

# Optimisation Multicritère D'un Dispositif De Stérilisateur

Cheikh Bécaye Ndongo

Tuteurs:

Christophe Prud'homme - Georges Henri Cottet - Sortais Pascal

31 Août 2007



# Plan de la présentation

- 1** Introduction
- 2** Présentation du sujet & Objectifs
  - Présentation
  - Objectifs
- 3** Modèles, Equations
- 4** Simulations Numériques
  - Gambit/Fluent
    - Cas 2D
    - Cas 3D
  - Gmsh/Life
- 5** Conclusion & Perspectives



# Introduction

# Présentation de RC-Lux

## Origine et Clients

- RC-Lux est issue du Laboratoire de physique subatomique et de cosmologie de Grenoble (LPSC)
- Le NanoSTERIL, d'une capacité extrême (10 fois celle d'un irradiateur UV standard) ⇒ robinet
- Lauréat des technologies innovantes pour l'environnement au salon Pollutec à Paris en 2006.

## Clients

- La société Dieau-Edafim leader européen des fontaines et refroidissement à eau.
- La société Permo (groupe BWT) leader européen du traitement de l'eau au point d'usage.
- Le CHU de Grenoble, certains hôpitaux de Lyon

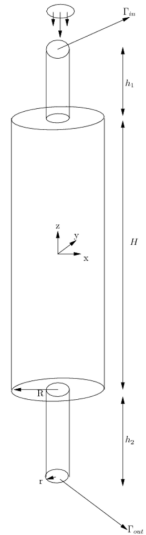


# Présentation du sujet & Objectifs





- Maximiser le temps de transit d'eau dans le tube en fonction des différents paramètres :
  - diamètre du tube
  - nature du liquide(*eau*)
  - débit et mode d'écoulement
  - présence ou non des bulles d'air au démarrage.
- Assurer l'irradiation minimale de la goutte la plus rapide
- Trouver la forme d'entrée (optimale si possible) pour irradiation correcte rendant le débit de sortie entre 2 à 4 l/mn



## Dimensions

- $H = 118 \text{ mm}$ ,  $h_2 = 50 \text{ mm}$ ,  $h_1 = 20 \text{ mm}$ ,  $R = 10 \text{ mm}$ ,  $r = 2 \text{ mm}$



- Calibrer d'abord le modèle afin d'assurer un temps d'exposition suffisant
- Trouver une forme d'entrée (optimale si possible) rendant le débit  $Q$  de sortie entre 2 à 4 l/mn.
- Simulations numériques pour vérifier le temps de transit, d'exposition

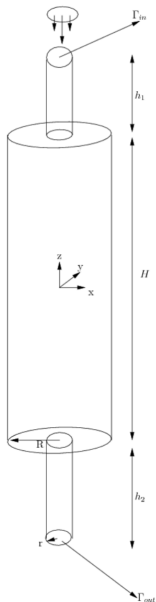
### Remarques

Pour  $Q = 2$  l/mn et  $r = 2$  mm on a

$$Re = \frac{[m/s] \times [m]}{[m^2/s]} = \frac{5.38 \times 10^{-3}}{10^{-6}} = 21520 \Rightarrow \text{régime turbulent}$$



# Modèles, Equations



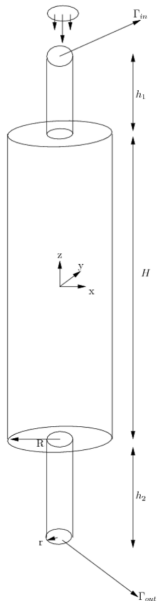
### Équations régissant le fluide

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \cdot \vec{u} = 0 \\ \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \vec{u} \cdot \nabla \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \vec{u} + \vec{g} \end{array} \right. \quad (1)$$

$$(2)$$

### Conditions initiales et contraintes utilisateurs

- Fluide au repos
- **Contraintes** :
  - Pression entrée 2 à 4 bar
  - débit sortie 2 à 4 l/mn



## Conditions aux limites

- Sur  $\Gamma_{in}$  on impose une vitesse  $\vec{u}$  de type Poiseuille
- Sur  $\Gamma_{out}$  on impose la pression atmosphérique(  $P_{outlet} = 1 Pa$ )
- Sur  $\Gamma = \Omega \setminus (\Gamma_{in} \cup \Gamma_{out})$  on impose  $\vec{u} = \vec{0}$   $m/s$  où  $\vec{u}$  et  $\Omega$  désignent la vitesse et la géométrie de la pièce.

## Composantes de $\vec{u}$

- On désigne par  $Q$  le débit,  $Q \in [2l/mn, 4l/mn]$

■

$$\vec{u} \begin{cases} u_x = 0 & (1) \\ u_y = 0 & (2) \\ u_z = u_{max} \frac{r^2 - (x^2 + y^2)}{r^2} & (3) \end{cases}$$

$$\blacksquare u_{max} = Q / \int_{\Gamma_{in}} \frac{r^2 - (x^2 + y^2)}{r^2}$$

# Simulations Numériques

# Gambit/Fluent

## Méthodes - Gambit

- Géométrie
- Maillage
  - maillage surfacique uniforme
  - longueur caractéristiques  $l_c = 0.4 \text{ mm}$
  - Éléments Quad (17021 noeuds), type Submap
  - raffinement de  $0.4 \text{ mm}$  à  $0.01 \text{ mm}$  en 2D (266081 noeuds)
- Conditions aux limites

## Démarche sous Fluent

- Importer le maillage
- Redimensionner(scale)
- Définir le matériau, conditions aux limites (fichier C pour l'entrée)
- Solver : unsteady and 1<sup>st</sup> order implicit
- Initialiser
- Itération : pas de temps  $0.01 \text{ s}$  et le max 2000



# Gambit/Fluent : Cas 2D

## Caractéristiques du maillage et choix des solveurs

- Longueur caractéristique  $l_c = 0.4 \text{ mm}$
- Nombre de noeuds 17021
- Solver : 2D (non axisymétrique)
- Formulation implicite ( $1^{st}$  ordre)
- Time :
  - unsteady
  - pas de temps  $10^{-02}$
- Durée de simulation environ 20 s
- Débit 2l/mn



# Gambit/Fluent : Cas 2D

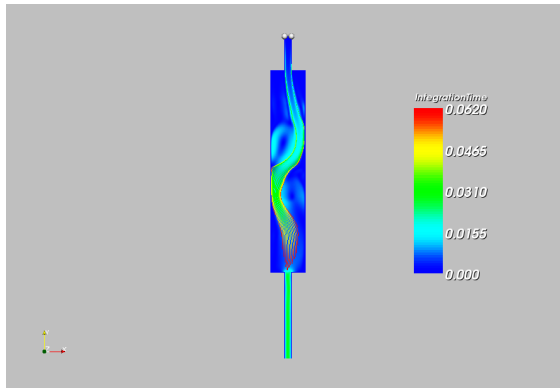


Fig.: Temps de transit dans le cas 2D

- Temps de transit 0.062 s
- Résultats non satisfaisants  $\Rightarrow$  passage en 3D

# Gambit/Fluent : Cas 3D Débit 2l/mn

## Caractéristiques du maillage et choix des solveurs

- Longueur caractéristique  $lc = 0.8 \text{ mm}$
- Nombre de noeuds 88854
- Solver : 3D
- Formulation implicite ( $1^{st} \text{ ordre}$ )
- Time :
  - instationnaire
  - pas de temps  $10^{-02}$
- Durée de simulation environ 20s
- Débit 2l/mn

## Temps de transit minimum

Le temps de transit minimum est de environ  $0.33309s$ . On le calcule à partir des lignes de courant, c'est à dire en résolvant l'ODE

$$\frac{d\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)}{dt} = \vec{v}(\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)), \quad \mathbf{X}(\mathbf{x}, t = 0) = \mathbf{x}, \quad t \in ]0, T = 0.33s] \quad (3)$$

où  $\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)$  est une position de la particule qui est initialement en  $\mathbf{x}$  et  $\vec{v}$  champ de vitesse où vit la trajectoire.





# Gambit/Fluent : Cas 3D Débit 2l/mn

Complexité de l'écoulement

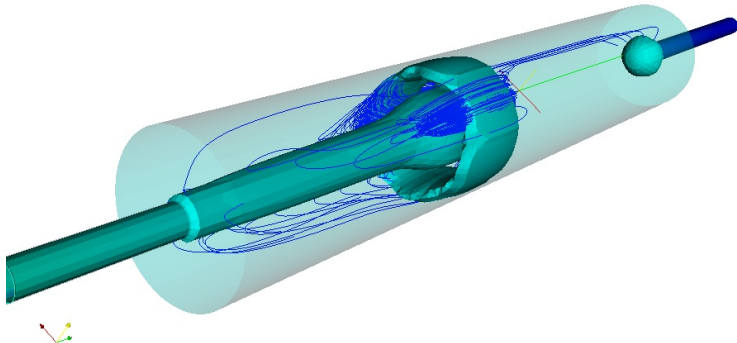


Fig.: Une isosurface de la norme de la vitesse et lignes de courant dans la zone de recirculation

# Gambit/Fluent : Cas 3D Débit 4l/mn

## Caractéristiques du maillage et choix des solveurs

- Longueur caractéristique  $lc = 0.8 \text{ mm}$
- Nombre de noeuds 88854
- Solver : 3D
- Formulation implicite ( $2^{nd}$  ordre)
- Time :
  - instationnaire
  - pas de temps  $10^{-02}$
- Durée de simulation environ 20 s
- Débit 4l/mn

## Temps de transit minimum

Le temps de transit minimum est de environ 0.1202s. On le calcule à partir des lignes de courant, c'est à dire en résolvant l'ODE

$$\frac{d\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)}{dt} = \vec{v}(\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)), \quad \mathbf{X}(\mathbf{x}, t = 0) = \mathbf{x}, \quad t \in ]0, T = 0.124s] \quad (4)$$

où  $\mathbf{X}(\mathbf{x}, t)$  est une position de la particule qui est initialement en  $\mathbf{x}$  et  $\vec{v}$  champ de vitesse où vit la trajectoire.



# Gambit/Fluent : Cas 3D Débit 4l/mn

Complexité de l'écoulement

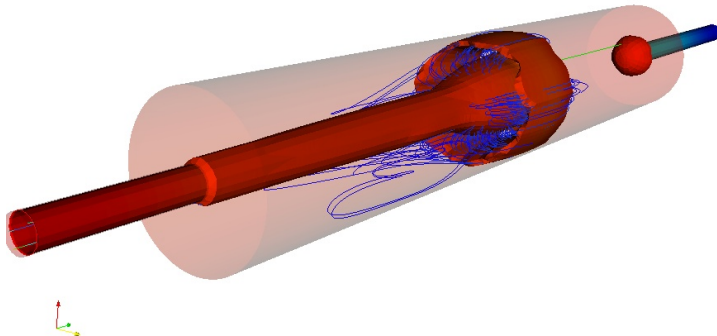


Fig.: Une isosurface de la norme de la vitesse et lignes de courant dans la zone de recirculation

# Gmsh/Life

## Méthode - Gmsh

- Géométrie
- Maillage
  - Maillage surfacique uniforme
  - Longueur caractéristique de  $lc = 0.1$  mm à  $lc = 0.4$  mm

## Démarche sous Life

- Importer le maillage
- Code C++ en cours de développement
- Mise en place des équations, conditions aux limites et initiales

## Remarque

Résultats encore non-concluant, besoin de tuning et de passer sur une machine parallèle avec suffisamment de mémoire

Passer sur un solveur plus efficace et robuste

Modèle de turbulence en cours de développement



# Résultats

## Remarque

Solveurs différents (tests effectués avec la même longueur caractéristique et un maillage uniforme)  $\Rightarrow$  difficile de comparer les résultats.

Les cas  $R = 15$  ou  $17.5$  mm &  $r = 4$  ou  $6$  mm ont été effectués avec un pas de temps adaptatif et un schéma PISO, par contre les cas  $r = 2$  mm ont été effectués avec un pas de temps de  $10^{-03}$  s.

## Cas D = 20 mm

Tableau récapitulatif : $R = 10$ mm & $r = 2$ mm		
débit	2 l/mn	4 l/mn
$Temps_{transit}$	0.339 s	0.1202 s
$Indice_{performance}$	30.49%	21.62%

## Analyse

Le temps de transit diminue pour une même configuration à débit croissant.



# Résultats : Cas D = 19 mm

Tableau récapitulatif			
Rayon du tube R = 9.5 mm	débit 2 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
$Temps_{transit}$	0.413 s	0.657 s	0.33 s
$Indice_{performance}$	41.14%	65.4%	32.87% s
Rayon du tube R = 9.5 mm	débit 4 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
$Temps_{transit}$	0.157 s	0.32 s	0.408 s
$Indice_{performance}$	31.28%	63.77%	81.3%

## Analyse

On remarque qu'à R fixé et r variable le temps de transit augmente excepté le cas Q = 2 l/mn, r = 6 mm ( peut être qu'il y'a changement de régime)  $\Rightarrow$  augmentation de la performance.

# Résultats : Cas D = 30 mm

Tableau récapitulatif			
Rayon du tube R = 15 mm	débit 2 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
$Temps_{transit}$	0.449 s	×	0.57 s
$Indice_{performance}$	17.94%	×	22.77%
Rayon du tube R = 15 mm	débit 4 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
$Temps_{transit}$	0.015 s	×	0.25 s
$Indice_{performance}$	1.19%	×	19.98%

## Analyse

Le cas Q = 4 l/mn, r = 2 mm me parait pas satisfaisant  $\Rightarrow$  utiliser un pas adaptatif et comparer.



# Résultats : Cas R = 35 mm

Tableau récapitulatif			
Rayon du tube R = 17.5 mm	débit 2 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
<i>Temps<sub>transit</sub></i>	0.228 s	×	0.565 s
<i>Indice<sub>performance</sub></i>	13.38%	×	16.58%
Rayon du tube R = 17.5 mm	débit 4 l/mn		
	2 mm	4 mm	6 mm
<i>Temps<sub>transit</sub></i>	0.02 s	×	0.245 s
<i>Indice<sub>performance</sub></i>	1.59%	×	14.38%

## Analyse

Mêmes remarques  $\Rightarrow$  utiliser un pas adaptatif et comparer, il se peut aussi que l'augmentation du diamètre du tube à rayon d'injection constant crée un changement de régime : voir régime transitoire.





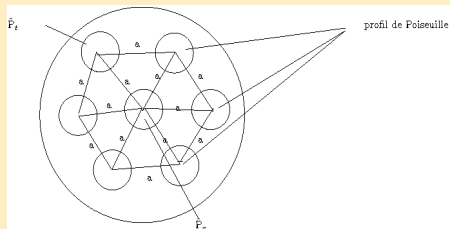
# Conclusion & Perspectives

## Perspectives

- Si possible, calculs sur un maillage encore plus fin  $\Rightarrow$  résultats plus fiables
- Inclusion d'un modèle de turbulence du type  $k-\epsilon$
- Comparaison des résultats de Fluent avec Life
- Modifier la géométrie de l'entrée en rajoutant des trous  
itérer ce procédé en calculant à chaque fois le temps de transit
- Tester un autre profil de vitesse (par exemple multi-Poiseuille)

## Conclusion

- Certains résultats ne sont pas satisfaisants
- Tester sur le même maillage afin mieux faire la comparaison



- Calculer le temps de transit et l'énergie reçue par une particule lâchée depuis l'entrée  $\Rightarrow$  coupler l'équation de continuité, quantité de mouvement et de l'énergie.