

3.1. Introduction

Le logiciel Gambit est un mailleur 2D/3D; pré-processeur qui permet de mailler des domaines de géométrie d'un problème de CFD (Computational Fluid Dynamics). Il génère des fichiers *.msh pour Fluent. Fluent est un logiciel qui permet de résoudre et simuler des problèmes de mécanique des fluides et de transferts thermiques par la méthode des volumes finis. Le Gambit regroupe trois fonctions :

- définition de la géométrie du problème,
- le maillage et sa vérification,
- la définition des frontières(des conditions aux limites) et définitions des domaines de calculs

3.2. Maillage sous Gambit

3.2.1 Démarrage de Gambit

Le chemin de l'application de Gambit est le suivant :

:/Fluent.Inc/ntbin/ntx86/Gambit.exe

Vous pouvez créer un raccourci dans la barre des tâches. S'il y a un problème d'exécution, supprimez tous les fichiers *.lok dans le répertoire **:/Fluent.Inc/ntbin/ntx86** et relancez Gambit.exe.

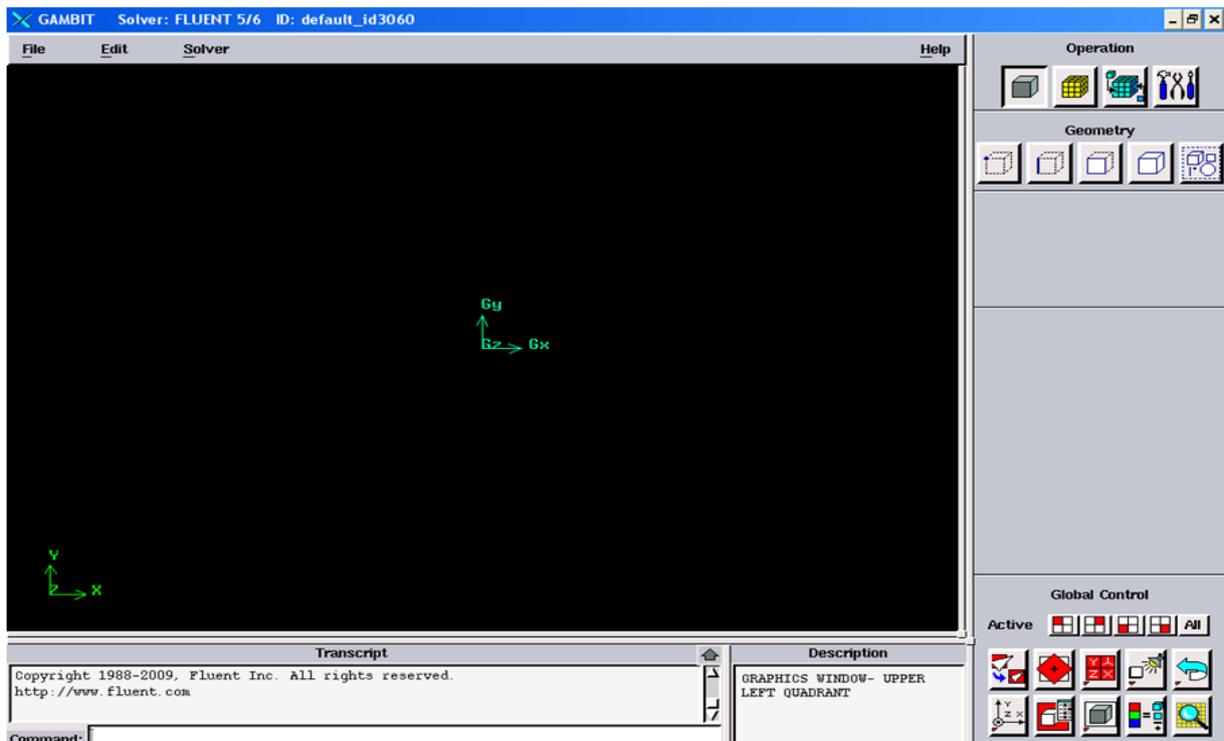


Figure 3.1- Lancement du Gambit

3.2.2. Construction de la géométrie

La finalité de la construction de la géométrie est de définir les domaines de calcul qui seront des faces dans un problème 2D et des volumes dans un problème 3D.

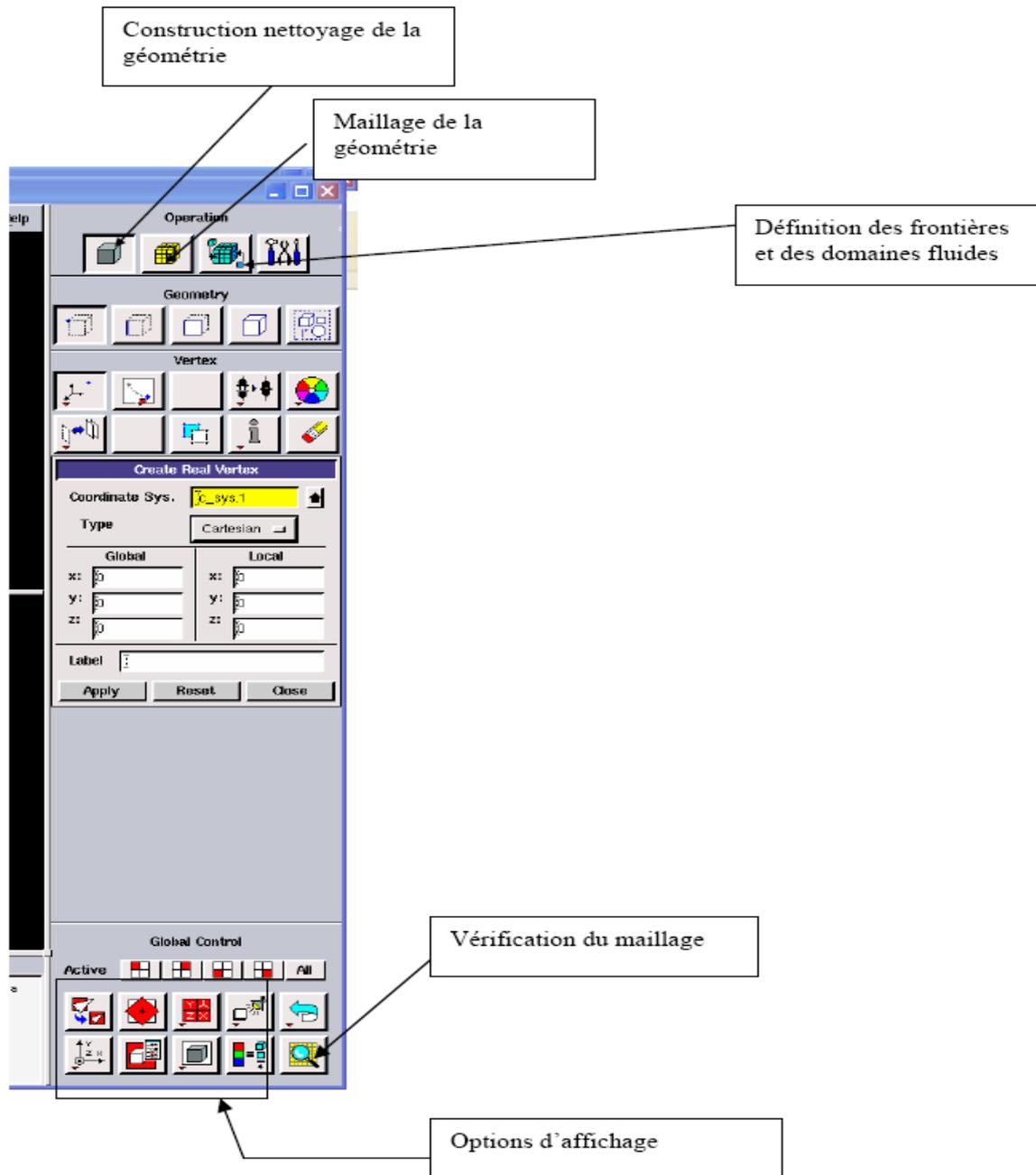


Figure 3.2 – Les opérations pour construire une géométrie

3.2.3. Maillage

La génération du maillage (2D ou 3D) est une phase très importante dans une analyse CFD, vu l'influence de ses paramètres sur la solution calculée. Ce menu permet de mailler en particulier une ligne de la géométrie, à savoir disposer les nœuds avec des conditions particulières (utilisation d'un ratio pour modifier la pondération du maillage, application de formes différentes de maillage).

3.2.3.1. Choix du type de maillage

3.2.3.1.1. Maillage structuré (quadra/hexa)

Il est beaucoup plus facile de le générer en utilisant une géométrie à multi bloc, il présente les avantages suivants :

- Economique en nombre d'éléments, présente un nombre inférieur de maille par rapport à un maillage non structuré équivalent.
- Réduit les risques d'erreurs numériques car l'écoulement est aligné avec le maillage. Ses inconvénients :
- Difficile à le générer dans le cas d'une géométrie complexe
- Difficile d'obtenir une bonne qualité de maillage pour certaines géométries complexes

3.2.3.1.2. Maillage non structuré (tri/tétra.)

Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant à leur disposition.

*Ses avantages :

- Peut être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments
- Les algorithmes de génération de ce type de maillage (tri/tétra) sont très automatisés

*Ses inconvénients :

- Très gourmand en nombre de mailles comparativement au maillage structuré
- Engendre des erreurs numériques (fausse diffusion) qui peuvent être plus importante si l'on compare avec le maillage structuré

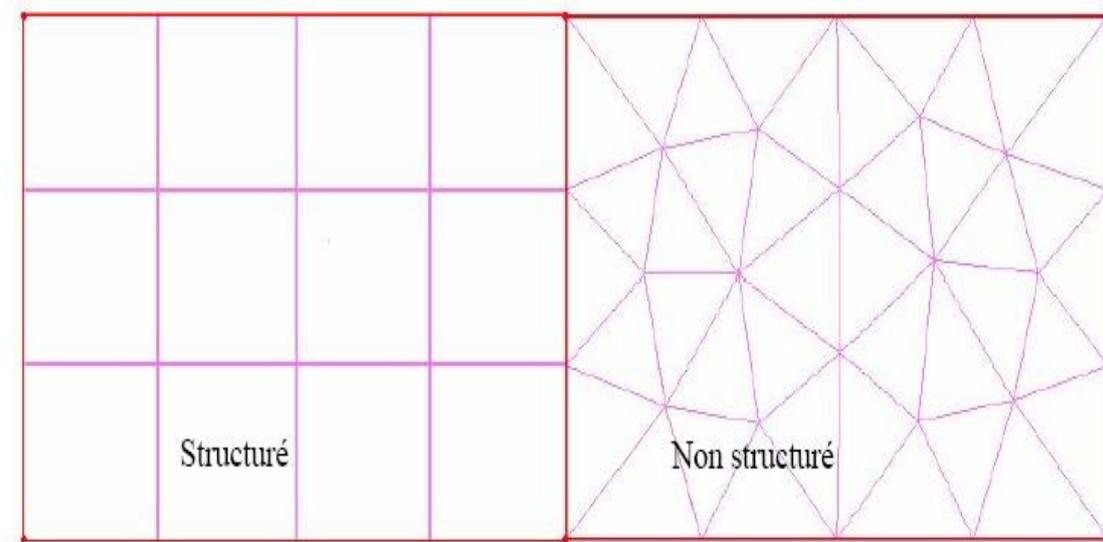


Figure 3.3 – maillage structuré et non structuré

3.2.3.1.3. Maillage hybride

Maillage généré par un mélange d'éléments de différents types, triangulaires ou quadrilatéraux en 2D, tétraédriques, prismatiques, ou pyramidaux en 3D.

Ses avantages :

- Combine entre les avantages du maillage structuré et ceux du maillage non structuré !

3.2.3.1.4. Techniques générales de génération du maillage

Pratiquement, il n'existe pas de règle précise pour la création d'un maillage valable, cependant il existe différentes approches qui permettent d'obtenir une grille acceptable.

Nous pouvons résumer ces règles ainsi :

- Maintenir une bonne **Q**ualité des éléments
- Assurer une bonne **R**ésolution dans les régions à fort gradient
- Assurer un bon **L**issage dans les zones de transition entre les parties à maillage fin et les parties à maillage grossier
- Minimiser le nombre **T**otal des éléments (temps de calcul raisonnable)

3.2.3.1.5. Qualité d'un maillage :

La génération d'une très bonne qualité de maillage est essentielle pour l'obtention d'un résultat de calcul précis, robuste et signifiant.

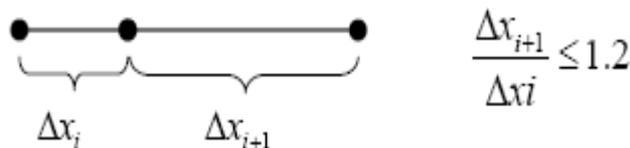
Une bonne qualité de maillage repose sur :

- Une bonne résolution dans les régions présentant un fort gradient (couches limites, ondes de choc ...etc.)

Enfin, la qualité de maillage à un sérieux impact sur la convergence, la précision de la solution et surtout sur le temps de calcul.

- Lissage

Le changement dans la taille des éléments de maillage d'une zone maillée à une autre doit être graduel, la variation de la taille des éléments de deux zones adjacentes ne doit pas dépasser 20%.



3.2.3.1.6. Génération d'un maillage couche limite :

La notion de résolution concerne plus particulièrement les zones qui présentent un fort gradient, ainsi une bonne résolution permet de mieux décrire les phénomènes physiques qui existent dans ces zones telles que les ondes de choc, ou les phénomènes liés à la couche limite.

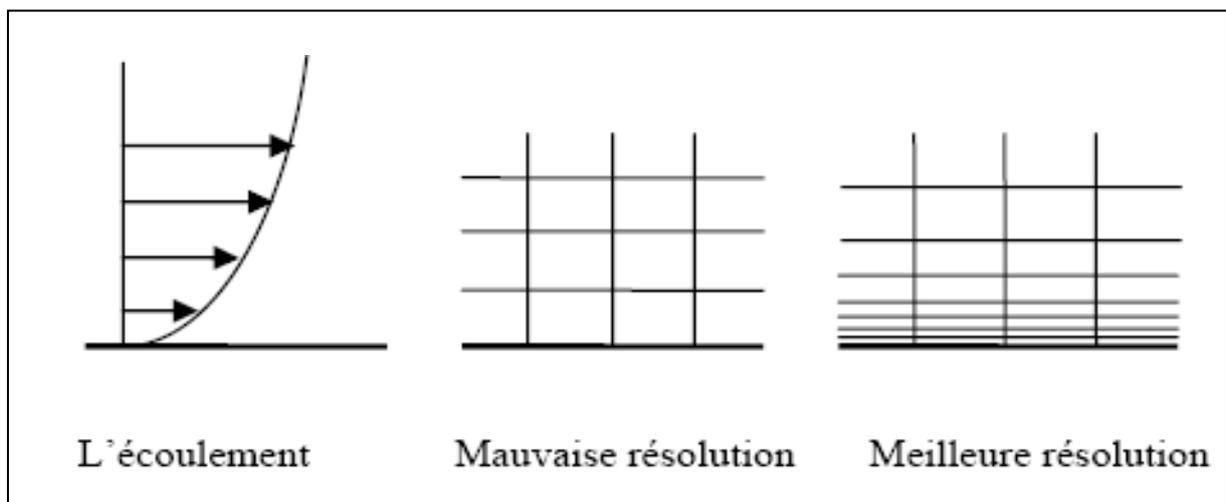


Figure 3.4 – Génération d'un maillage couche limite

3.2.4. Conditions aux limites et définition de domaines

Le mailleur Gambit peut générer des maillages que beaucoup de solveurs peuvent utiliser, ainsi nous devons spécifier le logiciel solveur avec lequel on veut traiter le fichier maillage.

Comme conditions aux limites, on peut imposer un débit massique à l'entrée de la machine, en utilisant la condition *Mass flow Inlet* ou une *Velocity inlet*, la pression à la sortie en utilisant la condition *Pressure Outlet*.

La figure suivante résume les différentes conditions qu'on peut imposer pour un écoulement d'air en convection forcée turbulente. Ensuite, on procède à la définition des domaines de calcul.

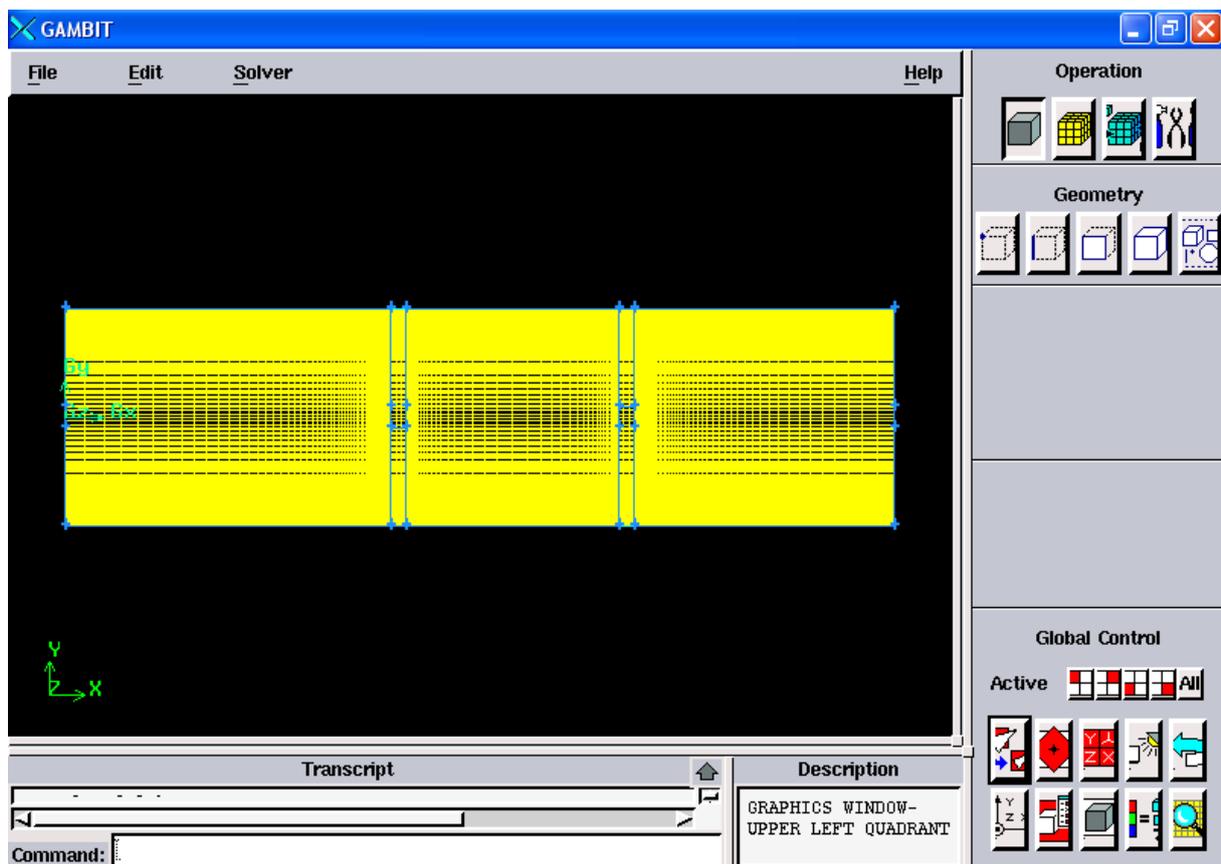
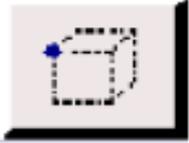
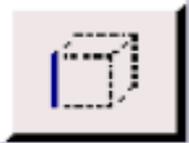
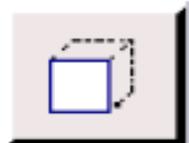
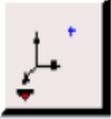
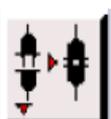
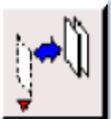
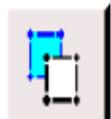


Figure 3.5 - Définition des conditions aux limites

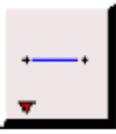
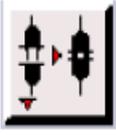
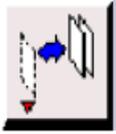
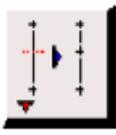
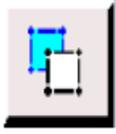
ANNEXE :**COMMANDES POUR LA CONSTRUCTION DE LA GEOMETRIE :**

<i>Symbole</i>	<i>Commande</i>
	Point
	Segment
	Face
	Volume
	Group

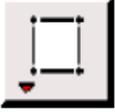
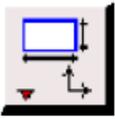
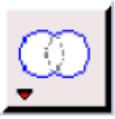
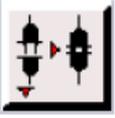
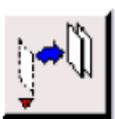
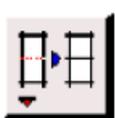
COMMANDES D'UN POINT :

<i>Symboles</i>	<i>Commande</i>	<i>Description</i>
	Créer point	Crée un point réel aux coordonnées spécifiées
	Glisser un point virtuel	Change la position d'un point virtuel au long d'un segment ou d'une face
	Connecter / séparer des points	Connecte des point réels ou virtuels/ sépare des points qui sont communs à deux ou plus d'une entités.
	Modifier la couleur d'un point	Change la couleur d'un point
	Déplacer/Copier un point	Déplace et/ou copie des points
	Convertir des points	Convertit les points non réels en points réels
	Récapituler Contrôle des points Recherche de points	Affiche les informations d'un point
	Supprimer un point	Supprime un point réel ou virtuel

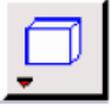
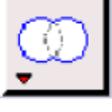
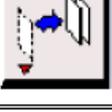
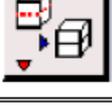
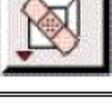
COMMANDES D'UN SEGMENT :

<i>Symboles</i>	<i>Commande</i>	<i>Description</i>
	Créer un segment	Crée un segment réel à partir de points existants
	Connecter / séparer des segments	Connecte des segment réels ou virtuels/ sépare des segments qui sont communs à deux ou plus d'une entités.
	Modifier la couleur d'un segment	Change la couleur d'un segment
	Déplacer/Copier un segment	Déplace et/ou copie des segments
	Split Edges Merge Edges	Fractionner des segments ou merger des segments
	Convertir des segments	Convertit les segments non réels en segments réels
	Récapituler Contrôle des segments Recherche de segments	Affiche les informations d'un segment
	Supprimer un segment	Supprime un segment réel ou virtuel

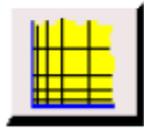
COMMANDES RELATIVES A UNE FACE :

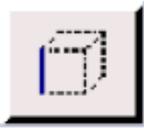
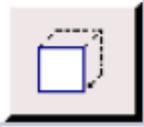
<i>Symboles</i>	<i>Commande</i>	<i>Description</i>
	Former une face	Crée une face réelle à partir de segments existants
	V. Créer une face	Créer une face à partir d'une forme primitive
	Opérations booléennes	Union, soustraction et intersection de faces
	Connecter / séparer des faces	Connecte des face réelles ou virtuelles/ sépare des faces qui sont communes à deux ou plus d'entités.
	Modifier la couleur d'une face	Change la couleur d'une face
	Déplacer/Copier une face	Déplace et/ou copie des faces
	Split faces Merge faces	Fractionner ou merger des faces
	Convertir des faces	Convertit les faces non réelles en faces réelles
	Récapituler Contrôler des faces Rechercher des faces	Affiche les informations d'une face
	Supprimer une face	Supprimer une face réelle ou virtuelle

COMMANDES RELATIVES A UN VOLUME :

<i>Symboles</i>	<i>Commande</i>	<i>Description</i>
	Former un volume	Crée un volume réel à partir de faces existantes
	VI. Créer un volume	Créer un volume à partir d'une forme primitive
	VII. Opérations booléennes	Union, soustraction et intersection de volumes
	Modifier la couleur d'un volume	Change la couleur d'un volume
	Déplacer/Copier un volume	Déplace et/ou copie des volumes
	Split volumes Merge volumes	Fractionner ou merger des volumes
	Convertir des volumes	Convertit les volumes non réels en volumes réels
	Récapituler Contrôler des volumes Rechercher des volumes	Affiche les informations d'un volume
	Supprimer un volume	Supprimer un volume réel ou virtuel

COMMANDES DE MAILLAGE

<i>Symbole</i>	<i>Commande</i>
	Couches limites

	Segment
	Faces
	Volume
	Groupe

SPECIFICATION DU SCHEMA DES ELEMENTS FACE :

GAMBIT nous spécifie un type d'élément de maillage surfacique, Chaque élément est associé avec un type de maillage

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Quad	Spécifie que le maillage contient seulement des éléments quadrilatéraux
Tri	Spécifie que le maillage contient seulement des éléments triangulaires
Quad/Tri	Spécifie que le maillage est composé d'éléments quadrilatéraux mais peut contenir des éléments triangulaires

SPECIFICATION DU TYPE DE MAILLAGE DES ELEMENTS FACE :

GAMBIT nous donne les types de maillage suivant :

<i>Option</i>	<i>Description</i>
Map	Crée un maillage régulier et structuré
Submap	Divise une face de géométrie complexe en régions plus régulières et crée un maillage structuré en chaque région
Pave	Crée un maillage non structuré
Tri Primitive	Divides a three-sided face into three quadrilateral regions and creates a mapped mesh in each region

Wedge Primitive	Creates triangular elements at the tip of a wedge-shaped face and creates a radial mesh outward from the tip
-----------------	--

	Elements		
Type	Quad	Tri	Quad/Tri
Map	X		X
Submap	X		
Pave	X	X	X
Tri Primitive	X		
Wedge Primitive			X

3.3. Simulation sous FLUENT

Ce chapitre fournit une introduction à FLUENT, une explication de ses aptitudes, et des instructions pour paramétrer le solveur. Il explicite les étapes nécessaires pour réussir une simulation d'un problème en mécanique des fluides. Une attention particulière est donnée aux écoulements internes.

3.3.1. Importation de la géométrie (*.msh)

Pour commencer la simulation il faut importer le fichier (*.msh) généré sous Gambit.

File → **Read** → **Case...**

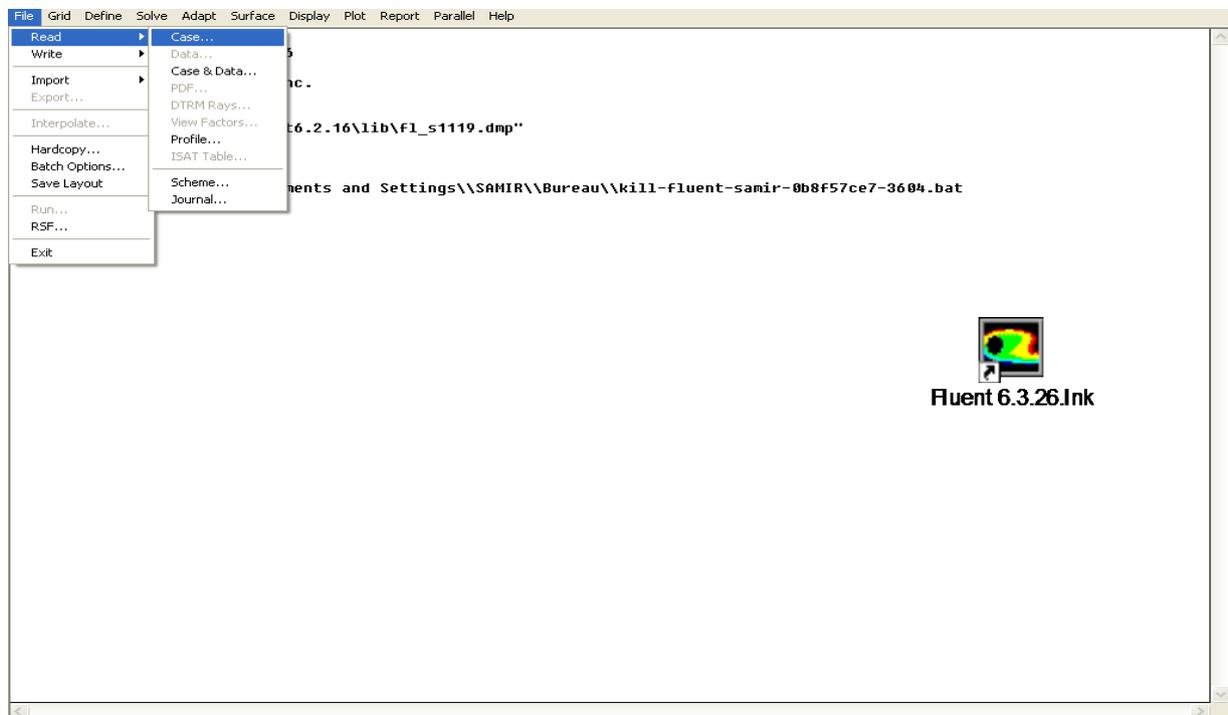


Figure 3.6 - Importation de la géométrie

3.3.2. Vérification du maillage importé :

Grid → **Check**

Ceci permet de vérifier si le maillage importé ne contient pas d'erreurs ou de volumes négatifs.

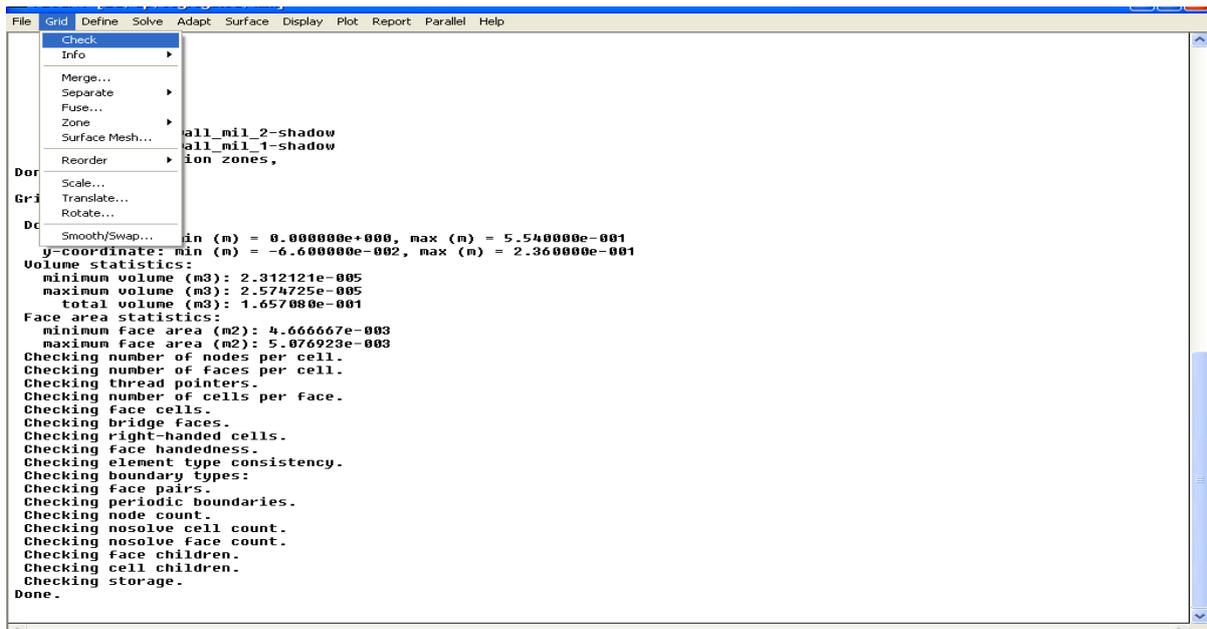


Figure 3.7 - Vérification du maillage sous Fluent

3.3.3. Lissage du maillage (Smooth and swap the grid) :

Grid —> Smooth/Swap...

Pour s’assurer de la qualité du maillage, il est pratique de lisser le maillage, cliquez sur le bouton Smooth puis sur le bouton Swap. Répétez jusqu’à ce que **FLUENT** affiche que zéro faces sont swapped

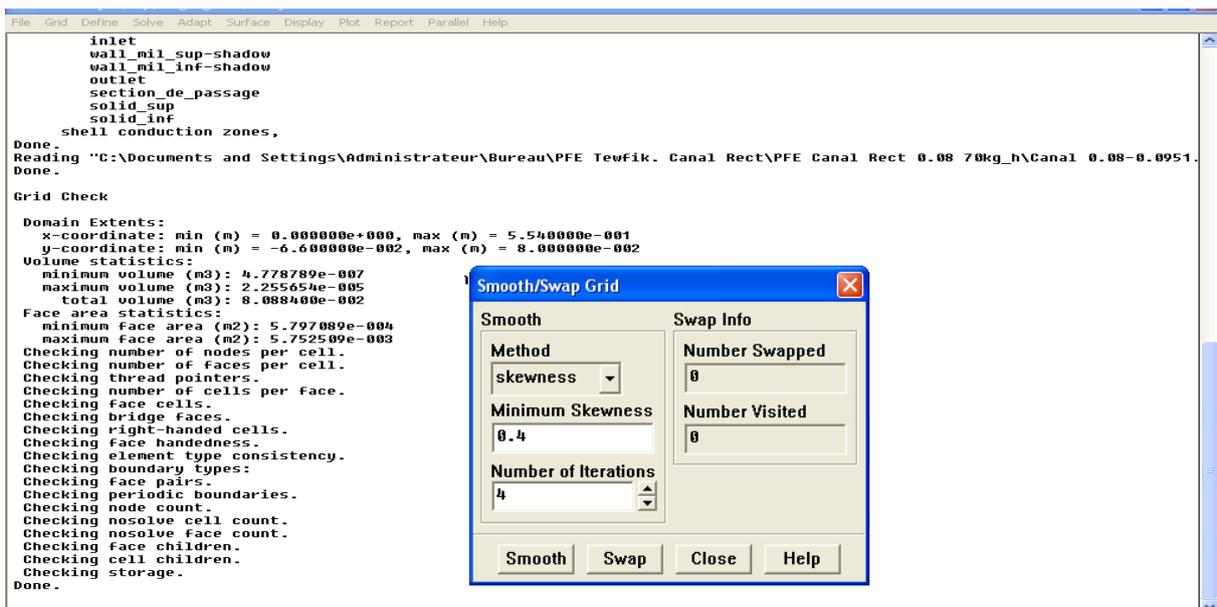


Figure 3.8 - Lissage du maillage

3.3.4. Vérification de l'échelle :

Grid → Scale

Il faut toujours vérifier que les dimensions affichées correspondent aux dimensions physiques du problème.

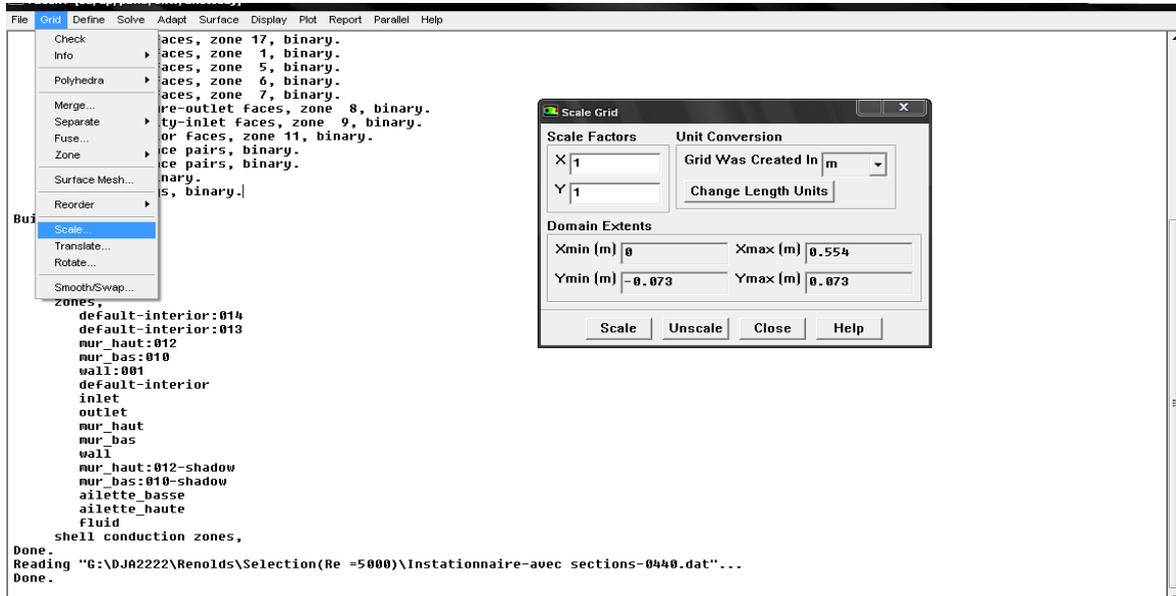


Figure 3.9 - Vérification des unités

3.3.5. Affichage de la grille :

Display → Grid

Vous pouvez afficher le maillage et il est très judicieux de vérifier les conditions aux limites définies au préalable dans Gambit.

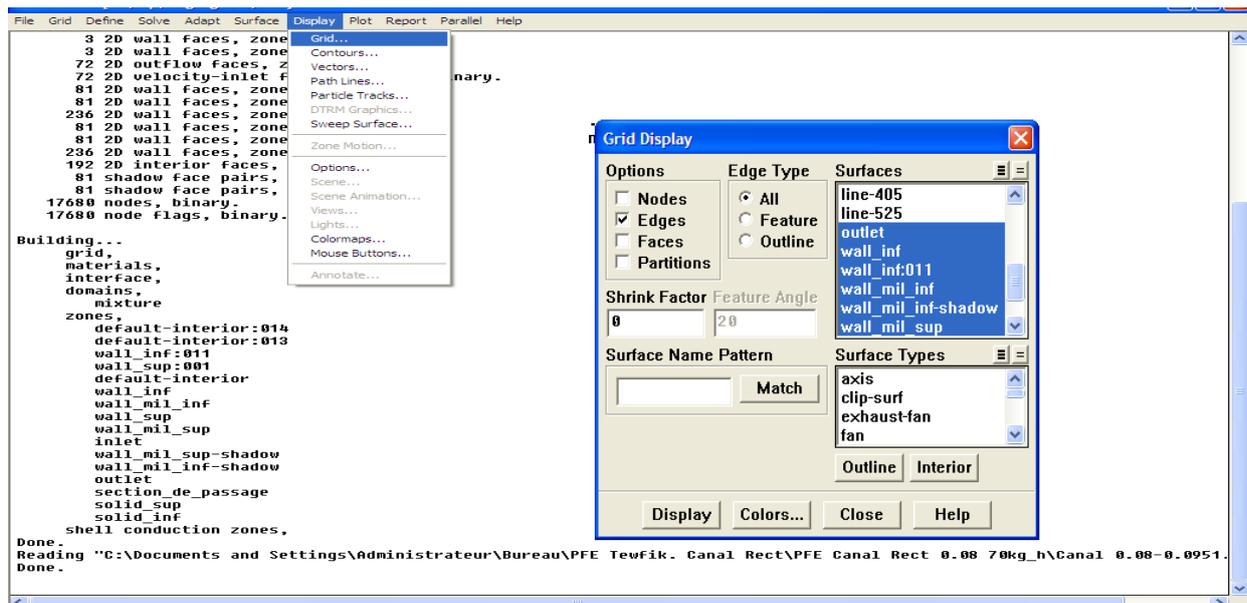


Figure 3.10 - Affichage de la grille et vérification des conditions

3.3.6. Choix du solveur

Define → Models → Solver...

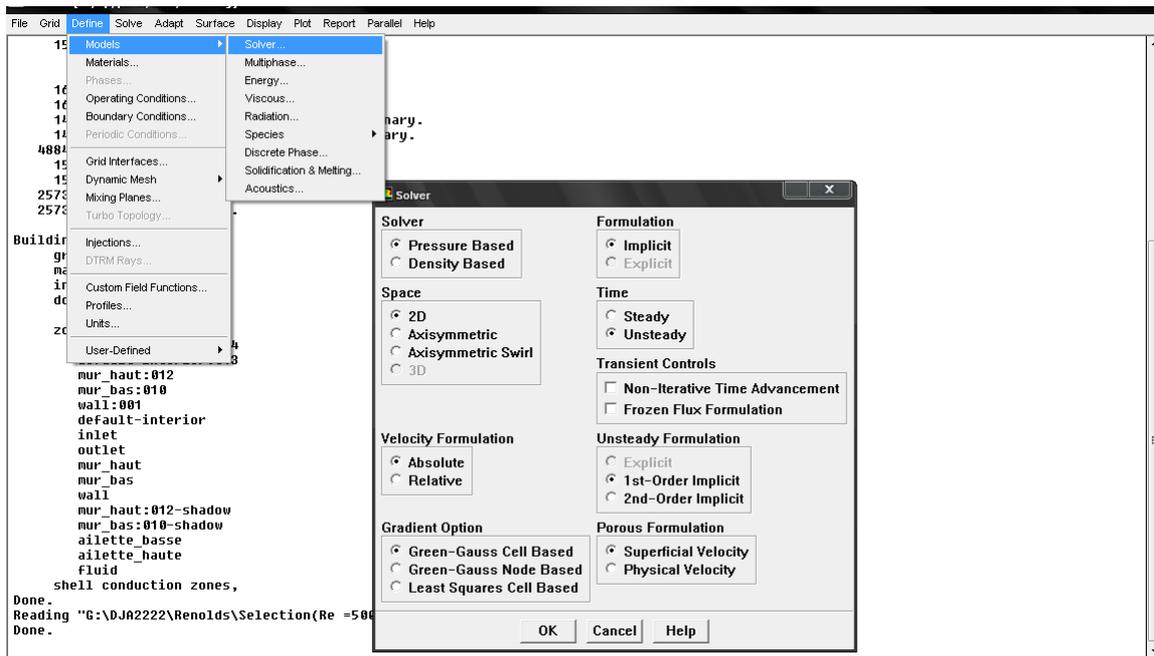


Figure 3.11 - Choix du solveur sous Fluent

- Segregated Solver : est le plus approprié pour les écoulements incompressibles (Ventilateurs, pompes...)
- Coupled Solvers, les solveurs « coupled implicit » et « coupled explicit », sont plutôt réservés aux écoulements compressibles à grande vitesse.

C'est là aussi qu'on choisit le régime d'écoulement ; permanent ou instationnaire.

3.3.7. L'équation de l'énergie :

Define → Models → Energy...

L'instruction énergie doit être activée pour l'étude du champ thermique

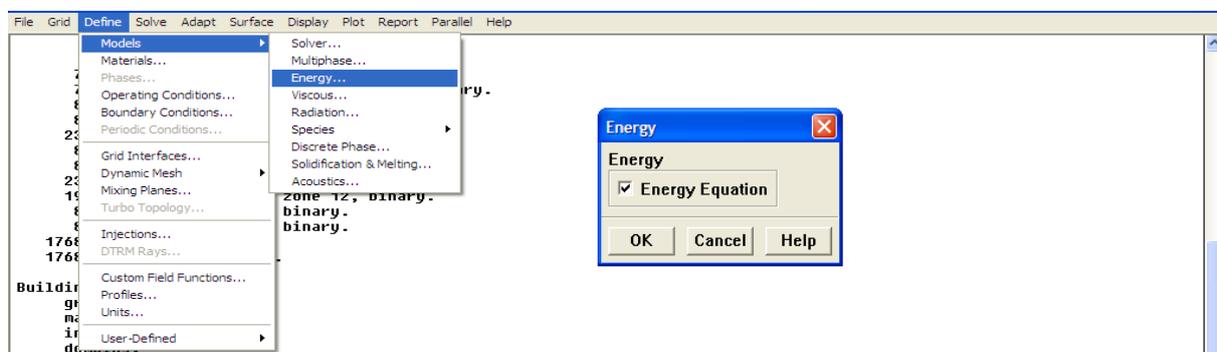


Figure 3.12 – Equation de l'énergie

3.3.8. Choix du modèle de turbulence :

Define → Models → Viscous

Fluent propose différentes modélisations de l'écoulement turbulent. Parmi lesquels les écoulements non visqueux, laminaires, turbulents ... etc.

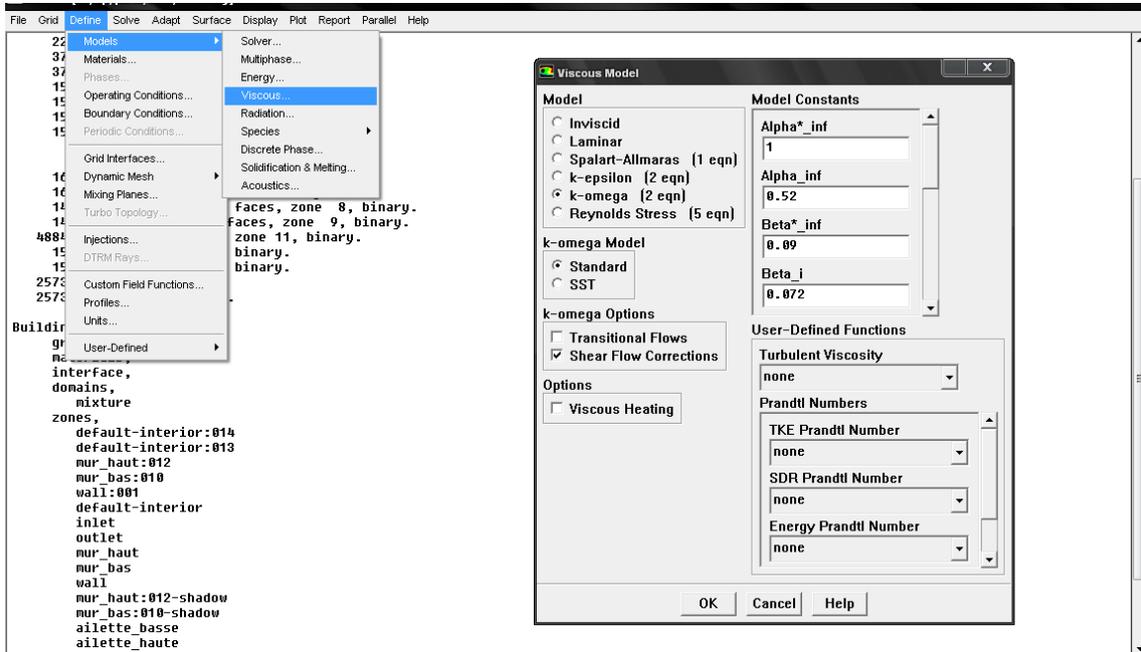


Figure 3.13 - Choix du modèle de turbulence

3.3.9. Définition des caractéristiques du fluide :

Define → Materials

Les caractéristiques du fluide sont chargées à partir de la bibliothèque des données de Fluent.

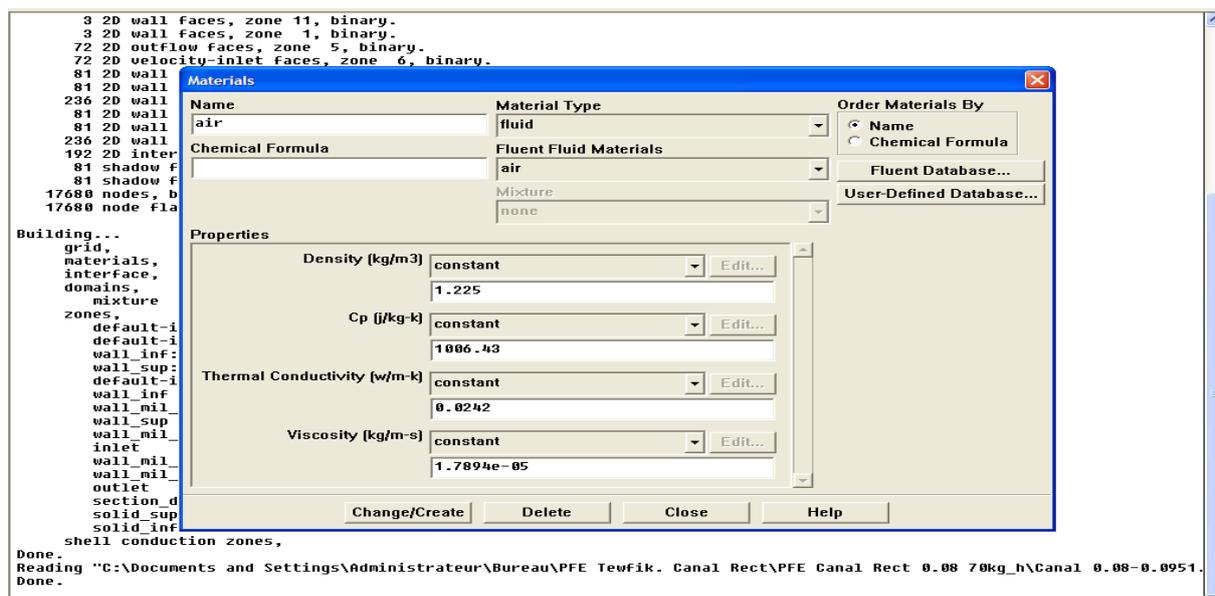


Figure 3.14 - Définition des caractéristiques du fluide

3.3.10. Operating conditions :

Define → Operating conditions

Avant de choisir les conditions aux limites, il faut choisir d'abord la valeur de la pression de référence « operating conditions ».

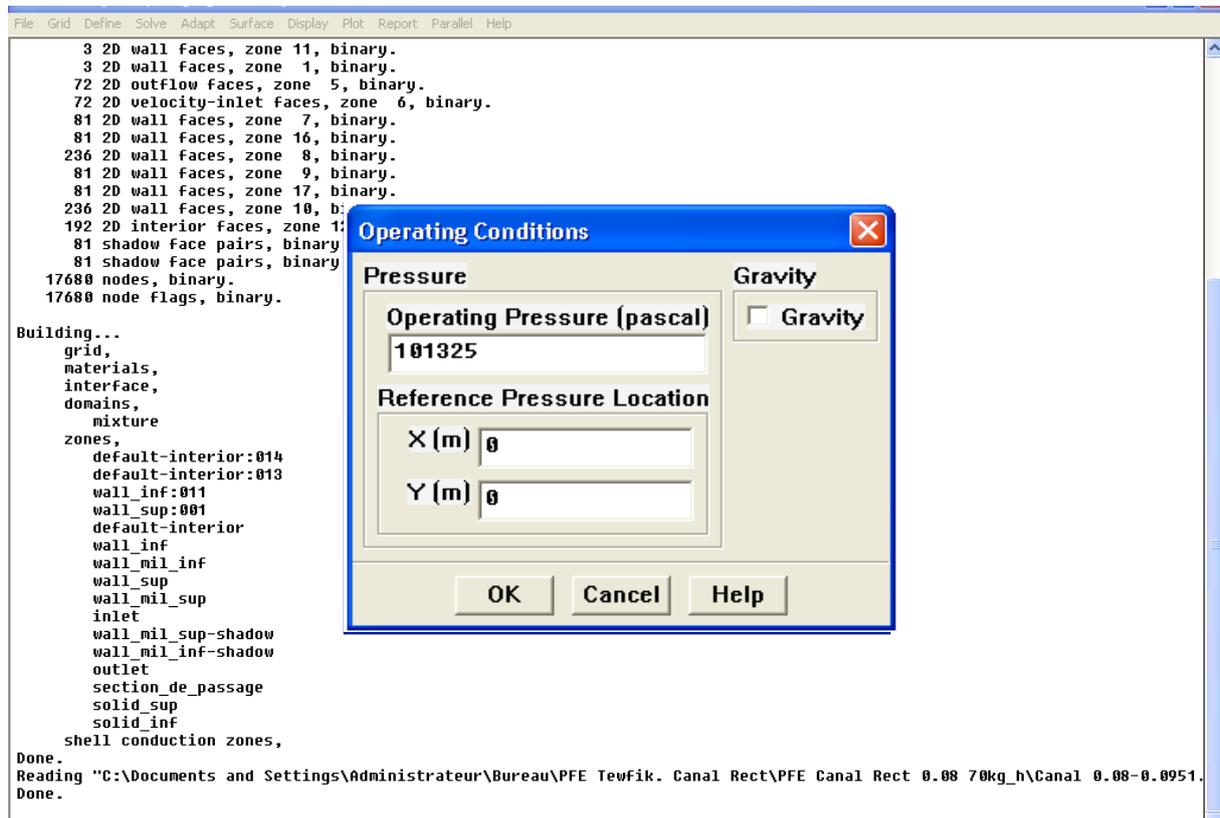


Figure 3.15 - Choix de la pression de référence

En effet, Fluent effectue tous les calculs, avec une pression appelée gauge pressure et ce afin d'éviter les erreurs d'ordre numérique lors du calcul pour des écoulements à faible nombre de mach. La relation liant la pression absolue à la « gauge pressure » est donnée par :

$$P_{abs} = P_{op} + P_{gauge}$$

Fluent prend par défaut la valeur de la pression atmosphérique comme operating pressure. Ensuite, il faut choisir les conditions aux limites :

3.3.11. Conditions aux limites usuelles :

Define → Boundary Conditions

Ensuite, il faut fixer les valeurs des conditions aux limites :

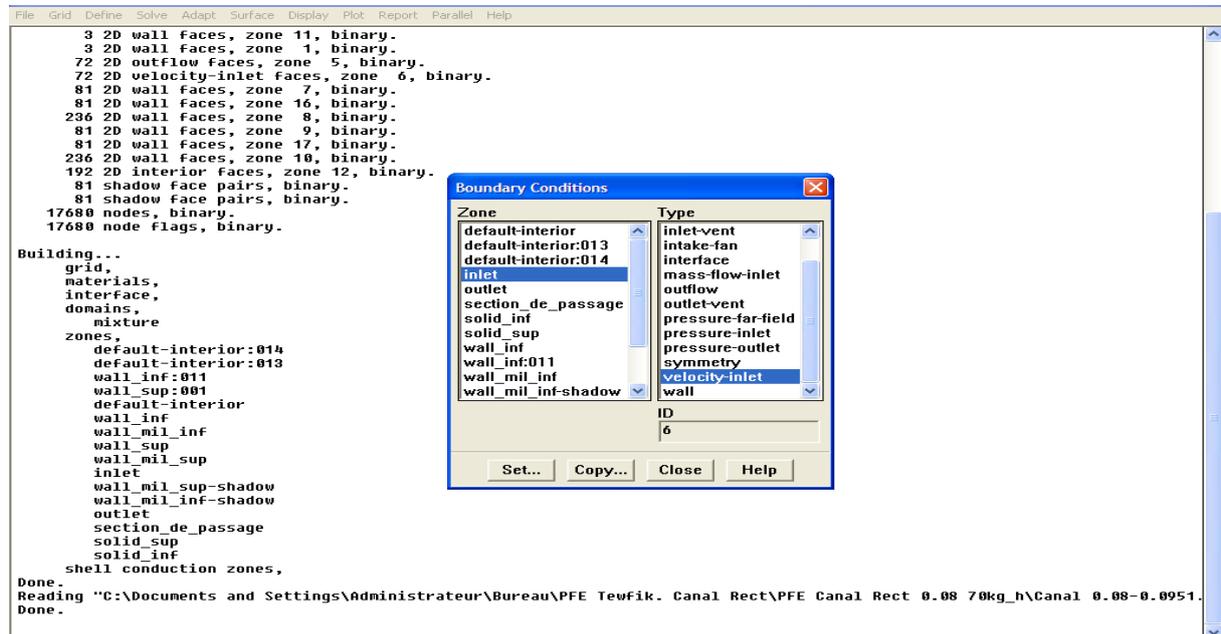


Figure 3.16 - Valeurs des conditions aux limites

*Velocity inlet :

Utilisée pour des écoulements incompressibles ou moyennement compressibles, quand la vitesse d'entrée est connue.

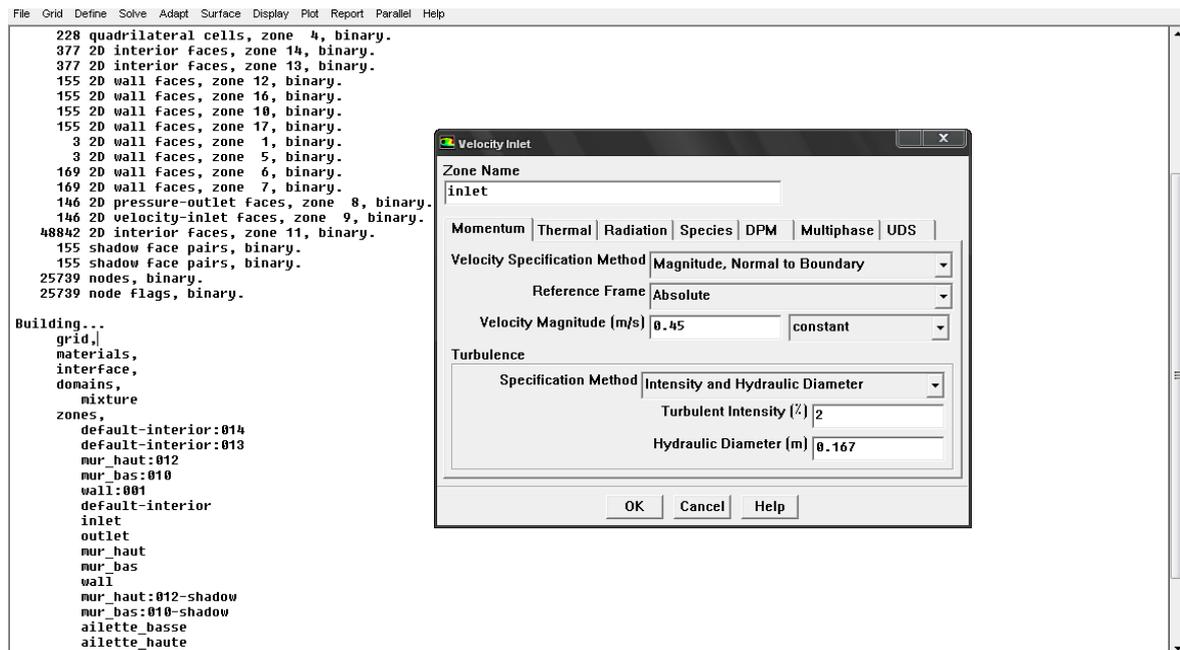


Figure 3.16a - Vitesse d'entrée

***Pressure Outlet**

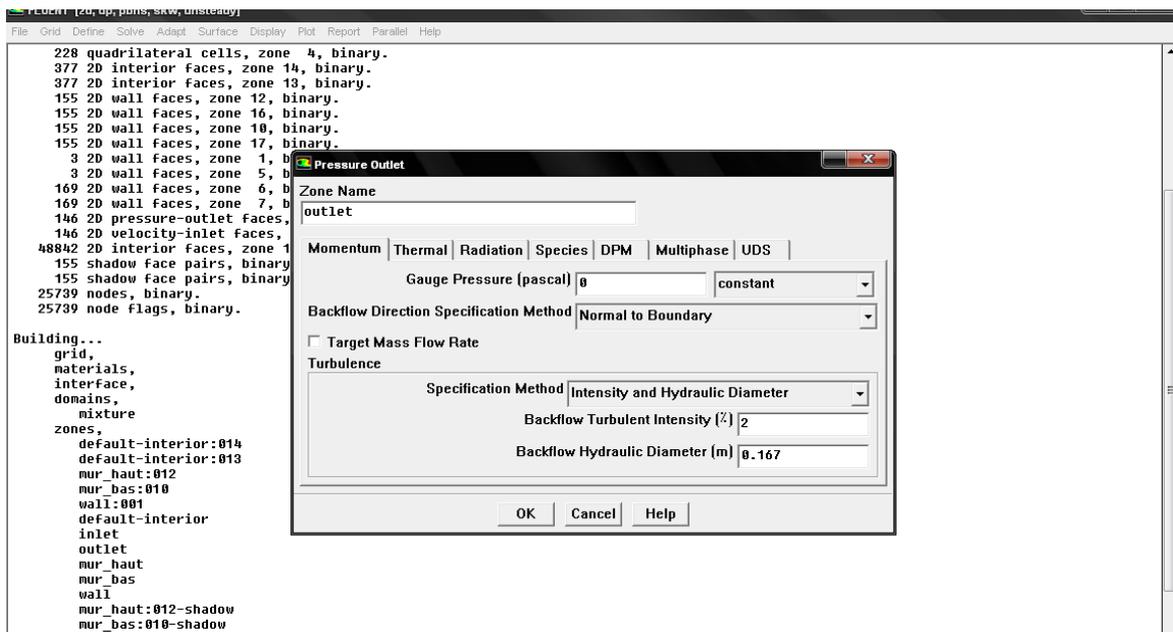


Figure 3.16b - Pression à la sortie du canal

Spécifie la pression statique de sortie.

L'utilisation de Pressure Outlet sert à définir la pression statique à la sortie.

L'utilisation de la condition Pressure Outlet au lieu de Outflow a souvent comme conséquence une meilleure convergence.

***Wall** est utilisé pour délimiter les régions solides des régions fluides.

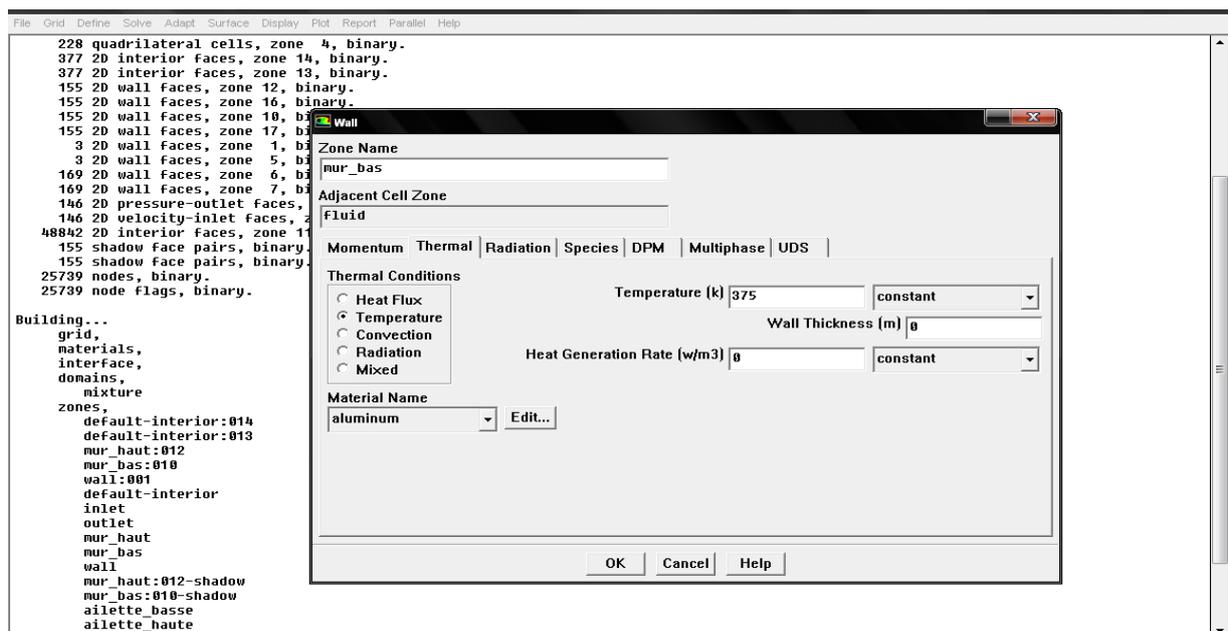


Figure 3.16c – Parois inférieure et supérieure

3.3.12. Choix d'ordre des équations et l'algorithme :

Solve → **Controls** → **Solution...**

Ceci permet de spécifier le degré d'ordre des équations à résoudre, ainsi l'algorithme.

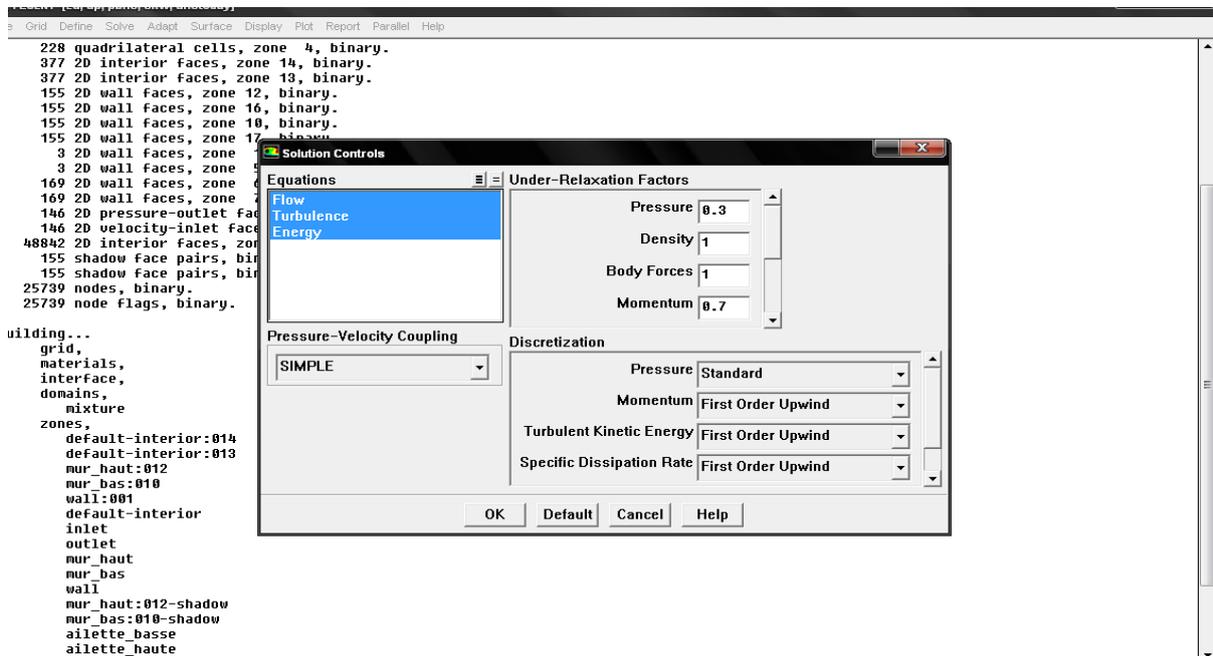


Figure 3.17 - Choix d'ordre des équations et l'algorithme

3.3.13. Initialisation :

Solve → **Initialize** → **Initialize...**

Cette fonction permet d'initialiser le calcul.

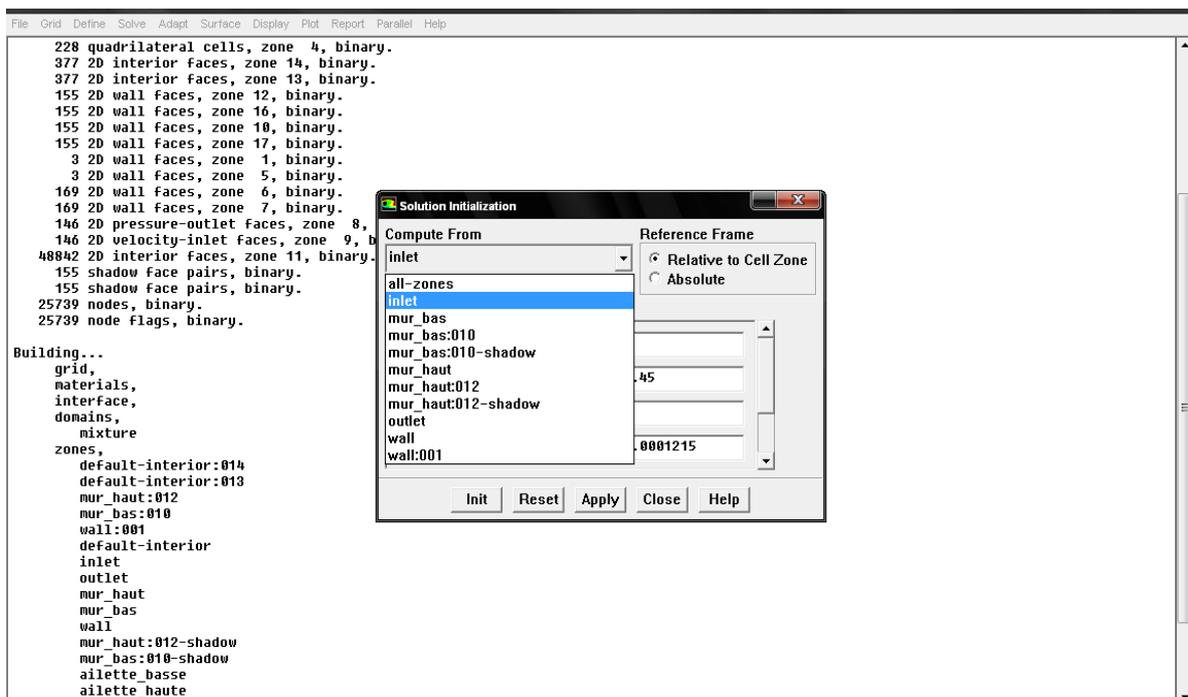


Figure 3.18 - Initialisation du calcul

3.3.14. Choix des critères de convergence :

Solve → **Monitors** → **Residual...**

Il s'agit ici de choisir les critères qui doivent être vérifiés pour que les calculs de la simulation s'arrêtent.

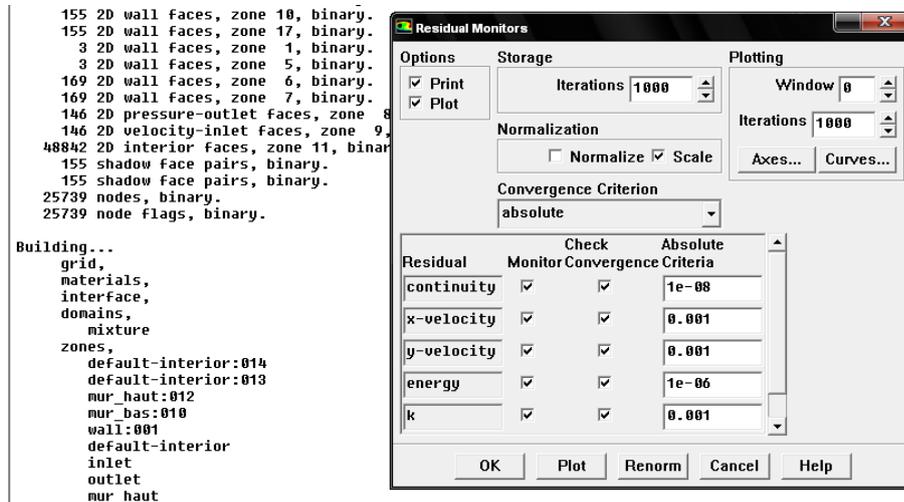


Figure 3.19 - Choix et affichage pendant les calculs des critères de convergence

Pour afficher la convergence à l'écran pendant les calculs sous forme d'un graphe, il faut activer l'option Plot. Il est possible de désactiver certains critères d'arrêt de la simulation en décochant la case de convergence.

3.3.15. Lancement du calcul :

Solve → **Iterate...**

Pour commencer les calculs il faut d'abord choisir le nombre des itérations.

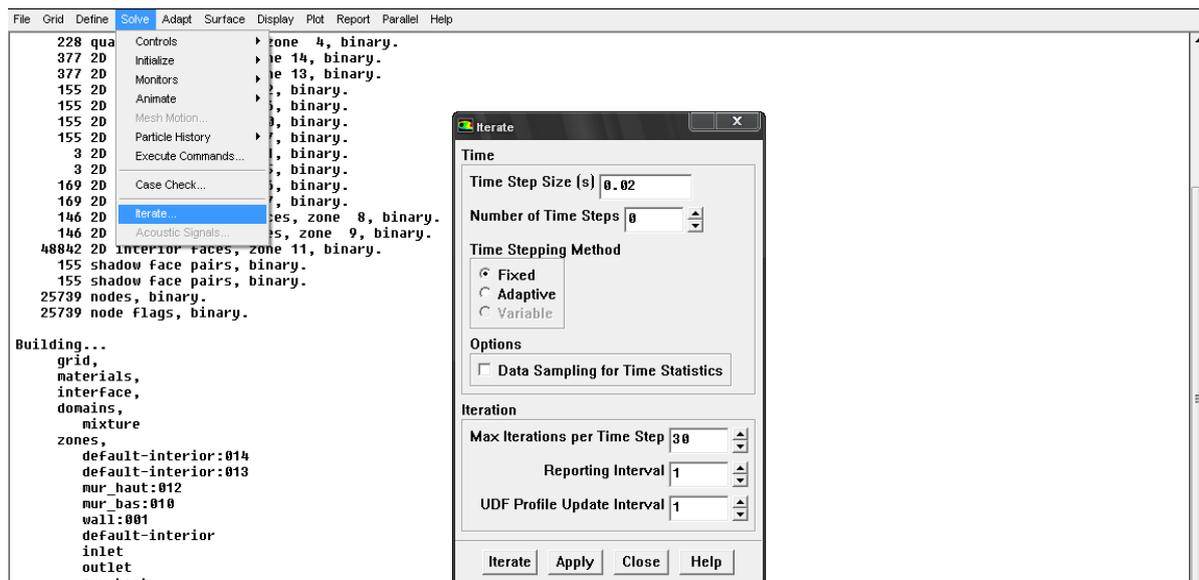


Figure 3.20 – Choix du nombre des itérations

3.3.16. Allures de l'évolution des résidus de calcul :

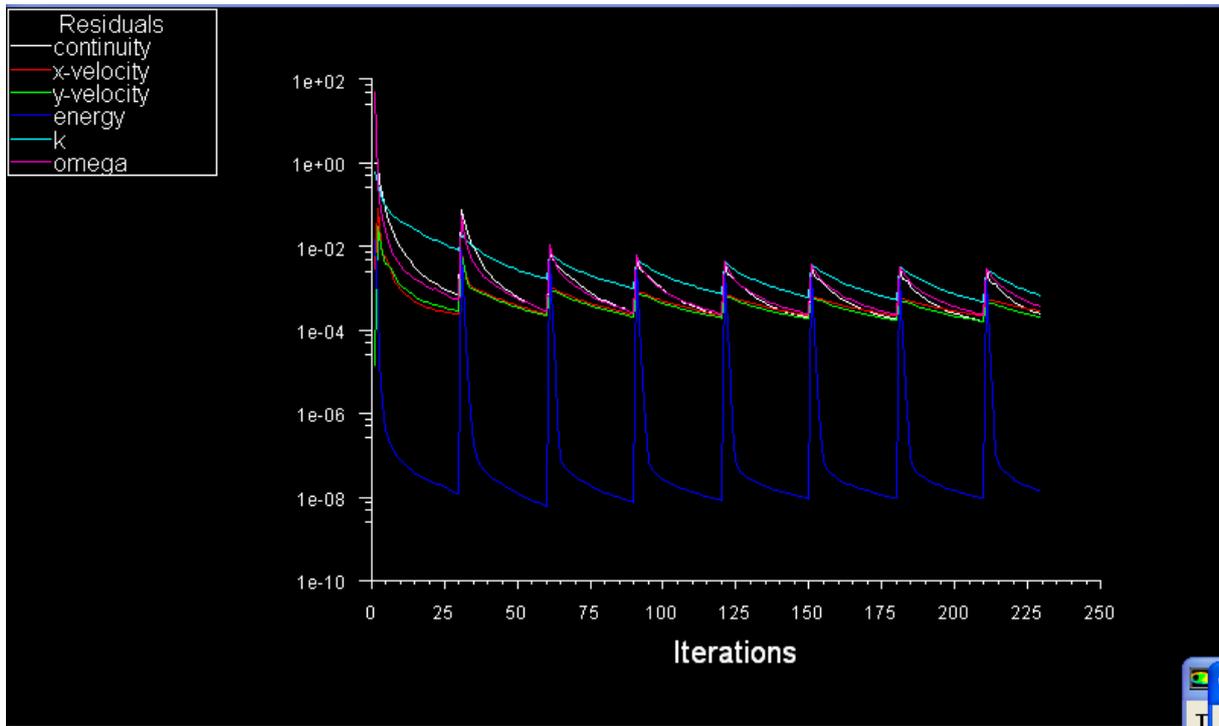


Figure 3.21 - Allures de l'évolution des résidus de calcul

Remarque importante :

Les résidus sont calculés à partir des corrections dans les variables ; pression, vitesse, température... du problème entre la présente itération et l'itération précédente.

Dans la plupart des cas, le critère de convergence par défaut dans FLUENT (residual) est suffisant. La solution converge quand les résidus atteignent 10^{-3} . Toutefois, dans certains cas il faut pousser les calculs à 10^{-4} voir 10^{-6} . Il n'y a pas de règle universelle.