

# Modélisation du système aérothermique d'un couple cabine d'avion/baie avionique



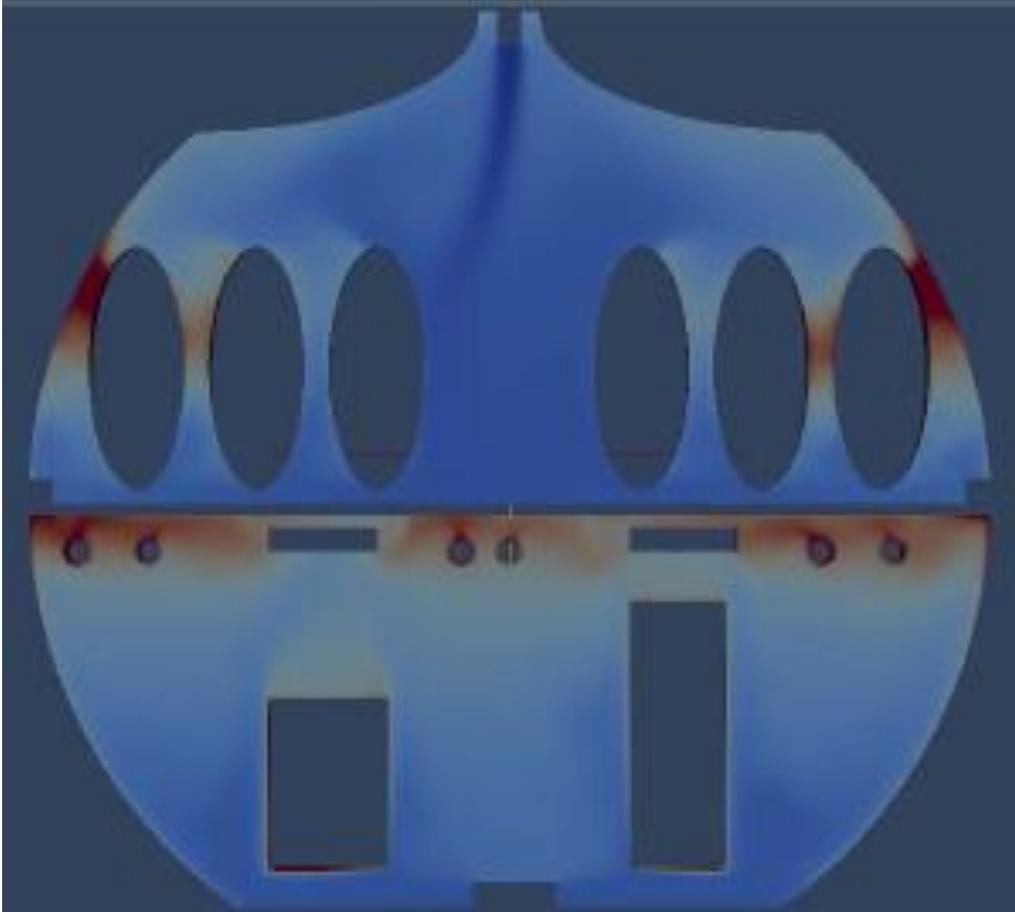
**EFFEINDZOUROU ANNA, MEUNIER STÉFANIE,  
LOYER ALEXIS, CALANDREAU JULIEN**

Tuteurs: MM Christophe Prud'homme, Stéphane Veys et Vincent Chabannes  
Client: M. Michel Fouquembergh  
Encadrement: MM Patrick Chenin et Marcel Chevalier

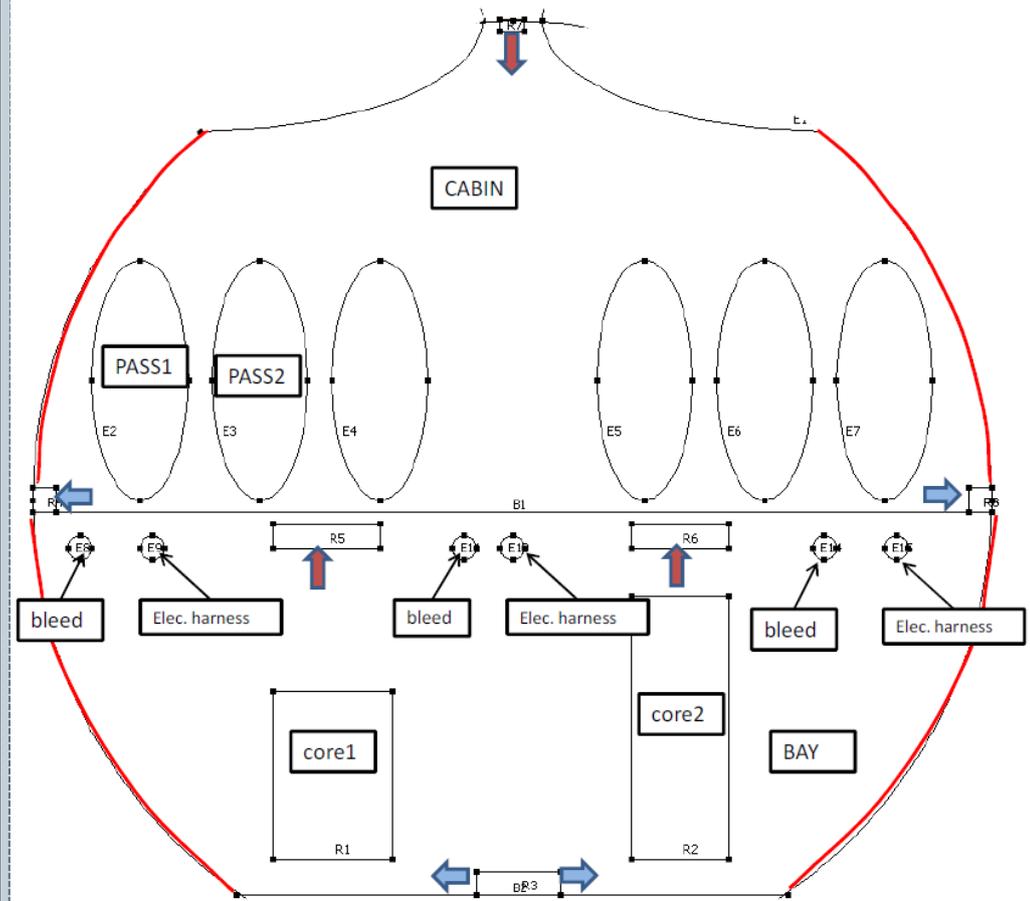


# Introduction

## Répartition thermique



## Schéma technique



# PLAN



- I. Présentation du sujet
- II. Les modèles
- III. Les outils informatiques
- IV. Un exemple simple
- V. Objectifs futurs et organisation
- VI. Conclusion et perspective

# I: Le client



Domaine de l'aérospatial

**European Aeronautic Defense and Space Company**

AIRBUS

CASSIDIAN

ASTRIUM

EUROCOPTER

## ❖ Innovation Works :

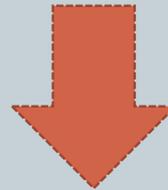
- ❖ Réseau de Recherche et Développement

- ❖ Partenariats avec des universités et des centres de recherches

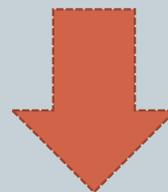
# I: La demande



**Objectif principal :** Améliorer le confort des passagers



Optimiser la gestion et la réactivité des ECS



Posséder modèle numérique pour prédire les conditions dans la cabine

# I: Livrables



## ➤ **Code éléments finis :**

- sans interface graphique
- temps de calcul court
- résultats visualisés sous Paraview

## ➤ **Manuel d'utilisateur**

# I: Solution proposée



- Définir le problème physique de départ  
→ systèmes d'équations adéquats
- Définir la géométrie de la cabine  
→ maillage de la cabine sous Gmsh
- Implémentation de la solution numérique  
→ sous Feel++
- Visualisation des résultats  
→ sous Paraview
- Validation des résultats  
→ étude de sensibilité sur plusieurs paramètres clés

## II: Modélisation fluide



- Conservation d'énergie:

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \underline{v} \nabla T = \kappa \Delta T$$

Avec  $\kappa$  Coefficient de diffusivité thermique

- Conservation de la quantité de mouvement:

$$\frac{\partial \underline{v}}{\partial t} + \underline{v} \cdot \nabla \underline{v} + \nabla \cdot \underline{\underline{\sigma}} = f \quad \text{avec} \quad \underline{\underline{\sigma}} = -pId + \mu(\nabla \underline{v} + \nabla \underline{v})$$

Où  $\mu$  est la masse volumique

- RANS avec formulation k-epsilon
- Prise en compte des turbulences

## II: Méthode des bases réduites



- Problème:

$$\forall \mu \in \mathbf{D} \quad s(\mu) = \mathbf{l}(v) \text{ avec } a(u, v; \mu) = f(v) \quad \forall v \in \mathbf{X}$$

- Intérêt de la méthode:

- Diminution des temps de calculs ( calculs online et offline)
- Décomposition affine

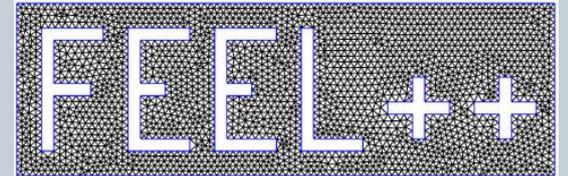
$$a(w, v; \mu) = \sum_{q=1}^Q \sigma^q(\mu) a^q(w, v)$$

## II: Méthode des bases réduites



- Calculs hors ligne
- Échantillonnage de l'espace de paramètres
- Construction de la base réduite
- Calculs en ligne
- Evaluation de la sortie

# III: Feel++



## ➤ Bibliothèque C++

- Développé par le LJK (concepteur: C. Prud'homme)
- Libre et collaboratif

## ➤ Résolution d'EDP

- Méthode des éléments finis
- Grande variété de géométrie d'éléments
- Résolution 1D,2D,3D

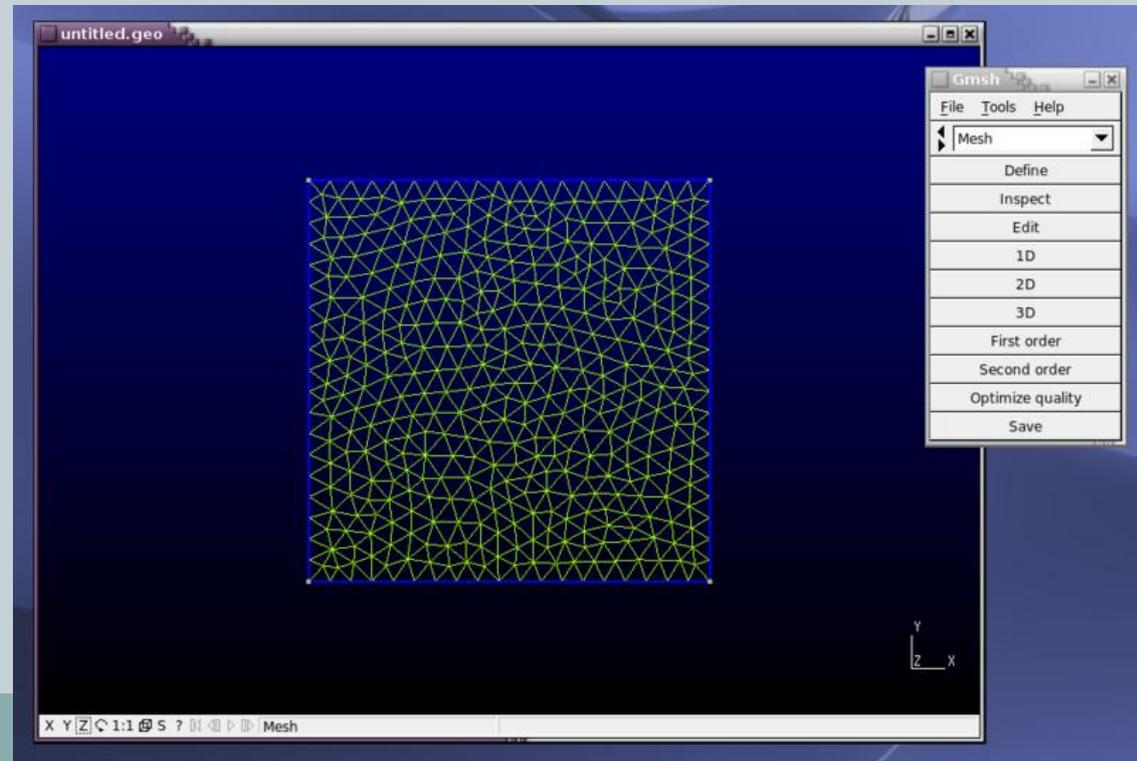
# III: Gmsh



- Générateur de maillages éléments finis
  - Maillage 2D et 3D
  - Léger et rapide
  - Création par interface ou par fichier de données



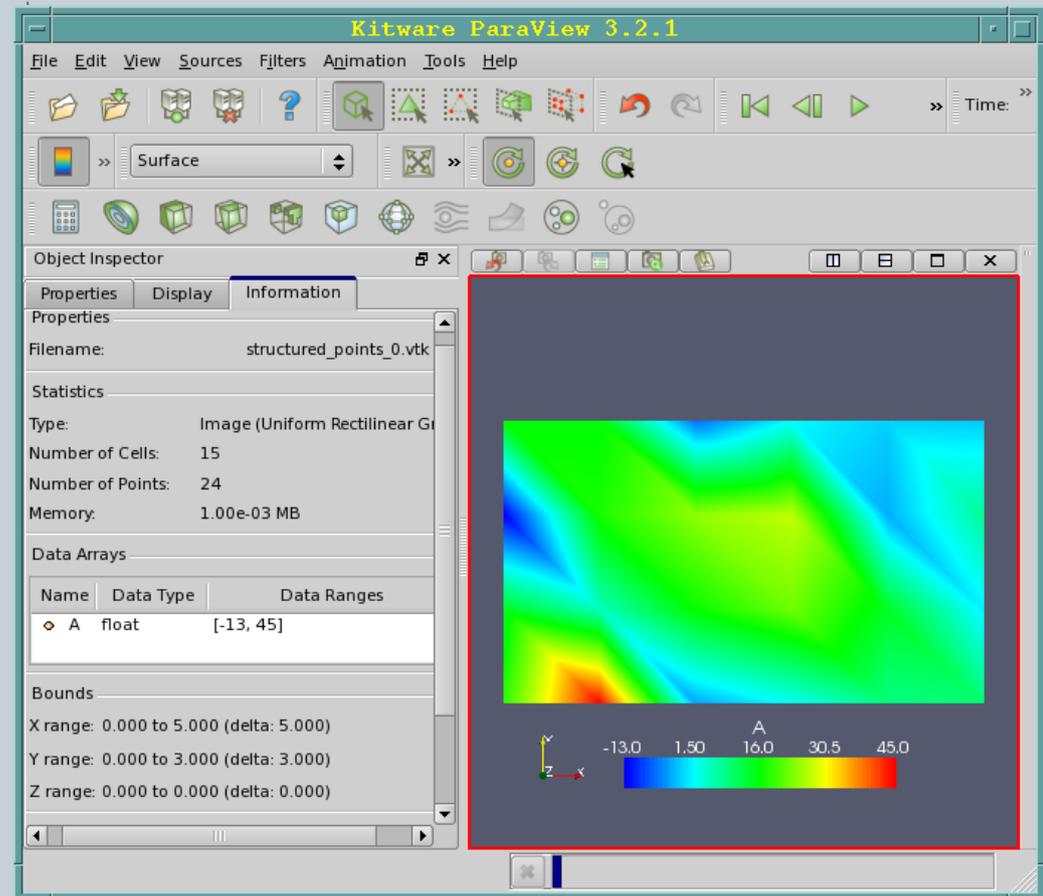
- Interface Gmsh:



# III: ParaView



- Logiciel de visualisation
  - Interface utilisateur intuitive et interactive
  - Visualisation 2D et 3D
  - Traitement de gros volume de données
- Compatibilité avec Feel++
  - Fichiers de sorties Feel++ aisément lisible



# Exemple: Equation de la chaleur

**Formulation variationnelle**

$$\int_{\Omega} \frac{T^{n+1}}{dt} \cdot \Phi + \underline{\nu} \int_{\Omega} \nabla T^{n+1} \cdot \Phi + \kappa \int_{\Omega} \nabla T^{n+1} \nabla \Phi - \int_{\partial\Omega} \frac{\partial T^{n+1}}{\partial n} \Phi = \int_{\Omega} \frac{T^n}{dt} \cdot \Phi$$

# IV: Equation de la chaleur

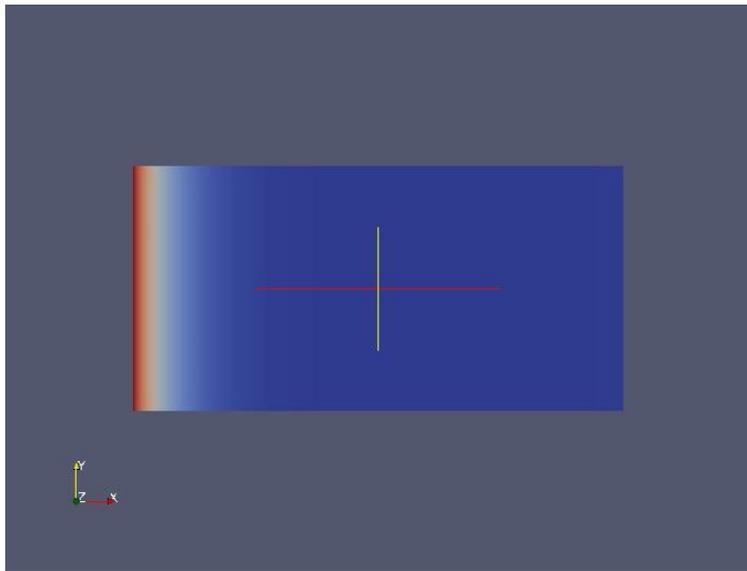
- Equation

$$\frac{\partial T}{\partial t} + \underline{v} \nabla T = \kappa \Delta T$$

- Formulation variationnelle:

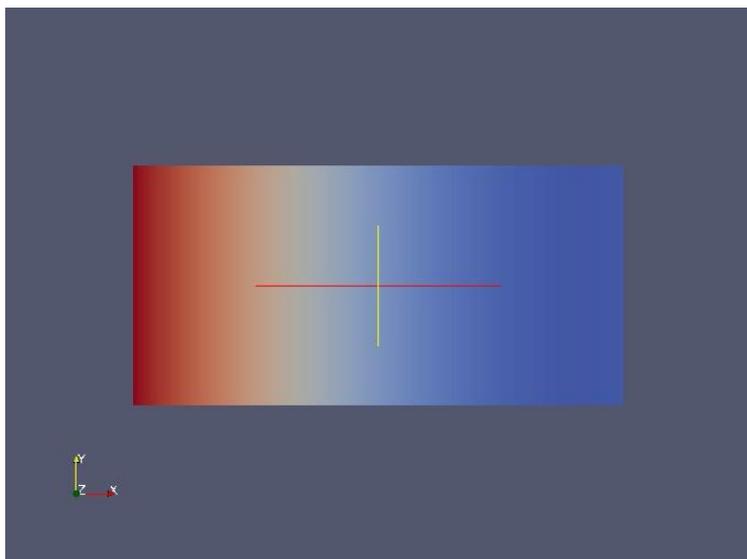
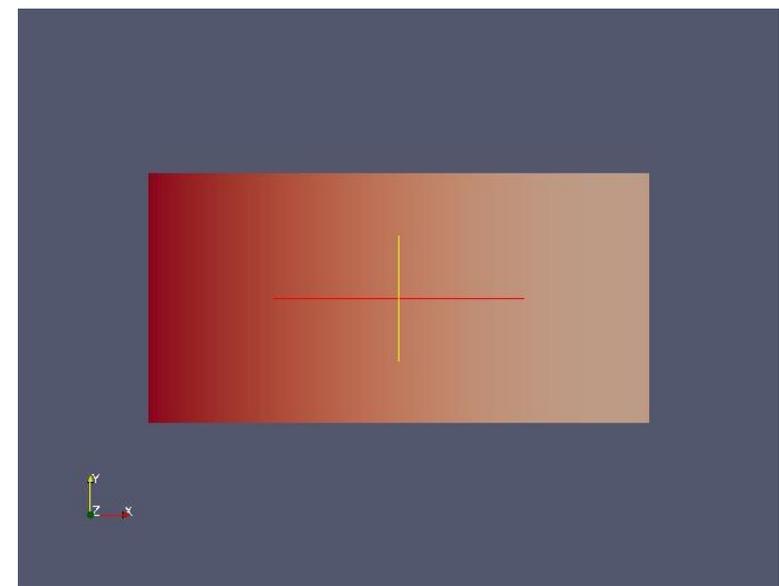
$$\int_{\Omega} \frac{T^{n+1}}{dt} \phi + \kappa \int_{\Omega} \nabla T^{n+1} \cdot \nabla \phi - \kappa \int_{\partial\Omega} \frac{\partial T^{n+1}}{\partial n} \phi + \int_{\Omega} (v \nabla T^{n+1}) \phi = \int_{\Omega} \frac{T^n}{dt} \phi$$

# IV: Mailage simple



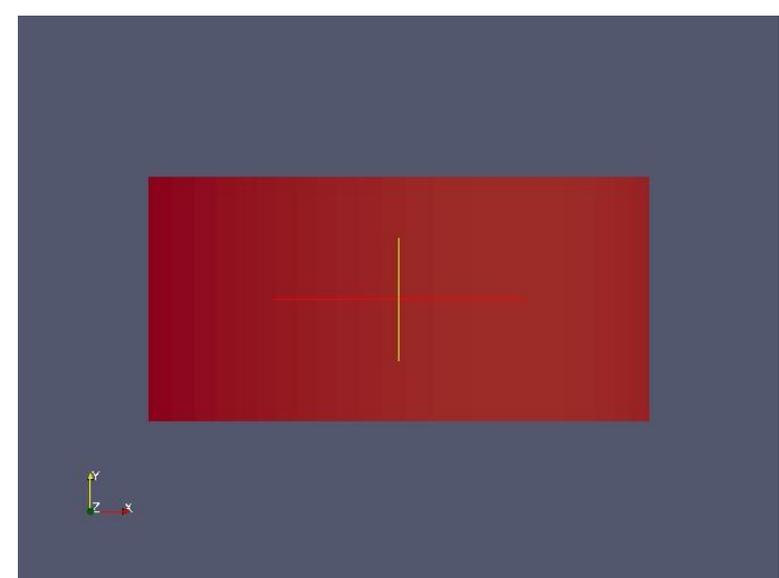
t= 0

t= 0,7

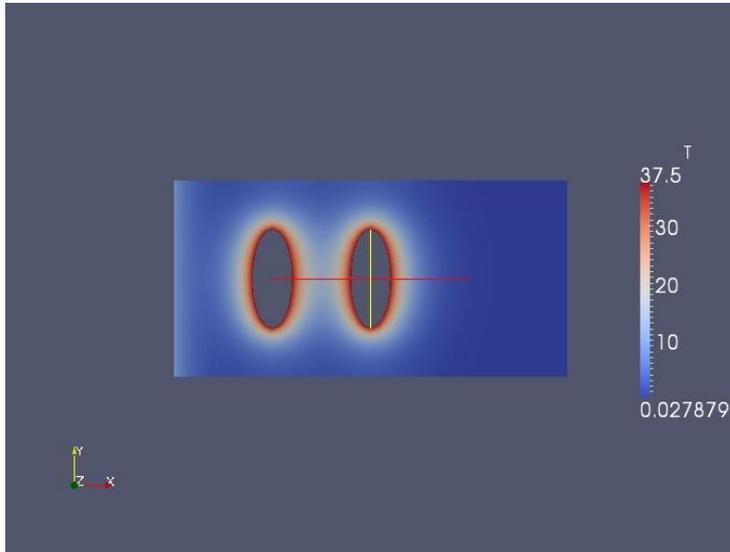


t= 0,2

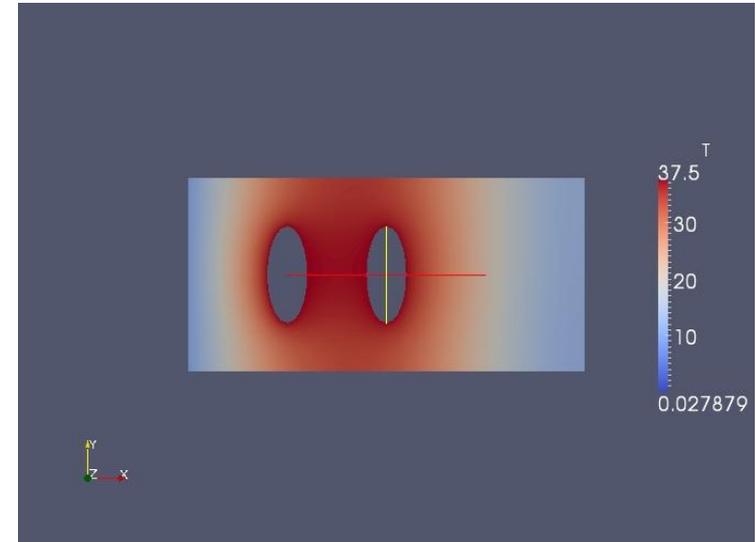
t= 1,5



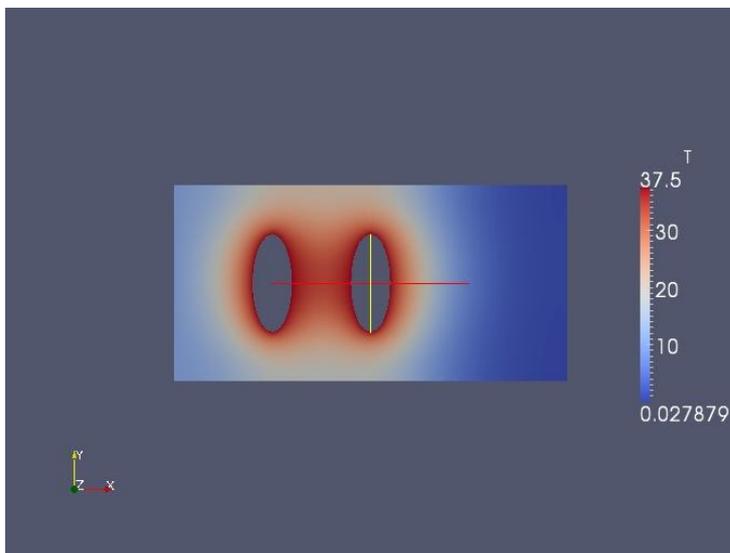
# IV: Maillage avec passagers



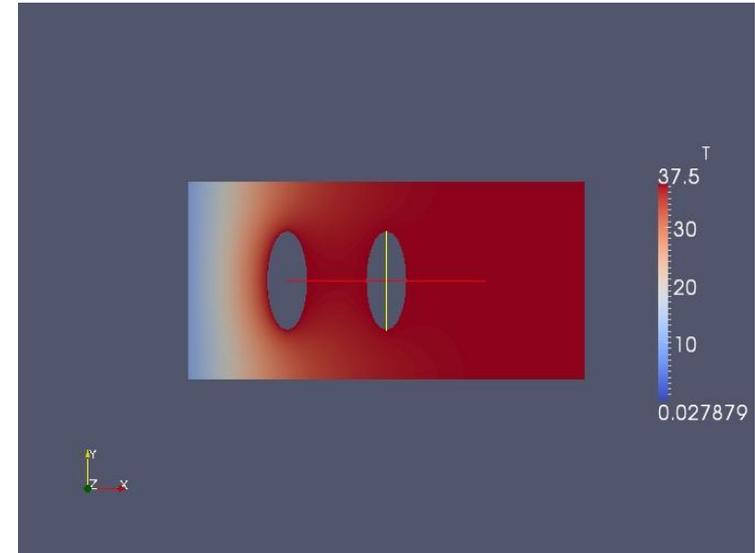
$t=0$



$t=0,2$

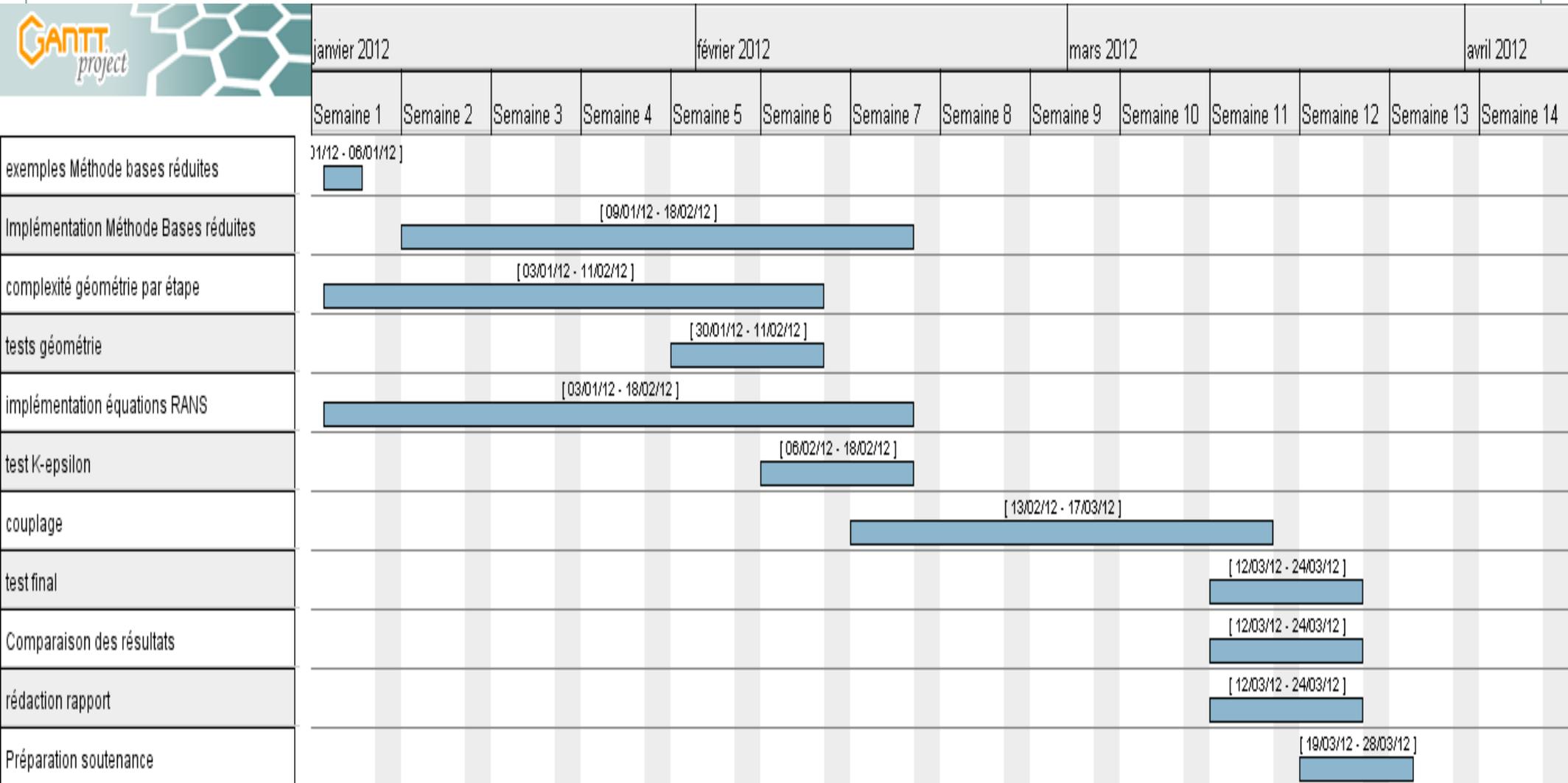


$t=0,05$



$t=5$

# V: Diagramme de Gantt





# VI Conclusion et perspectives



- **Tâches réalisées**
  - Prise en main du sujet
  - Objectifs clarifiés
  - Première prise en main du langage
  
- **Travaux futurs**
  - Implémenter les méthodes
  - Couplage
  - Expérimentation et tests