

Projet MA0822

ERTAS Elif

2022 - 2023

Table des matières

1. Introduction	2
1.1 Le supercalculateur ROMEO	2
1.2 Climatisation de ROMEO	2
2. Etude de la déperdition de chaleur	3
2.1 Contexte	3
2.2 Partie théorique	3
2.3 Partie numérique	4
3. Amélioration de la température	5
4. Conclusion	6
Annexes	7
Annexe 1	7
Annexe 2	7
Annexe 3	8

1. Introduction

1.1 Le supercalculateur ROMEO

Romeo est un supercalculateur de l'Université de Reims Champagne-Ardenne (URCA) qui permet de réaliser des calculs très complexes en un temps record. C'est comme un ordinateur géant, mais beaucoup plus puissant et rapide que les ordinateurs que nous utilisons au quotidien.

Selon les dernières informations disponibles, la puissance de calcul de Romeo est d'environ 1,4 pétaflops, soit 1,4 million de milliards d'opérations à virgule flottante par seconde. Cela le place parmi les supercalculateurs les plus puissants en France et dans le monde.

Grâce à sa grande puissance de calcul, Romeo est utilisé dans de nombreux domaines de recherche scientifique tels que la biologie, la chimie, la physique, la médecine et l'ingénierie. Il permet aux scientifiques de simuler des phénomènes naturels ou artificiels, de tester des hypothèses et de prédire des comportements.

En résumé, Romeo est un outil puissant pour les chercheurs qui ont besoin de réaliser des calculs complexes et des simulations, ce qui permet d'accélérer la recherche scientifique et d'apporter des réponses à des problèmes complexes.



Supercalculateur ROMEO

1.2 Climatisation de ROMEO

Le chauffage d'un supercalculateur peut être dû à plusieurs raisons. Tout d'abord, les processeurs de calcul génèrent de la chaleur lorsqu'ils sont utilisés pour effectuer des tâches intensives. Plus le processeur est utilisé, plus il génère de la chaleur. Ainsi, lorsque tous les processeurs du supercalculateur sont utilisés simultanément, cela peut entraîner une augmentation significative de la température dans la salle où il est installé.

De plus, les supercalculateurs nécessitent une alimentation électrique importante pour fonctionner, et cela peut également générer de la chaleur. Les systèmes de refroidissement sont donc essentiels pour maintenir la température à un niveau stable et éviter que le supercalculateur ne surchauffe et ne s'endommage.

Pour cela, plusieurs climatiseurs sont mis en place pour permettre d'amener un flot d'eau jusqu'au supercalculateur pour le refroidir.

Le but du projet est de suivre l'évolution de la température du flot d'eau se propageant dans une section situé à 50 mètres de Romeo et de rayon 0.05 mètres. (Schéma de l'étude en Annexe 1)

2. Etude de la déperdition de chaleur

2.1 Contexte

Plusieurs paramètres sont pris en compte pour calculer cette température. On prend en compte la température extérieure qui réchauffe la section, la longueur de la section qui plus est grande plus il y a le temps que le flot d'eau se réchauffe et d'autres facteurs.

Voici les paramètres que l'on fixe :

Constante calorifique	$c = 4.2 \cdot 10^6$
Conductivité thermique de l'eau	$\kappa_{eau} = 0.6 \text{ Wm}^{-1} \text{ K}^{-1}$
Source de chaleur	$f = 0$
Rayon de la section	$R = 0.05 \text{ m}$
Longueur de la conduite	$L = 50 \text{ m}$
Température extérieure	$u_E = 40^\circ \text{C}$
Nombre d'itération du schéma	$n = 10$

Il y a également d'autres facteurs, que l'on peut modifier comme le matériau de la section, la vitesse du flot ou la température à la sortie du climatiseur :

Vitesse du flot	$V = 0.5 \text{ Km/h}$
Transfert thermique	$\alpha_{inox} = 26 / 0.002$
Température climatiseur	$u_C = 15^\circ \text{C}$

À savoir qu'on veut refroidir le supercalculateur Romeo tout en faisant le plus d'économies pour la planète. C'est-à-dire en consommant le moins possible d'électricité. Donc oui on pourrait mettre une vitesse du flot très rapide pour que l'eau n'est même pas le temps de se réchauffer mais cela nécessiterait une surconsommation d'énergie et c'est ce qu'on veut éviter. C'est pour cela que nous essayons de rester dans un environnement le plus adéquat possible.

2.2 Partie théorique

On cherche à résoudre ce problème :

Trouver $u(t, x)$ tel que :

$$\begin{cases} u(t = 0, x) = u_C & \forall x \in \bar{\Omega} \\ c \frac{du}{dt} - \nabla \cdot (\kappa \nabla u) = f(x) & \forall (x, y) \in \Omega, \forall t \in]0, T[\\ -\kappa \frac{du}{d\vec{n}}(t, x) = \alpha[u(t, x) - u_E] & \forall x \in \Gamma, \forall t \in]0, T[\end{cases}$$

Qui se résume à résoudre numériquement :

$$V^{new} ? / (\frac{c}{\Delta} M + A) V^{new} = F + \frac{c}{\Delta} M V^{old}$$

où

$$\begin{aligned} A &= (a(\Psi_J, \Psi_I))_{1 \leq I, J \leq N} : \text{la matrice de rigidité} \\ M &= (\int_{\Omega^2} \Psi_J, \Psi_I \, dx)_{1 \leq I, J \leq N} : \text{la matrice de masse} \\ F &= (l(\Psi_I))_{1 \leq I, J \leq N} : \text{la matrice de source} \end{aligned}$$

2.3 Partie numérique

Nous allons traiter ce problème numériquement en Python à l'aide d'un maillage en FreeFem représentant la section en 2D.

J'ai décidé de faire un maillage avec une discrétisation de $n = 100$. (Annexe 2)

Le nom du fichier du maillage est "maillage_cercle.edp", c'est ce fichier que nous renseignerons au programme Python pour l'exécution.

Après avoir entré tout les paramètres du contexte de l'étude et programmer les fonctions d'assemblages des matrices nécessaires à la résolution du problème, on peut ensuite résoudre le problème de manière itérative. C'est-à-dire à chaque pas de temps que l'on a fixé. On a posé $n = 10$ itérations pour une longueur de 50 mètres, on aura donc la mesure de la température tout les 5 mètres de la section. (Annexe 3)

On stock toutes ces mesures dans la liste Uh, donc au final la température moyenne à l'arrivée sera la moyenne des températures contenues dans la dernière composante de Uh.

Après résolution on obtient une température moyenne à l'arrivée de **23.17°C**.

On peut observer une température moyenne qui augmente rapidement dès la sortie du climatiseur. On

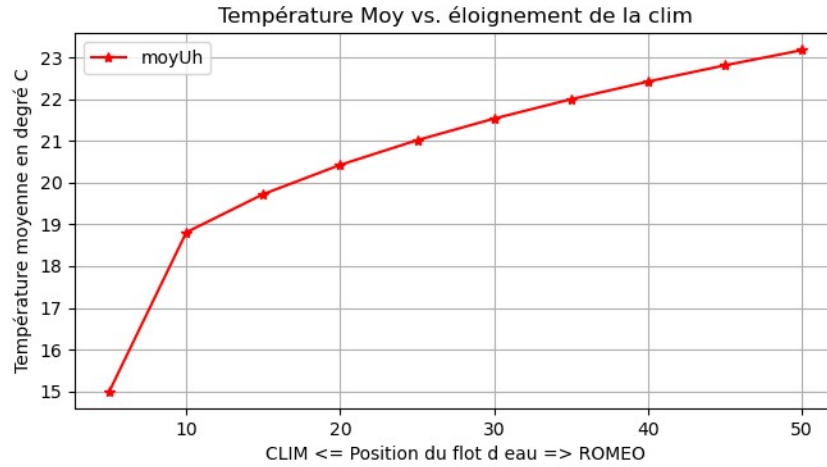


Figure 1: Température moyenne de la section en fonction de l'éloignement du climatiseur

observe également que la température du flot se réchauffe du bord de la section vers l'intérieur.

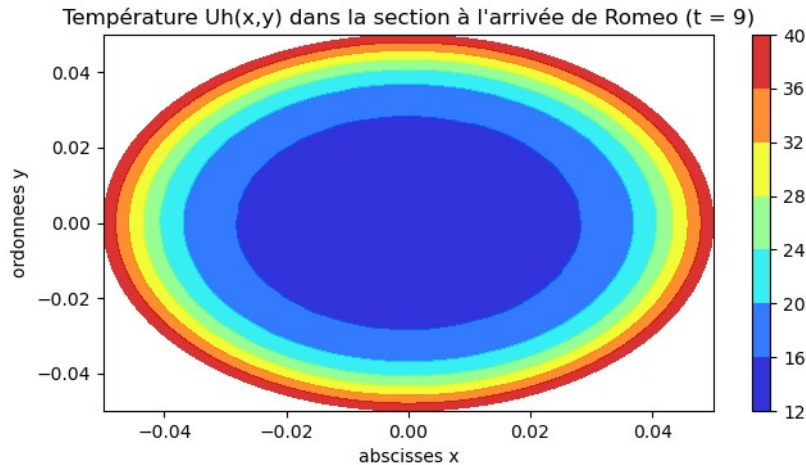


Figure 2: Température de la section à l'arrivée

3. Amélioration de la température

Nous avons considéré que la section est faite en inox, essayons d'améliorer la température à l'arrivée sans changer de matériau pour le moment.

Si l'on isole plus, avec une paroi plus épaisse, disons 0.01m au lieu de 0.002m, on obtient **23.00°C**, ce n'est pas un gain de température énorme. L'épaisseur ne va donc pas nous aider plus que ça.

Si l'on augmente seulement la vitesse du flot, on obtient une température à l'arrivée de **21.34°C**, on a alors un meilleur résultat. Cependant, une vitesse plus élevée nécessite plus d'énergie.

Même chose pour la température à la sortie du climatiseur, si on veut une température à l'arrivée acceptable (\simeq **20.48°C**) on doit fixer la température du climatiseur à 11°C, or s'éloigner autant de la température extérieure nécessite aussi une consommation énergétique plus importante.

Le meilleur moyen d'avoir un système le plus économique possible est donc de changer de matériau la section.

Les tuyaux en polyéthylène réticulé (PEX) sont un matériau de tuyauterie populaire pour les systèmes de plomberie résidentielle et commerciale. Le PEX offre une isolation thermique efficace qui peut aider à maintenir l'eau froide. En effet, sa conductivité thermique est de $0.5Wm^{-1}K^{-1}$ comparé à $26Wm^{-1}K^{-1}$ pour l'inox.

Si l'on pose un tuyau en PEX, d'épaisseur 0.003m on obtient **20.65°C** sans toucher à la vitesse et à la température.

On obtient alors un résultat satisfaisant, de plus le PEX est généralement moins cher que l'inox en termes

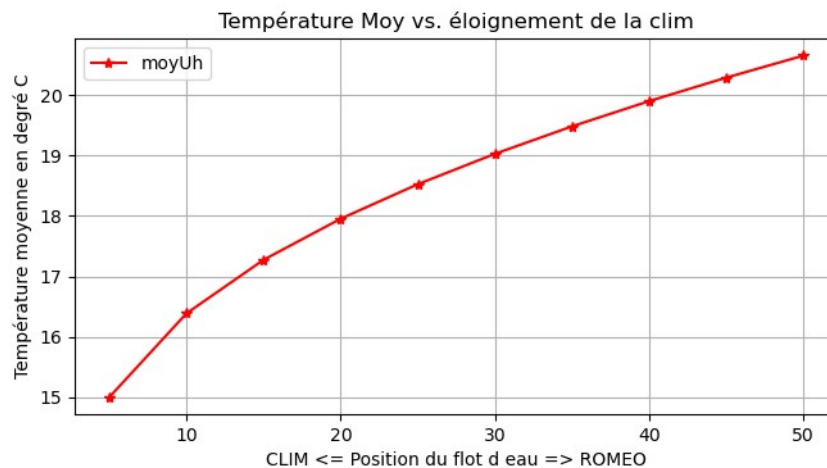


Figure 3: Température moyenne avec le PEX

de coût à l'achat et de coût d'installation. On est donc gagnant en changeant de matériau.

4. Conclusion

Pour conclure, de nombreux facteurs sont mis en jeux pour la température à l'arrivée du supercalculateur Romeo. Dans notre étude, on s'intéresse uniquement au matériau, à la vitesse du flot et à la température à la sortie du climatiseur. Ici, la meilleure solution est de trouver un meilleur matériau que l'inox en terme d'isolant. En effet, augmenter la vitesse du flot ou diminuer la température du climatiseur nécessiterait plus d'énergie et donc ce serait moins économique pour la planète.

En dehors de notre étude, la meilleure optimisation se fait dès le départ en choisissant le bon emplacement. C'est-à-dire de mettre le système de tuyauterie à l'abri de la chaleur pour avoir une base déjà moins contraignante.

On peut également utiliser une énergie plus verte pour le fonctionnement du climatiseur en sachant que ce dernier est constamment en route.

Annexes

Annexe 1

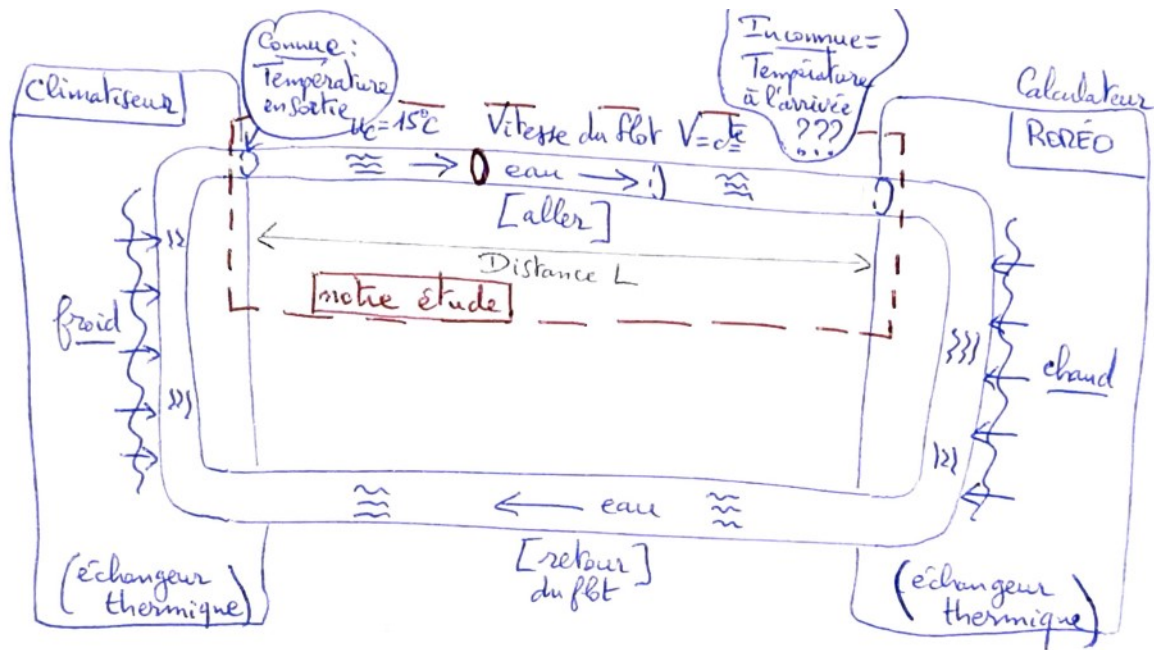


Schéma de l'étude de la déperdition de chaleur (M. Lefevre)

Annexe 2

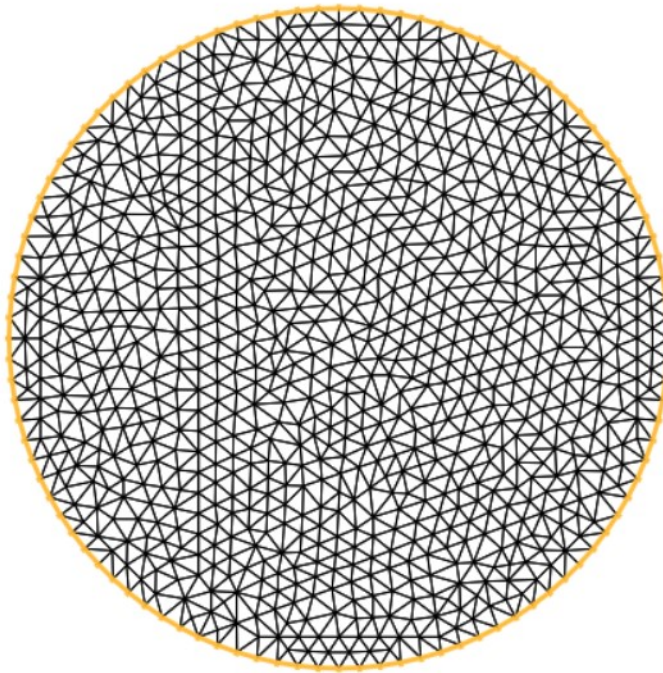


Figure 4: Maillage de la section en 2D

Annexe 3

```
B = ( fct_c () / fct_delta (n)) * M + A
t = 0.0
Vold = fct_uC () * ones (nbn) # instant initial
Uh = zeros ((n,nbn))
Gold = zeros (nbn)
d = zeros (n)
for i in range(0,n):
    t = t + fct_delta (n) # nouvel instant
    d[i] = t * fct_V () # distance a la climatisation (nouvelle position)
    Gold = F + ( ( fct_c () / fct_delta (n)) * dot(M , Vold) ) # GAXPY
    Vnew = solve(B,Gold) # resolution d'un systeme lineaire
    Uh[i] = Vold
    Vold = Vnew
```