

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

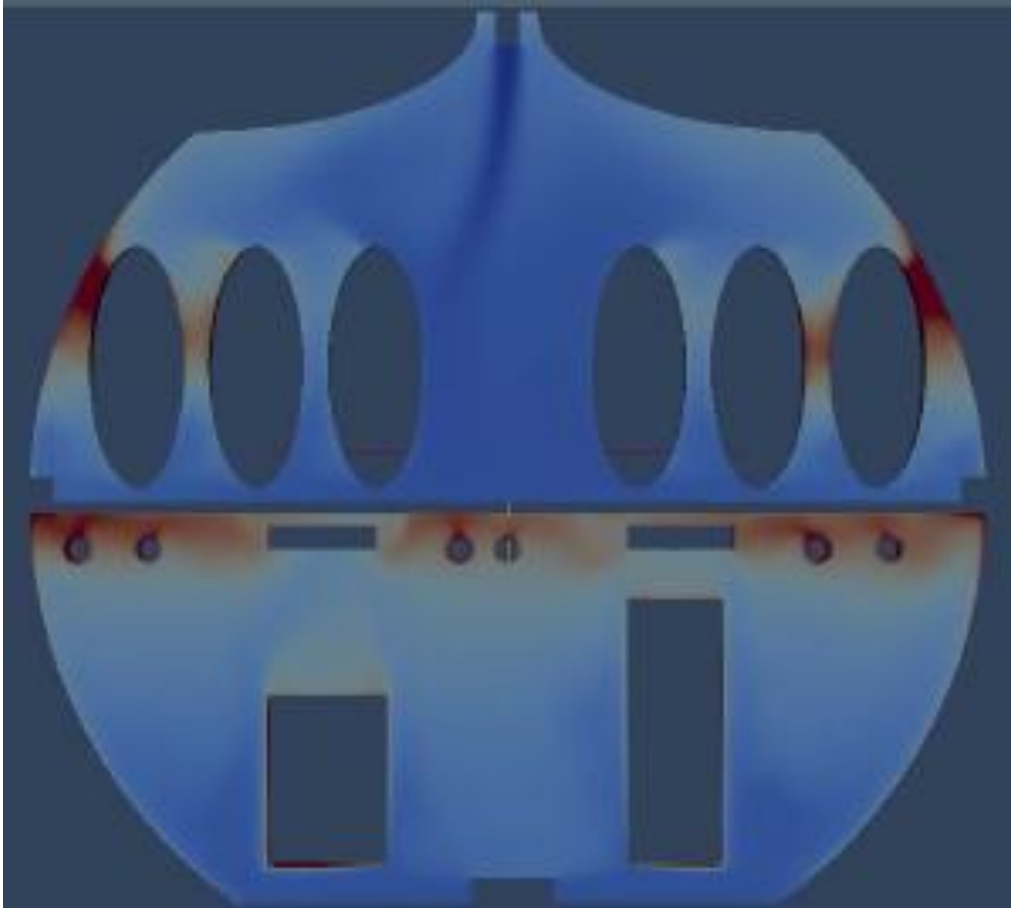
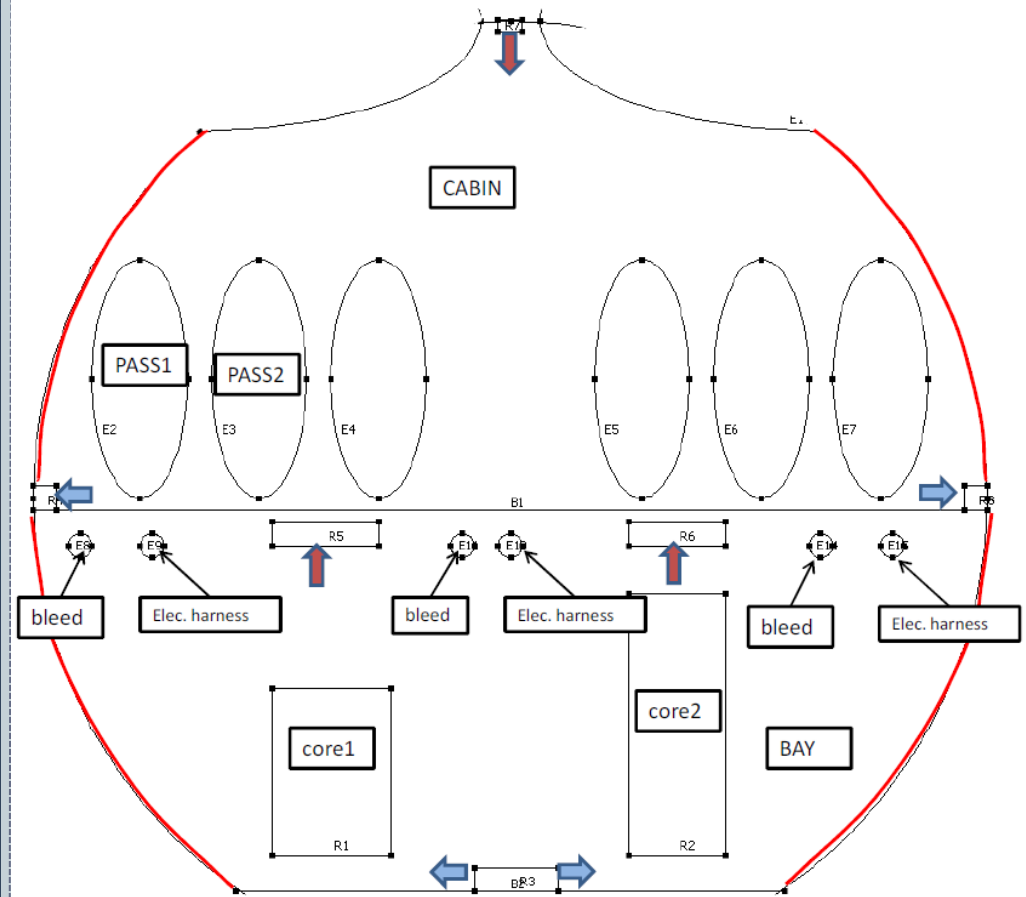


Schéma technique



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 **A**eronautic **D**efense and **S**pace 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 κ 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 μ 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

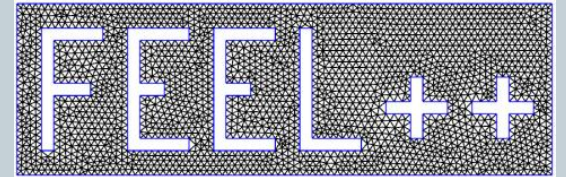
$$a(w, v; \mu) = \sum_{q=1}^Q \sigma^q(\mu) a^q(w, v)$$

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

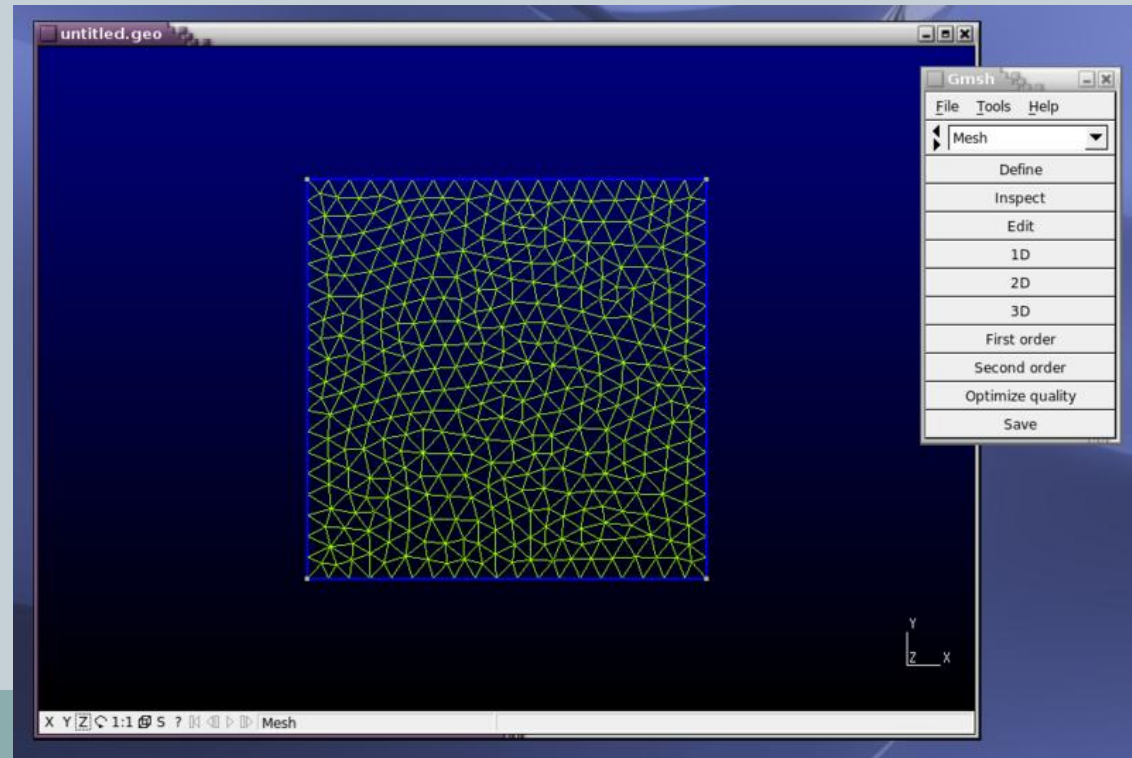
III: Gmsh



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



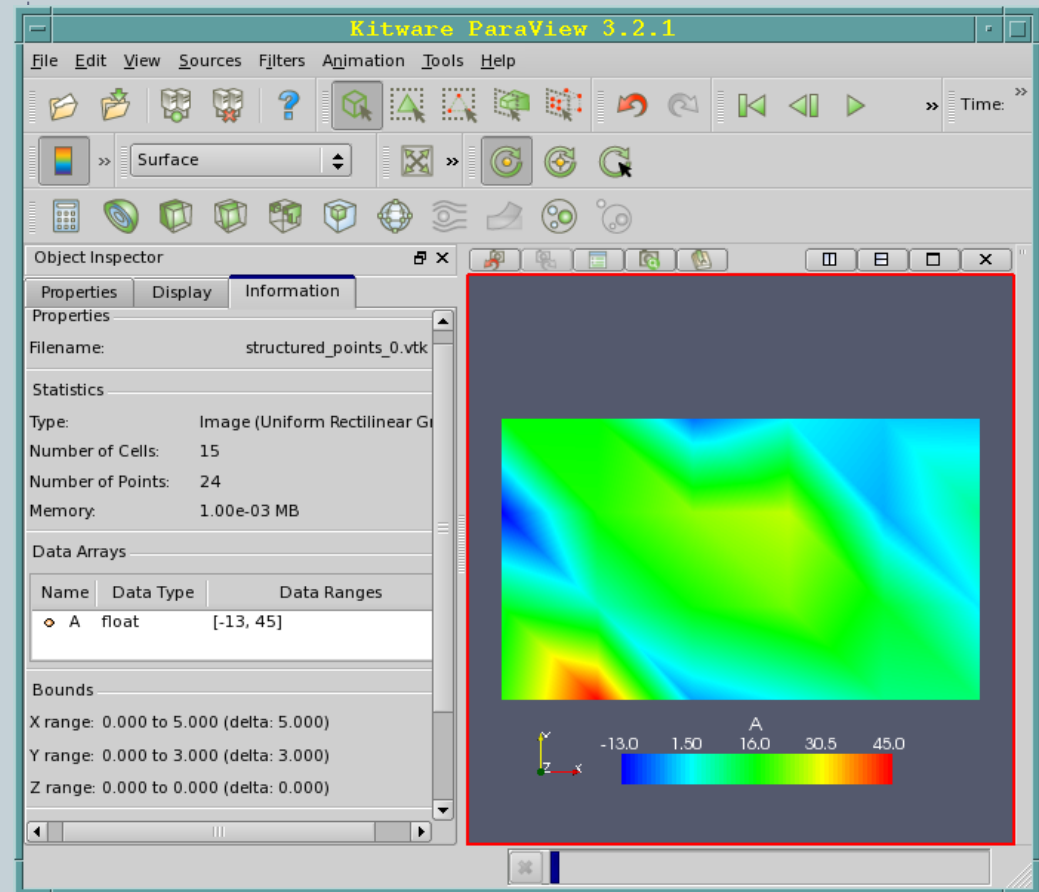
- Interface Gmsh:



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

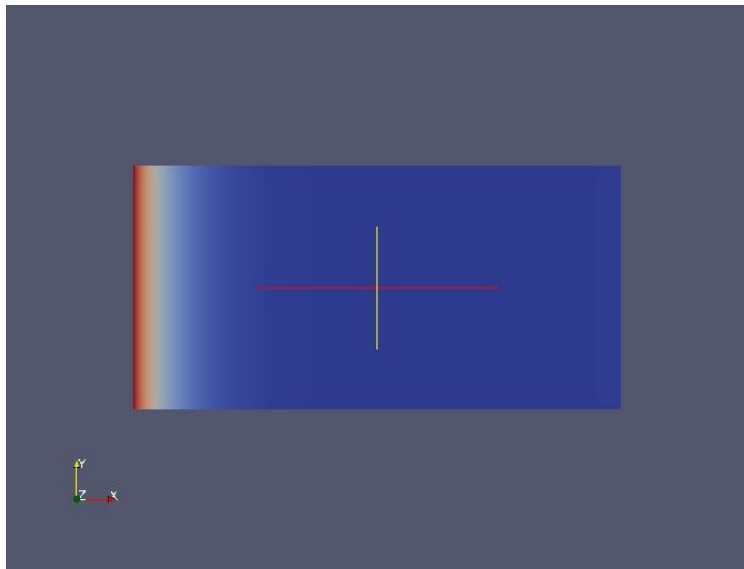
- Equation

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

- Formulation variationnelle:

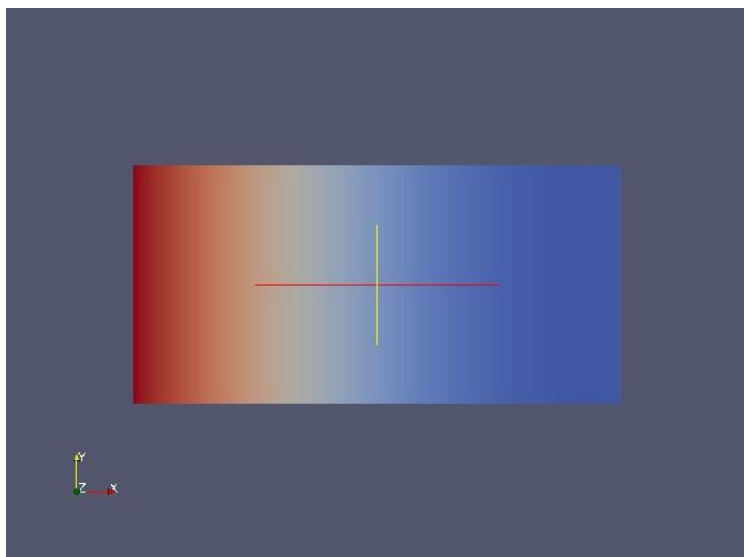
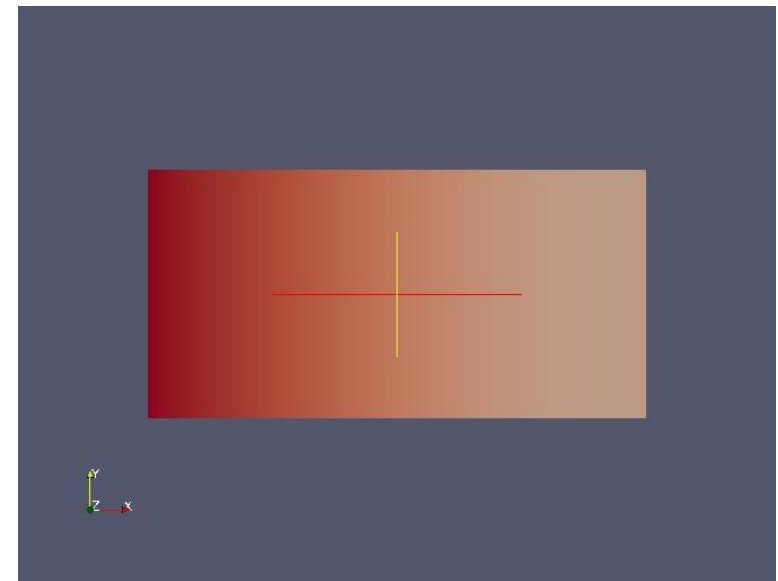
$$\int_{\Omega} \frac{T^{n+1}}{dt} \phi + \kappa \int_{\Omega} \nabla T^{n+1} \cdot \nabla \phi - \kappa \int_{\partial\Omega} \frac{\partial T^{n+1}}{\partial n} \phi + \int_{\Omega} (v \nabla T^{n+1}) \phi = \int_{\Omega} \frac{T^n}{dt} \phi$$

IV: Mailage simple



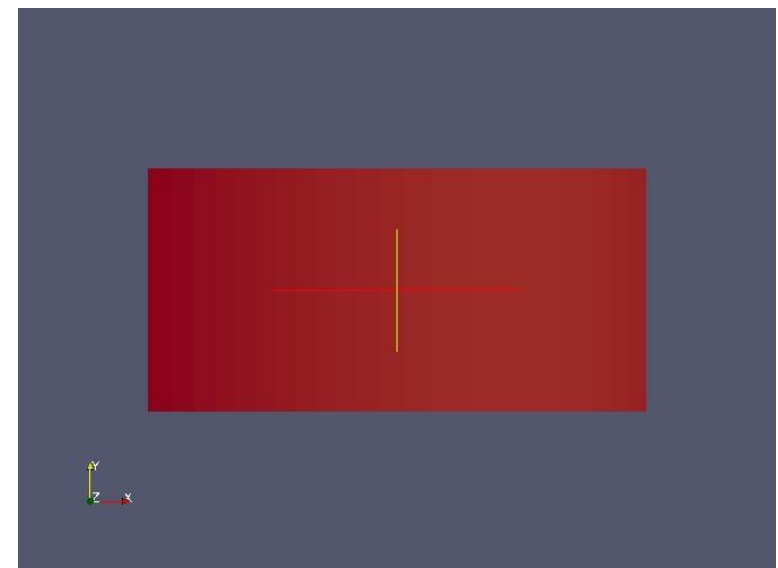
$t = 0$

$t = 0,7$

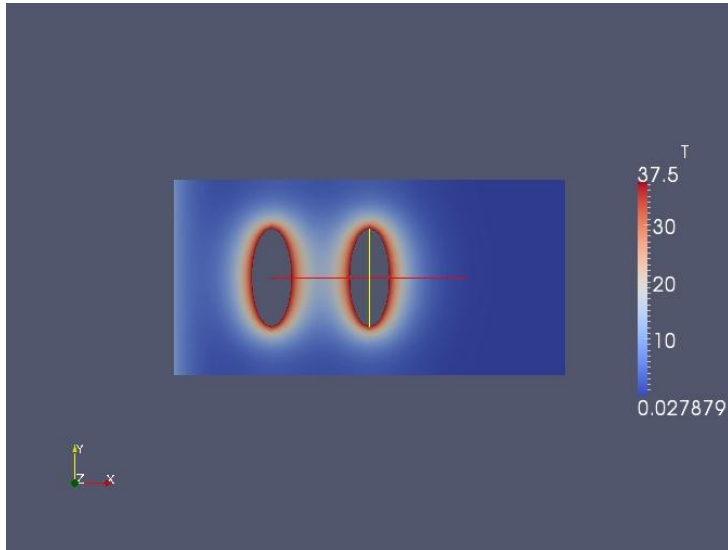


$t = 0,2$

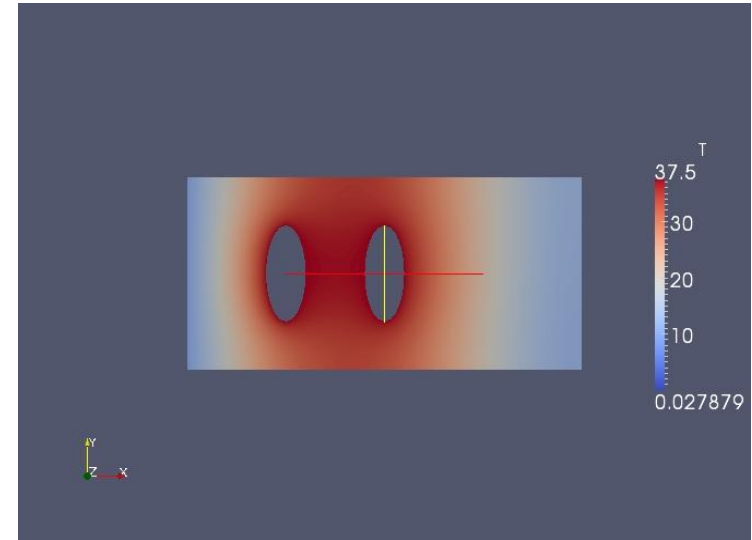
$t = 1,5$



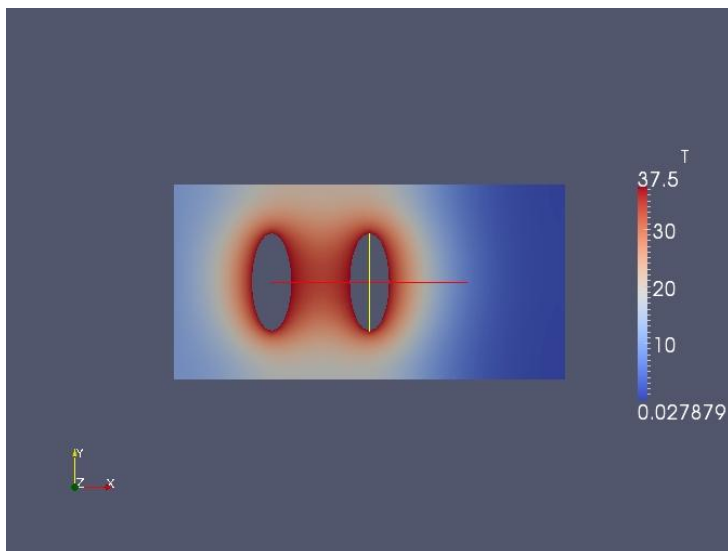
IV: Maillage avec passagers



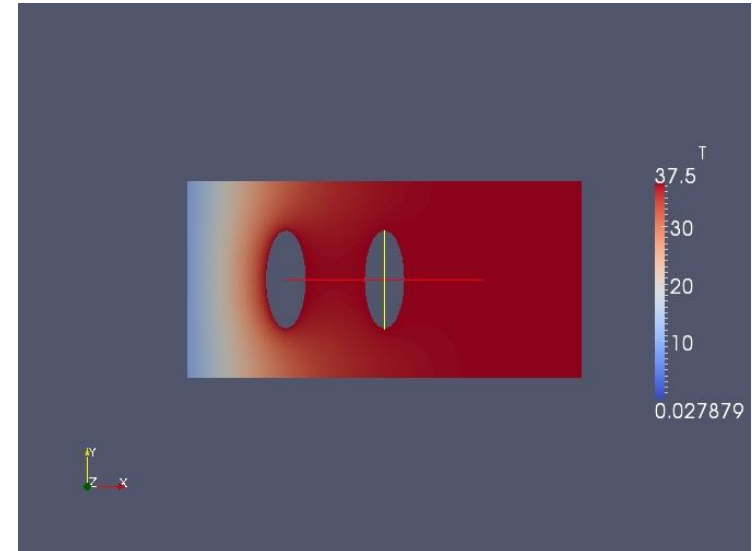
$t=0$



$t=0,2$

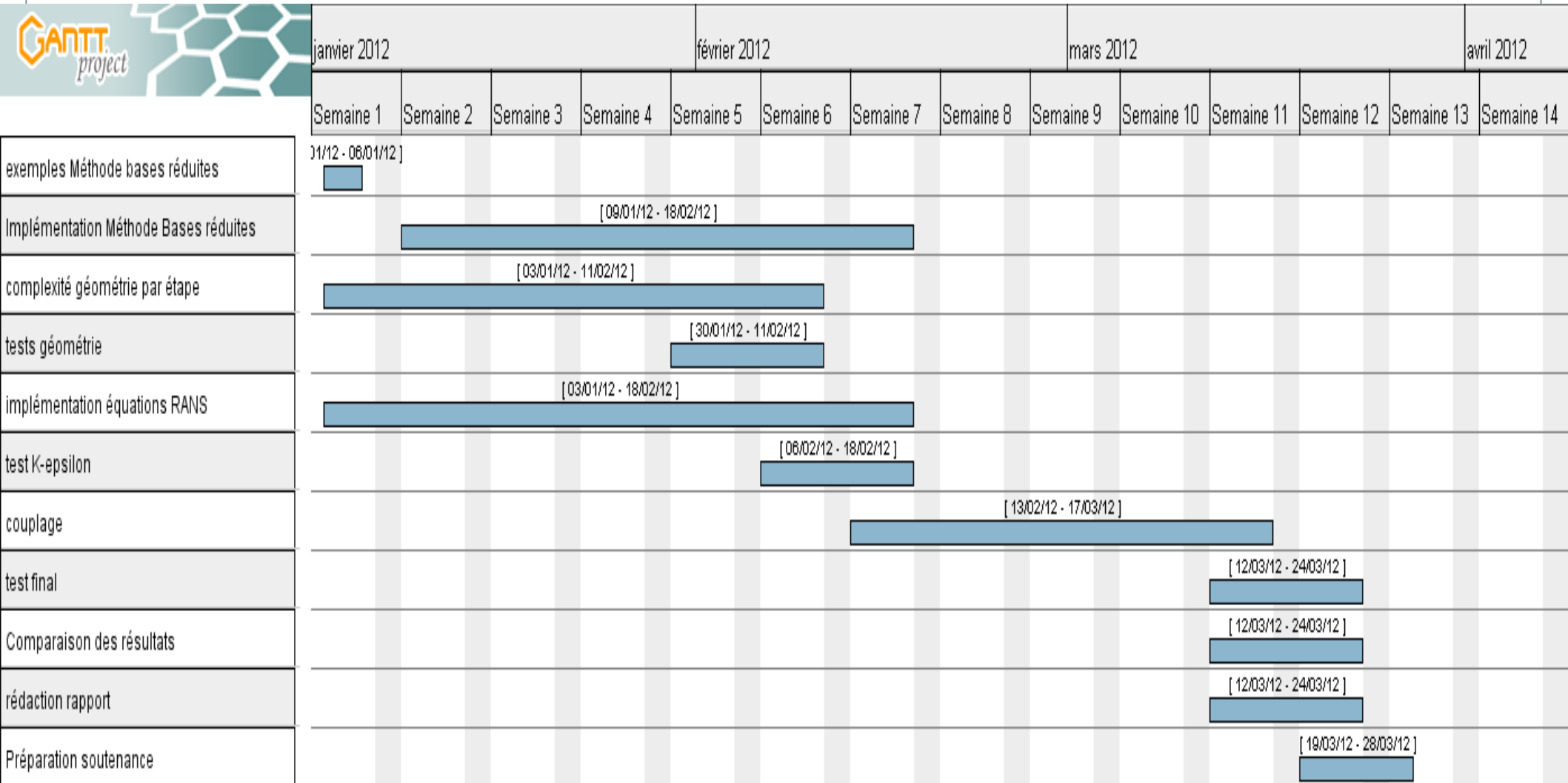


$t=0,05$



$t=5$

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