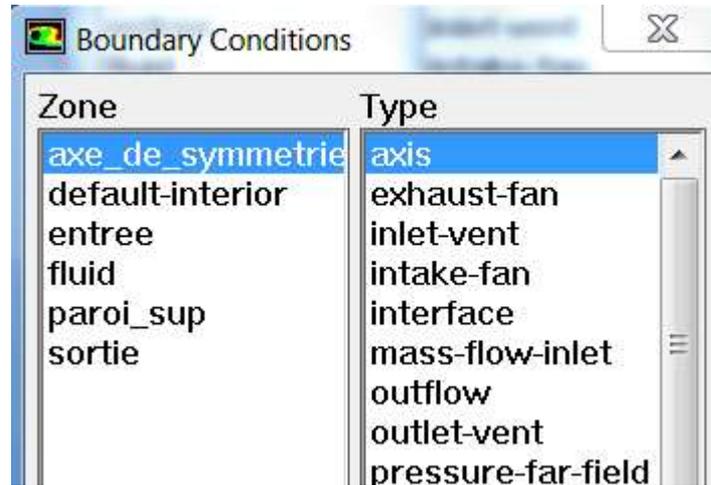
Paroi en mouvement

The 'Boundary Conditions' dialog box shows a list of zones and their types. The 'paroi_sup' zone is highlighted in blue, and its type is 'wall'.

| Zone | Type |
|------------------|-----------------|
| axe_de_symmetrie | inlet-vent |
| default-interior | intake-fan |
| entree | interface |
| fluid | mass-flow-inlet |
| paroi_sup | wall |
| sortie | outlet-vent |

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

- Axis (on ne donne aucune valeur)



3.9. Initialisation des calculs

Initialisez le calcul aux valeurs à inlet :

3.10. Critères de convergence

➤ Evolution des résidus de chaque équation (masse, quantité de mvt ,...)

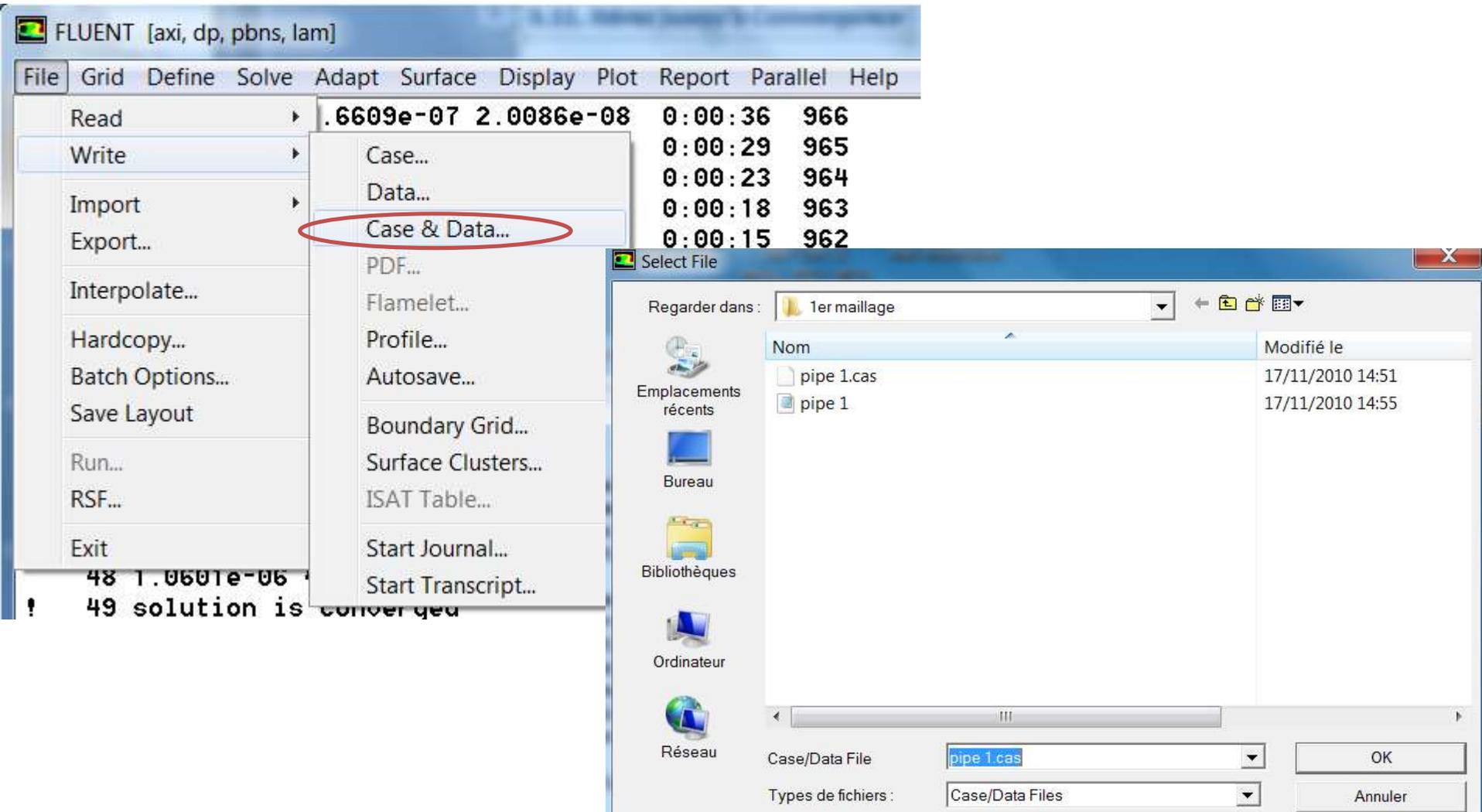
3.11. Itérez jusqu'à Convergence

Avant lancer le calcul il est conseillé de sauvegarder la simulation.

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

3.12. Enregistrer la solution

File → write → Case and data



The screenshot shows the FLUENT software interface. The 'File' menu is open, and the 'Case & Data...' option is highlighted with a red circle. The 'Select File' dialog box is open, showing the file 'pipe 1.cas' selected in the '1er maillage' folder. The 'Case/Data File' field in the dialog is set to 'pipe 1.cas'.

FLUENT [axi, dp, pbns, lam]

File Grid Define Solve Adapt Surface Display Plot Report Parallel Help

| Item | Value | Time | Iteration |
|----------------|-----------|------------|-------------|
| Read | .6609e-07 | 2.0086e-08 | 0:00:36 966 |
| Write | | | 0:00:29 965 |
| Import | | | 0:00:23 964 |
| Export... | | | 0:00:18 963 |
| Interpolate... | | | 0:00:15 962 |

! 48 1.0601e-06
! 49 solution is converged

Select File

Regarder dans : 1er maillage

| Nom | Modifié le |
|------------|------------------|
| pipe 1.cas | 17/11/2010 14:51 |
| pipe 1 | 17/11/2010 14:55 |

Case/Data File: pipe 1.cas

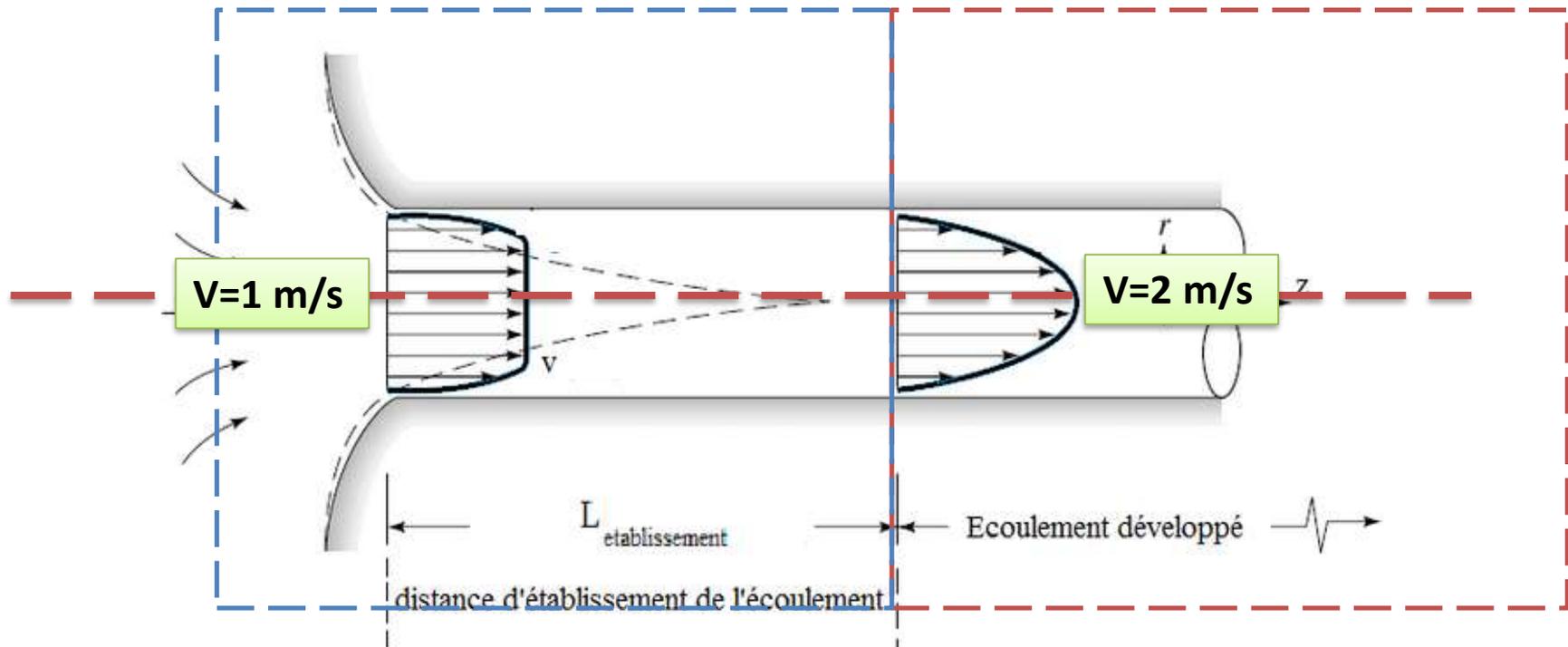
Types de fichiers : Case/Data Files

OK Annuler

Exemple 1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

4) Analyse des résultats

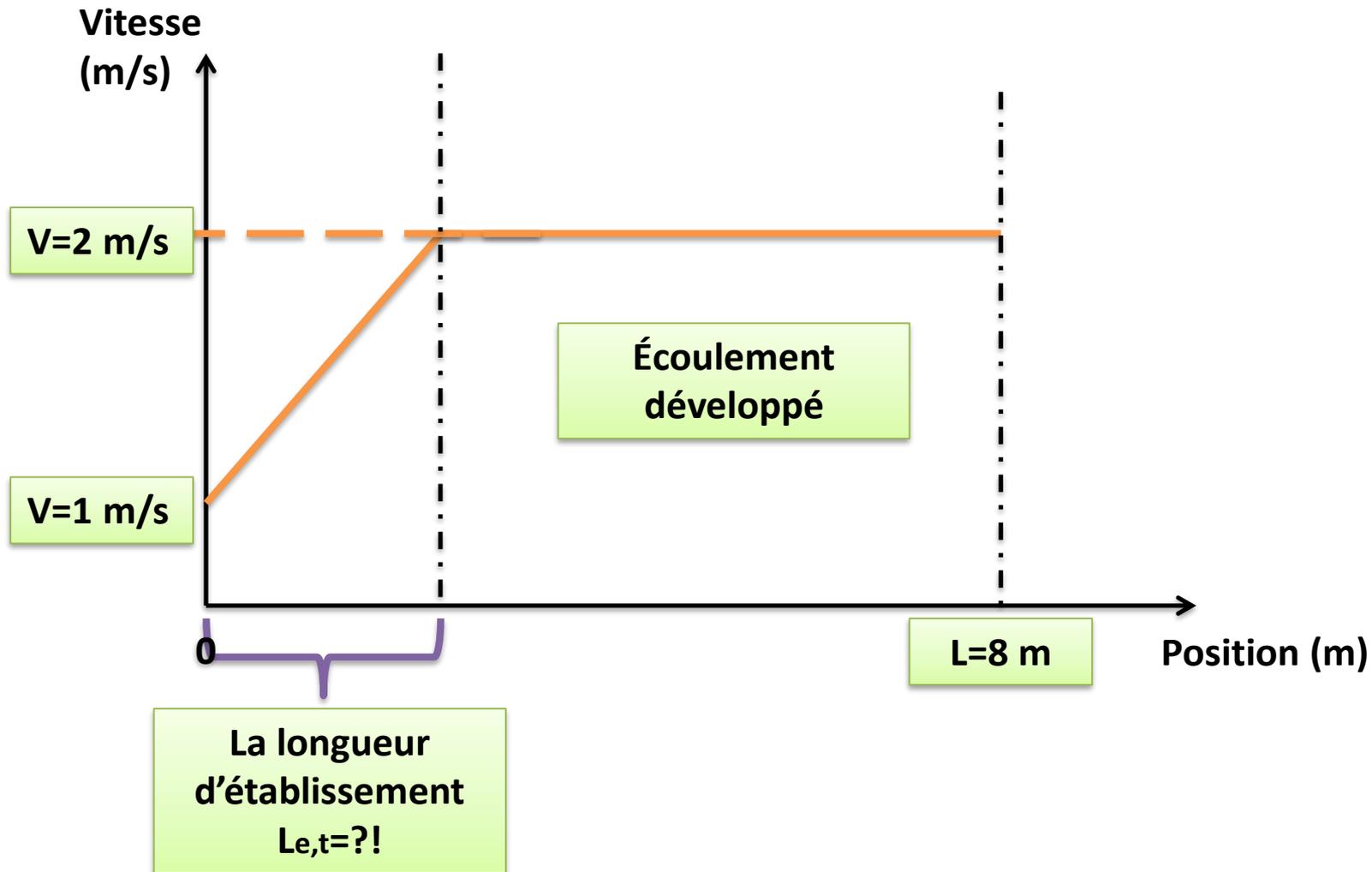
4.1 La vitesse au niveau de la ligne médiane (vitesse axiale) + la longueur d'établissement



Remarque: Les résultats analytiques de V et C_f dans la région entièrement développée sont:

| | |
|-------------------------------|-------|
| Vitesse axial (ligne médiane) | 2 m/s |
| Coefficient de frottement | 0.16 |

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

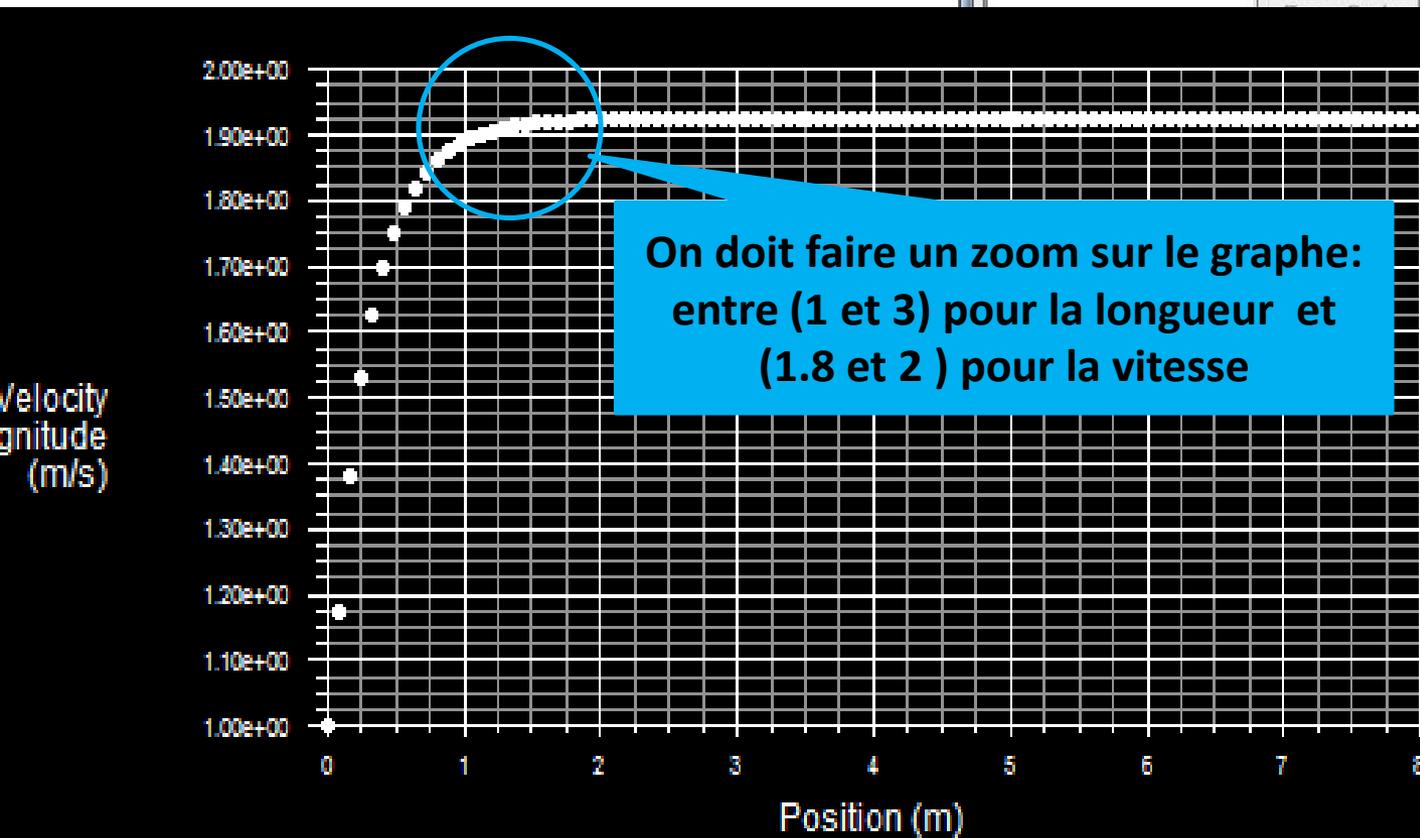
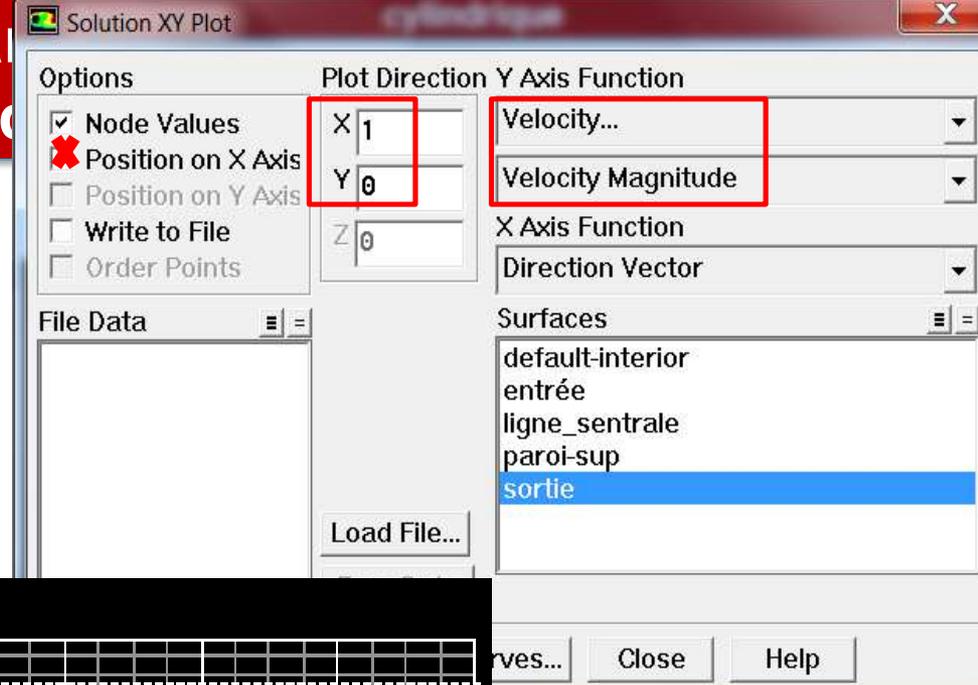


Exemple1: Écoulement laminaire dans un cylindre

Pour tracer la vitesse médiane

Plot → XY plot

Paroi sup // axe (0x) → X=1, Y=0
sélectionner « position on x »



Exemple1: Écoulement la cylind

■ Pour le zoom :

Plot → XY plot → axes

■ Pour l'axe "X" → décocher «Auto range »

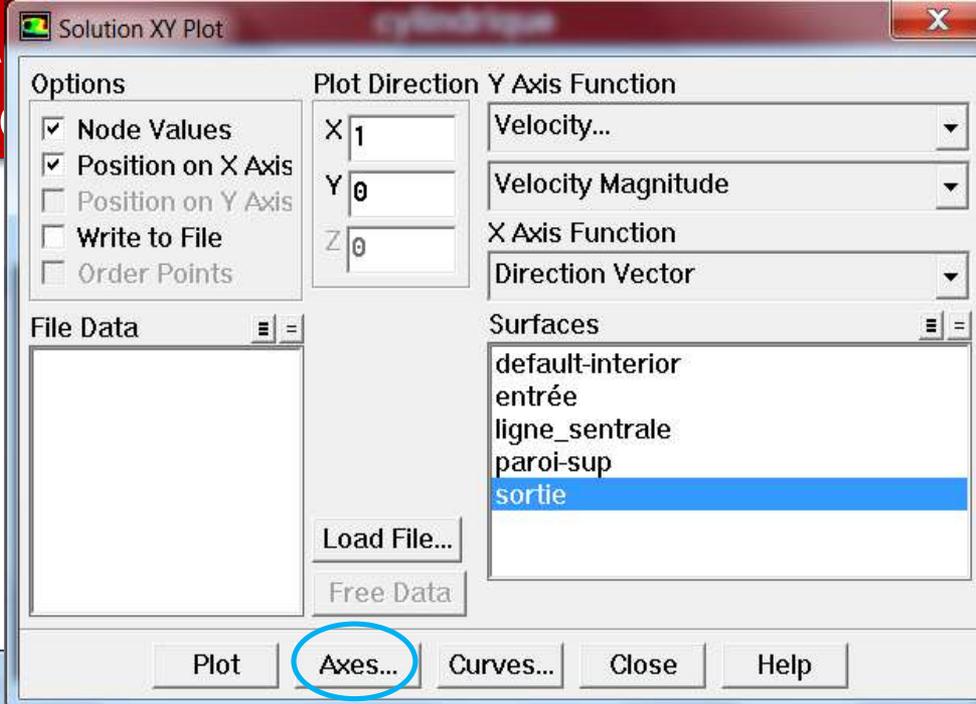
■ Donner 1 pour minimum et 3 pour maximum

→ apply.

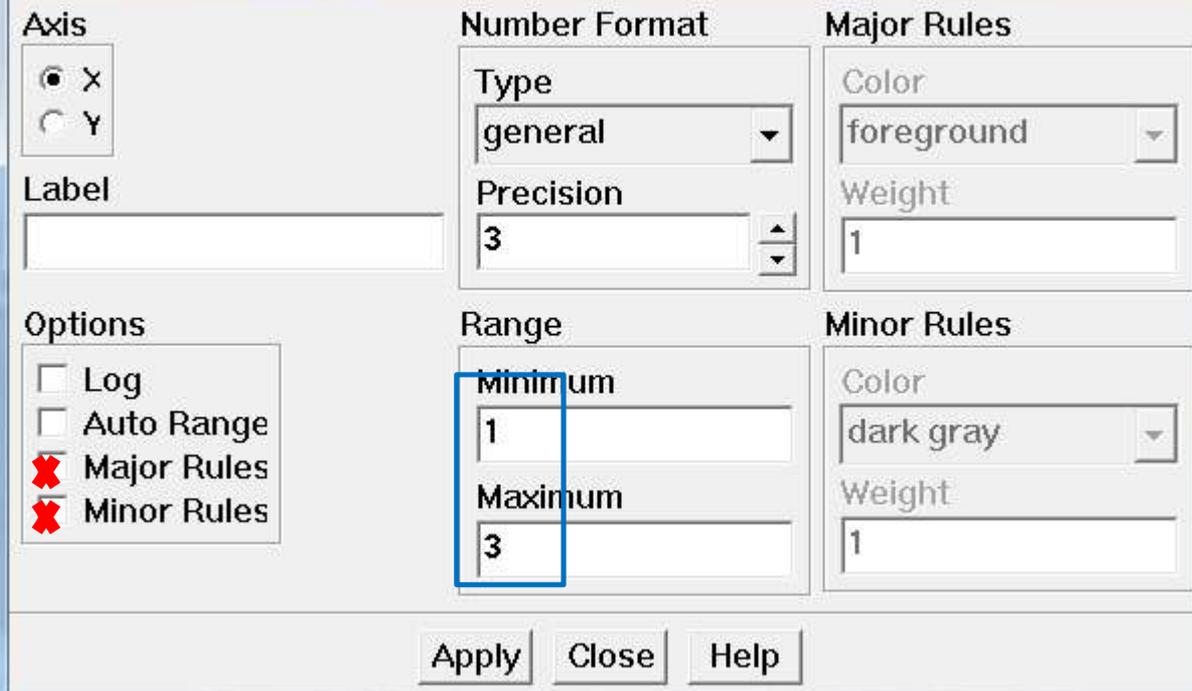
• Pour l'axe "Y" → décocher « Auto range »

• Donner 1.8 pour min et 2 pour

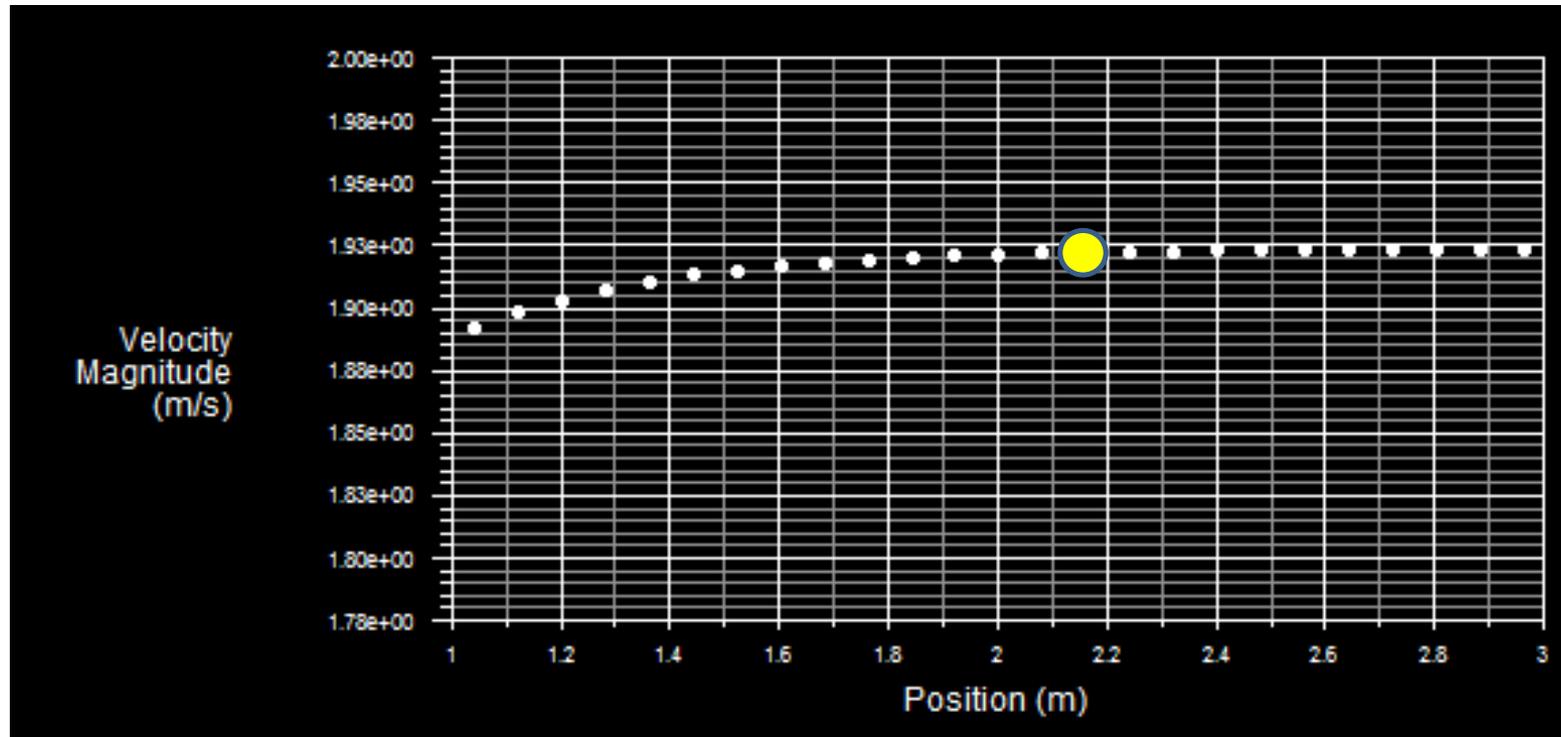
max → apply.



■ Axes - Solution XY Plot



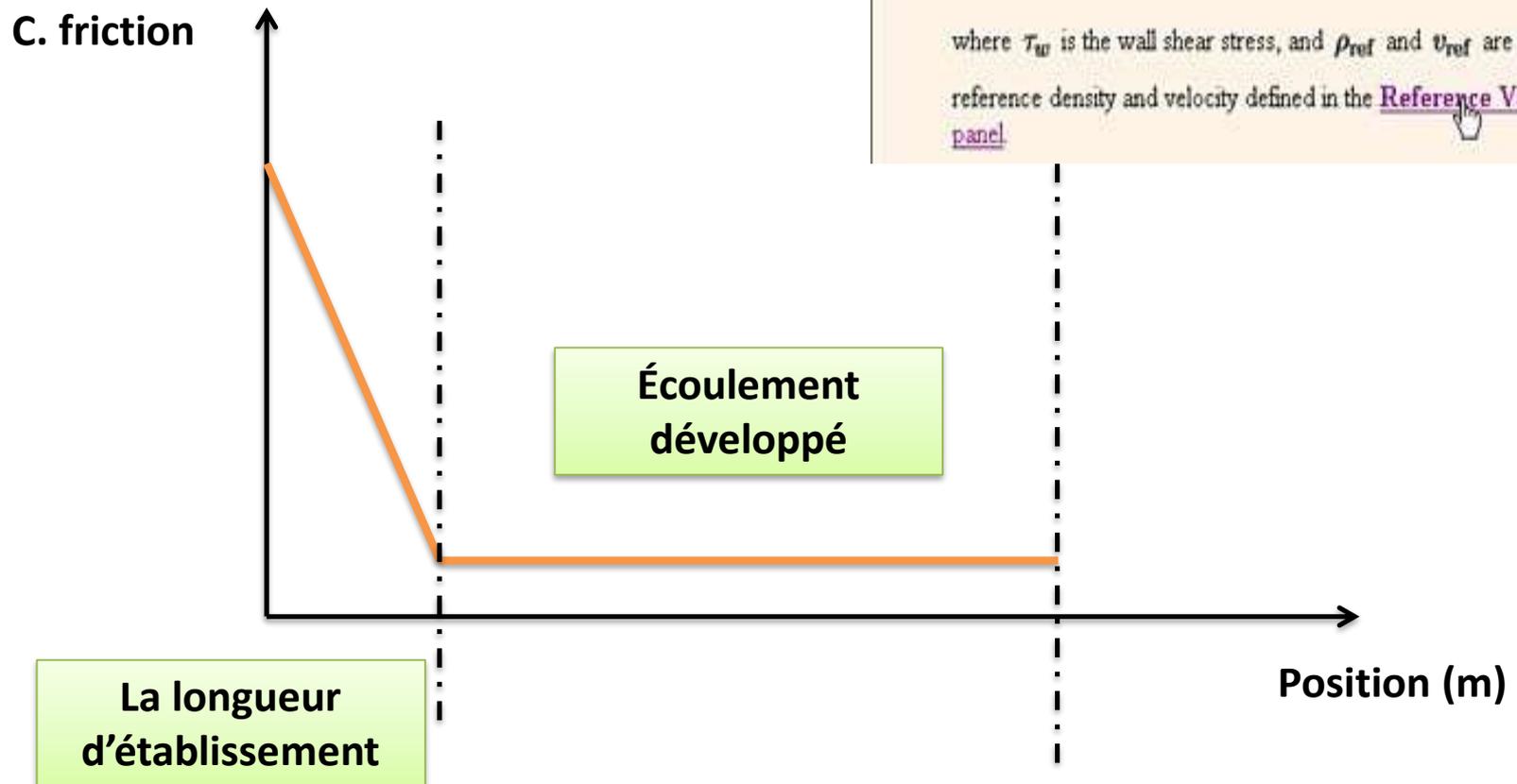
Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique



➤ À partir de $L=2.15$ m la vitesse devient stable $V=1.93$ m/s → $L_{e,t} = 2.15$ m

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

4.2. Coefficient de Friction (skin friction coefficient)



Skin Friction Coefficient

(in the Wall Fluxes... category) is a nondimensional parameter defined as the ratio of the wall shear stress and the reference dynamic pressure

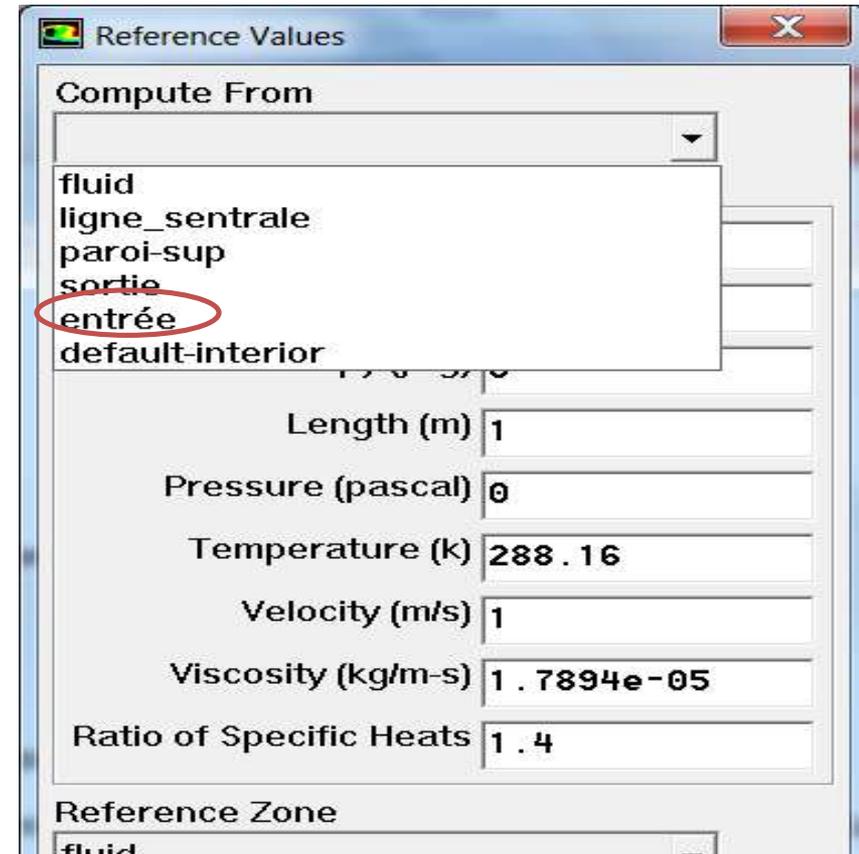
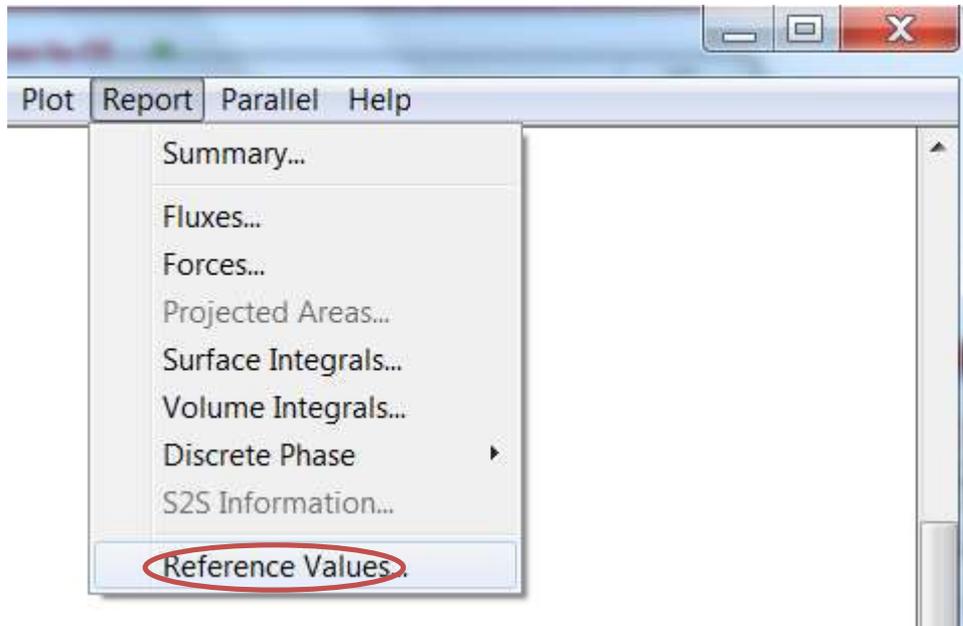
$$C_f \equiv \frac{\tau_w}{\frac{1}{2} \rho_{\text{ref}} v_{\text{ref}}^2} \quad (27.4.26)$$

where τ_w is the wall shear stress, and ρ_{ref} and v_{ref} are the reference density and velocity defined in the [Reference Values panel](#).

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

■ Pour tracer le Cf

1) La sélection des valeur de références :
Report → reference value → compute from
→ entrée



Exemple1: Écoulement laminaire dans un cylindre

2) Tracer le graphe de Cf :

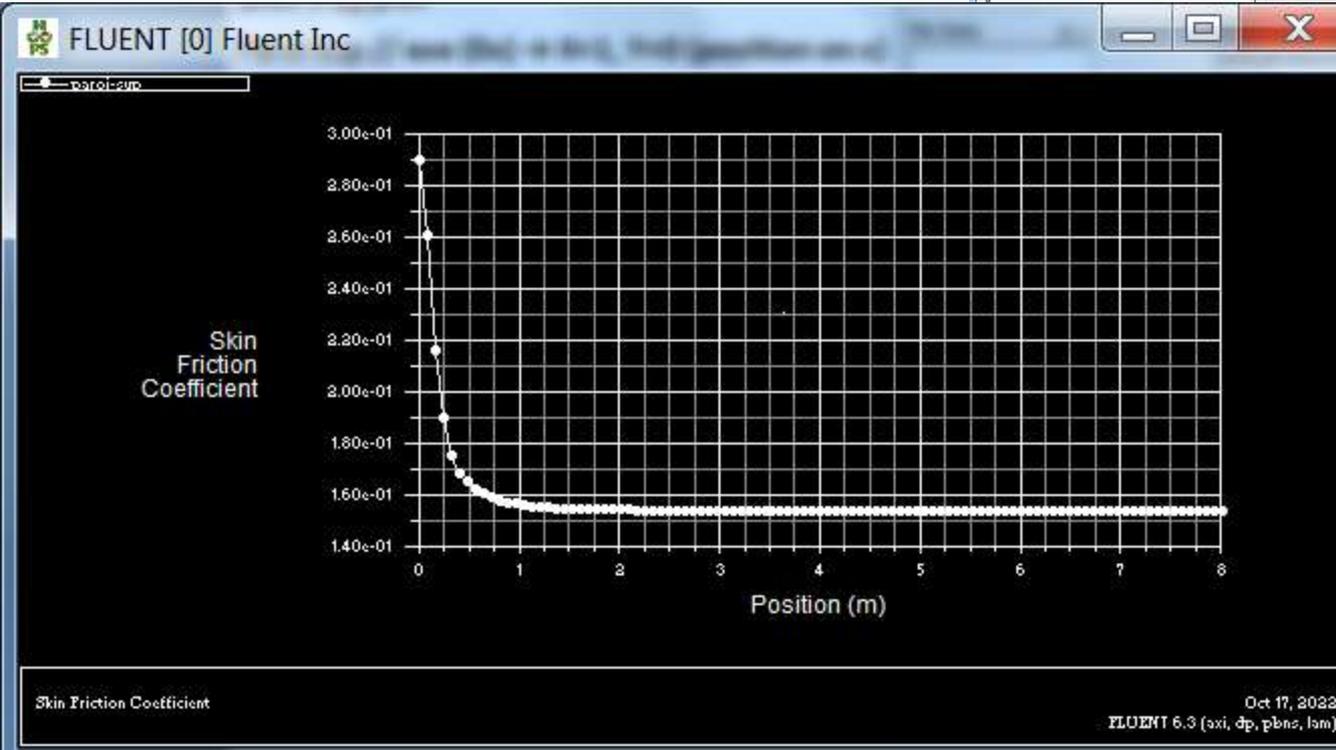
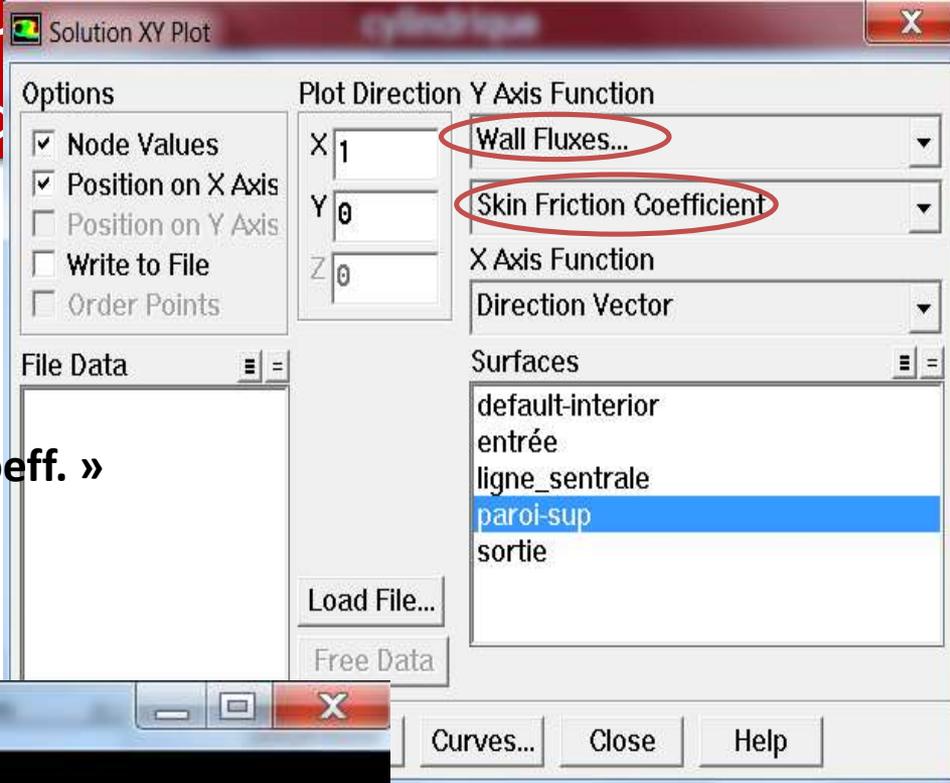
plot → xy plot

Paroi sup // axe (0x) → X=1, Y=0 (position on x)

On cherche « wall fluxes » puis « skin friction coeff. »

➤ À partir de L=2.15 m le Cf devient stable

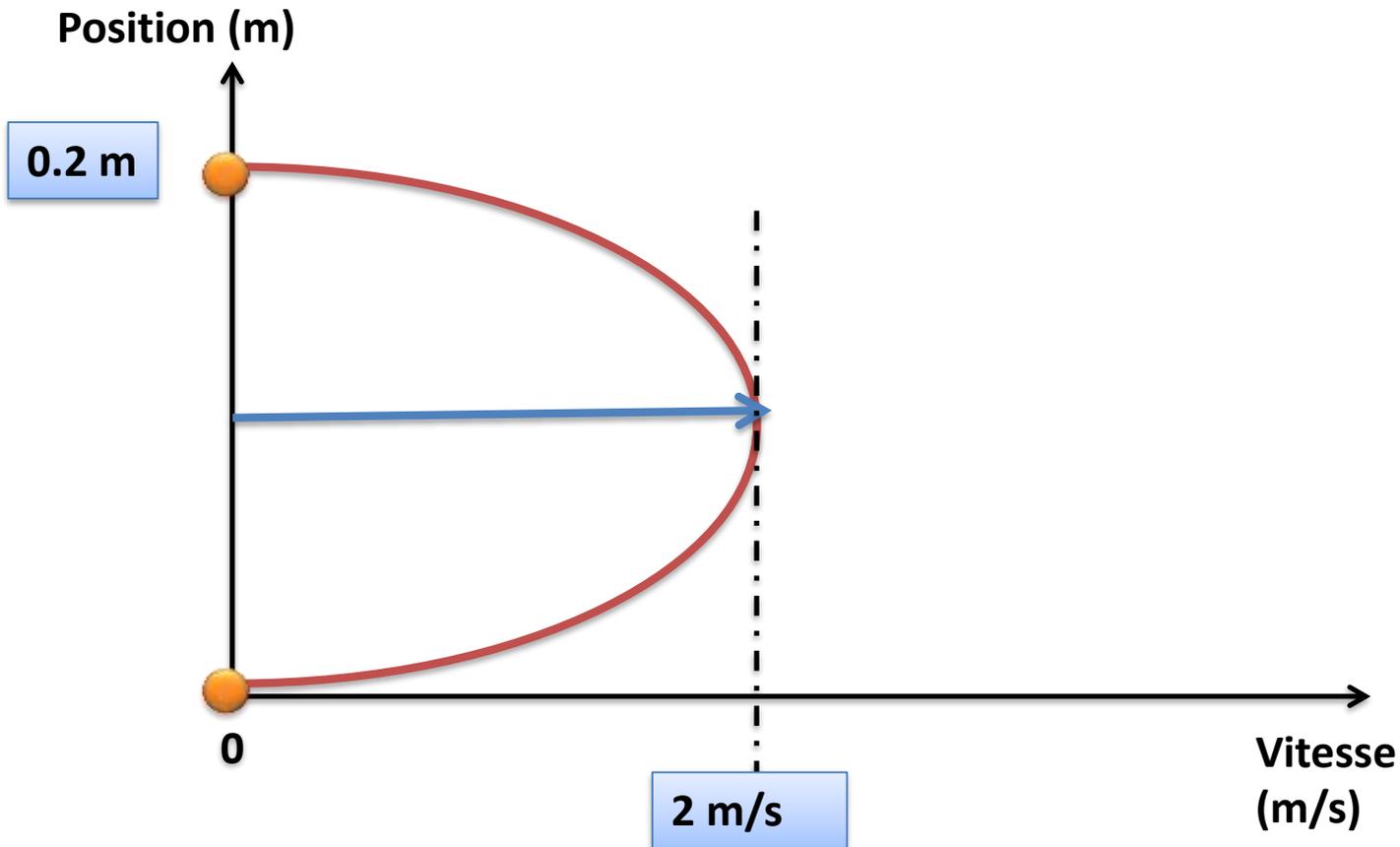
$C_f = 1.54 \cdot 10^{-1}$



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

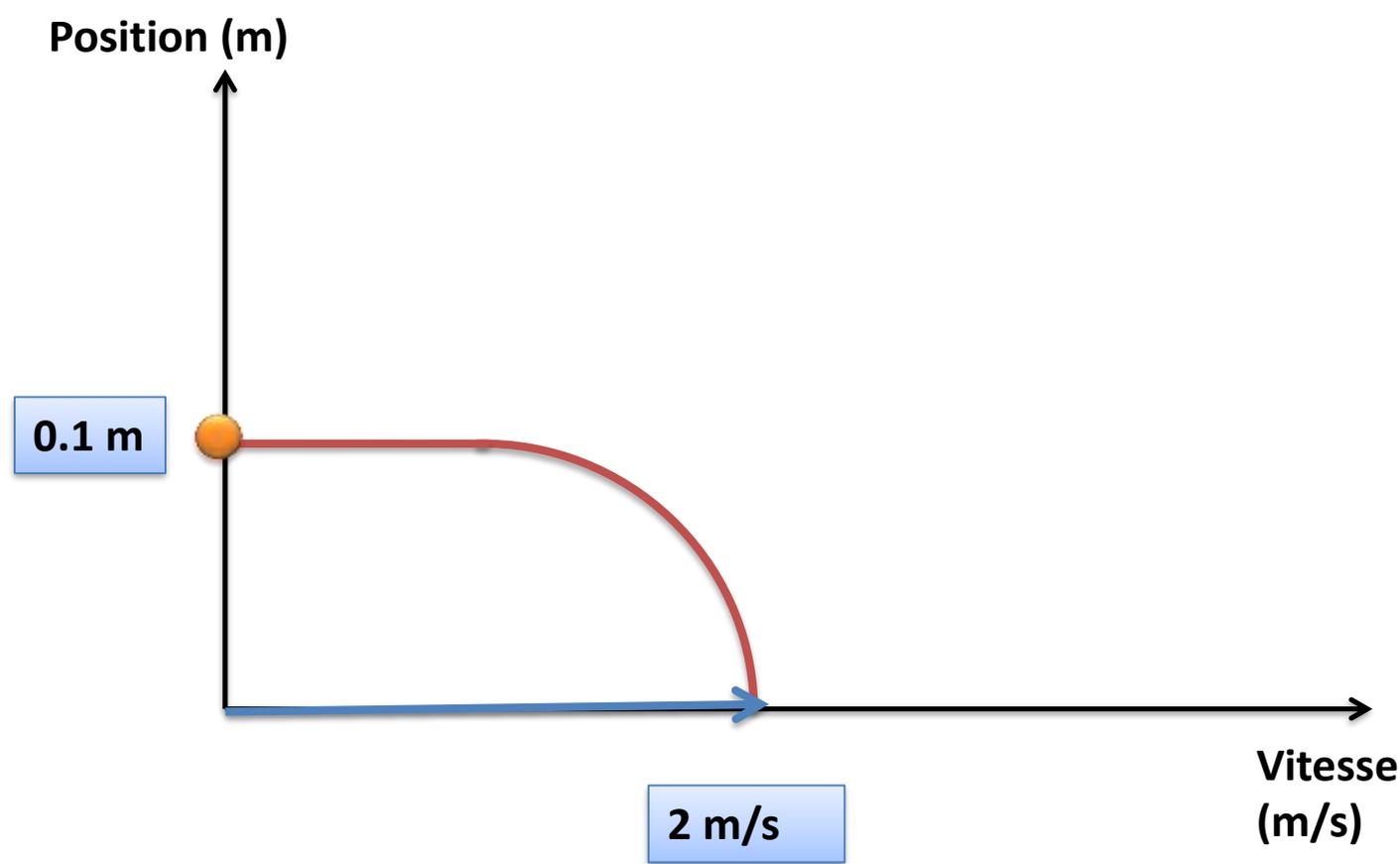
4.3. Le profil de vitesse à la sortie

➤ Pour la totalité de la géométrie



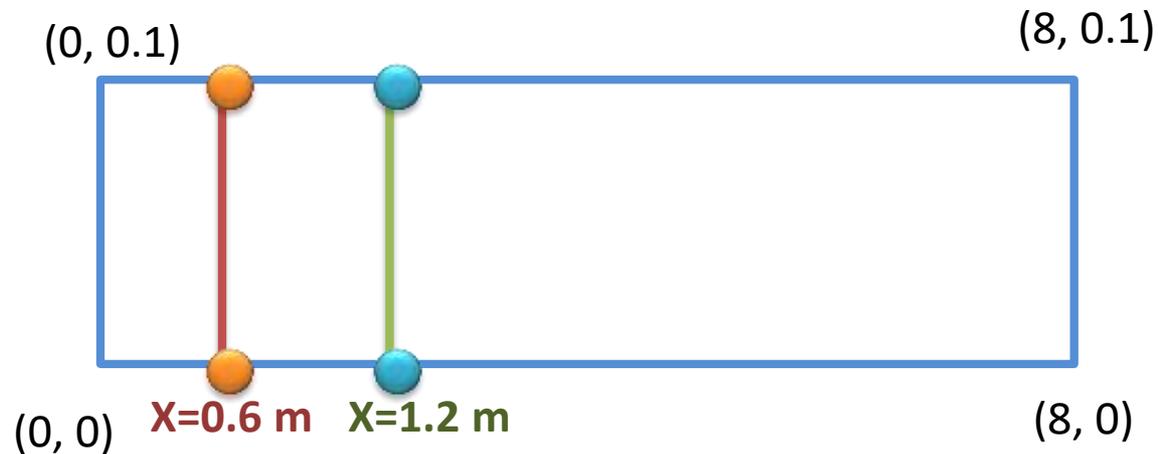
Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

➤ Pour la moitié de la géométrie



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

- pour voir comment le profil de la vitesse a changé le long de la conduite on doit ajouter des surfaces (deux surfaces) perpendiculaires à l'écoulement . 1^{er}: à $x= 0.6$ m et la 2eme à $x=1.2$ m



- pour créer une surface (ligne) on a besoin de deux points:
- pour la 1^{er} surface $(x_0, y_0)=(0.6, 0)$ et $(x_1, y_1)= (0.6, 0.1)$.
- Pour la 2eme surface: $(x_0, y_0)=(1.2, 0)$ et $(x_1, y_1)= (1.2, 0.1)$

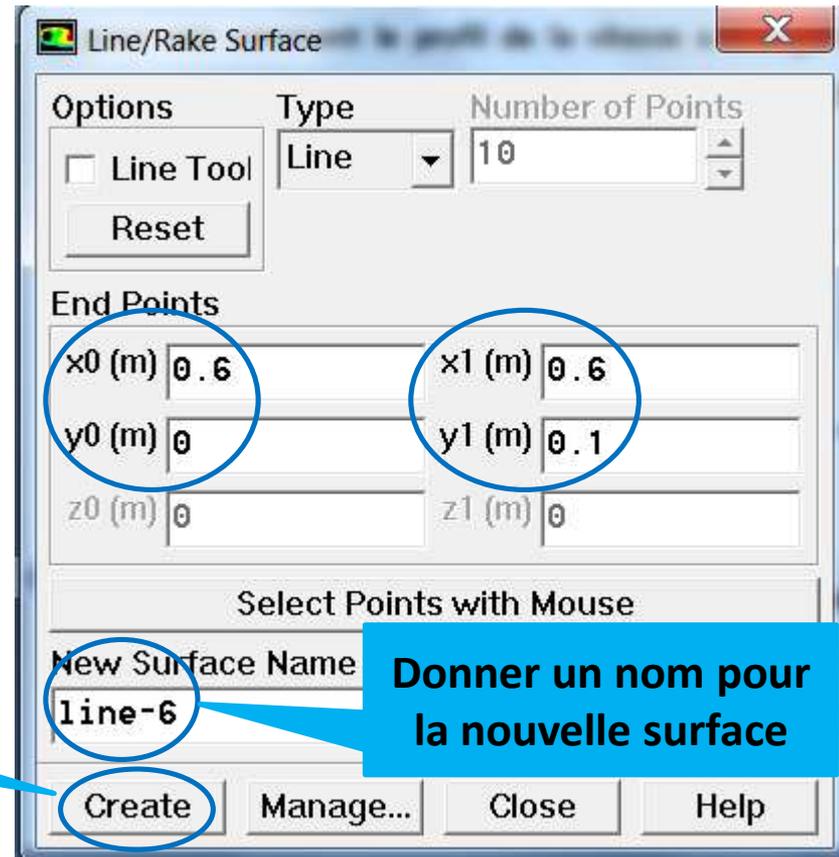
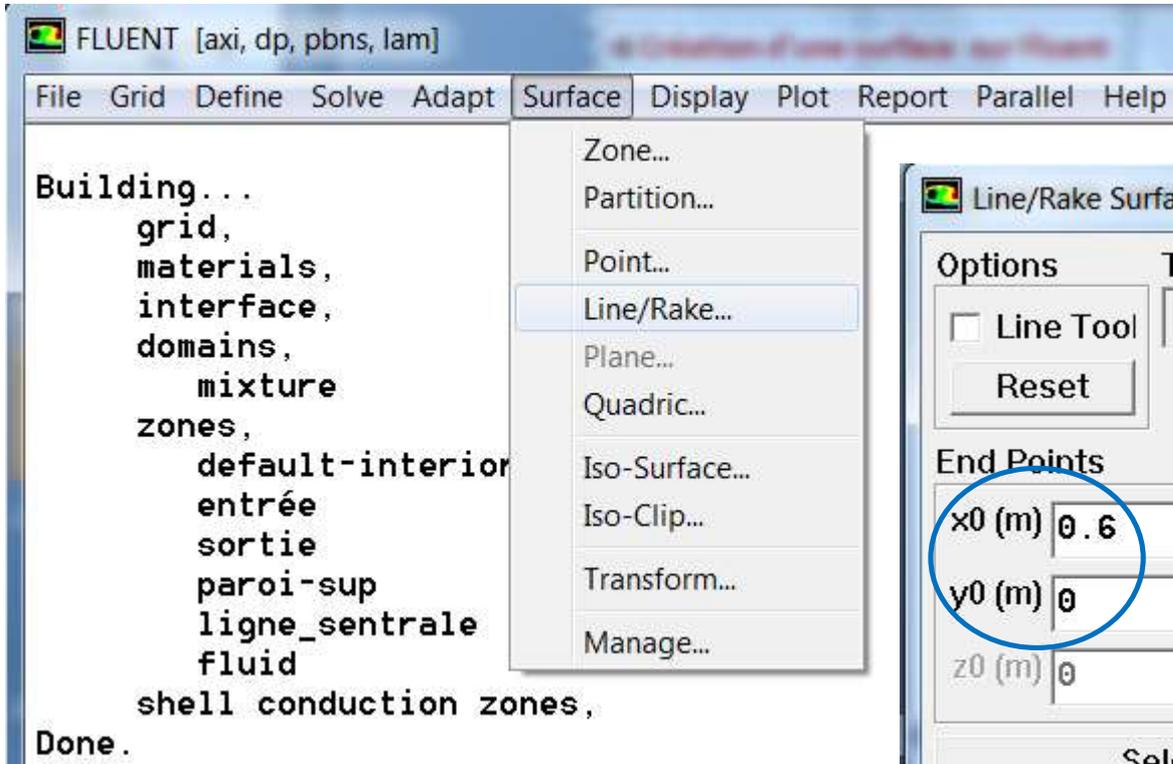
Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

Création d'une surface sur Fluent

pour la 1^{er} surface $(x_0, y_0) = (0.6, 0)$ et $(x_1, y_1) = (0.6, 0.1)$.

Surface → Line/Rake

Pour la 2eme surface: $(x_0, y_0) = (1.2, 0)$ et $(x_1, y_1) = (1.2, 0.1)$



Une fois terminé cliquer sur « create »

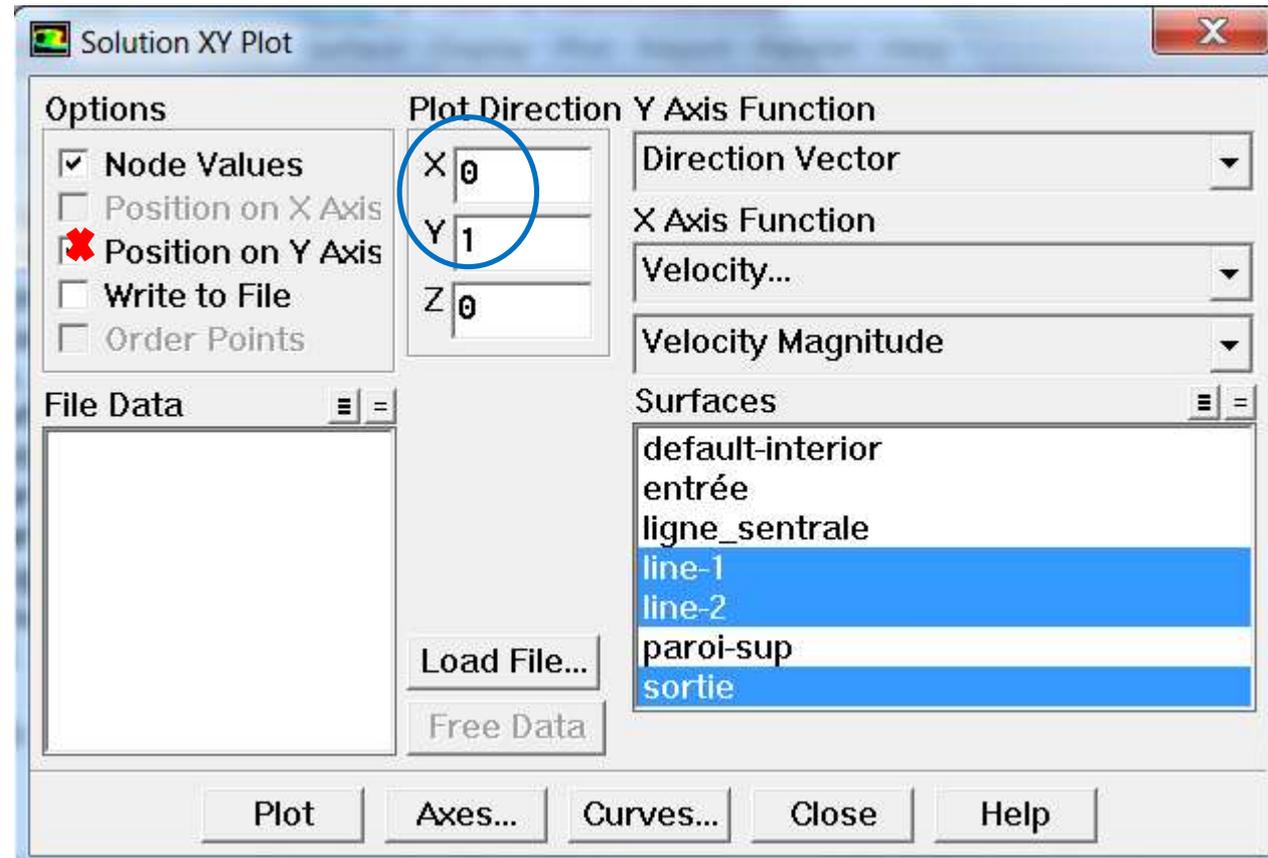
Donner un nom pour la nouvelle surface

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

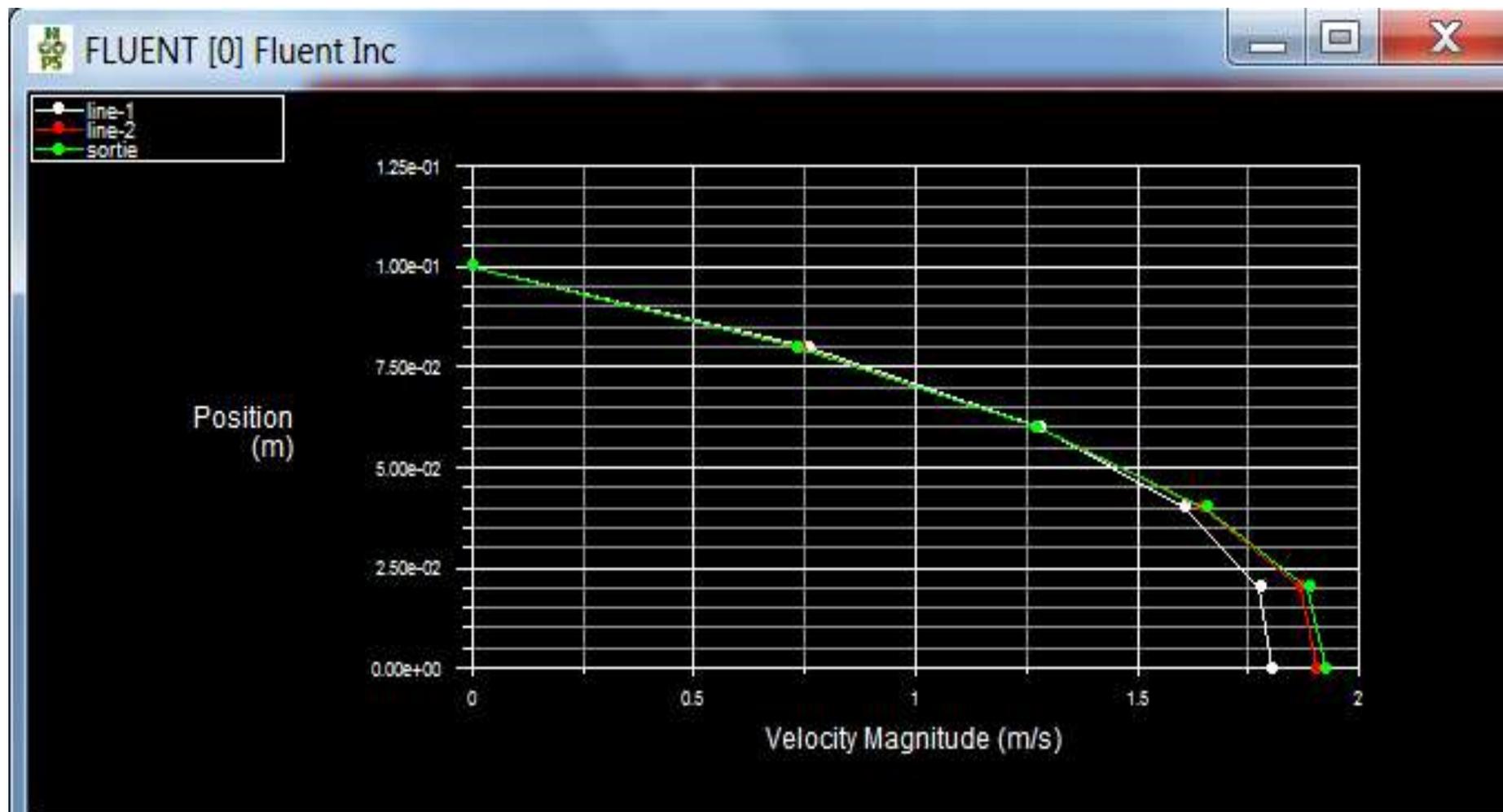
Tracer la vitesse à la sortie

plot → xy plot

La sortie // axe (0y) → X=0, Y=1 (position on y)



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

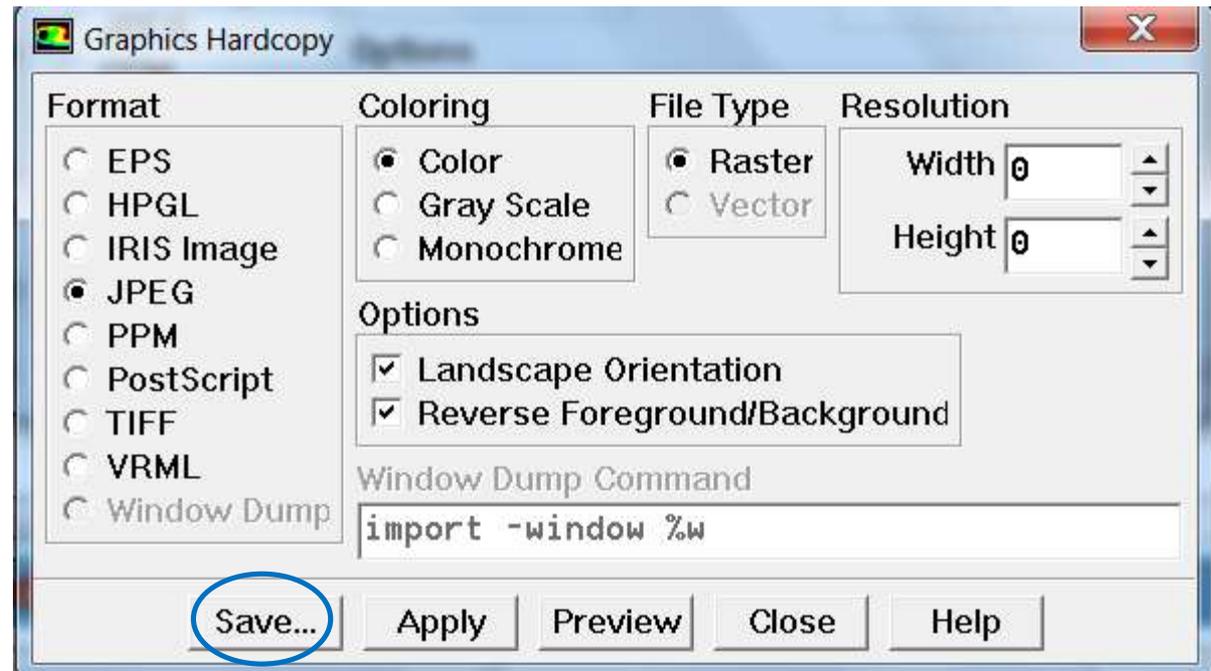
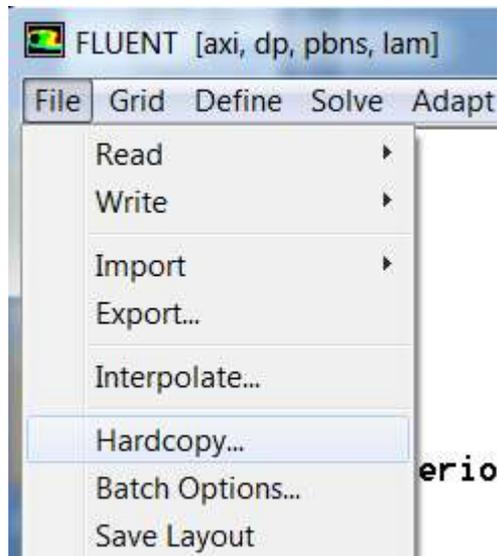


Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

■ enregistrement des graphes

■ 1^{er} méthode : sous forme image

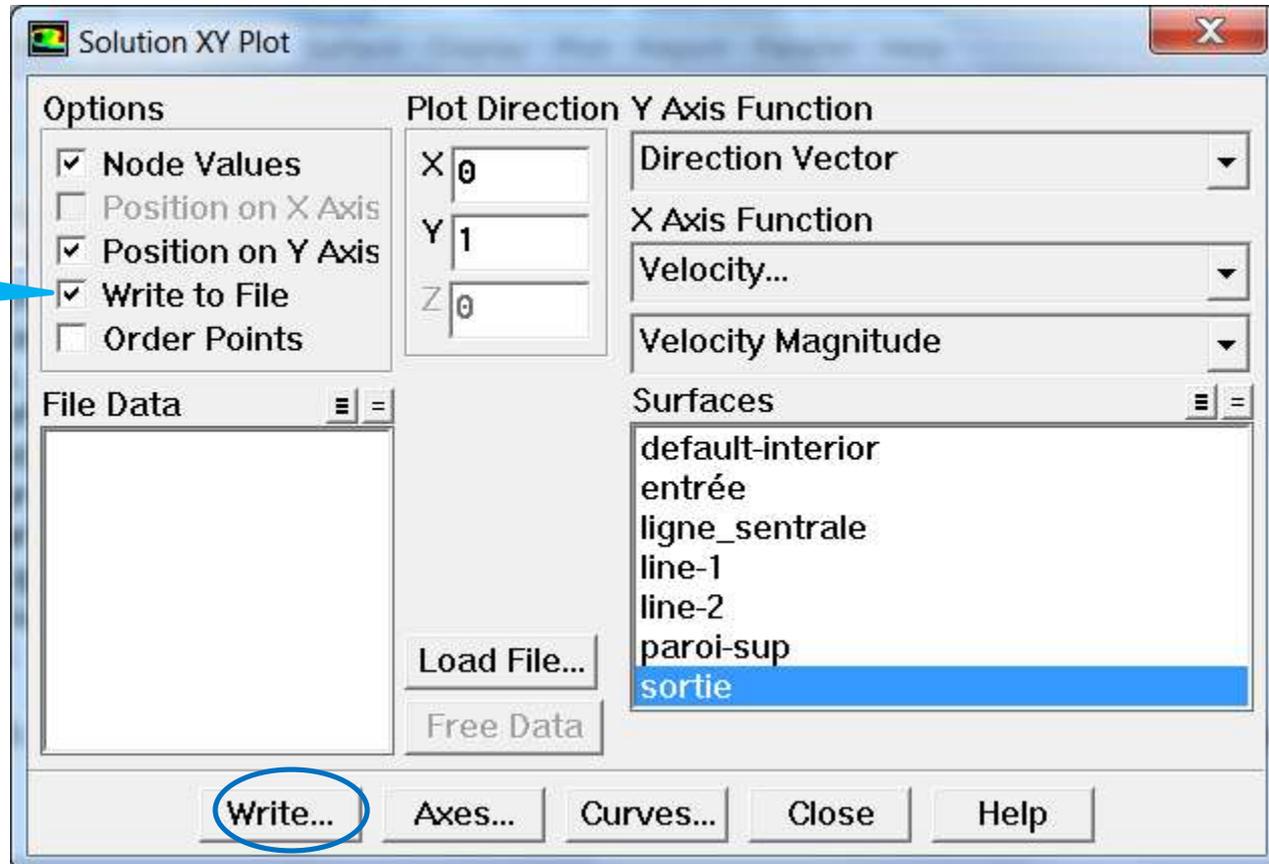
File → hardcopie



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

■ 2^{ème} méthode : sous forme de données

plot → xy plot



Cocher Write to file

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

5) Convergence en maillage (test de maillage)

- Il est très important d'évaluer la dépendance de vos résultats sur le maillage utilisé en répétant le même calcul sur des maillages différents (raffiner le maillage dans Gambit) et comparer les résultats.
- Nous referons le calcul précédent sur un maillage de **100x10** et comparons les résultats avec le 100 x5 le maillage utilisé précédemment. S'il y a une différence entre les résultats ...
- Nous referons le calcul précédent sur un maillage de **100x20** et comparons les résultats avec le 100 x10 le maillage utilisé précédemment.

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

■ Comment comparer les profils de la vitesse médiane pour les trois maillages ?!

1) tracer la vitesse à la ligne médiane pour le maillage 1

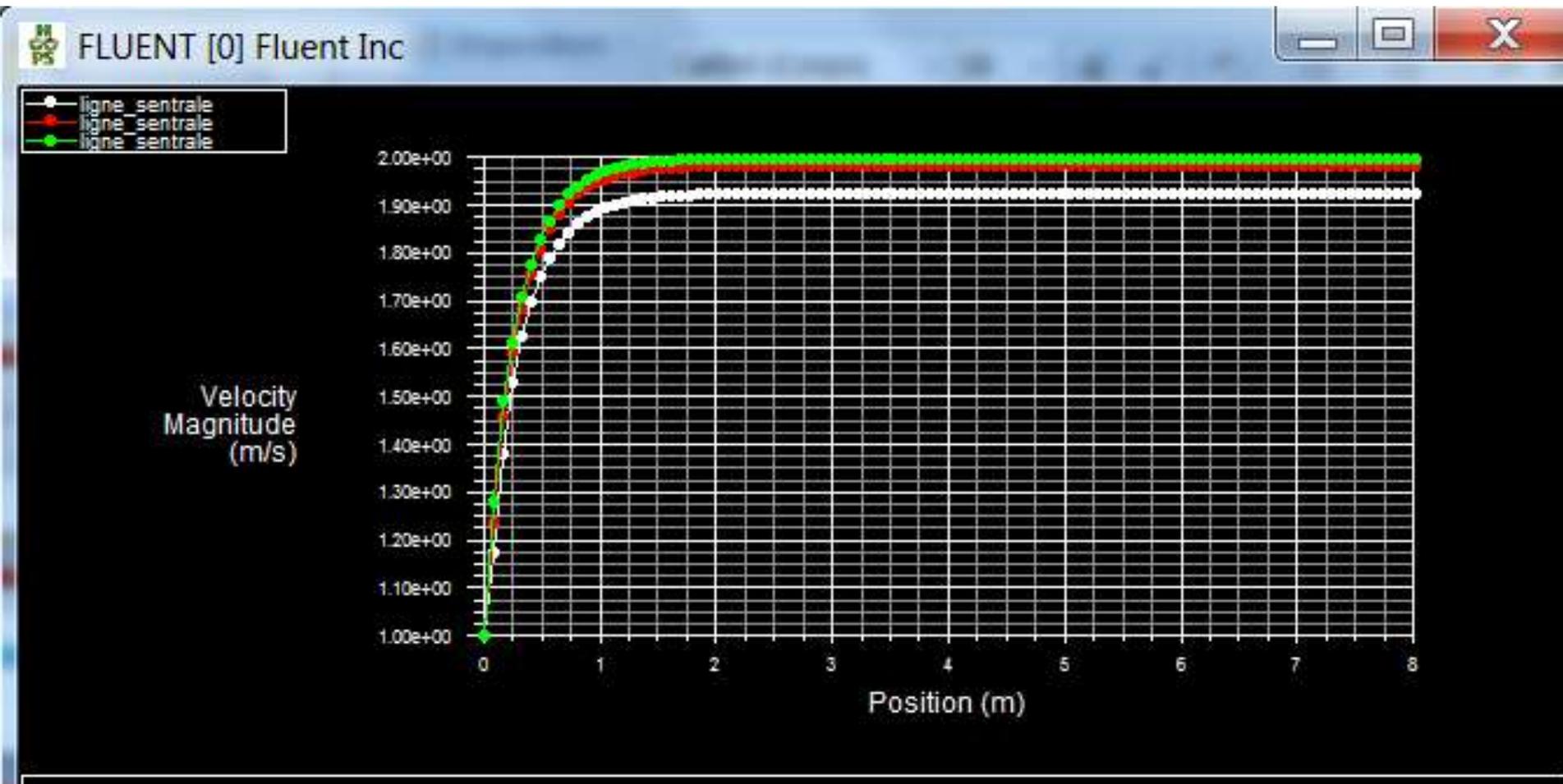
plot → xy plot → velocity ...

2) Cliquer sur « load file » pour charger la vitesse médiane de maillage 2 puis du maillage 3

3) Tracer les trois vitesses en utilisant « plot »

The image displays two screenshots of the 'Solution XY Plot' dialog box. The left screenshot shows the 'File Data' list with 'Axial Velocity (D:\Cou...' selected. The right screenshot shows the 'Load File...' button highlighted with a blue arrow pointing to a text box that says 'Charger les fichiers (V, CF ..)'. The dialog box contains several sections: 'Options' with checkboxes for 'Node Values', 'Position on X Axis', 'Position on Y Axis', 'Write to File', and 'Order Points'; 'Plot Direction' with input fields for X (1), Y (0), and Z (0); 'Y Axis Function' with a dropdown menu set to 'Velocity...'; 'X Axis Function' with a dropdown menu set to 'Velocity Magnitude'; 'Direction Vector' with a dropdown menu set to 'Direction Vector'; 'Surfaces' with a list including 'default-interior', 'entrée', 'ligne_sentrale', 'line-1', 'line-2', 'paroi-sup', and 'sortie'; and 'File Data' with a list including 'Axial Velocity' and 'Axial Velocity (D:\Cou...'. Buttons for 'Plot', 'Axes...', 'Curves...', 'Close', and 'Help' are visible at the bottom of the dialog box.

Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique



Exemple1: Écoulement laminaire dans une conduite cylindrique

6) Validation des résultats

Comparez la valeur numérique trouver (de la vitesse et le coef. De friction par exemple) avec la valeur théorique dans la région entièrement développée (2 m/s pour la vitesse et 0.16 pour le coef. de friction).

$C_f=0.154$

$V=1.93 \text{ m/s}$

Résultats numériques

| | |
|-------------------------------|-------|
| Vitesse axial (ligne médiane) | 2 m/s |
| Coefficient de frottement | 0.16 |

Erreur 3.7% < 5%