

## Chapitre 3-4 : Ecoulements internes et externes

### 3.1- Introduction

Ce chapitre présente l'utilisation de 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. Le problème traité concerne les écoulements internes dans les turbomachines.

### 3.2- Principales étapes de simulation sous FLUENT

#### 3.2.1- importation de la géométrie (\*.msh)

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

**File /Read /Case...**



Figure 1 : Importation de la géométrie

#### 3.2.2- vérification du maillage importe

##### Grid /Check

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

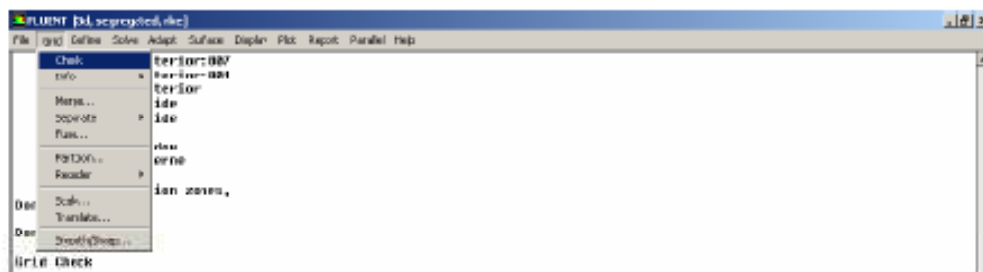


Figure 2 : Vérification du maillage sou Fluent



Figure 3 : Lissage du maillage

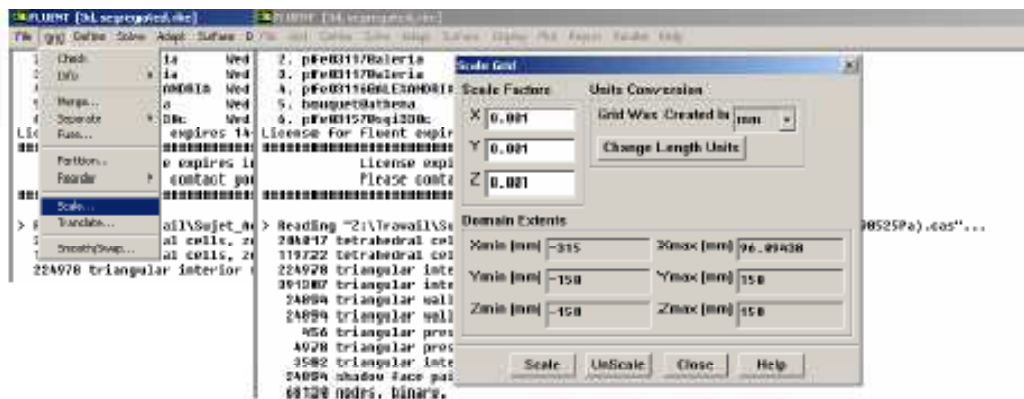


Figure 4 : Vérification des unités

### 3.3- choix du solveur

**Define /Models/ Solver...**

**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.

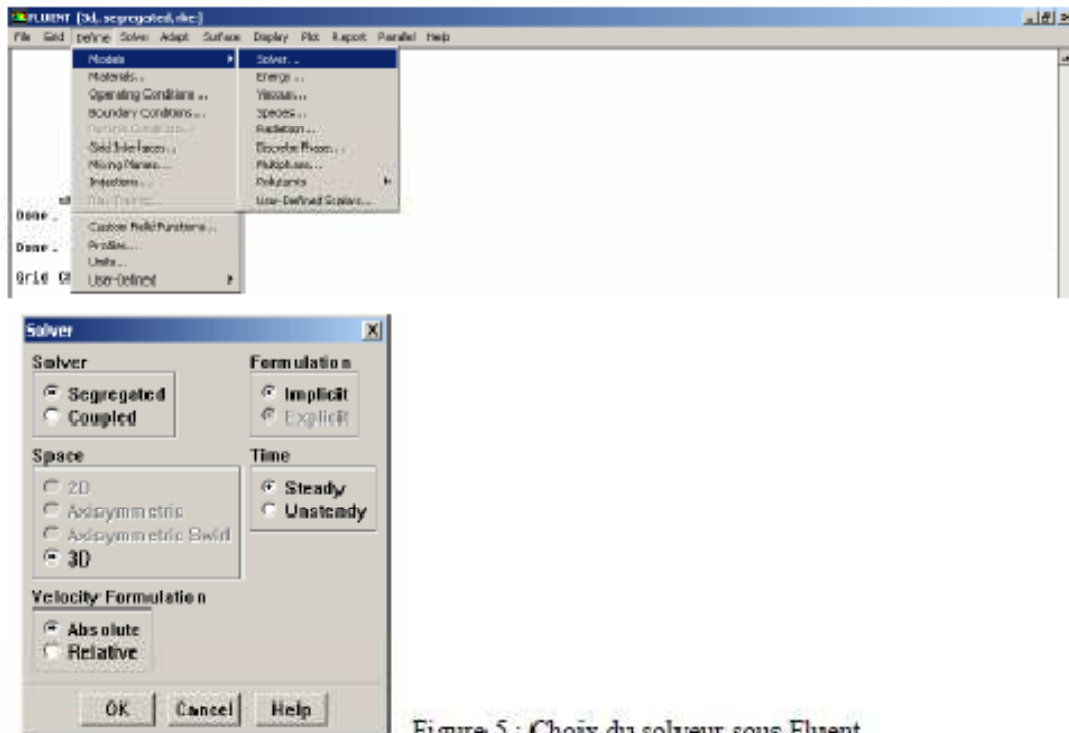


Figure 5 : Choix du solveur sous Fluent

### 3.4- 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.

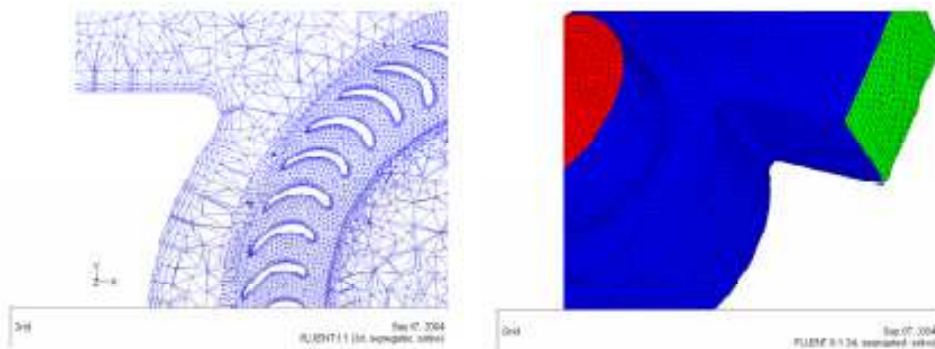


Figure 6 : Affichage de la grille et vérification des conditions

### 3.5- 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 7 : Choix du modèle de turbulence

Modèles	Avantages	Inconvénients
Spalart-Allmaras	Economique (1 eq). Bon pour les écoulements moyennement complexes.	N'est pas largement testé.
STD $k-\epsilon$	Robuste, économique et relativement précis.	Résultats médiocre pour des écoulements complexes (fort gradient de pression, rotation et swirl).
RNG $k-\epsilon$	Bon pour des écoulements moyennement complexes (impact de jet, séparation d'écoulements, écoulements secondaires...)	Limité par l'hypothèse de viscosité turbulente isotrope.
Realizable $k-\epsilon$	Offre les mêmes avantages que le RNG. Recommandé dans le cas des turbomachines.	Limité par l'hypothèse de viscosité turbulente isotrope.
Reynolds Stress Model (RSM)	Le modèle le plus complet Physiquement (transport et l'anisotropie de la turbulence sont tenu en compte)	Requiert plus de temps CPU. Les équations de quantité de mouvement et turbulence sont étroitement liées.
SST et Standard $k-\omega$	Modèle le plus recommandé pour les problèmes liés aux turbomachines, meilleur que le Realizable $k-\epsilon$ .	Nécessite une plus grande résolution du maillage aux frontières (pas de lois aux murs).

### 3.6- Définition des caractéristiques du fluide

#### Define Materials

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

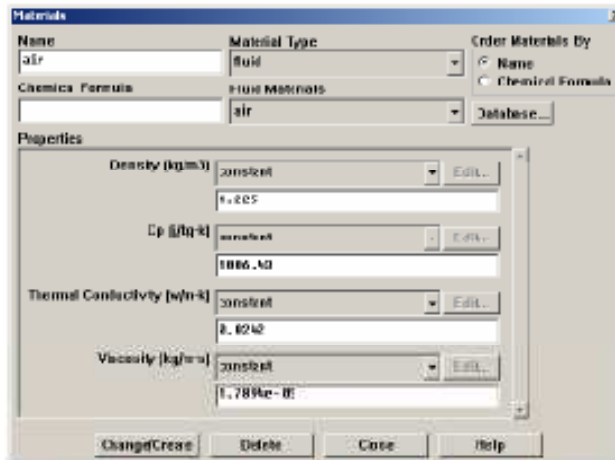


Figure 8 : Définition des caractéristiques du fluide

#### Define Operating conditions

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

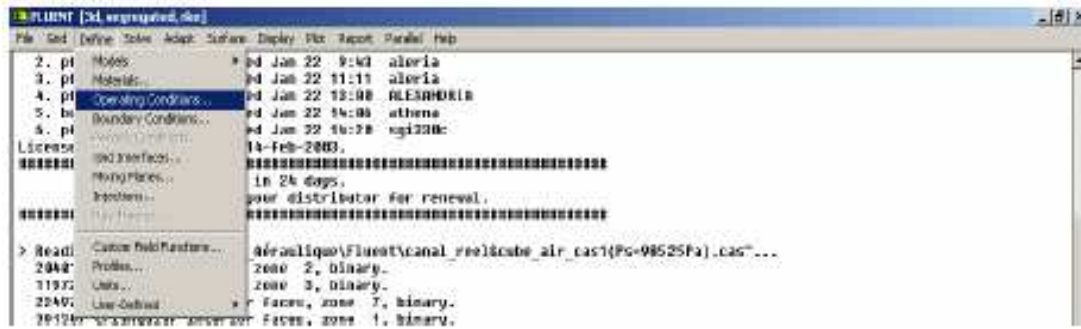


Figure 9 : Choix de la pression de référence

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 :

### 3.7- Conditions aux limites usuelles

#### Define Boundary Conditions

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

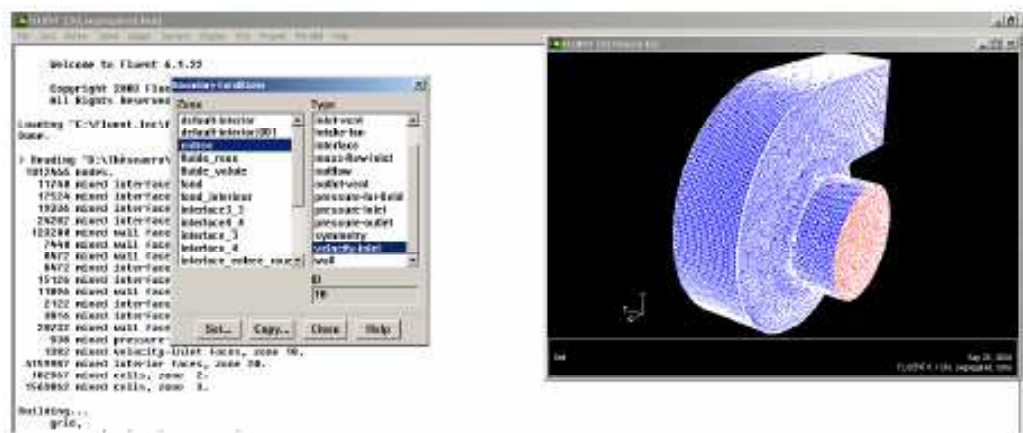


Figure 10 : Valeurs des conditions aux limites

#### Velocity inlet

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

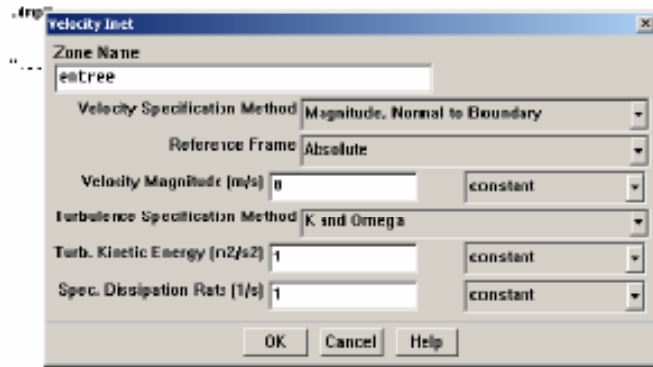


Figure 11 : Velocity inlet

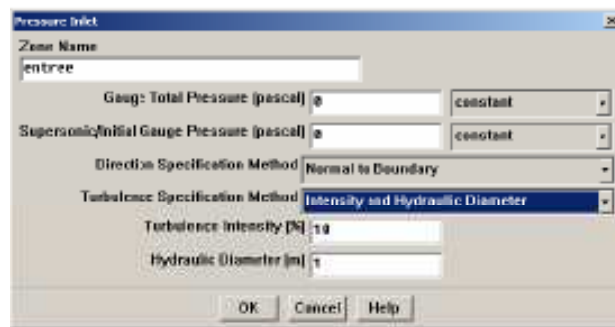


Figure 12 : Pressure inlet

### Spécifie la pression statique de sortie.

L'utilisation de Pressure Outlet sert à définir la pression statique à la sortie. L'utilisation la condition Pressure Outlets au lieu de Outflow a souvent comme conséquence une meilleure convergence.

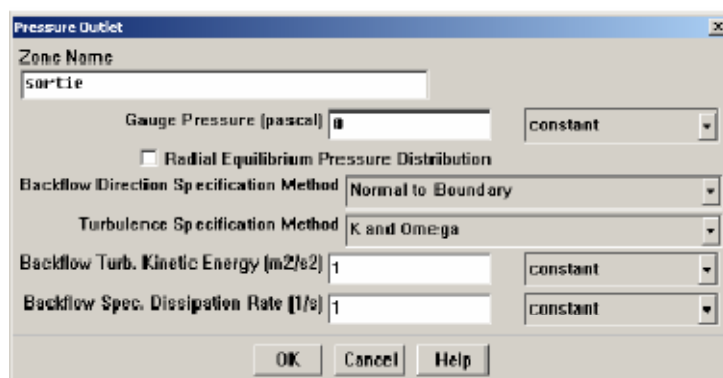


Figure 14 : Pressure outlet

### Nota : Problèmes de retour de débit (BackFlow)

Backflow apparaît lorsque la pression statique dans une maille voisine à la maille qui est sur la frontière est inférieure à la pression imposée en conditions aux limites. Il faut essayer d'éliminer le Backflow en éloignant la sortie (en allongeant la sortie).

### Outflow

L'Outflow est utilisée pour modéliser les sorties de fluide dont on ne connaît à priori les détails de la vitesse et de la pression à la sortie. Il n'est pas approprié pour les calculs suivants:

- Si le problème possède une condition de *pressure inlet*
- Si vous modélisez un écoulement compressible
- Si vous modélisez un écoulement instationnaire avec variation de la densité

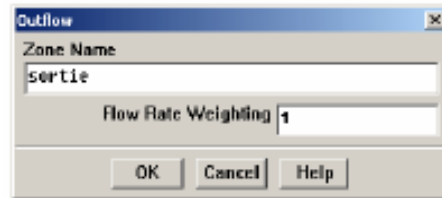


Figure 15 : Out flow

**Wall** est utilisé pour délimiter les régions solides des régions fluides. En général on utilise les propriétés d'une paroi lisse i-e Roughness Height = 0 et Roughness Constant = 0.5.

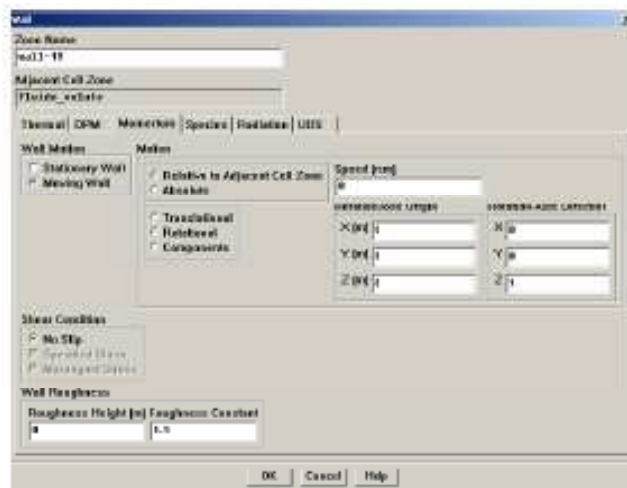
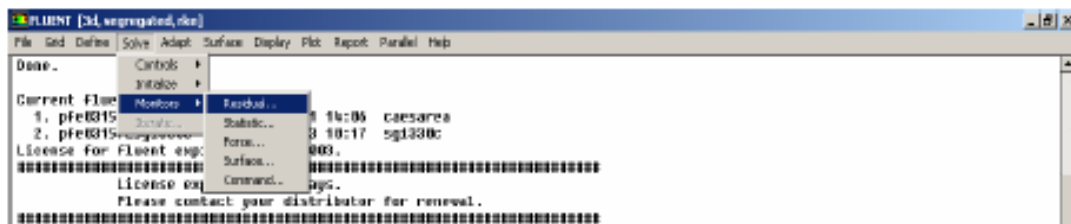


Figure 16 : Wall

### 3.8- 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.





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.

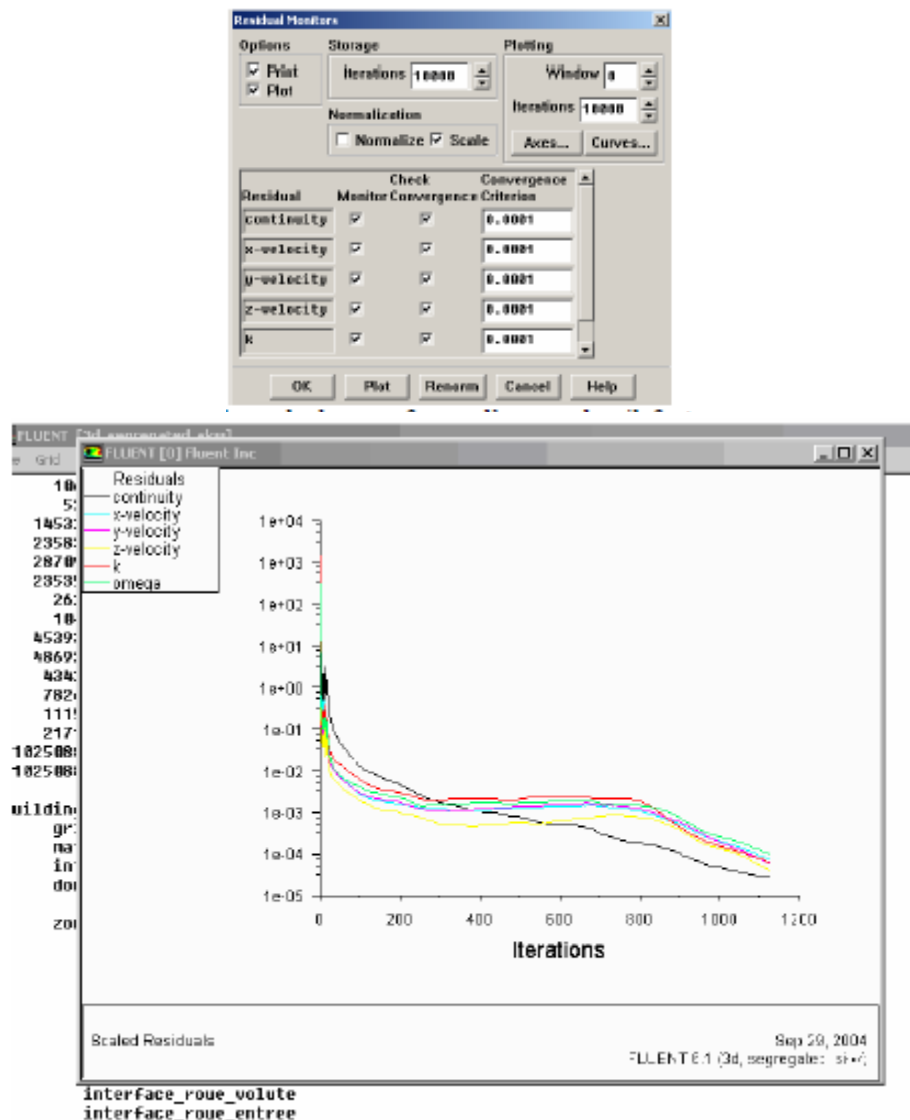


Figure 21 : Allures de l'évolution des résidus de calcul

### 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 universel !

### 3.9- Initialisation des calculs

Il est conseillé dans nombreux cas d'initialiser les calculs aux conditions de l'entrée. Toutefois s'il y a un calcul qui a déjà convergé et que vous désirez changer juste un paramètre (exp. Vitesse d'entrée), il est préférable d'initialiser au calcul précédent déjà convergé.



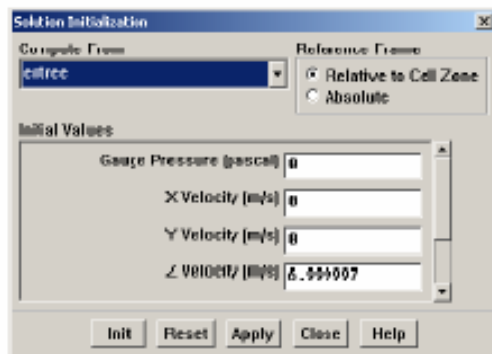


Figure 25 : Initialisation des calculs

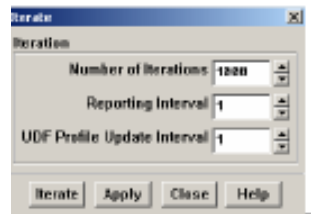
### 3.10- Sauvegarde du fichier \*.cas

#### File /Write /Case

Il est conseillé qu'une fois le paramétrage est effectué, de sauvegarder le fichier en format \*.cas. S'il y a un bug durant les calculs, il suffit de charger le fichier \*.msh, on n'aura pas à refaire le paramétrage.

### 3.11- Lancement de la simulation

#### Solve /iterate



Le paramétrage étant effectué, il ne reste plus qu'à choisir le nombre d'itérations que Fluent devra réaliser.

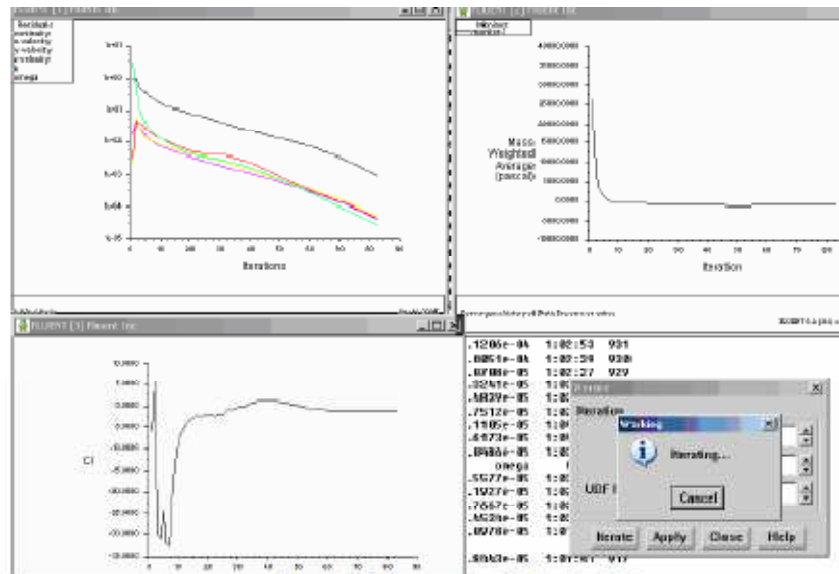


Figure 26 : Lancement de la simulation

### 3.12- Post-traitement numérique de la solution

#### Report →...

FLUENT fournit des outils pour calculer et rapporter des quantités intégrales sur des surfaces et des frontières. Ces outils vous permettent de trouver le débit massique, les forces et les moments sur des frontières, l'intégrale, le débit, la moyenne, et la moyenne de masse (entre autres des quantités) sur une surface ou un volume. En outre, vous pouvez imprimer des histogrammes des données géométriques et de solution, pouvez placé des valeurs de référence pour le calcul des coefficients additionnels. Vous pouvez également imprimer ou sauver un compte rendu succinct des modèles, des conditions aux limites.

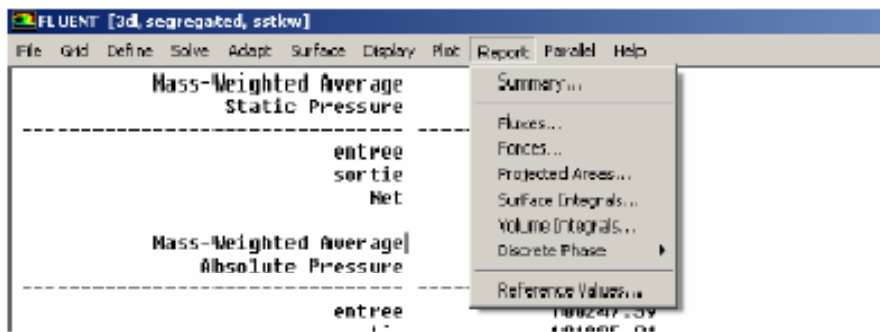


Figure 27 : Post-traitement numérique

#### 3.12.1- Vérification de la conservation de débit

##### Report → fluxes

Permet de savoir si la conservation de débit est satisfaite. L'écoulement calculé ne peut être juste si cette condition n'est pas satisfaite. Cependant c'est une condition nécessaire et non suffisante.

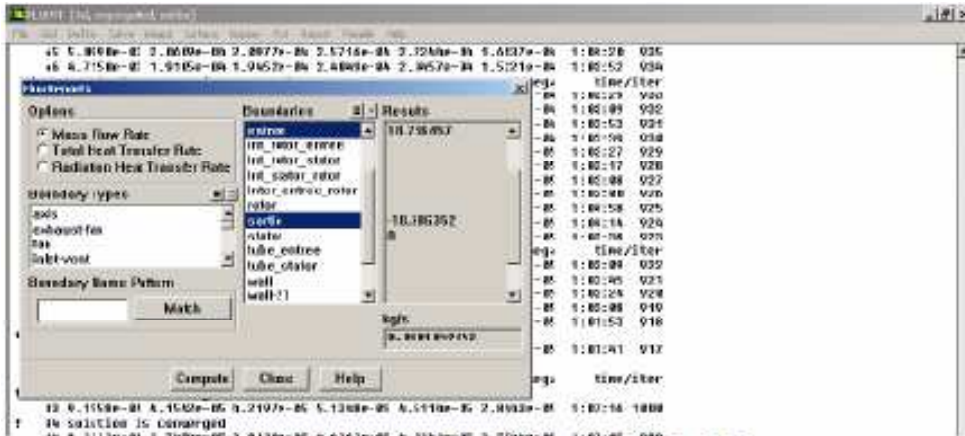


Figure 28 : Vérification de la conservation de débit

### 3.12.2- Relevé des différences de pression

On peut relever n'importe quelle grandeur sur les surfaces du domaine de calcul. Ainsi, on peut relever la différence de pression totale entre l'entrée et la sortie.

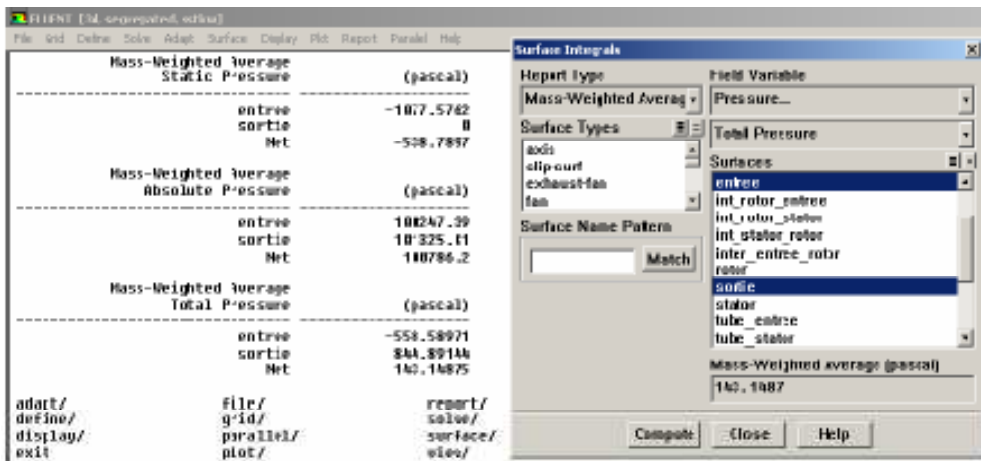


Figure 29 : Relevé des différences de pression

### 3.12.3- Relevé du Couple sur l'arbre

Une autre quantité intéressante est le couple sur l'arbre.

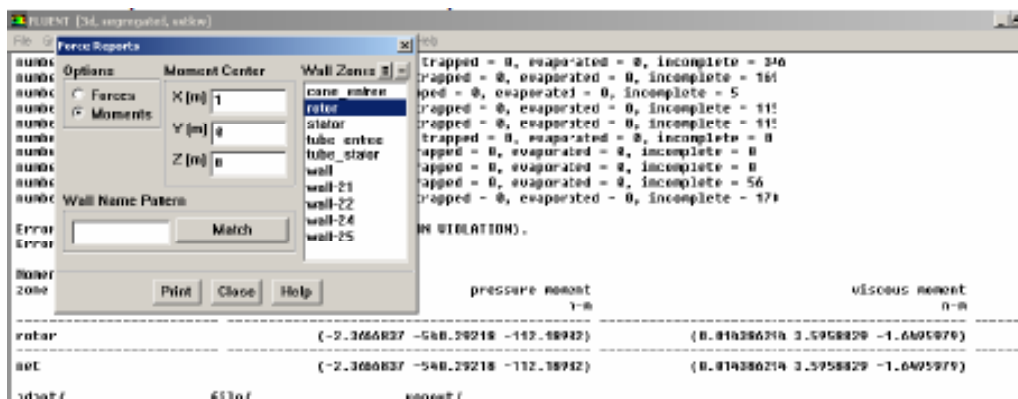


Figure 30 : Relevé du Couple sur l'arbre

### 3.12.4- Créer des entités de contrôle

Surface → ...

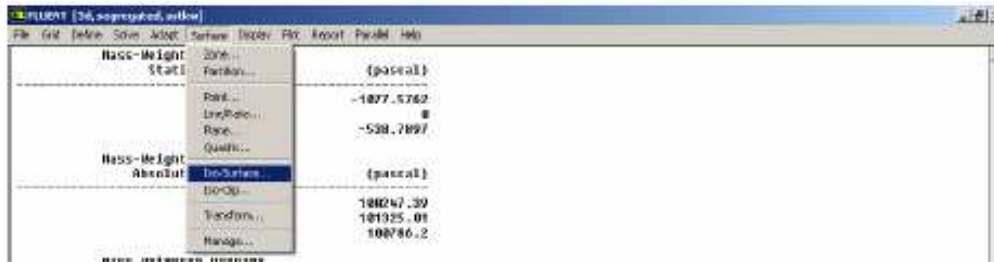


Figure 31 : Création des entités de contrôle

### 3.13- Post-traitement graphique

Les outils graphiques disponibles dans FLUENT vous permettent de traiter l'information contenue dans votre solution CFD et de visionner facilement les résultats. Les sections suivantes expliquent comment utiliser ces outils pour examiner votre solution.

Display →...Plot → ...

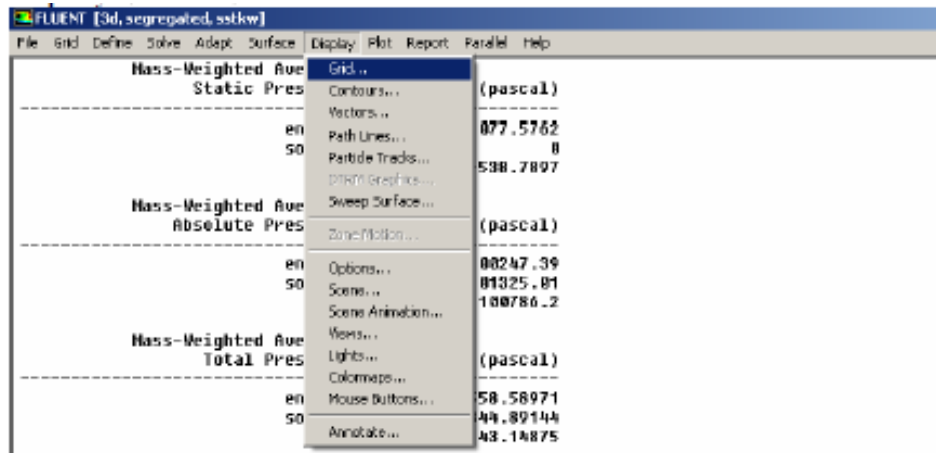
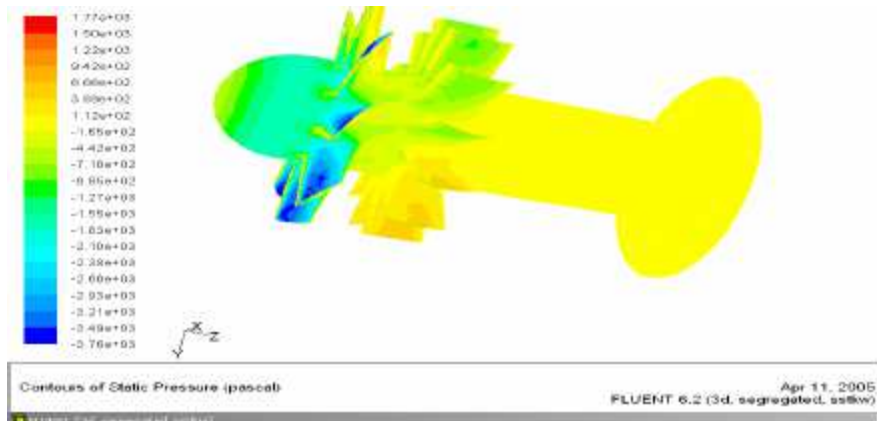


Figure 33 : Post-traitement graphique

#### 3.13.1- Affichage des contours des différentes grandeurs

Display → countours ...



### 3.13.2- Affichage des contours de vecteurs Display → vectors...

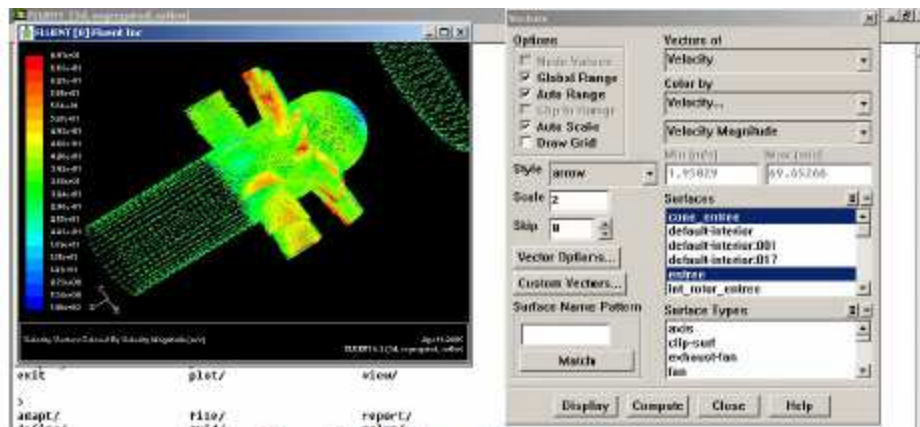


Figure 35 : Affichage des vecteurs vitesse

### 3.13.3- Affichage des lignes de courant Display → Path Lines...

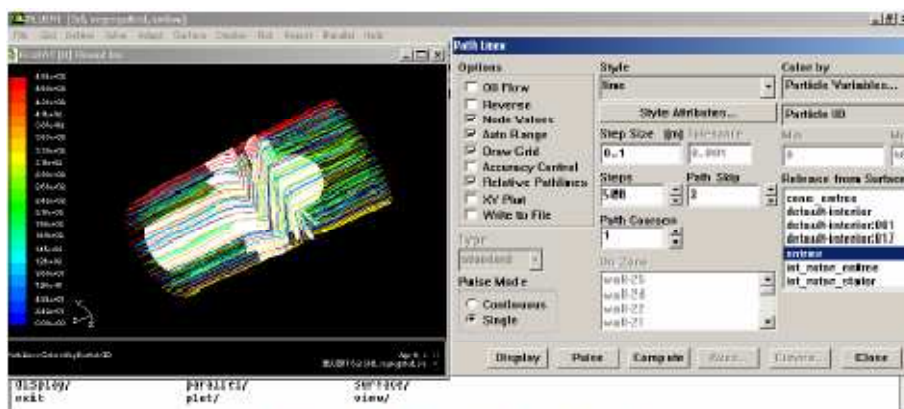


Figure 36 : Affichage des lignes de courant

Pour afficher les lignes de courant