

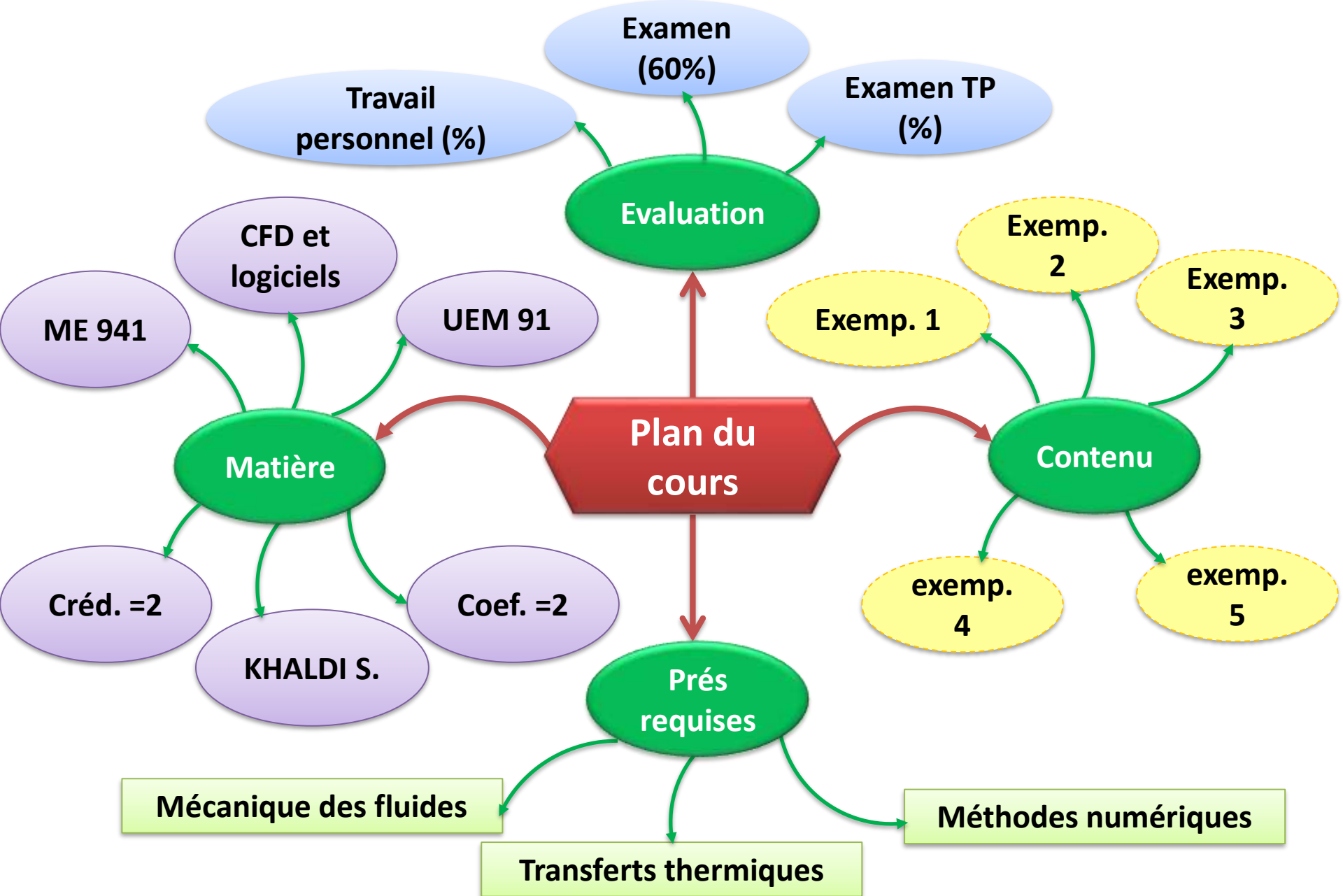
**Université de Tlemcen**  
**Faculté de Technologie**  
**Département de Génie Mécanique**

**Matière: CFD et logiciels**

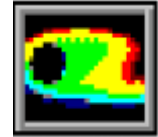
**Parcours: M2-Energétique**

**Présenté par: Mme. KHALDI S.**





## Quel est l'objectif du cours ?



Ce cours est destiné à familiariser l'étudiant avec les techniques et les logiciels de calcul et de post traitement et acquérir une initiation aux logiciels Gambit (maillage 2D/3D) et Fluent (mécanique des fluides 2D/3D) qui traite des problèmes physiques liés à la **CFD**.

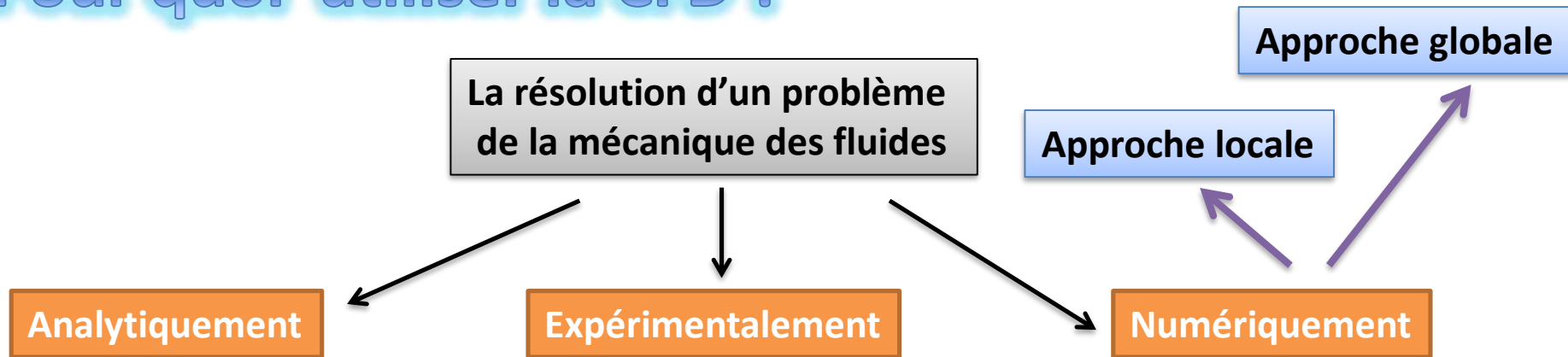
## C'est quoi la **CFD**?

**C**omputational **F**luid **D**ynamics

La dynamique des fluides numérique

➤ C'est un domaine qui traite la résolution numérique des phénomènes de transport (transfert thermique, turbulence) couplés à la mécanique des fluides (les équations de Navier Stokes) à l'aide d'ordinateurs.

## Pour quoi utiliser la CFD ?



- Solutions exactes
- Représente le mieux la réalité
- Moins d'hypothèses
- Limite pour des cas très simples.
- Difficile à mettre en œuvre
- Traite des problèmes relativement complexes
- Nombre d'hypothèses
- Nécessite un certain temps
- Moins coûteuse
- peut devenir coûteuse
- Limitée par la précision du modèle et les moyens de calcul

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i}(\rho u_i) = 0, \quad \text{Équation de continuité (masse)}$$

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_i \partial x_j} \quad \text{Équation de la quantité de mouvement}$$

*u<sub>i</sub> étant la vitesse dans la direction i, p la pression et ν la viscosité cinématique du fluide.*

## Exemple: Capteur solaire

- 1) **Approche globale:** application des bilans d'énergie sur chaque composant du capteur.
- 2) **Approche locale:** résolution des équations différentiel (Navier Stocks + énergie) en utilisant des méthodes de discrétisations.

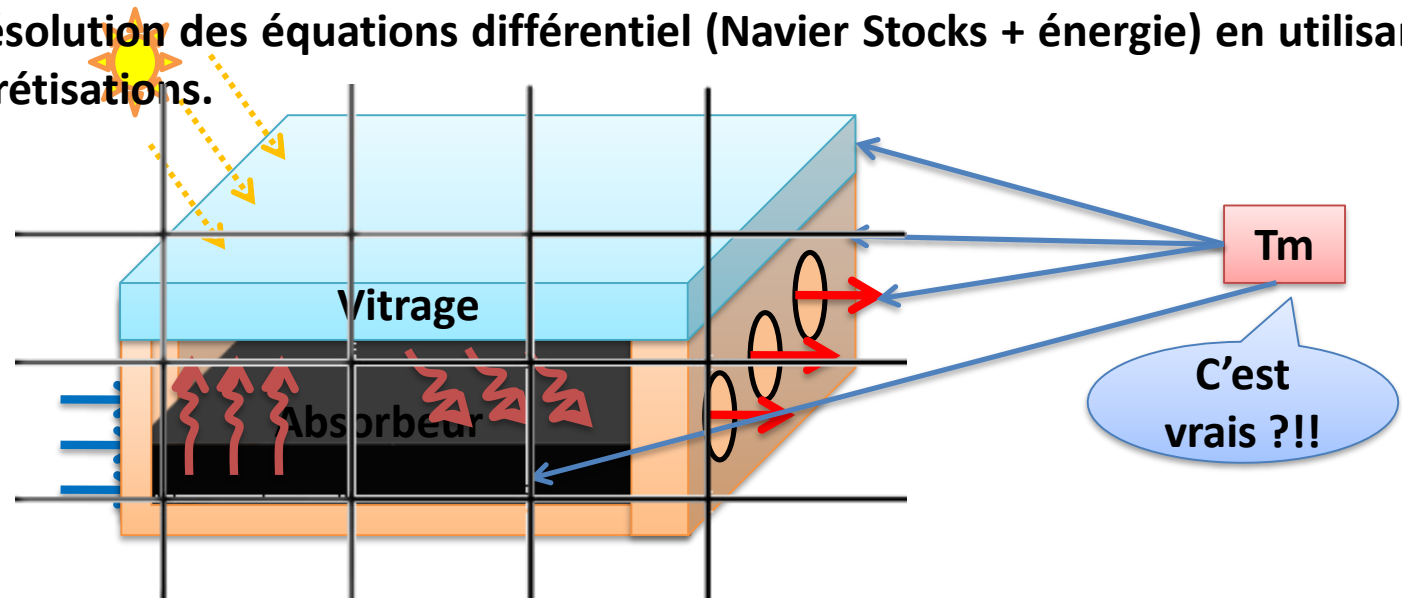


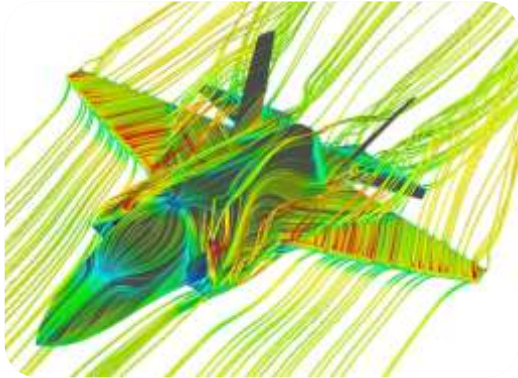
Schéma de principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan

Il existe un certain nombre de méthodes de discrétisation pour les équations différentielles (Navier stocks), comme la méthode des éléments finis, des différences finies ou encore celle des volumes finis. → Utilisée par Fluent

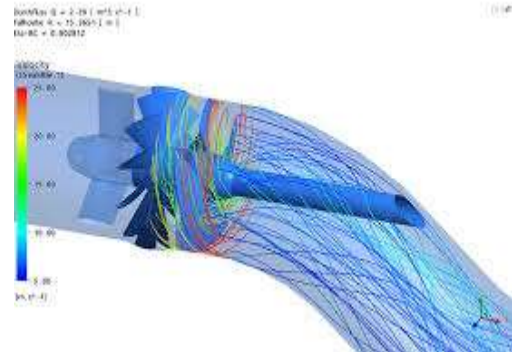
# Introduction

## Où peut-on utiliser la simulation CFD?

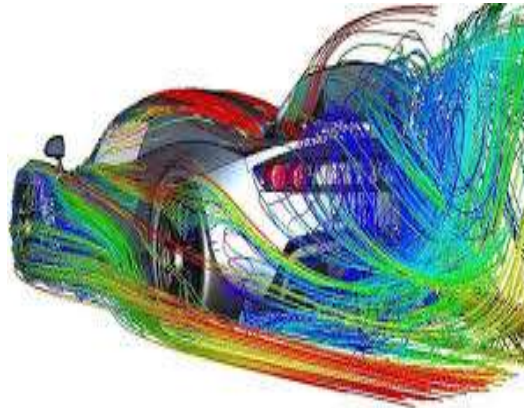
Aerospace et Aéronautiques



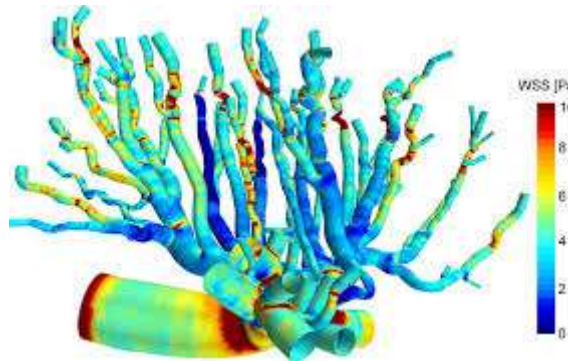
production d'électricité



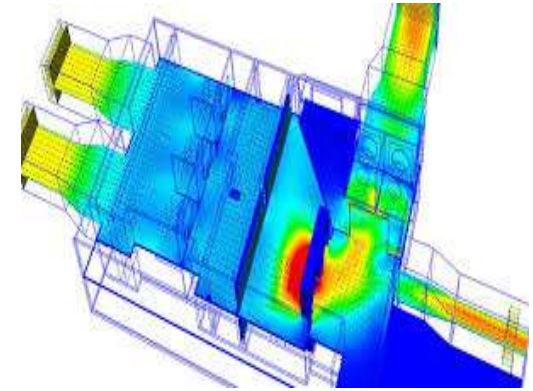
Automobile



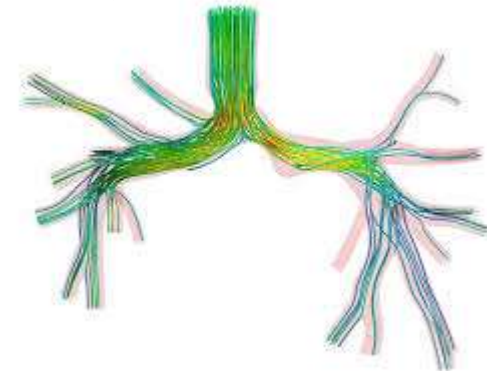
Circulation du sang dans les veines



chauffage, ventilation et climatisation des bâtiments



Circulation de l'air dans les poumons



■ Cette technologie a permis aux chercheurs de calculer facilement leur efficacité de conception à tout moment et dans toutes les conditions de manière virtuelle. En conséquence, il économise du temps, des efforts et de l'argent.



## Meilleurs outils d'analyse CFD du marché



Flowsquare



## Quelle sont les étapes d'un calcul CFD?

Problèmes réels ,Phénomènes physique  
ou biologique



Formulation mathématique des problèmes :  
mise en équation et modélisation



Méthode de résolution numérique sur  
ordinateur (CFD)

Fluent 6.3



Résultats



## C'est quoi le fluent ?

Fluent est un logiciel de calcul de la dynamique des fluides numérique (Computational Fluid Dynamics « CFD »), il comporte deux fonctions:

- ➡ **SOLVEUR**: permet de définir numériquement les conditions opératoires (gravité, pression, ...) dans lesquelles, est effectuée la simulation, ainsi que la spécification des conditions aux limites, il permet de choisir le processus itératif, en proposant plusieurs schémas numériques pour la discrétisation spatiale et temporelle et pour le couplage de vitesse et de pression.
- ➡ **POST-PROCESSEUR** : permet de visualiser la géométrie et le maillage du domaine, mais surtout d'afficher les résultats obtenus. Il est ainsi possible de visualiser les champs (pression, vitesse, température, ...) ainsi que toutes les grandeurs calculées. Il offre aussi la possibilité de tracer et visualiser les lignes de courants.

## Les étapes d'un calcul CFD (sur ordinateur)

Le processus CFD comprend trois étapes principales: le pré-processeur, le solveur et le post processeur.

### 1) Le pré-processeur (Gambit) : il permet de

- construire la géométrie du domaine de calcul;
- subdiviser ce dernier en petits volumes de contrôle (maillage);
- définir les conditions aux limites.

### 2) Le solveur (FLUENT) : il permet de :

- définir numériquement les conditions opératoires (gravité, pression, ....);
- spécification des conditions aux limites,;
- il permet de choisir le processus itératif.

### 3) Le post-processeur (Fluent) il permet de :

- d'afficher les résultats obtenus;
- visualiser les champs (pression, vitesse, température ...) ainsi que toutes les grandeurs calculées.
- offre aussi la possibilité de tracer et visualiser les lignes de courants.

# Les étapes d'un calcul CFD

## 1) Le pré-processeur (Gambit)

### 1.1. CONSTRUIRE LA GÉOMÉTRIE DU DOMAINE DE CALCUL

❑ Toute simulation CFD commence par la réalisation de la géométrie en 2D ou 3D, soit avec un logiciel intégré au code de calcul CFD (GAMBIT) soit à l'aide d'un logiciel de CAO. Dans le deuxième cas, la géométrie doit être exportée en un format lisible par le logiciel de maillage.

### 1.2. MAILLAGE

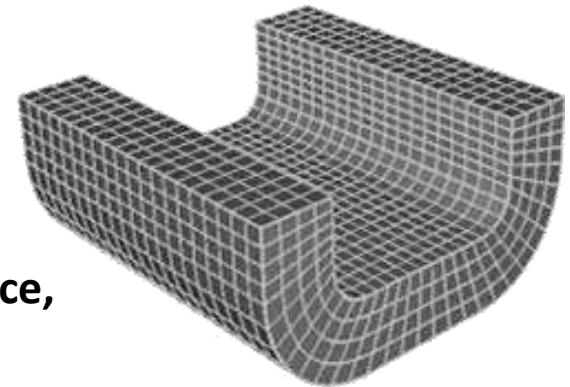
■ Un maillage est une partition ou une discrétisation de l'espace ou d'un domaine en cellules élémentaires.

■ La génération du maillage (2D ou 3D) est une phase très importante dans une analyse CFD.

■ La qualité du maillage a un sérieux impact sur la convergence, la précision de la solution et surtout sur le temps de calcul.

■ Un maillage de très bonne qualité est essentiel pour l'obtention d'un résultat de calcul précis, robuste et significatif.

■ Un bon maillage doit avoir une bonne « résolution » dans les régions présentant un fort gradient (couches limites, ondes de choc, . . .) et doit également être suffisamment « lisse ».

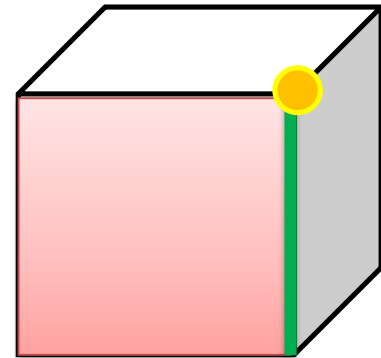


# Les étapes d'un calcul CFD: le maillage

## 1.2.1 Composants du maillage

Le domaine de calcul est défini par un maillage qui représente le fluide et les faces solides qui interviennent. Il se compose de :

- “Cell” : volume de contrôle divisant la géométrie (3D);
- “Face” : frontière d’une “cell”,
- “ Edge” : frontière d’une “face “;
- “Node” : point de maillage ;
- “ Zone” : groupe de “nodes”, “faces” et/ou “cells”



volume de contrôle

## 1.2.2 Types de maillage

### a) Maillage structuré (quadra/hexa)

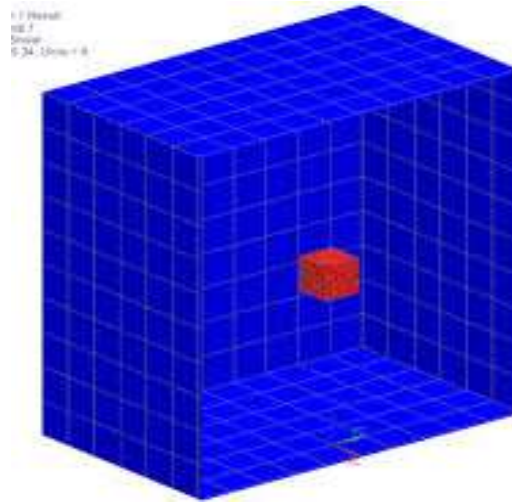
- Un maillage structuré est un maillage qui peut être généré en reproduisant plusieurs fois une maille élémentaire. En 2D, les éléments sont des quadrilatères, en 3D ce sont des hexaèdres.

#### ➤ Avantages :

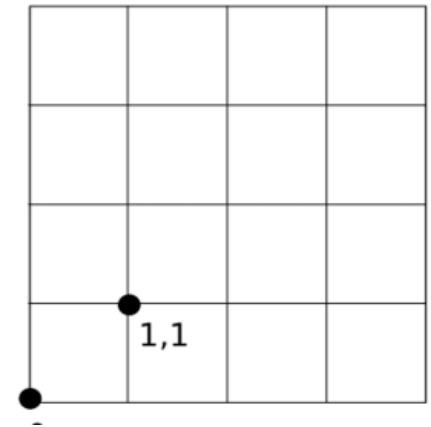
- Economique en nombre d'éléments,
- Il réduit les risques d'erreurs numériques.

#### ➤ Inconvénients :

- Difficile à générer dans le cas d'une géométrie complexe.



Maillage structuré (3D)



Maillage structuré (2D)

# Les étapes d'un calcul CFD: le maillage

## b) Maillage non structuré (tri/tétra)

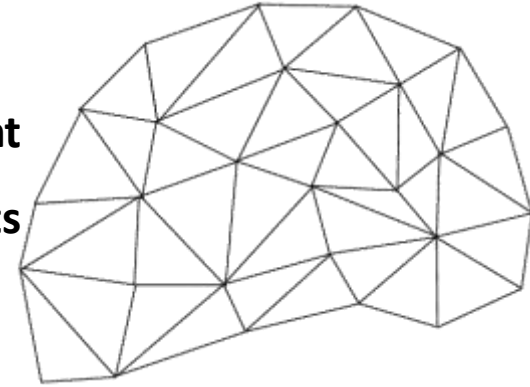
Les éléments de ce type de maillage sont générés arbitrairement sans aucune contrainte quant-à leur disposition. En 2D, les éléments sont des triangles, en 3D ce sont des tétraèdres.

### ➤ Avantages :

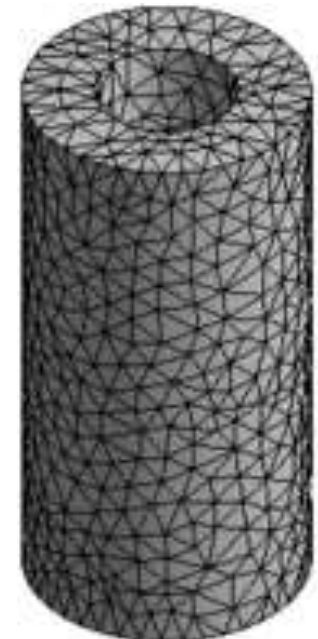
- Peut être généré sur une géométrie complexe tout en gardant une bonne qualité des éléments.

### ➤ Inconvénients :

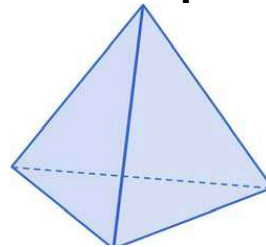
- Très gourmand en nombre de mailles
- Impose une structure de données gourmande en capacités de stockage.
- Engendre des erreurs numériques qui peuvent être plus importantes si on le compare avec le maillage structuré.



Maillage non structuré (2D)



Maillage non structuré (3D)



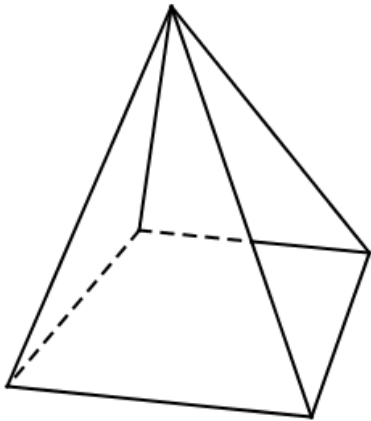
Forme tétraédrique



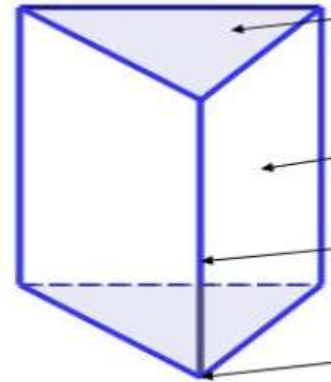
# Les étapes d'un calcul CFD: le maillage

## c) Maillage hybride

Maillage généré par un mélange d'éléments de différents types, triangulaires ou quadrilatères en 2D, tétraédriques, prismatiques, ou pyramidaux en 3D. Il combine les avantages des maillages structurés et non structurés.



Forme d'un pyramide

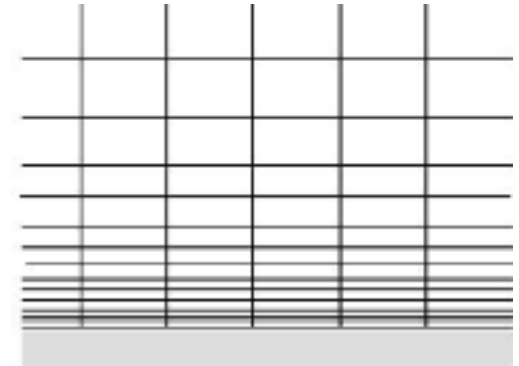


Forme prismatiques

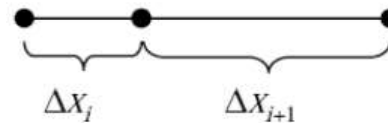
# Les étapes d'un calcul CFD: le maillage

## 1.2.3 Techniques générales de génération du maillage

- Maintenir une bonne Qualité des éléments,
- Assurer une bonne Résolution (un maillage localement plus fin) dans les régions à fort gradient.
- Assurer un bon Lissage dans les zones de transition entre les parties maillage à fin et les parties à maillage grossier, Le changement dans la taille des éléments du maillage



d'une zone maillée à une autre doit être graduel:

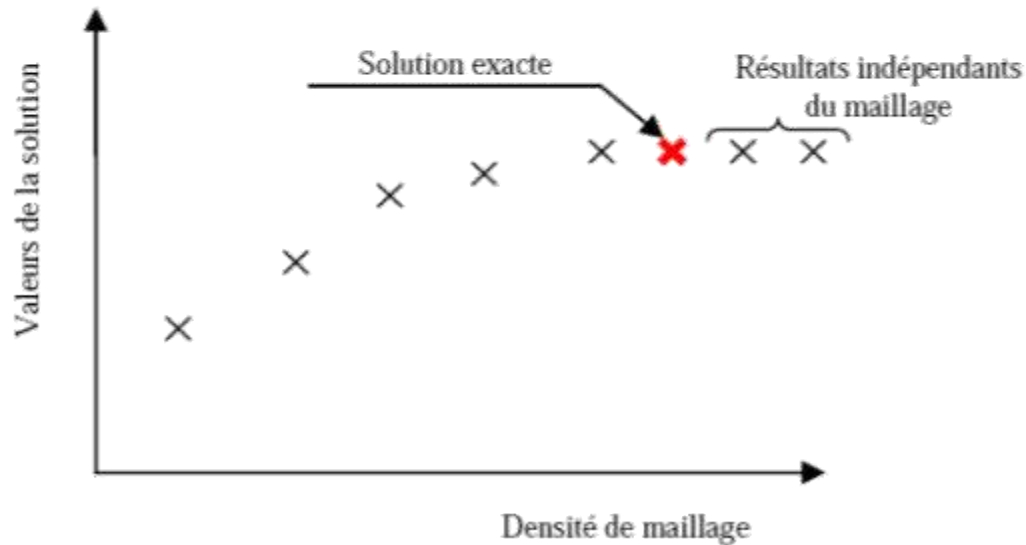


$$\frac{\Delta x_{i+1}}{\Delta x_i} \leq 1.2$$

- Minimiser le nombre Total des éléments (temps de calcul raisonnable).

## 1.2.4 Convergence en maillage (test de maillage)

- Dans une modélisation CFD, la solution doit être indépendante de la densité du maillage pour être sûr du réalisme de la solution que donne le solveur après convergence.
- De manière systématique, pour tout calcul par CFD on se doit de réaliser et de présenter un test de convergence en maillage.
- En reportant l'évolution d'une grandeur en fonction de la taille du maillage que l'on raffine successivement.



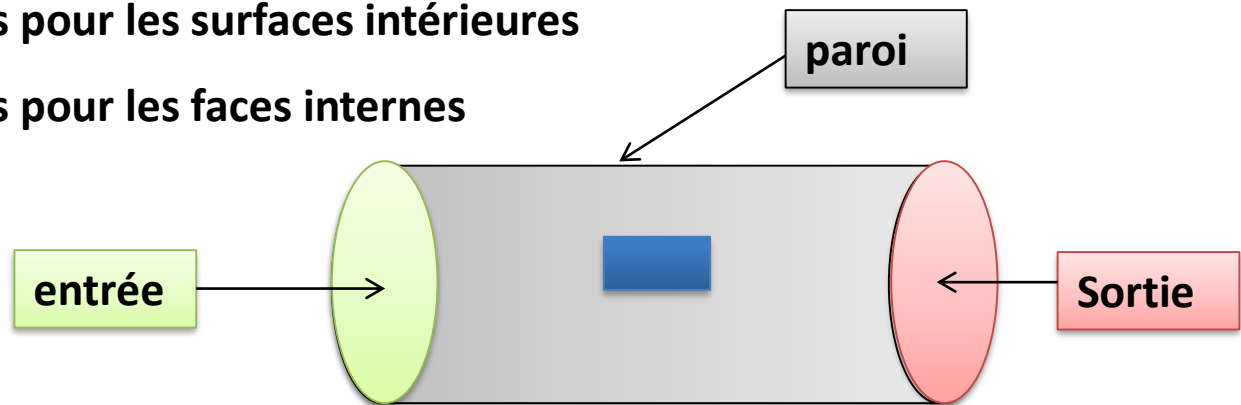
## 1.3. CONDITIONS AUX LIMITES

### 3.1 Définition

Les conditions aux limites représente le type de la frontière et spécifient les variables de débit et les variables thermiques aux frontières d'un modèle physique. Elle constitue donc un élément essentiel dans les simulations Fluent et il est important qu'elles soient spécifiées convenablement.

Les conditions aux limites sont classées comme suites:

- ❖ Les conditions aux limites pour les faces extérieures
- ❖ Les conditions aux limites pour les surfaces intérieures
- ❖ Les conditions aux limites pour les faces internes



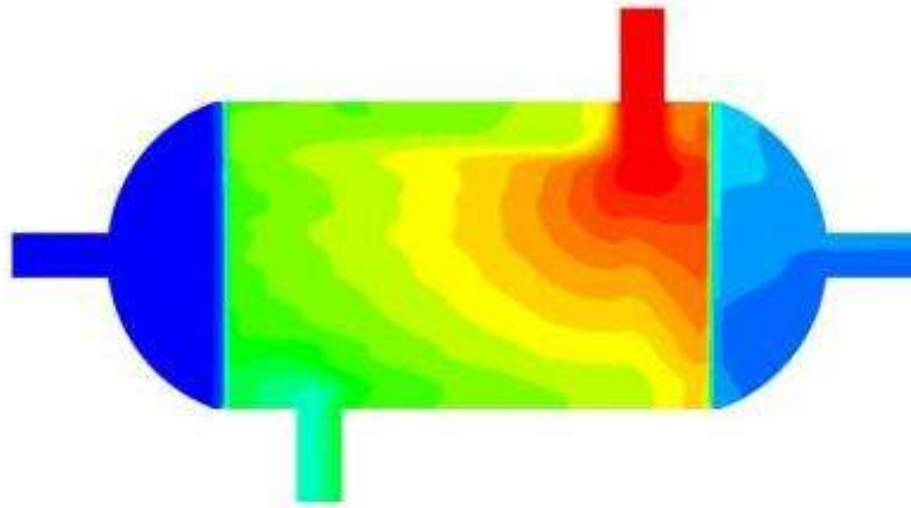
## 1.3.1. Les conditions aux limites pour les faces extérieures

### A. Conditions aux limites d'entrée et de sortie de l'écoulement

■ **Velocity inlet** (vitesse à l'entrée): Utilisée pour des écoulements incompressibles ou moyennement compressibles ; la vitesse d'entrée est imposée.

■ **Mass Flow Inlet** (débit d'écoulement à l'entrée) : On impose un débit massique connu à l'entrée.

■ **Pressure inlet** (pression à l'entrée): Utilisée pour les écoulements compressibles et incompressibles. On fixe alors la pression totale en entrée.



# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

- **Pressure outlet** (pression à la sortie) : Spécifie la pression statique de sortie.
- **Outflow**: Cette condition est utilisée pour modéliser les sorties de fluide dont on ne connaît pas a priori les détails de la vitesse et de la pression à la sortie.

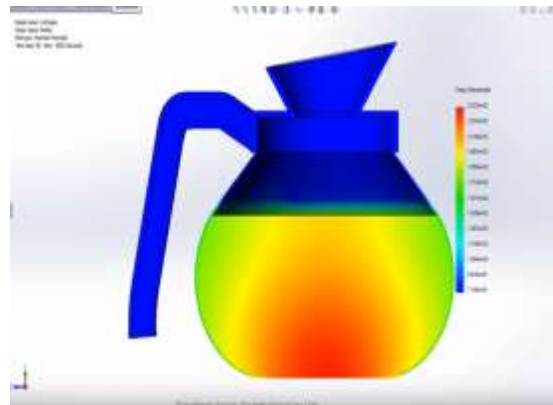
Cette condition n'est pas appropriée pour les calculs suivants :

- Si le problème possède une condition de type “Pressure Inlet” ;
- Si vous modélisez un écoulement compressible (gradient important de la pression);
- Si vous modélisez un écoulement instationnaire avec variation de la densité.

**Mass Flow outlet** : débit d'écoulement à la sortie est imposé.

## B. Conditions aux limites de paroi, de répétitions , de la symétrie et de pôles

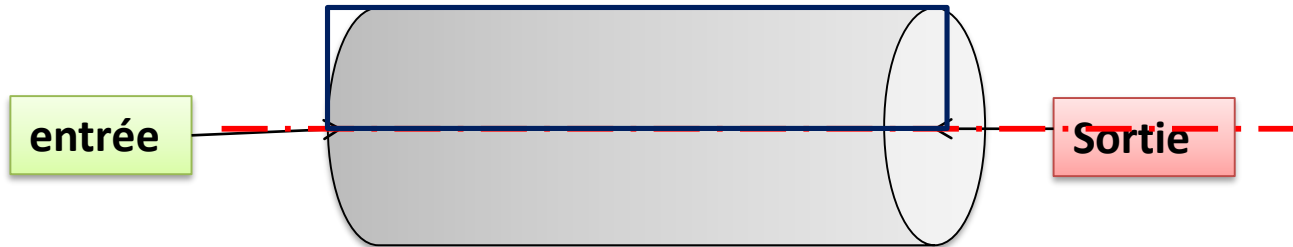
- **Wall** (paroi) : frontière solide



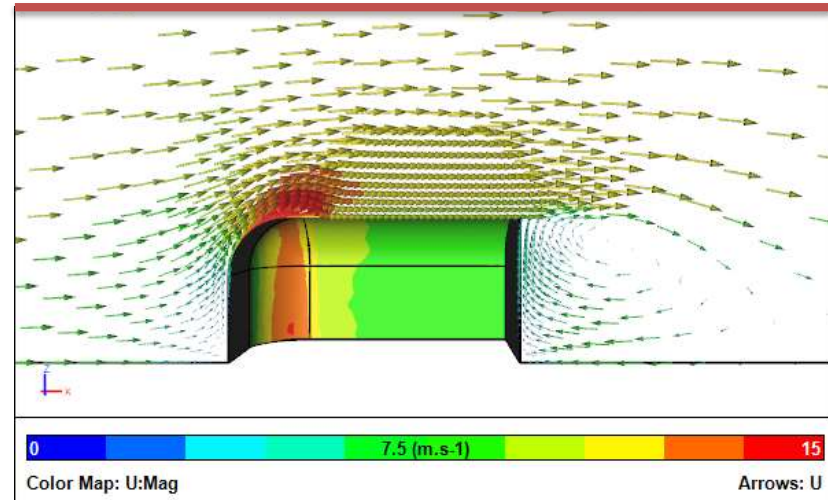
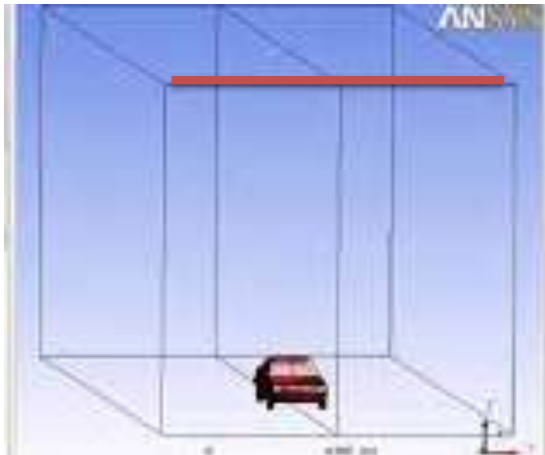


# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

■ **Axis**: lorsque on a une symétrie dans la géométrie et d'écoulement, on utilise cette condition dans la ligne axisymétrique

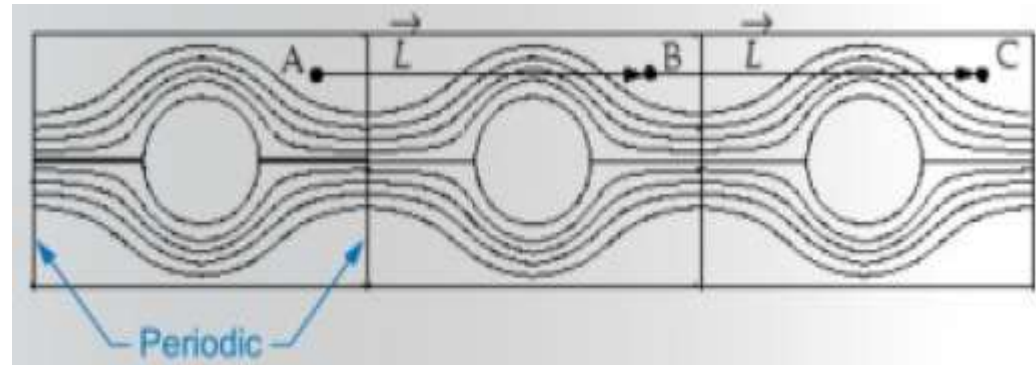
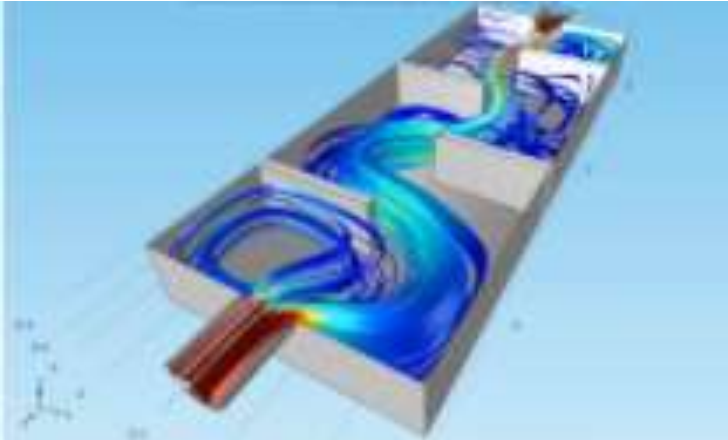


■ **Symmetry**: signifie qu'il y a pas un cisaillement (glissement parfait). Généralement on utilise cette condition pour limité une surface libre.



# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

■ **Periodique**: cette condition est utilisée lorsqu'on a un écoulement qui se répète périodiquement. Comme les écoulements tourbillonnants dans une conduite.



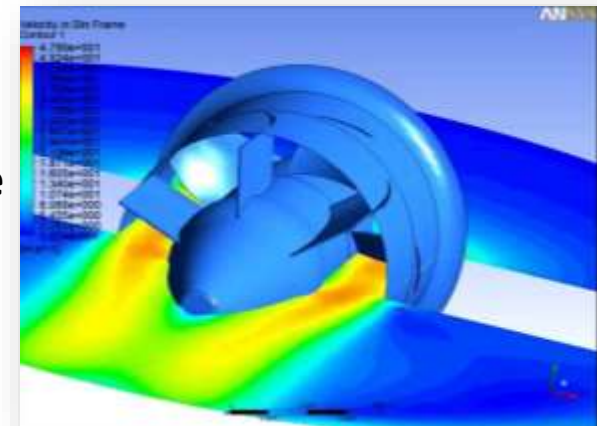
## Des conditions spéciales pour les ventilateurs :

■ **Inlet vent**: correspond à une grille d'aération dont on fixe la vitesse d'entrée d'air.

■ **Outlet vent**: Exotique, correspond à une grille d'aération dont on fixe la loi de perte de charge.

■ **Intake fan** correspond à un ventilateur d'aspiration dont on fixe la caractéristique.

■ **Outake fan**: à un ventilateur d'extraction dont on fixe la caractéristique.



# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

## 1.3.2 Les conditions aux limites pour les surfaces intérieures

Les surfaces faces internes sont utilisées pour spécifier des régions de fluide, solide, ou bien poreuse.

**Solide condition:** dans le cas de présence d'une partie solide dans le domaine (dans ce cas que l'équation de la conduction va être résolue).

On peut donner :

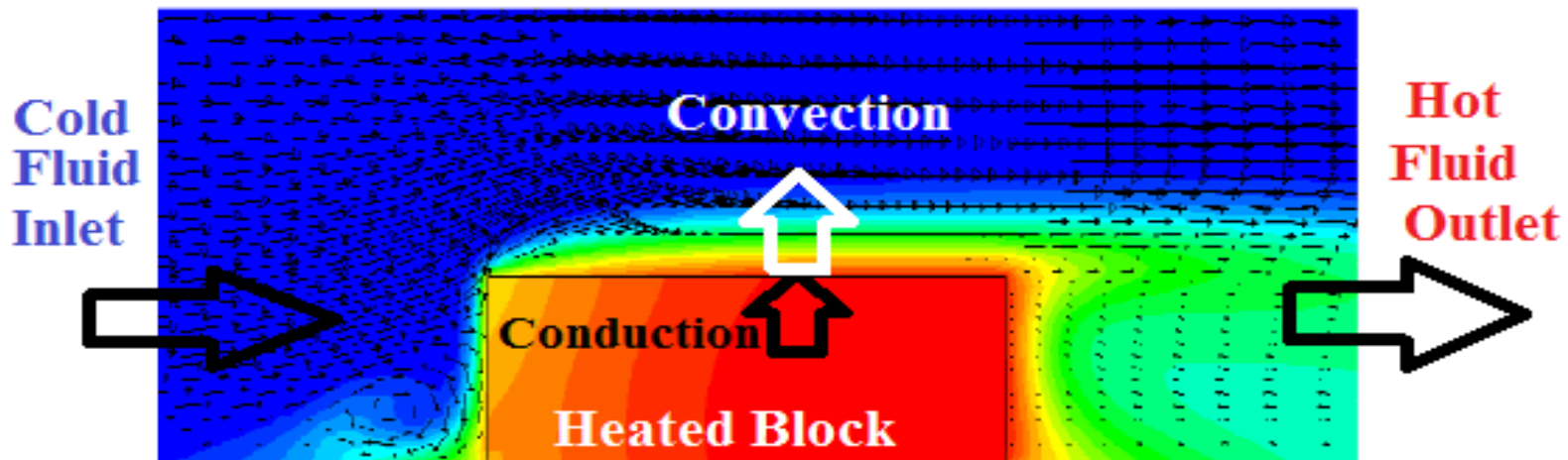
une valeur fixe ou variable de la température

une valeur fixe ou variable de la chaleur

Le type de matériau,

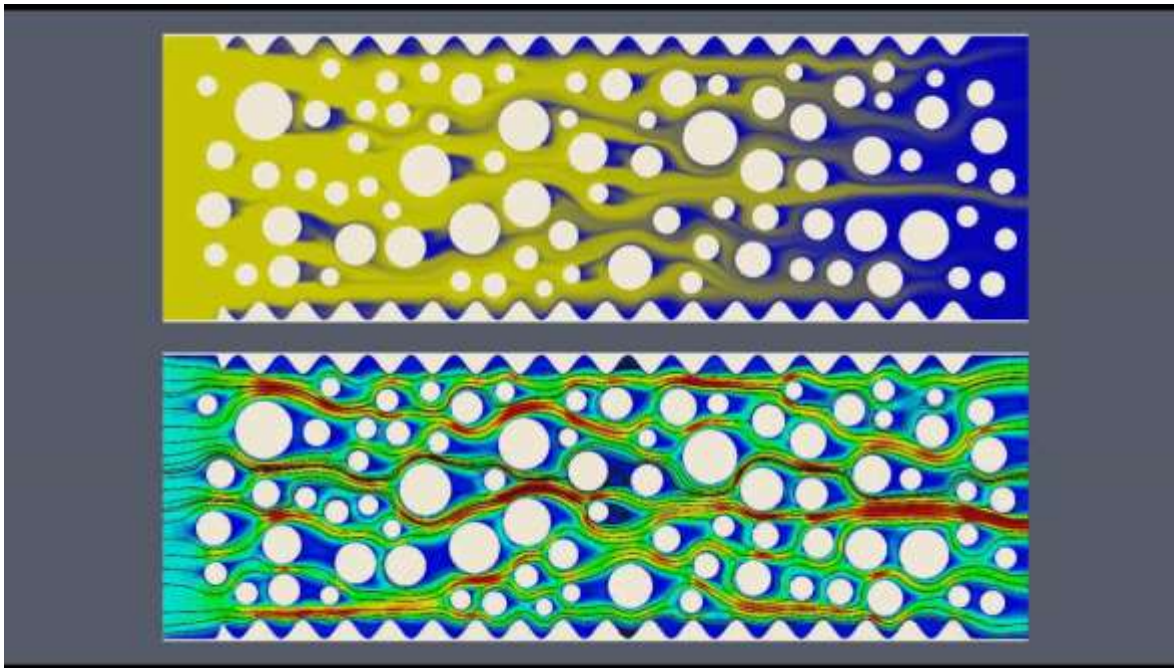
Fixe ou en mouvement

**Fluide condition:** dans le cas d'un fluide on ne donne que le type de fluide.



# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

- **Porous media condition:** c'est le cas où se trouve une zone poreuse (milieu poreux) dans le modèle physique (comme les lits de stockage thermique, les plaques perforées).
- Un milieu poreux est défini comme étant un milieu solide contenant des pores; les pores sont des espaces vides pouvant être interconnectés ou séparés.



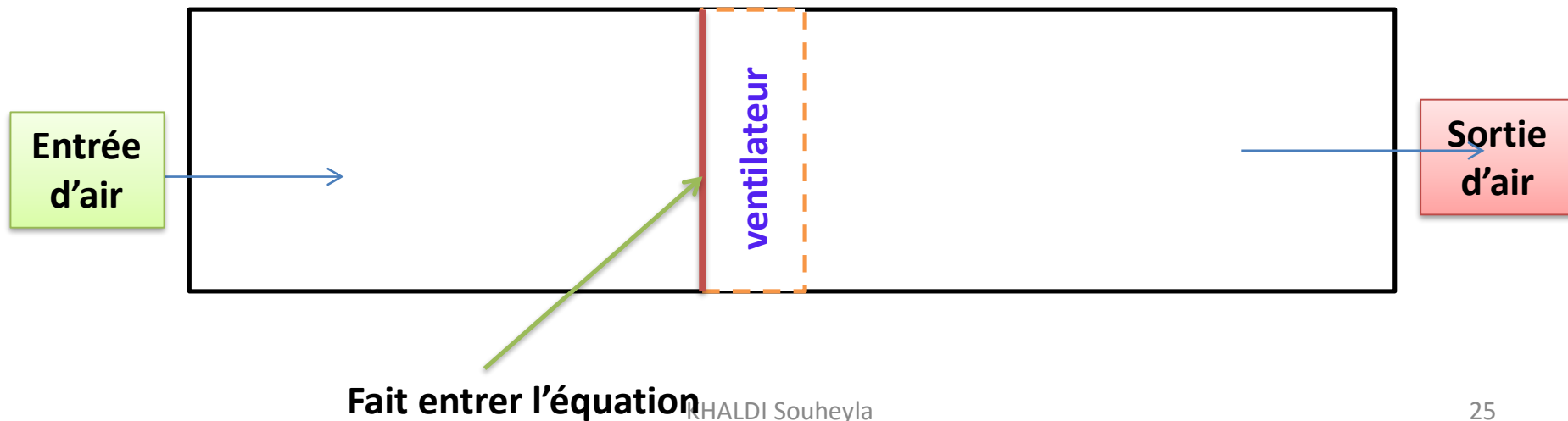
# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

## 1.3.3 Les conditions aux limites pour les faces intérieures

Les faces intérieures permettent d'introduire des changements sur les propriétés d'écoulement.

- **Fan (ventilateur)** : Cette condition peut être utilisée pour déterminer l'impact d'un ventilateur qui a des caractéristiques connues.

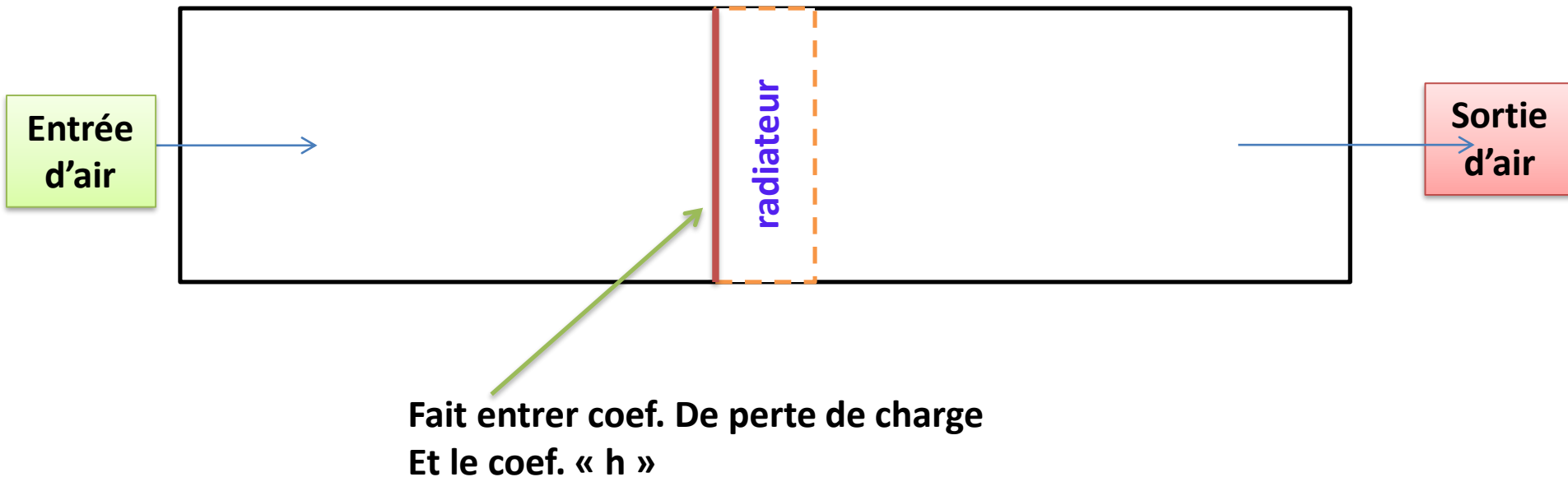
- On fait entrer directement une équation empirique qui gouverne la variation de la vitesse ou de la pression à travers le ventilateur sans créer la géométrie du ventilateur dans le domaine de calcul.



# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

- **Radiator (radiateur)** : on suppose qu'on a un radiateur très fin.

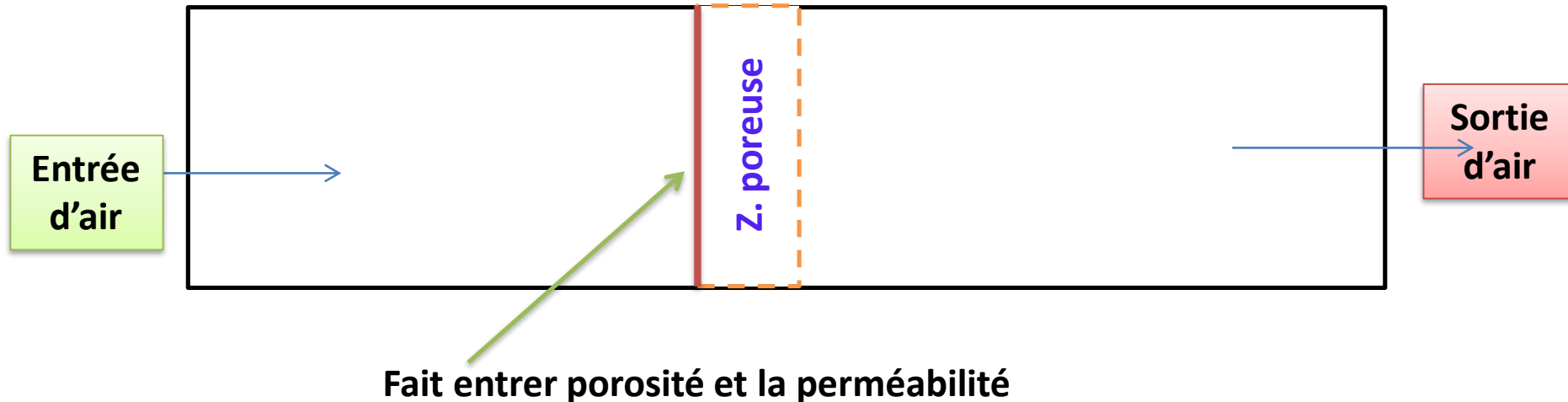
Sur cette surface on donne le coef. de perte de charge et on donne le coef. de transfert thermique «  $h$  ».





# Les étapes d'un calcul CFD: type de Conditions aux limites

- **porous-jum**: on utilise cette condition lorsqu'on a zone poreuse fine (une membrane poreuse par exemple) avec ces données (porosité, perméabilité).
- Si on s'intéresse seulement à l'effet de cette zone poreuse sur la variation de pression et de vitesse sans prendre en considération le transfert thermique.



On utilise ces modèles pour assurer un calcul robuste et avoir une convergence meilleure (meilleure stabilité de calcul).

## 2) Le solveur (FLUENT)

Nous venons de voir de manière très succincte quelles sont les étapes nécessaires pour réussir une simulation d'un problème en mécanique des fluides. Selon le code Fluent.

1. Le paramétrage du solveur ;
2. La modélisation (éventuelle) de la turbulence ;
3. La définition des caractéristiques du fluide ( ou bien solide);
4. Le réglage des "Operating conditions" ;
5. Le paramétrage des conditions aux limites ;
6. Le choix des critères de convergence ;
  - a) Conservation de la masse.
  - b) Evolution d'une variable pendant les calculs;
7. L'initialisation des calculs ;
8. Le paramétrage des sauvegardes automatiques en cours de simulation;
9. Le lancement de la simulation.

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.1. Choix des équations résolues par le solveur

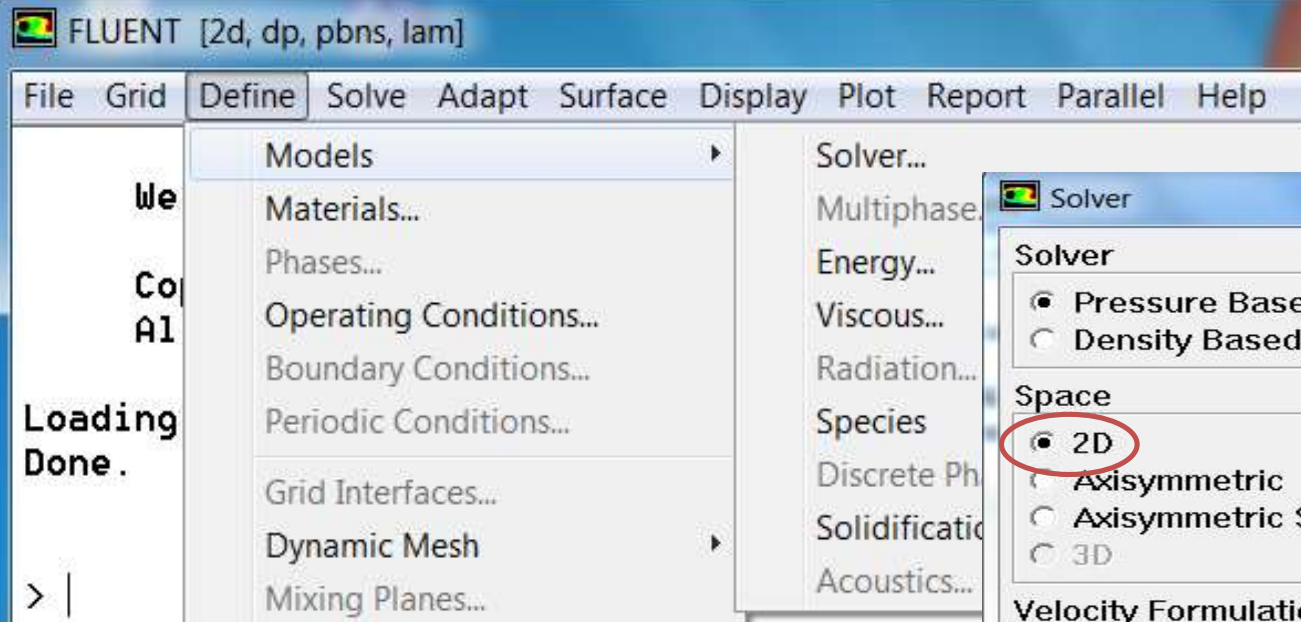
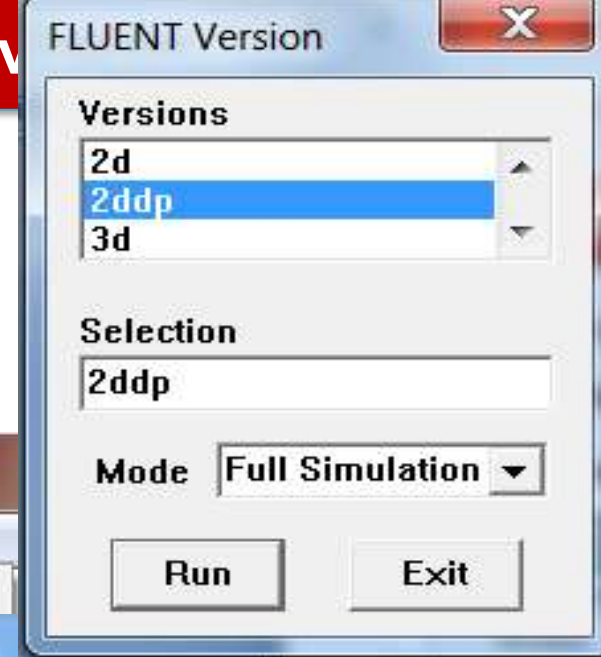
Selon le problème, on peut être amené à considérer :

- ➡ La dimension du problème, 2D, 3D, ou axisymétrique ;
- ➡ Le caractère stationnaire ou instationnaire ;
- ➡ Le caractère incompressible ou compressible de l'écoulement (et non du fluide : tous les fluides sont compressibles. Lorsque les variations de densité causées par les variations de pression dues à l'écoulement sont faibles, on est en écoulement incompressible).
- ➡ Le besoin ou non de prendre en compte le bilan d'énergie, et dans ce cas, on pourra alors avoir accès à des équations d'état (gaz parfait), à des modèles de type Boussinesq pour la convection naturelle, . . . ;
- ➡ La prise en compte de forces extérieures (gravité, force d'inertie liées à la rotation, . . . ) ;
- ➡ La modélisation éventuelle de la turbulence ;
- ➡ La prise en compte du radiation thermique (rayonnement thermique)
- ➡ La présence de plusieurs phases
- ➡ la solidification et la fusion ....

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur

- ➔ La dimension du problème, 2D, 3D, ou axisymétrique ;
- ➔ Le caractère stationnaire ou instationnaire ;

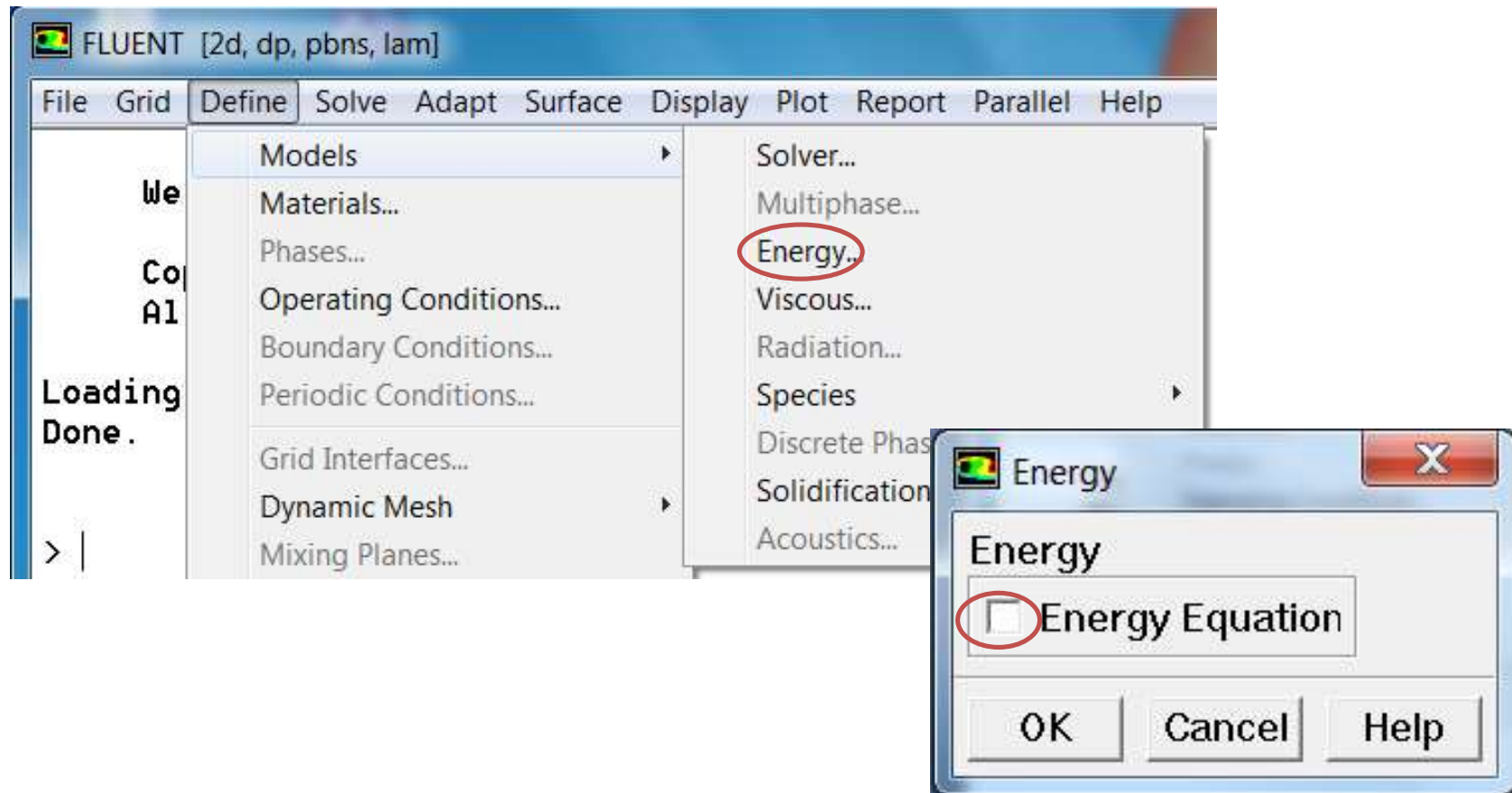
Define → Models → Solver



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➡ Le besoin ou non de prendre en compte le bilan d'énergie, et dans ce cas, on pourra alors avoir accès à des équations d'état, à des modèles de type Boussinesq pour la convection naturelle, ... ;

Define → Models → Solver → Energy



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➔ La modélisation éventuelle de la turbulence

Define → Models → Solver → Energy

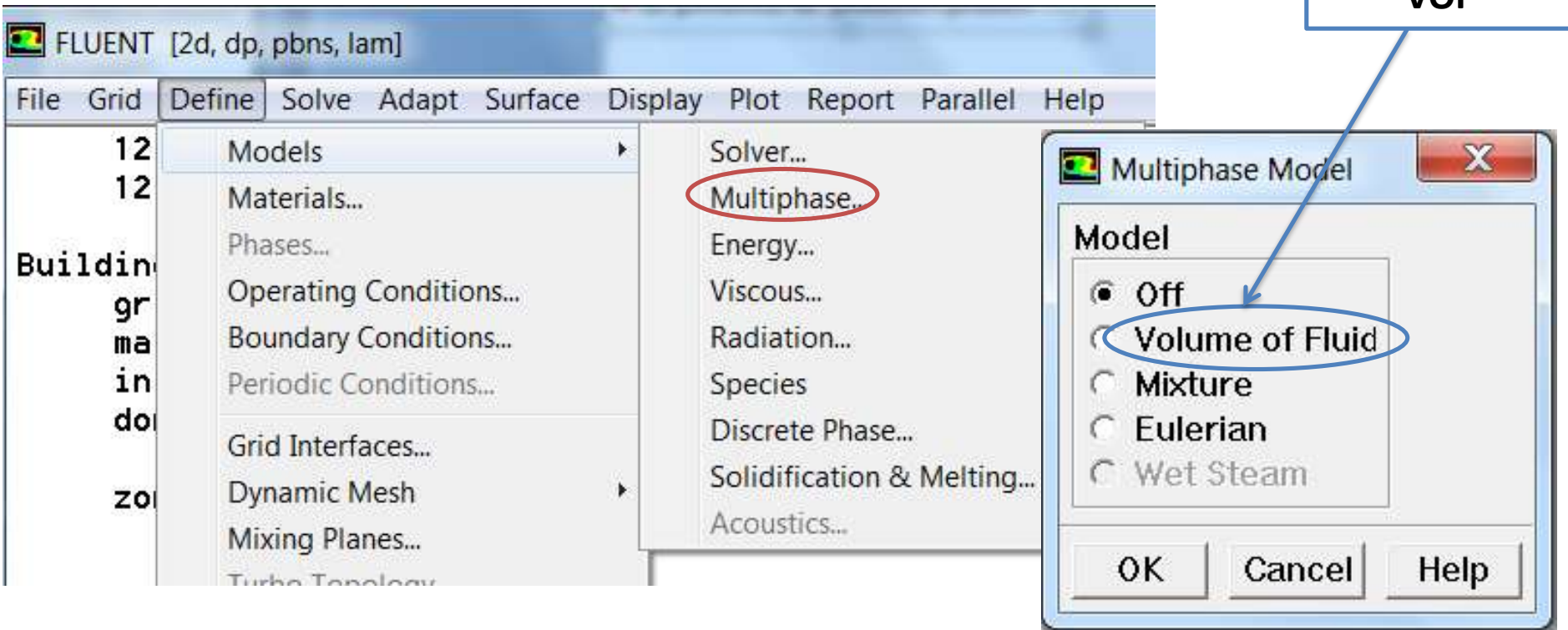
The image shows the FLUENT software interface with the 'Define' menu open. The 'Viscous..' option is circled in red. A 'Viscous Model' dialog box is open, showing the 'Model' section with 'Laminar' selected and circled in green. Other options include 'Inviscid', 'Spalart-Allmaras (1 eqn)', 'k-epsilon (2 eqn)', 'k-omega (2 eqn)', and 'Reynolds Stress (5 eqn)'. Callouts in French identify the options: 'écoulement non visqueux' points to 'Inviscid', 'écoulement Laminaire' points to 'Laminar', and 'écoulement Turbulent' points to the entire dialog box.



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➔ La présence de plusieurs phases (Multiphases) . . .

Define → Models → Solver → Multiphase



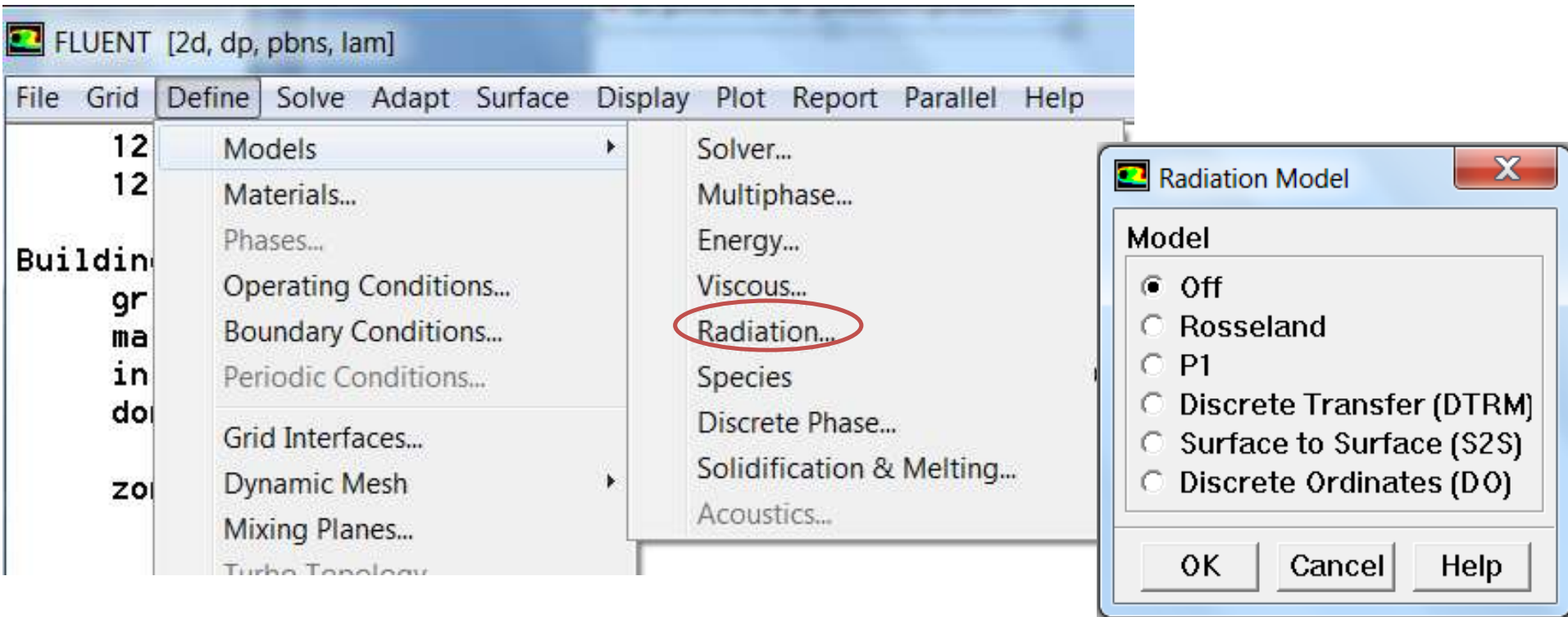
📌 L'écoulement **multiphase** fait référence à l'écoulement simultané de **deux phases fluides ou plus** dans différents états thermodynamiques (tels que des mélanges de gaz, de liquides et/ou de solides). Ces phases peuvent être différentes versions de la même composition chimique (eau et vapeur dans un tuyau) ou des phases de plusieurs compositions chimiques (eau et air dans une paille)



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➡ La prise en compte du rayonnement thermique (rayonnement thermique)

Define → Models → Solver → Radiation

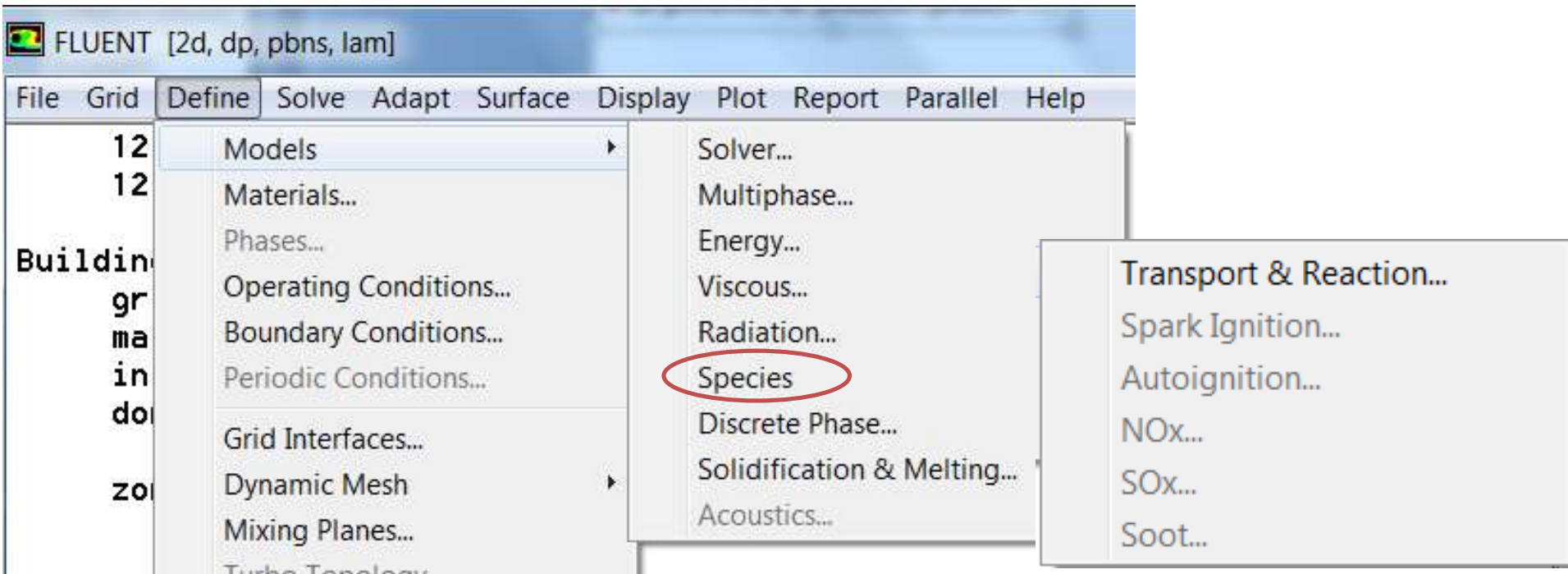


Le rayonnement thermique (**Radiation**), est le transfert de rayonnement électromagnétique, qui décrit l'échange d'énergie thermique des photons.

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➔ La présence d'une réaction chimique (species)

Define → Models → Solver → Speceis

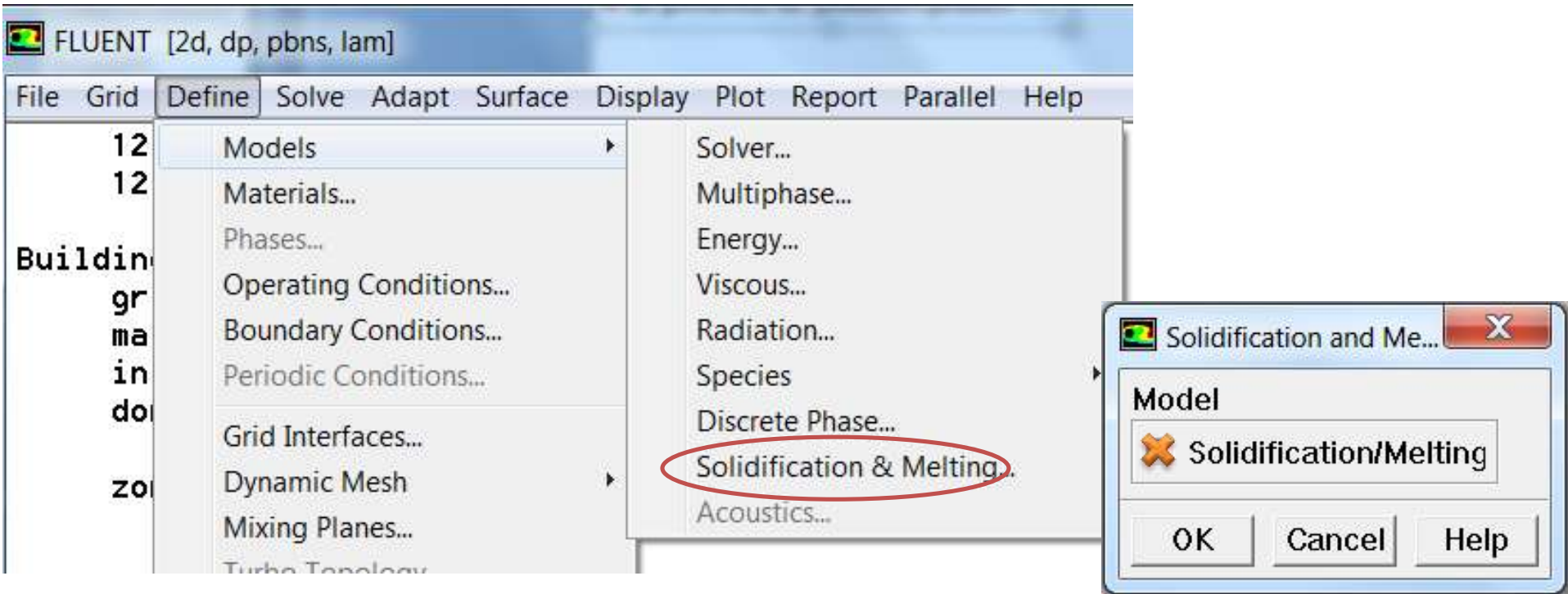


Le modèle **Species** peut modéliser le mélange et le transport d'espèces chimiques en résolvant des équations de conservation décrivant les sources de convection, de diffusion et de réaction pour chaque espèce constitutive.

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## ► la fusion et la solidification (Solidification and Melting)

Define → Models → Solver → Speceis

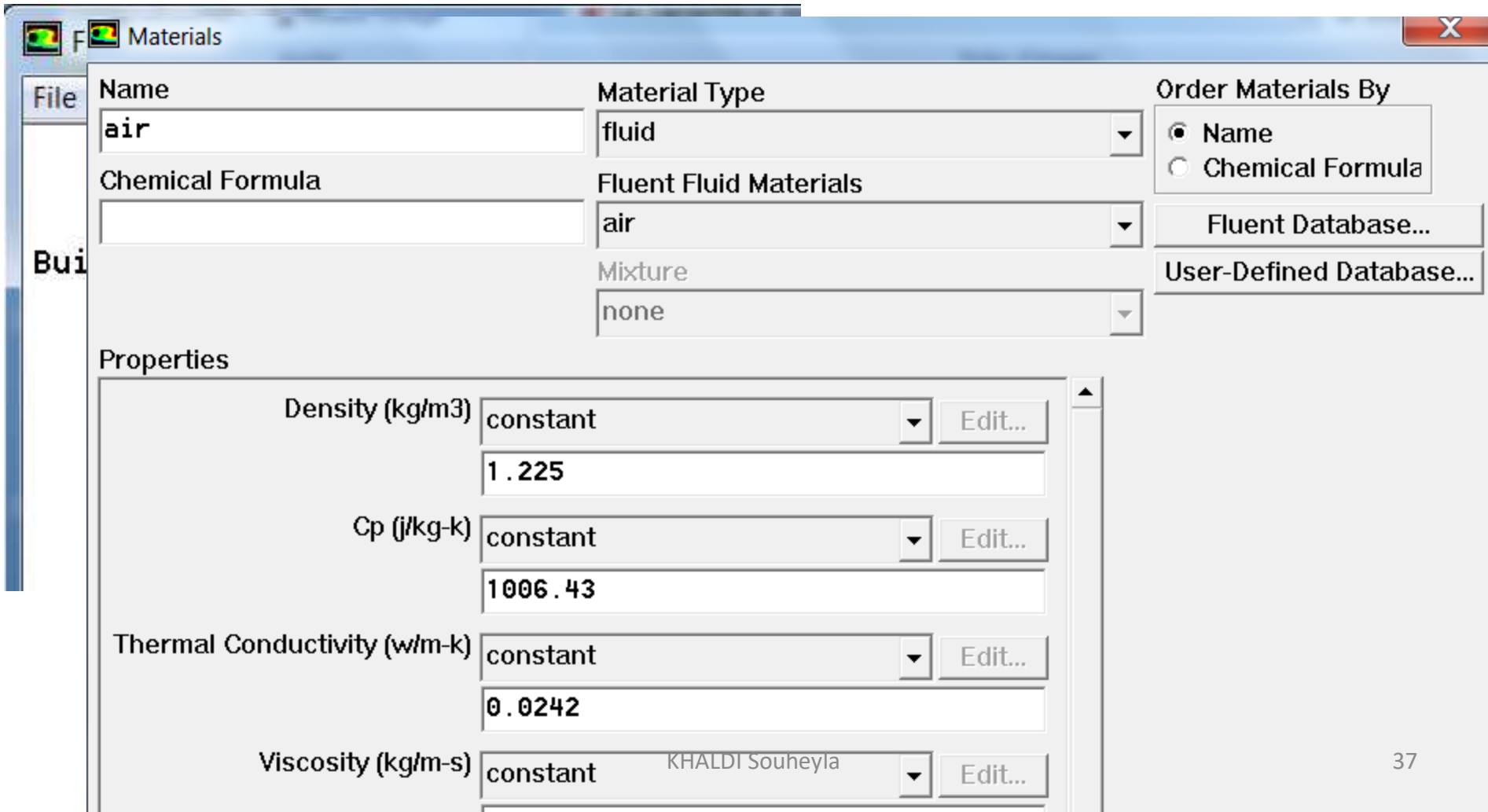


La transition d'un solide à un liquide est connue sous le nom de fusion (**melting**). Une substance pure commence à fondre à une température fixe spécifique appelée point de fusion. Une transition de phase dans les matériaux qui produit un solide est connue sous le nom de **solidification**.

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

➔ Le caractère incompressible ou compressible de l'écoulement (et non du fluide : tous les fluides sont compressibles).

Define → Materials



The screenshot shows the ANSYS Fluent Materials dialog box. The window title is "Materials". The "Name" field contains "air". The "Material Type" dropdown is set to "fluid". The "Chemical Formula" field is empty. The "Fluent Fluid Materials" dropdown is set to "air". The "Mixture" dropdown is set to "none". The "Order Materials By" section has "Name" selected with a radio button, and "Chemical Formula" is unselected. There are two buttons: "Fluent Database..." and "User-Defined Database...". The "Properties" section is expanded, showing the following settings:

Property	Value
Density (kg/m <sup>3</sup> )	constant 1.225
Cp (j/kg-k)	constant 1006.43
Thermal Conductivity (w/m-k)	constant 0.0242
Viscosity (kg/m-s)	constant KHALDI Souheyla

# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.2. Définition des caractéristiques du fluide

Le code Fluent dispose de bibliothèques des fluides et solides les plus courants.

## 2.3. Le réglage des Operating conditions

➤ Avant de choisir les conditions aux limites, il faut choisir d'abord la valeur de la **pression opérationnelle (Pop)** ou bien la **pression atmosphérique**.

➤ La pression de fonctionnement est importante pour les écoulements de gaz parfaits incompressibles car elle détermine directement la densité: la loi des gaz parfaits incompressibles calcule la densité comme:

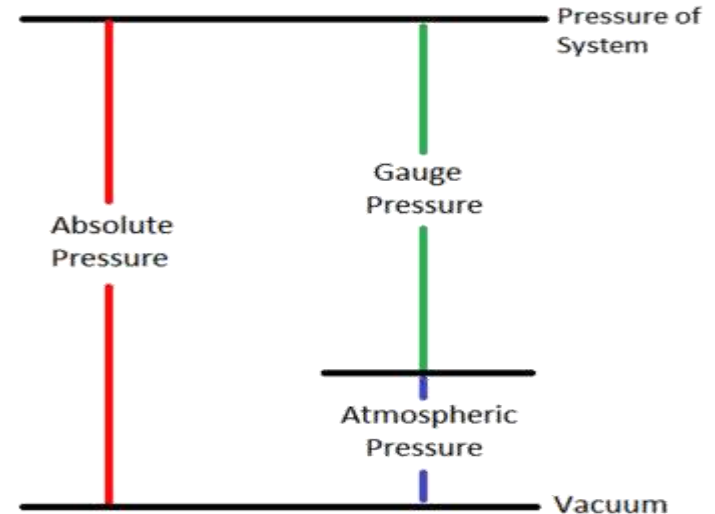
$$\rho = \frac{P_{op}}{\frac{R}{M_w} T}$$

La relation liant la pression absolue à la "gauge pressure (relative)" est donnée par

$$P_{abs} = P_{gauge} (P_{relative}) + P_{atm}$$

$P_{abs} = P_{op} + P_{gauge}$ , avec  $P_{op}$  la "operating pressure". Par défaut il s'agit de la pression atmosphérique:  $P_{op} = P_{atm}$

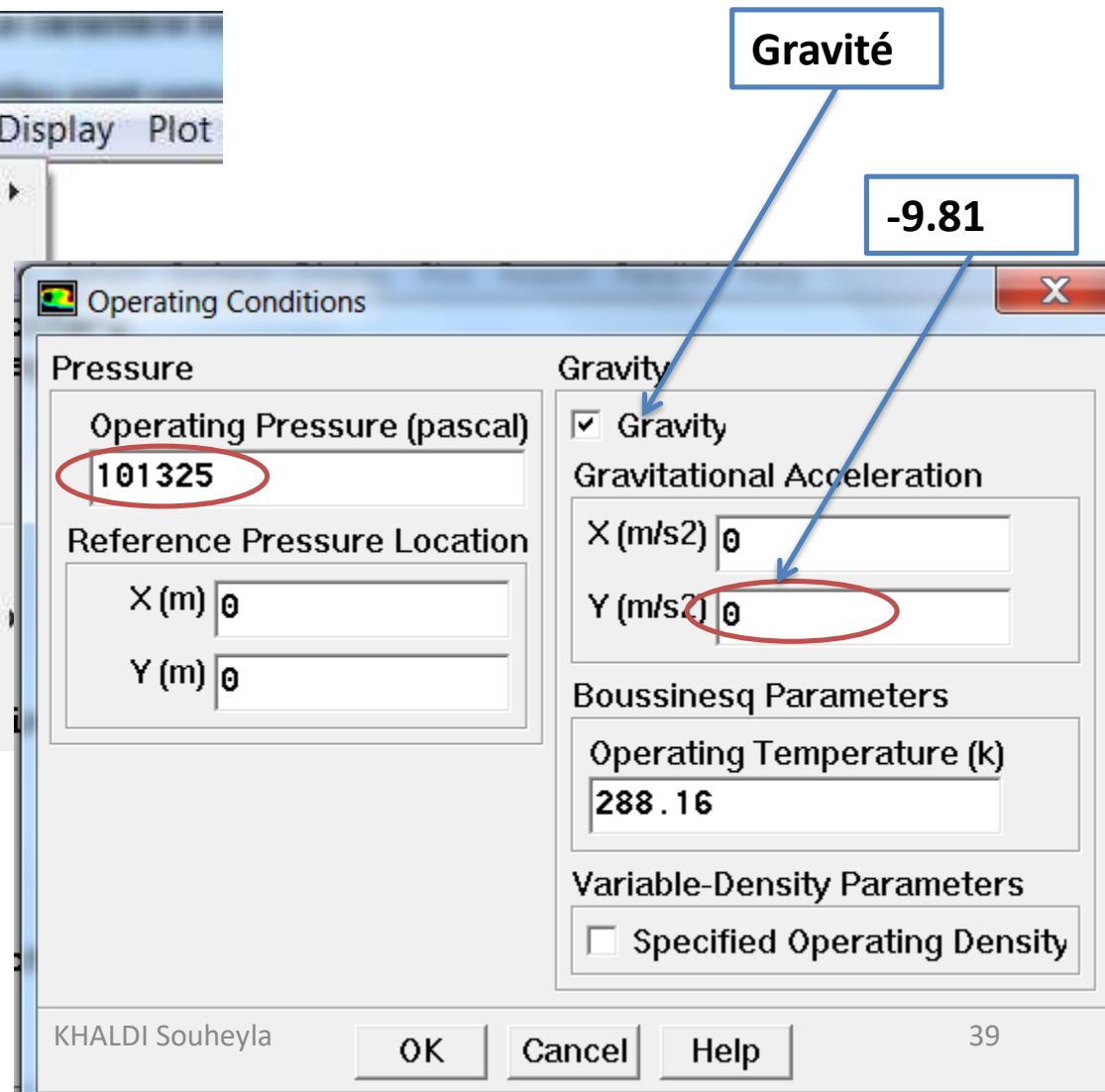
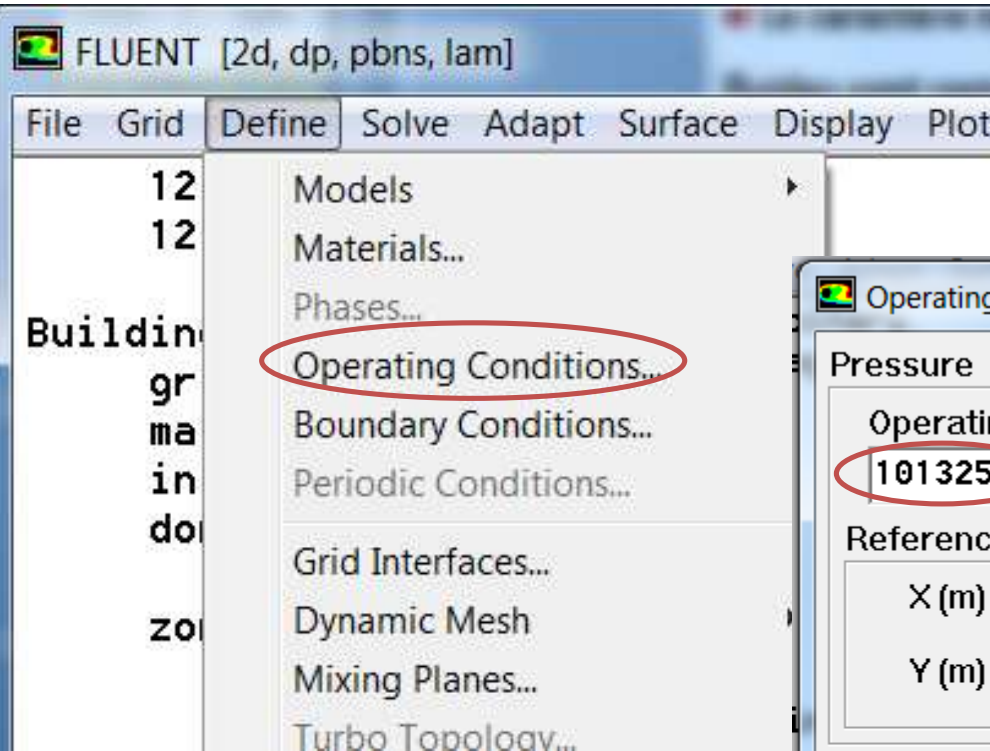
Si la masse volumique est supposée constante ou si elle est dérivée d'une fonction de profil de température, la pression de fonctionnement n'est pas utilisée dans le calcul de la masse volumique.



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

Pour saisir les conditions opératoires

Define → Operating conditions



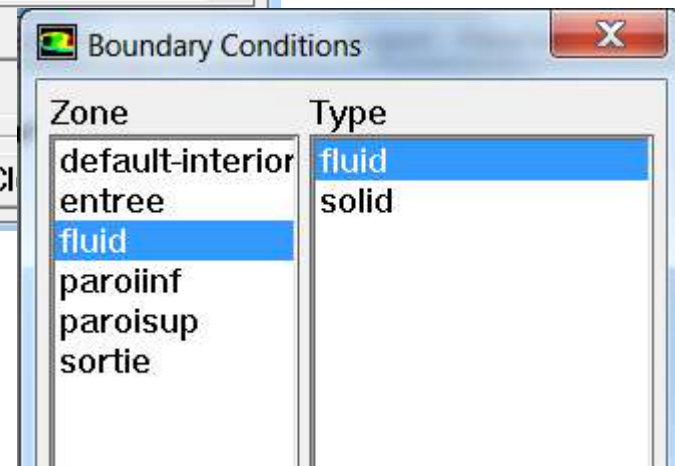
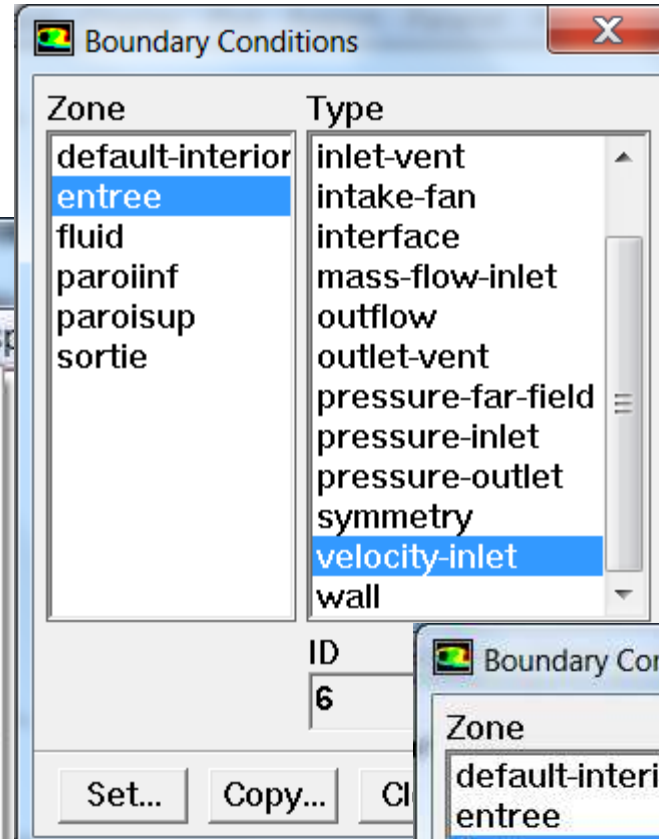
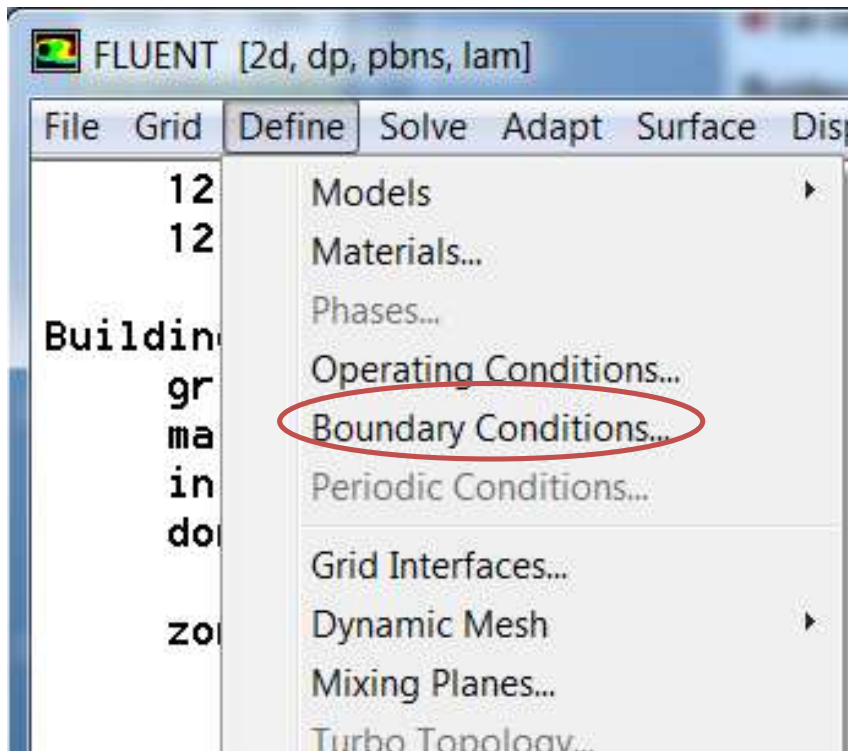


# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.4. Conditions aux limites

Dans cette étape, on introduit les données (les valeurs) de chaque condition aux limites déjà spécifiée au paravent sur le gambit.

Define → Boundary Conditions





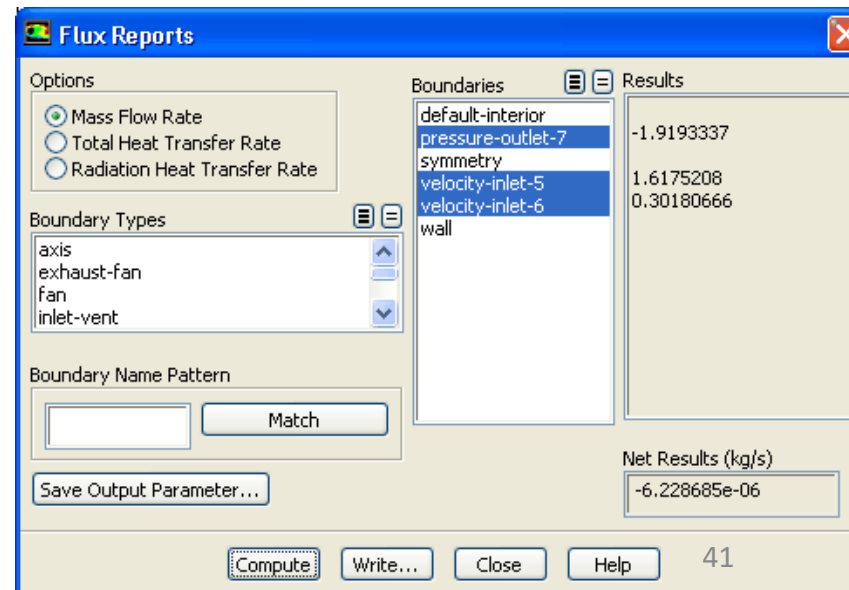
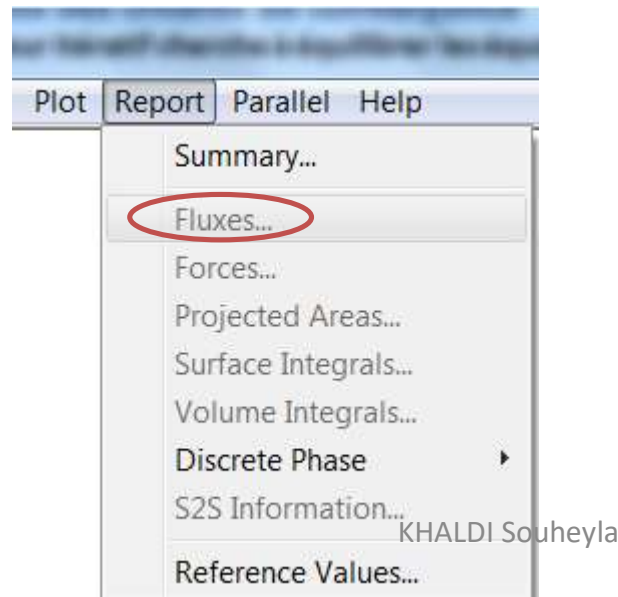
# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.5. Choix des critères de convergence

- ❑ Un solveur itératif cherche à équilibrer les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie. Partant d'une solution initiale, le solveur la fait évoluer vers une solution finale qui respecte au mieux ces diverses équations. On définit les résidus comme une mesure de l'écart à une solution parfaite.
- ❑ Le critère de convergence par défaut dans Fluent (residus tous sous  $10^{-3}$ ) est sous-évalué. Il vaut mieux pousser les calculs à  $10^{-4}$  voire  $10^{-6}$ .
- ❑ Il y a deux moyen pour vérifier la convergence des calculs.

## 1. Conservation de la masse

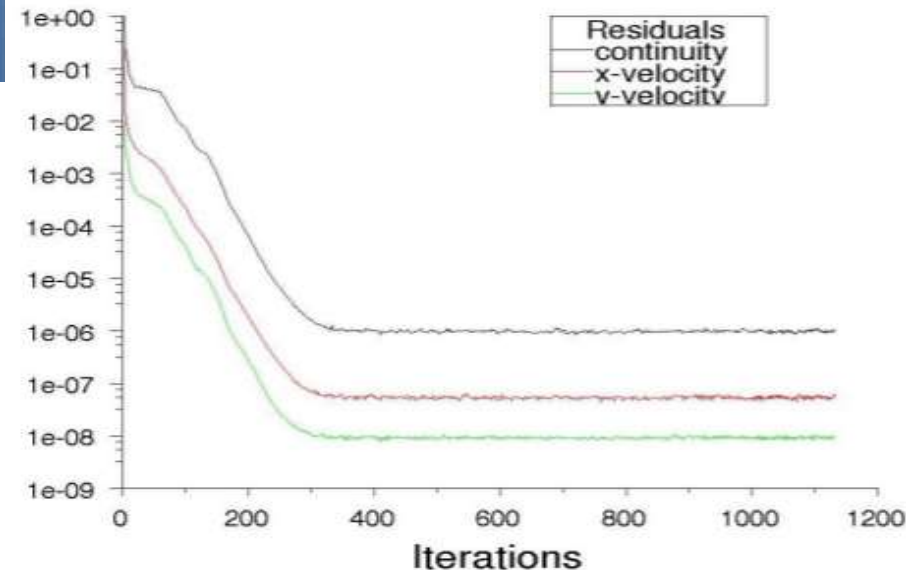
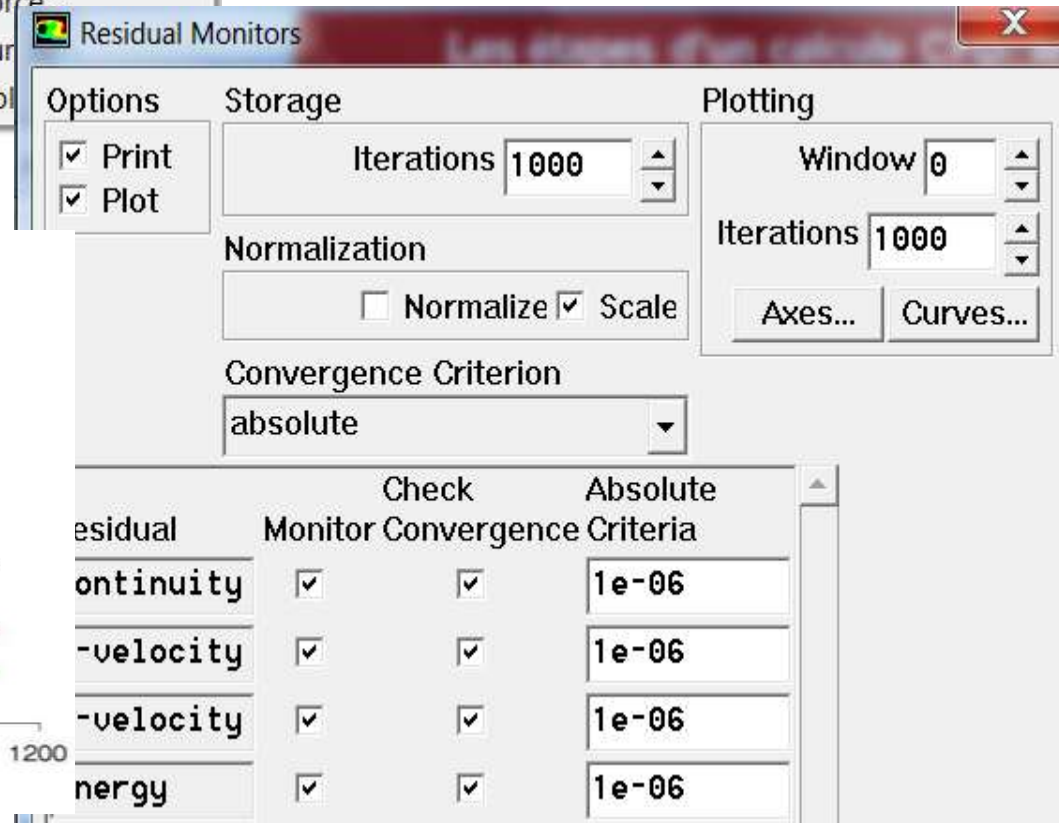
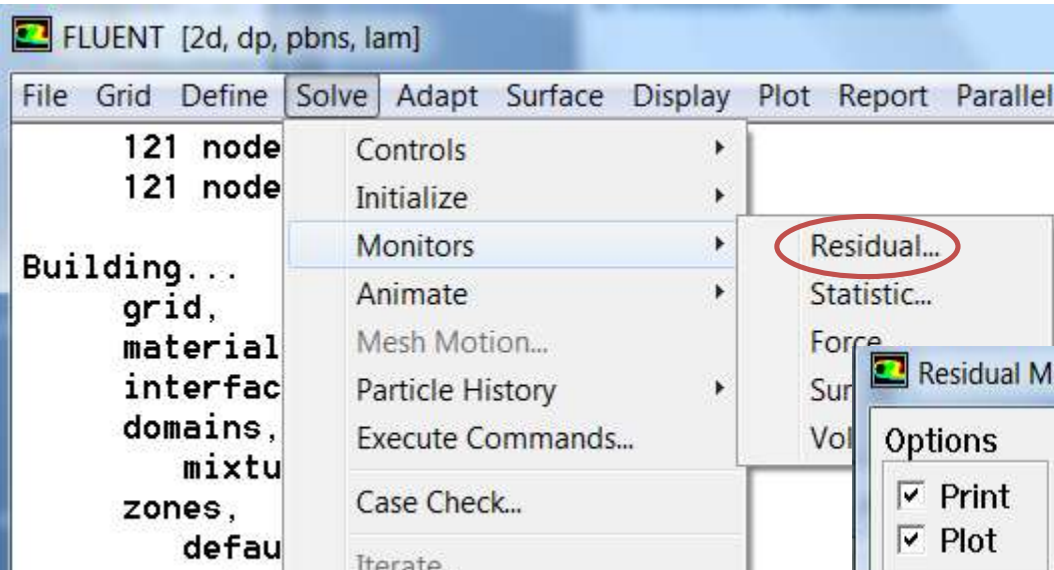
Report → Fluxes



# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2. Evolution des résidus

Solve → Monitors → Residual



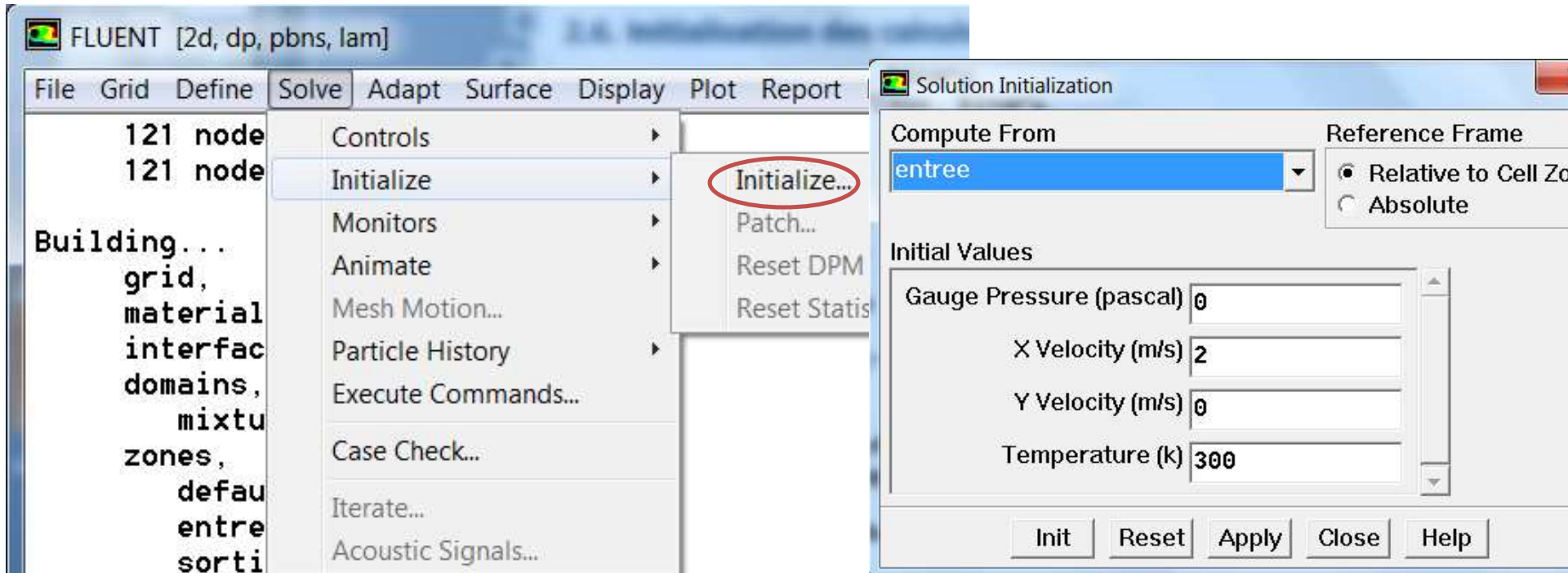
# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.6. Initialisation des calculs

Il est conseillé dans de nombreux cas d'initialiser les calculs aux **conditions de l'entrée**, ou dans le doute de tout initialiser à zéro.

Toutefois s'il y a un calcul qui a déjà convergé et que vous désirez changer juste un paramètre (par exemple la vitesse d'entrée), il est préférable d'initialiser au calcul précédent déjà convergé.

Solve → Initialize → Initialize

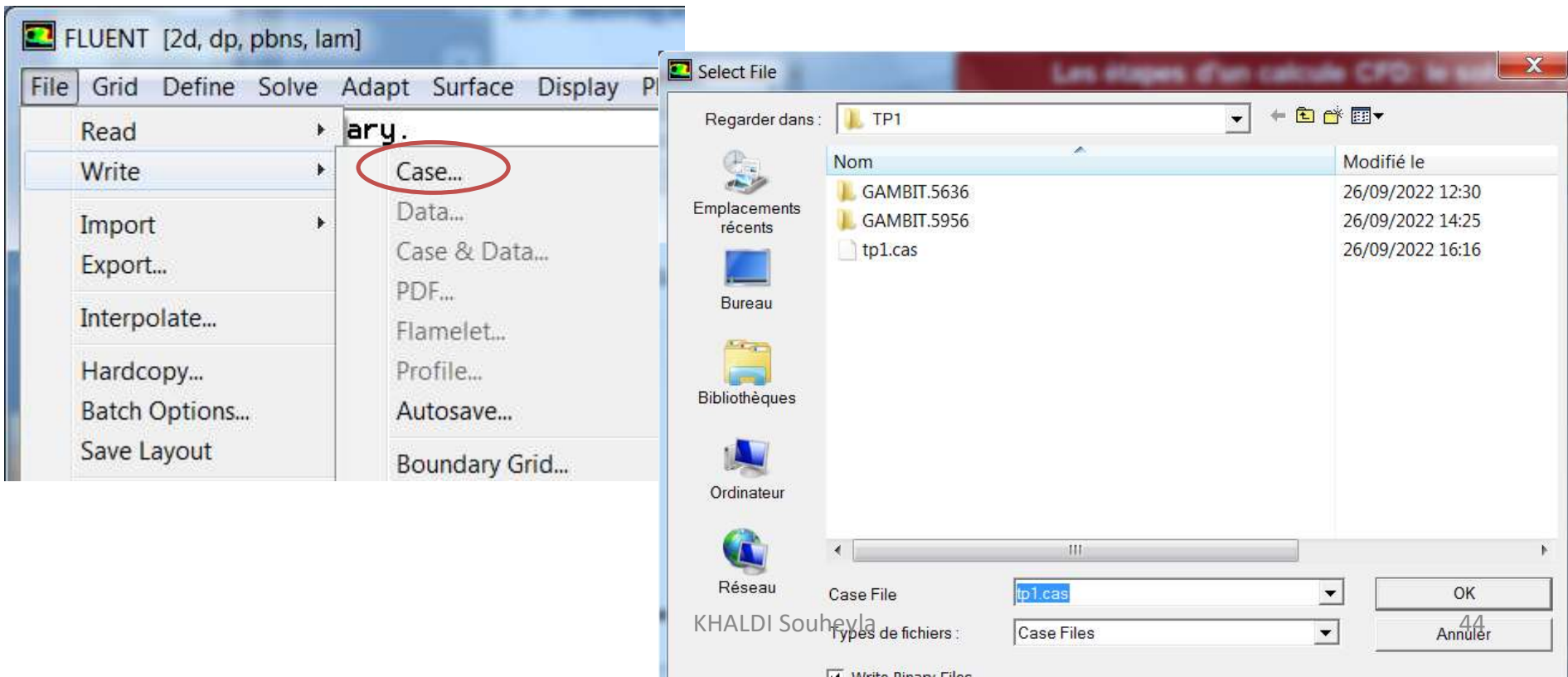


# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.7. Sauvegardes

Il est conseillé une fois le paramétrage effectué de sauvegarder la simulation, avant de la lancer, ainsi que de mettre en place une sauvegarde automatique tous les  $n$  itérations ou pas de temps.

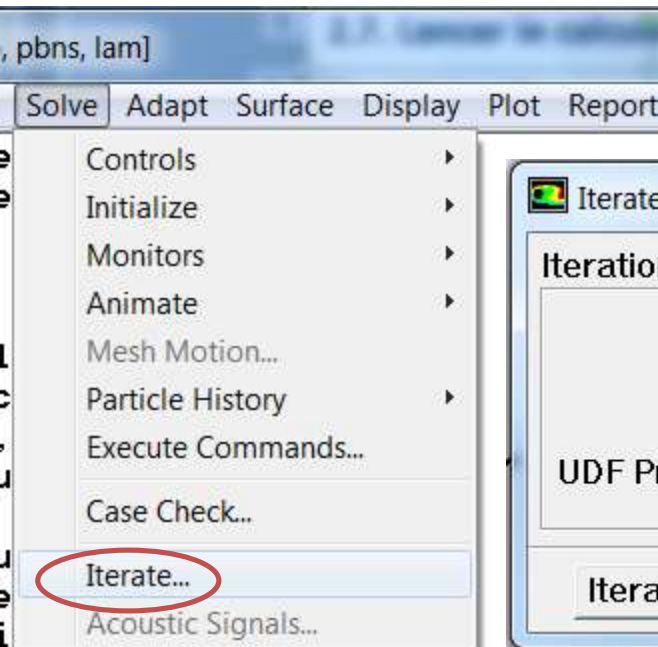
File → Write → Case



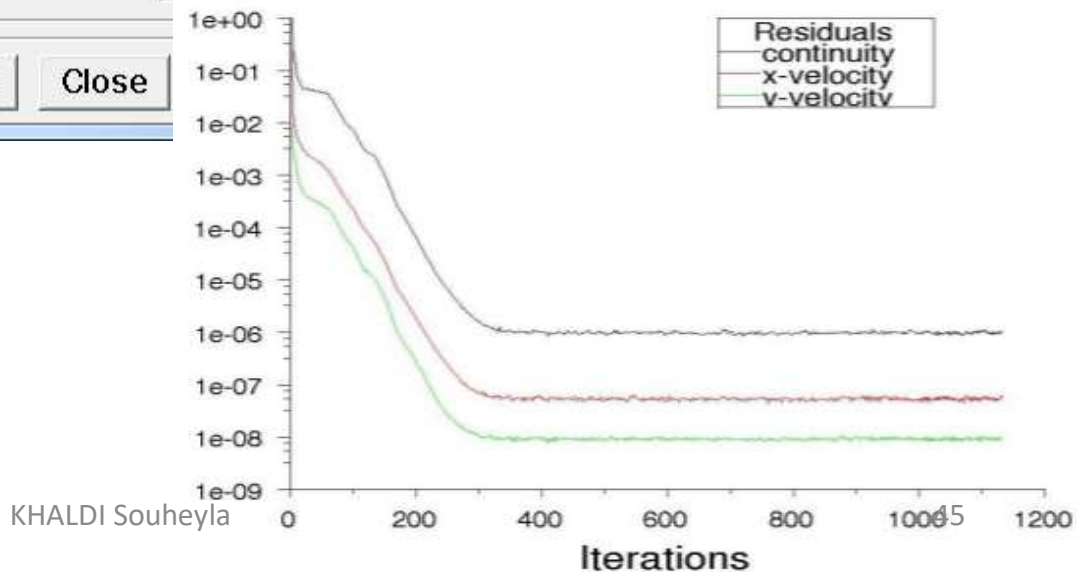
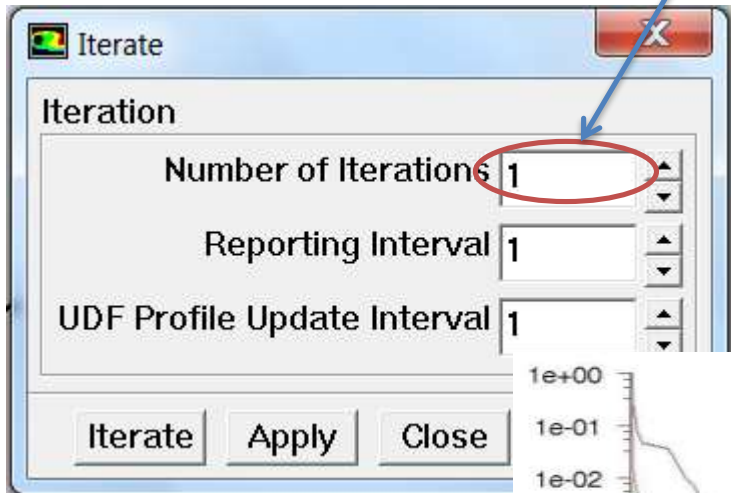
# Les étapes d'un calcul CFD: le solveur (Fluent)

## 2.7. Lancer le calcul

Solve → Iterate



Donner le nombre d'itérations

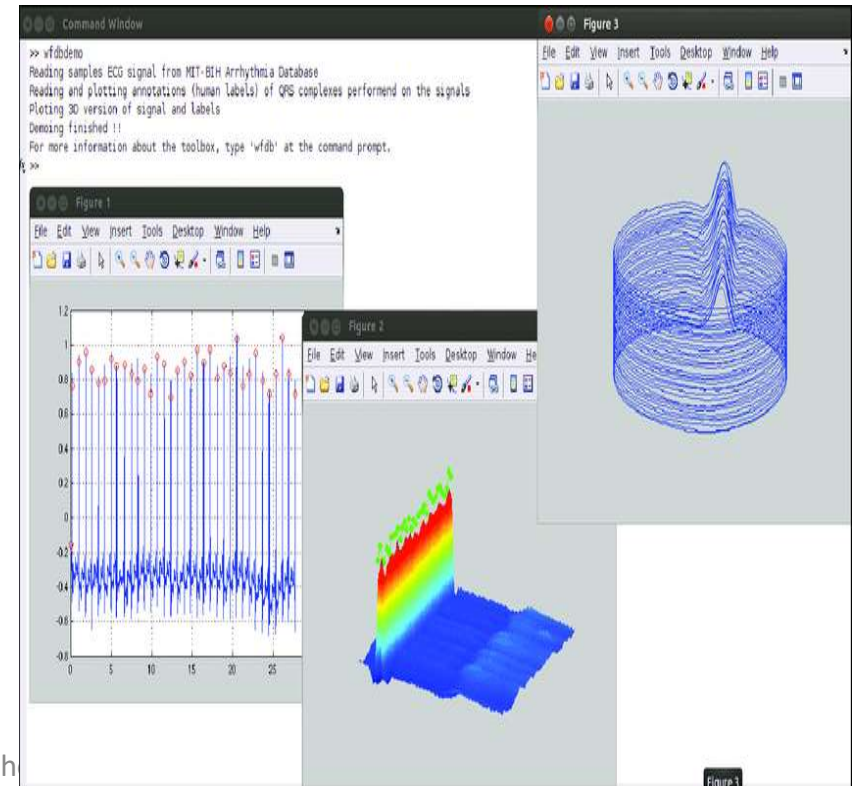
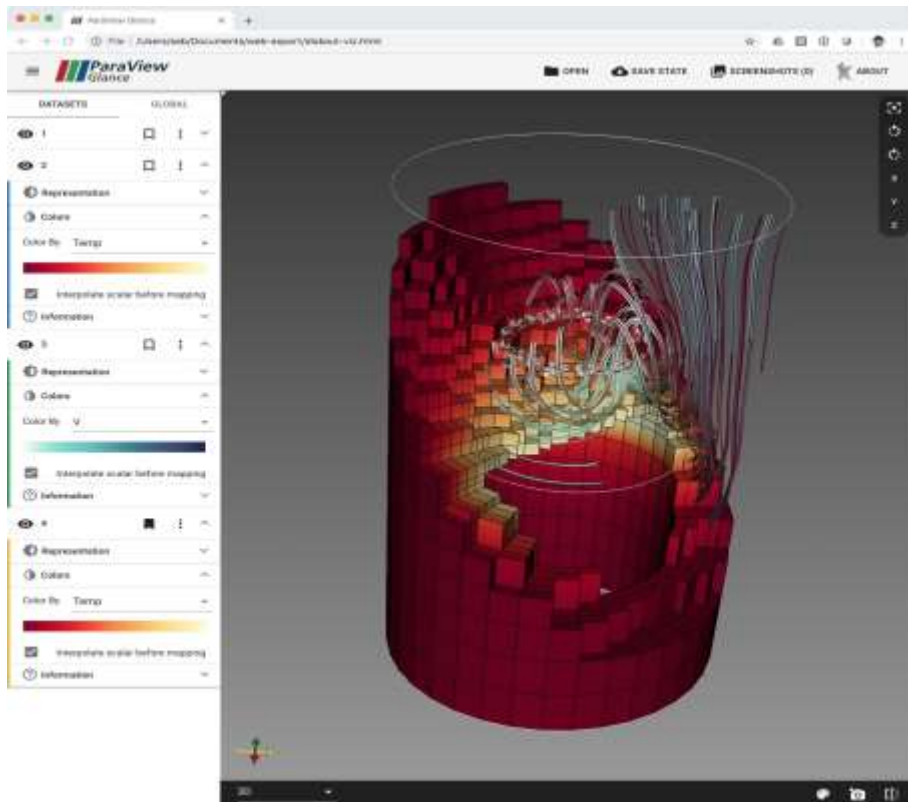




# Les étapes d'un calcul CFD: Post-traitement (Fluent)

## 3) Post-traitement

Les logiciels de CFD fournissent souvent des outils intégrés de post-traitement. Toutefois, rien n'interdit d'exporter les données dans divers formats afin de les traiter sous d'autres logiciels type Paraview pour la visualisation, ou Octave, NumPy,... pour une analyse plus poussée.



# Les étapes d'un calcul CFD: Post-traitement (Fluent)

- Cet outil nous permet :
- Afficher des cartes de pression, vitesse et autres quantités sur des sections.
- Tracer des profils sur des lignes particulières.
- Calculer et rapporter des quantités intégrales sur des surfaces et des frontières.
- Calculer les valeurs de n'importe quelle grandeur (température , vitesse, dans le régime stationnaire ou instationnaire) à n'importe quelle position.