

Réfrigération thermo-acoustique

Belkahia Mohamed

Plan:

Introduction

I-Principe de la réfrigération thermo-acoustique

1-Un peu d'histoire

2-Cycle frigorifique thermo-acoustique

3-Etat de l'art

II-Expérience

1-Dispositif expérimental

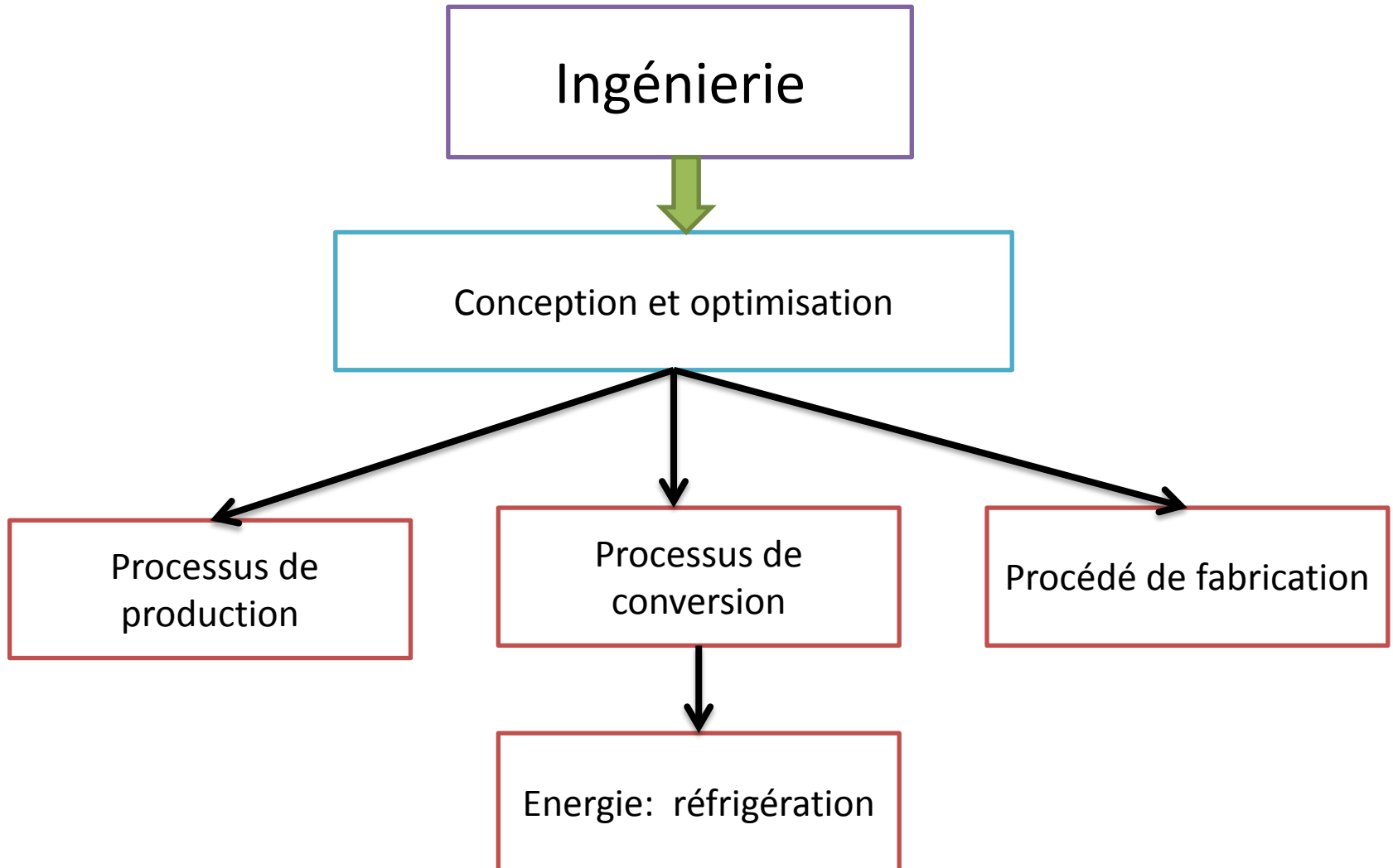
2-Démarche

III- Analyse des résultats et interprétation

IV- Modélisation

Conclusion

Introduction



Principe de la réfrigération thermo-acoustique

1-Un peu d'histoire:

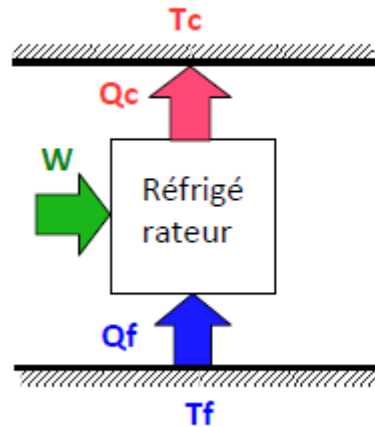
Les années 1970 – Bases théoriques élaborées par **Rott**.

Les années 1980 – Réalisation de quelques prototypes de réfrigérateurs

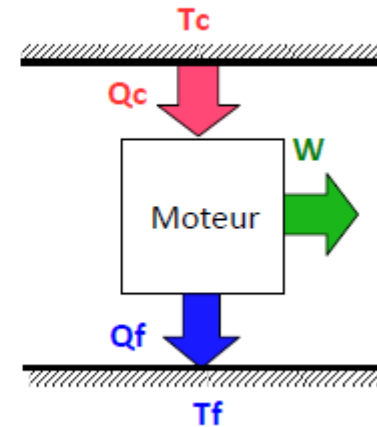
Les vingt dernières années- Des études théoriques, numériques et expérimentales ont amené à une meilleure compréhension de la réfrigération thermo-acoustique malgré la complexité des processus mis en jeu.

Cycle frigorifique thermo-acoustique

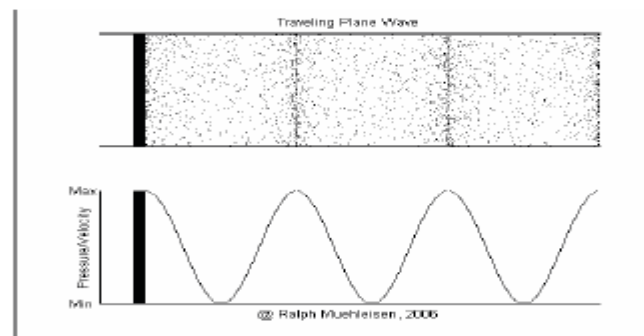
Réfrigérateur thermoacoustique



Moteur thermoacoustique

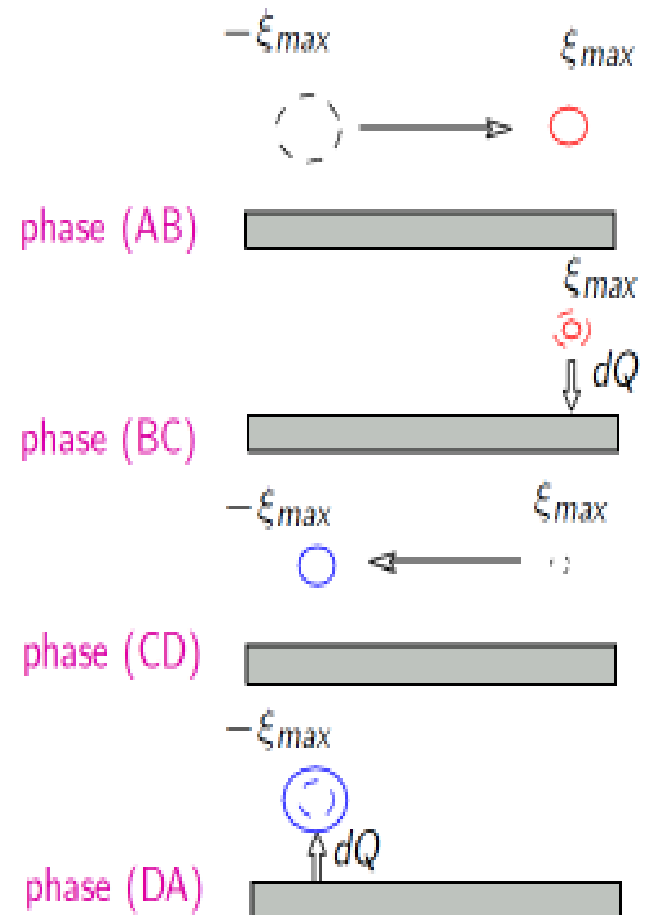
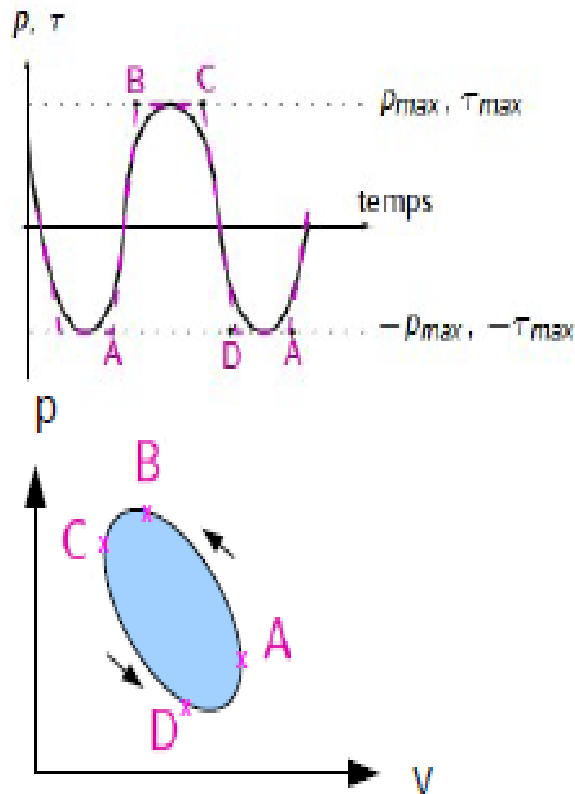


avec le travail W de nature acoustique

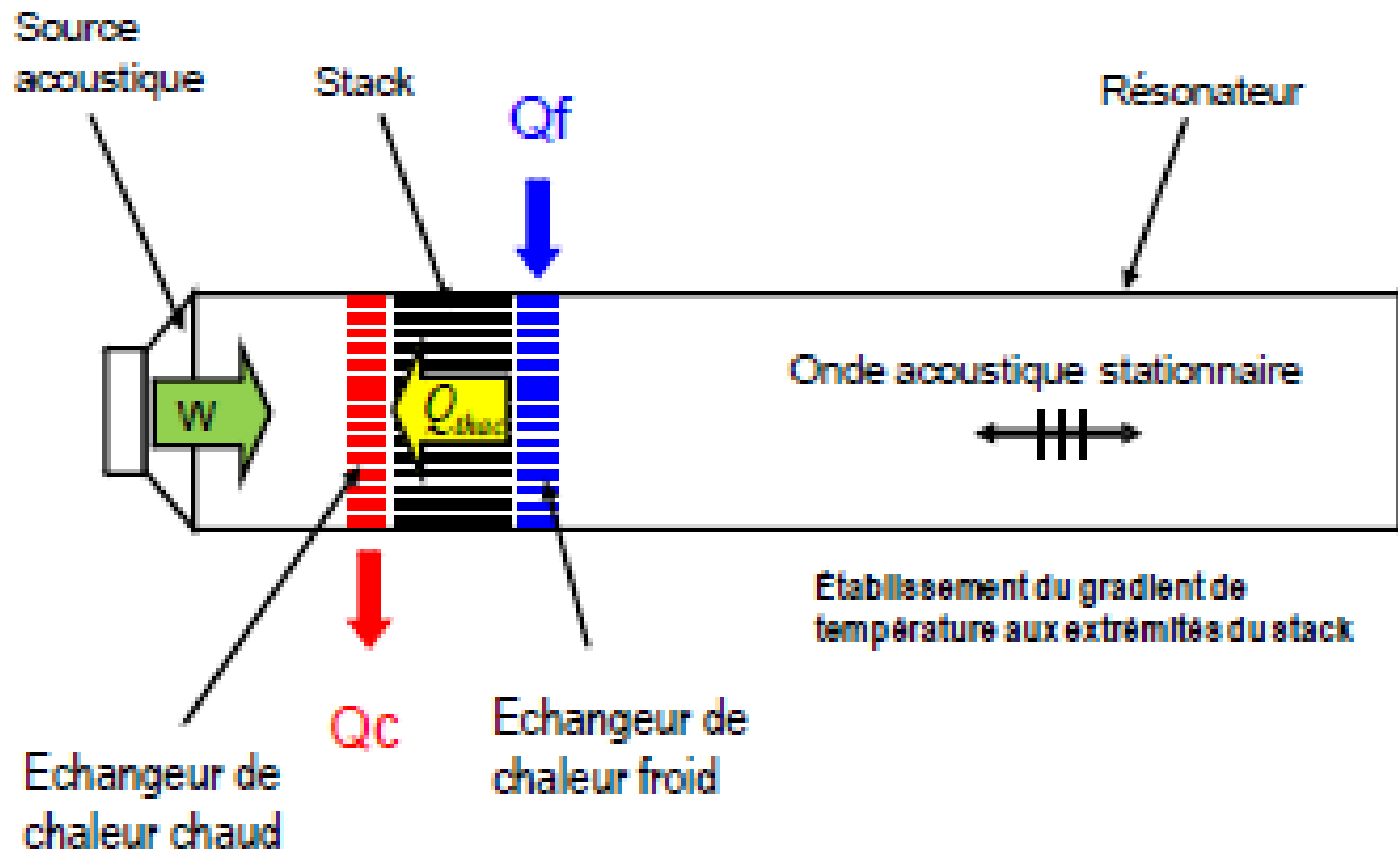


exemple: pour une fréquence de 440 Hz et un niveau sonore de 120 dB SPL (seuil de douleur) : $p_{\max} \approx 20 \text{ Pa}$, $\tau_{\max} \approx 0,01 \text{ }^{\circ}\text{C}$, d_{\max} de l'ordre de 10^{-5} m .

Particule de fluide au voisinage d'une plaque au cours d'une période acoustique (point de vue Lagrangien)



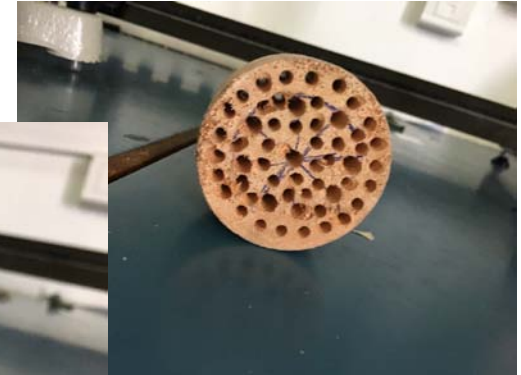
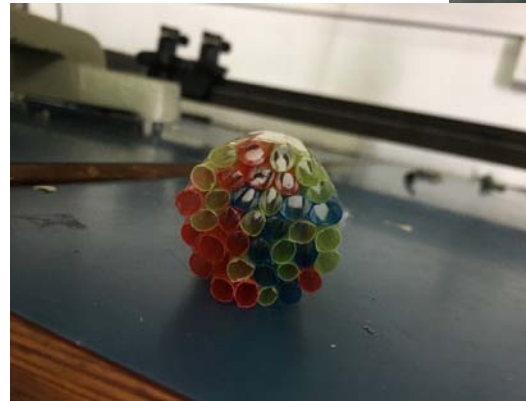
Réfrigérateur thermoacoustique



Etat de l'art

- a) **Modélisation et optimisation des performances thermiques des stacks.**
- b) **Optimisation des géométries des résonateurs acoustiques.**
- c) **Compréhension expérimentales des couplages:**
 - **Source acoustique –guide d'onde**
 - **Echangeurs—Stack**
- d) **Compréhension et description fine des effets non linéaires.**

Expérience



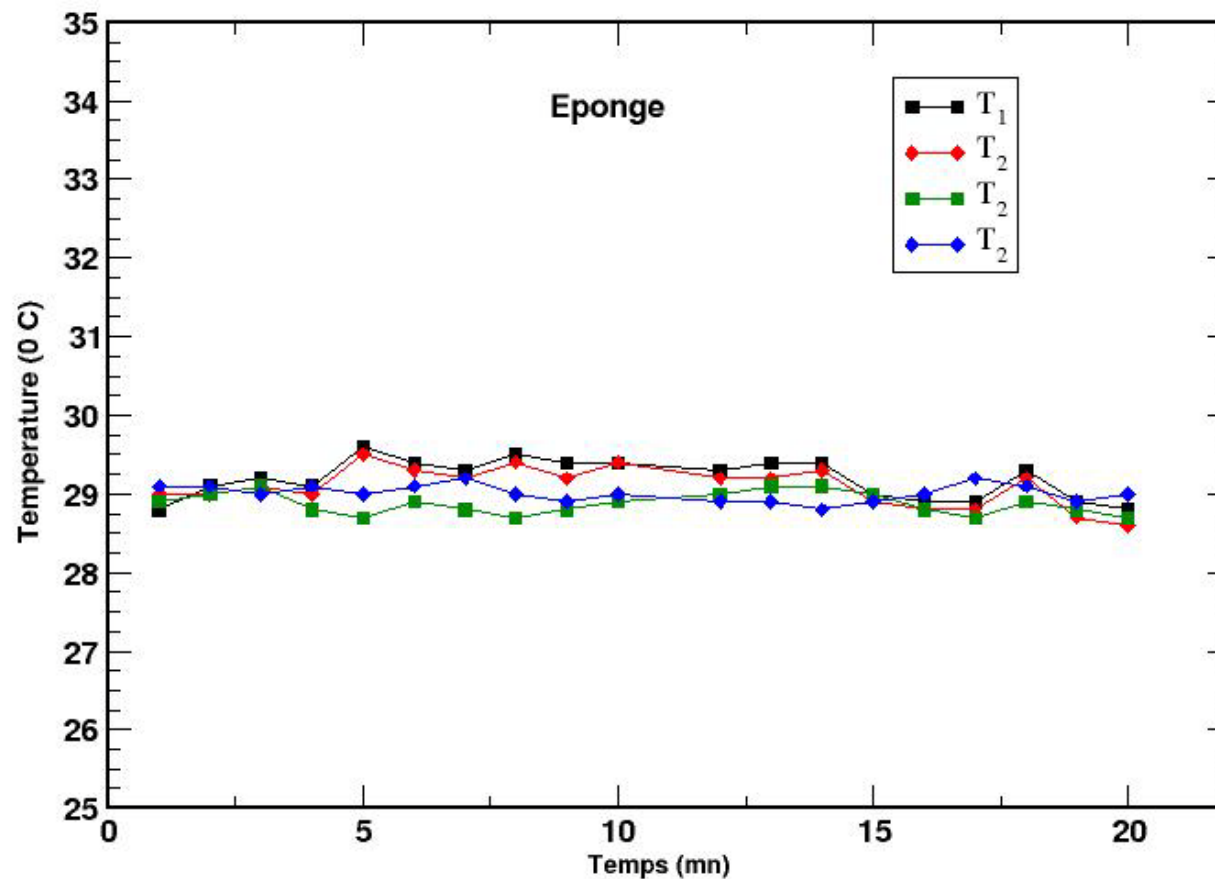
**Dispositif expérimental et les
différents stacks utilisés**

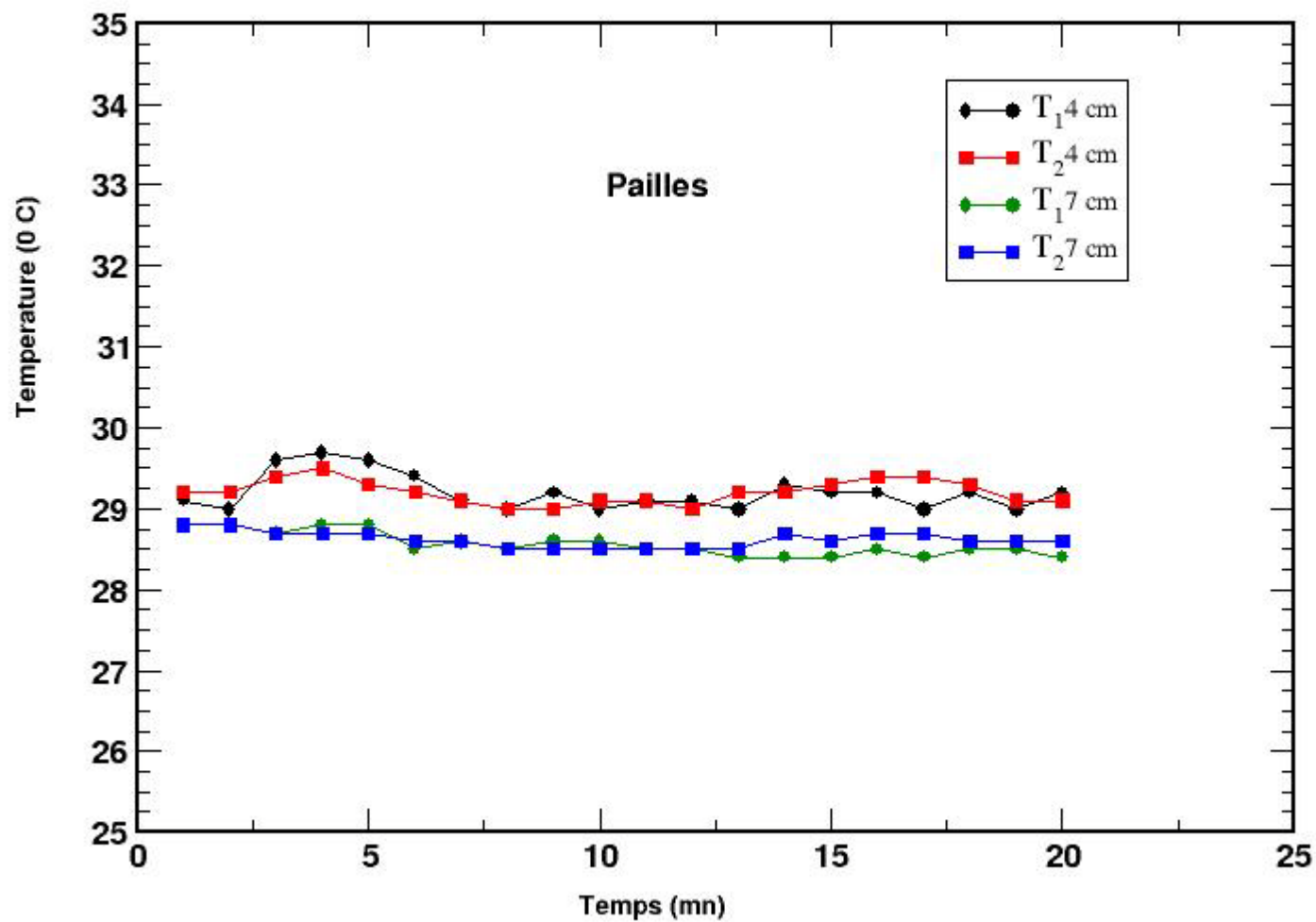


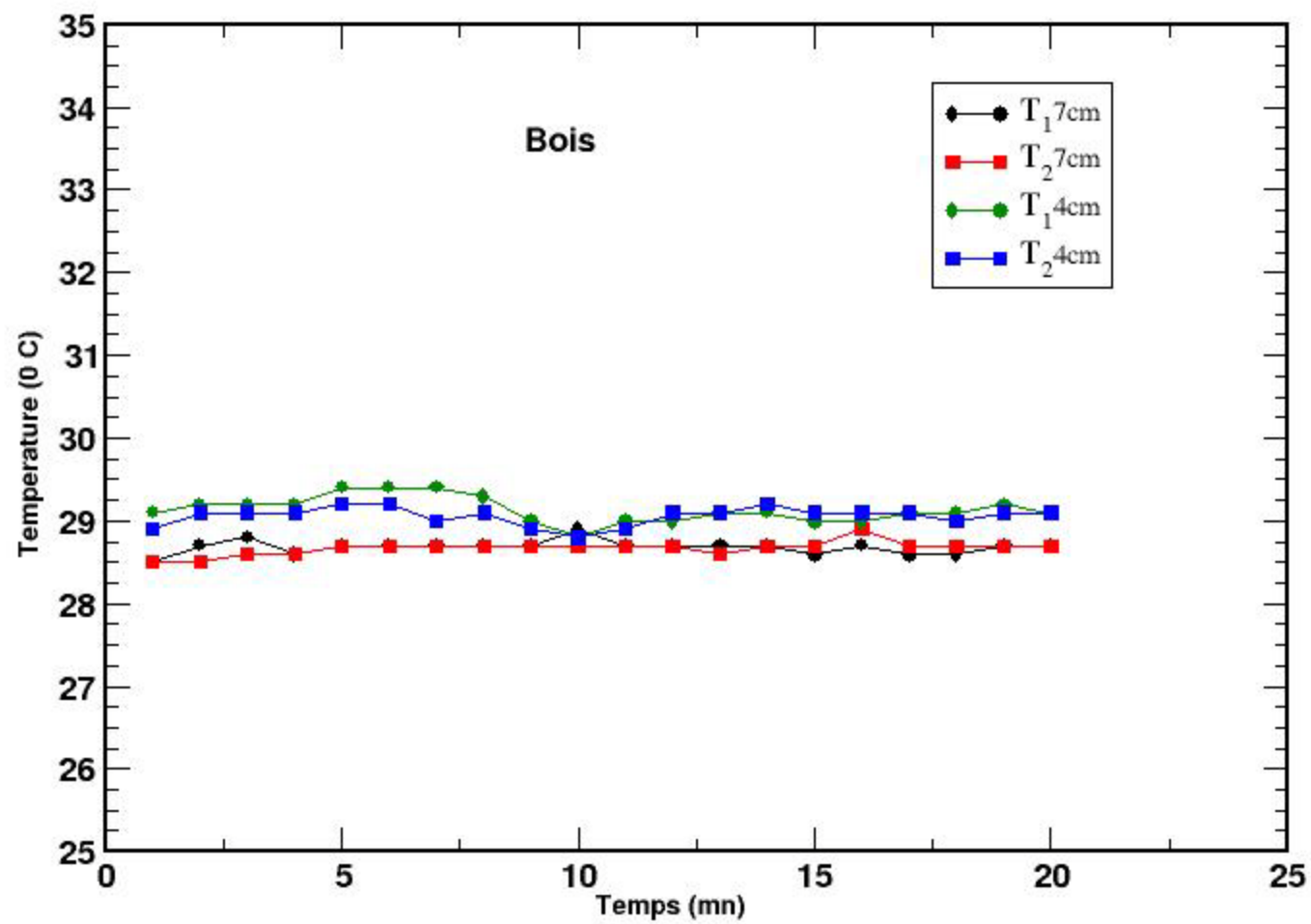
Démarche

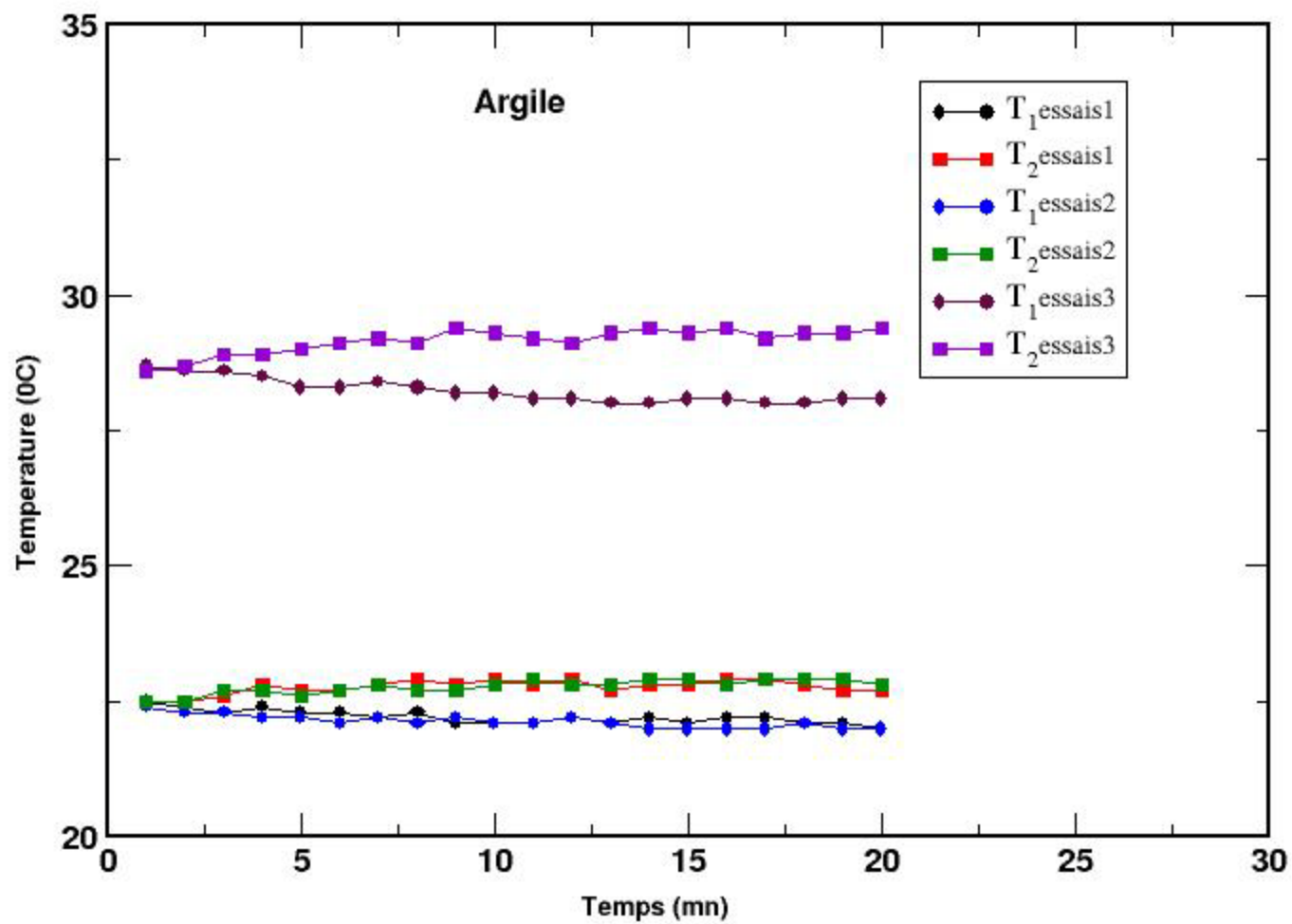
- Pour chaque type de stack, on prend une série de mesures dont la durée d'une mesure est de vingt minutes.
- Les valeurs trouvées sont moyennées au premier chiffre après la virgule.
- Les températures en amont et en aval du stack sont repérées à l'aide d'un thermocouple et reproduites à l'aide d'un thermomètre numérique.
- Les longueurs des stacks ont été choisis nettement inférieurs à la longueur d'onde utilisée.
- Deux résonateurs utilisés, l'un de diamètre 4 cm et l'autre 7 cm.

Analyse des résultats et interprétation

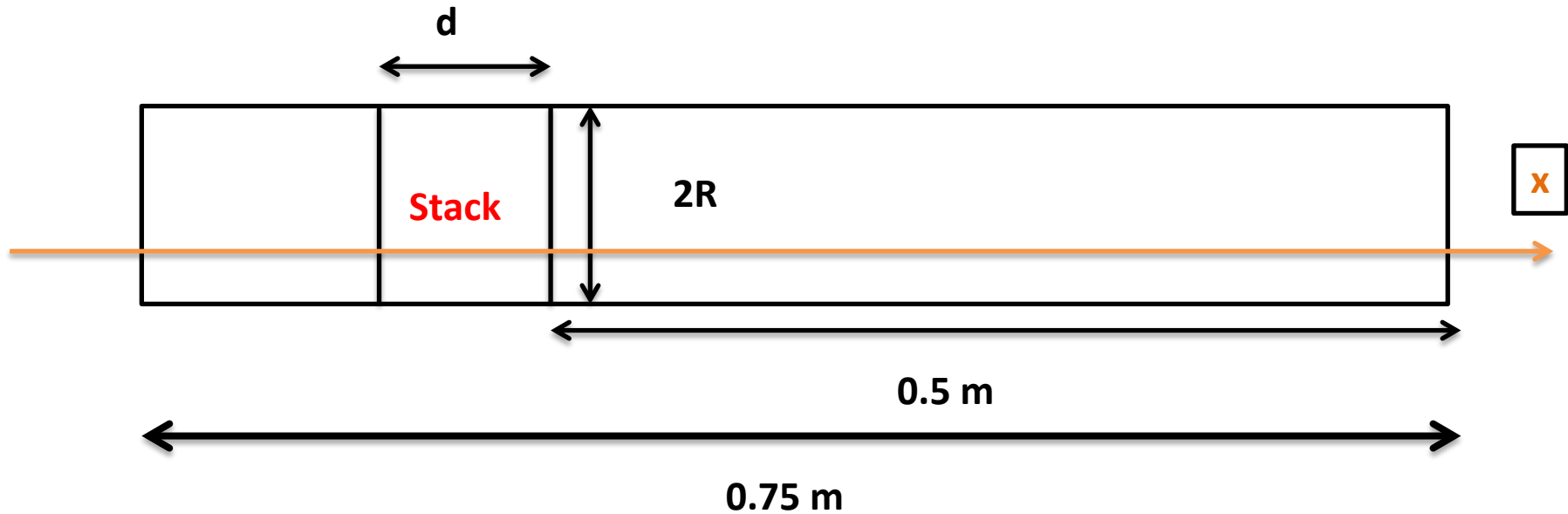
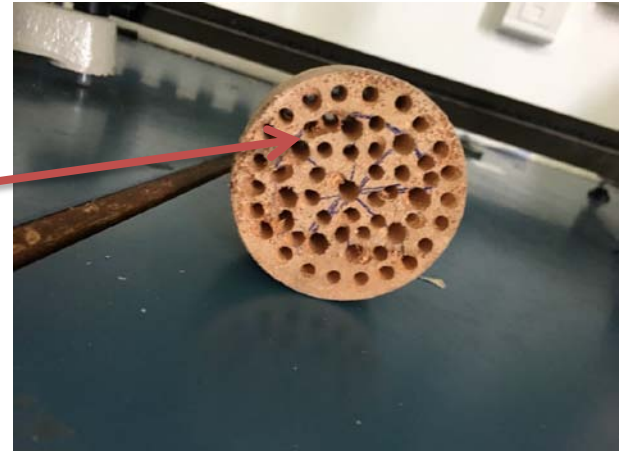
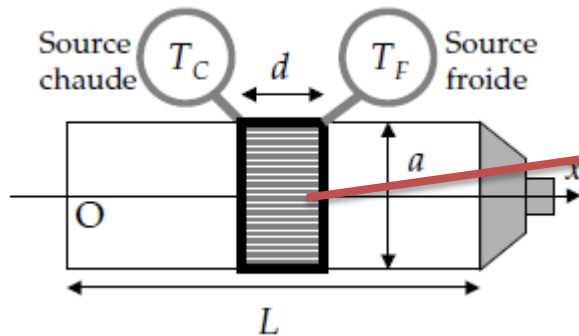


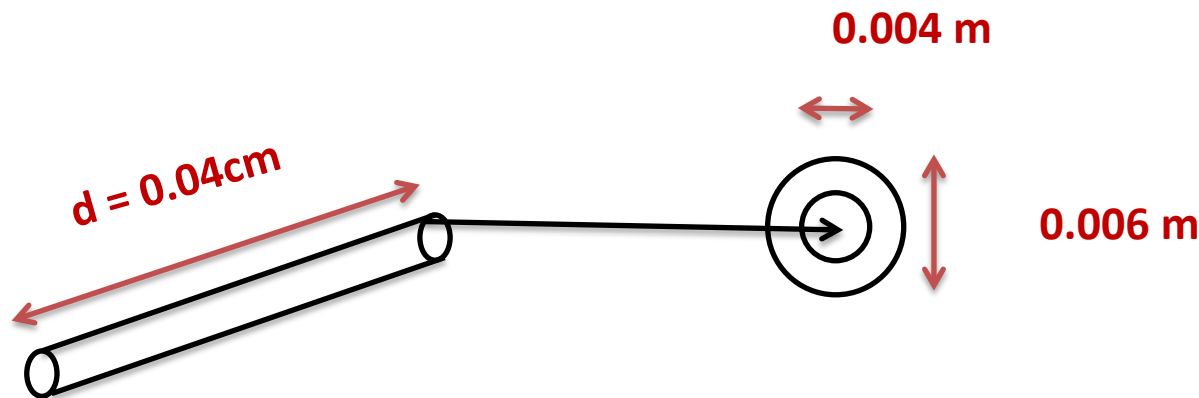






Modélisation





$$D \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \right) = \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$D = \frac{\lambda}{\rho C}$$

$$\lambda \approx 1.13 \text{ Wm}^{-1}$$

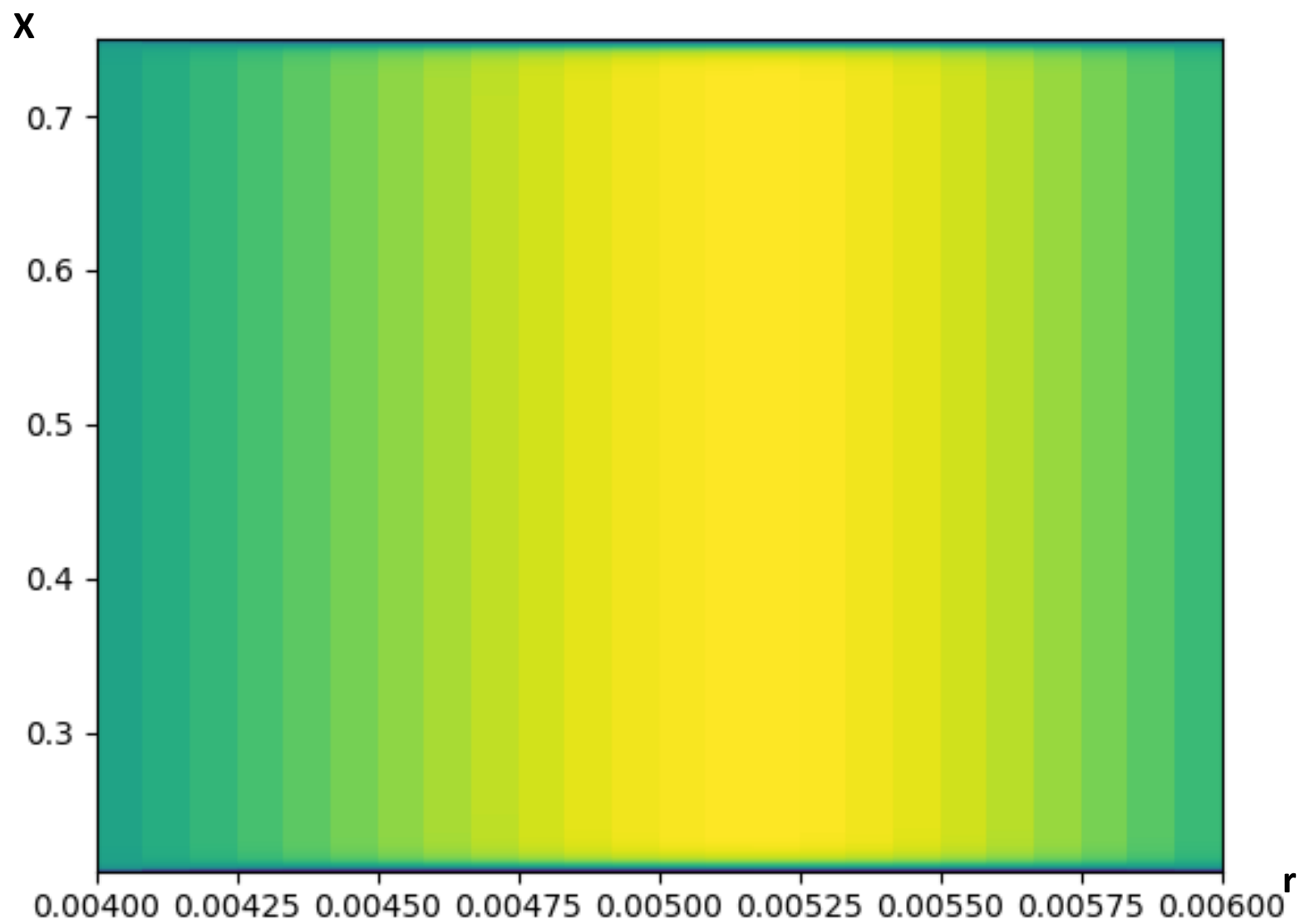
$$C \approx 840 \text{ Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$$

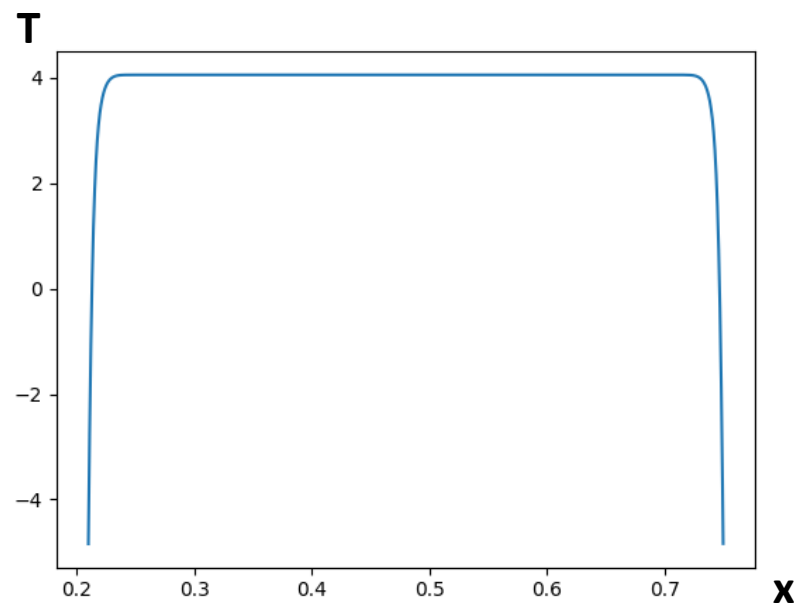
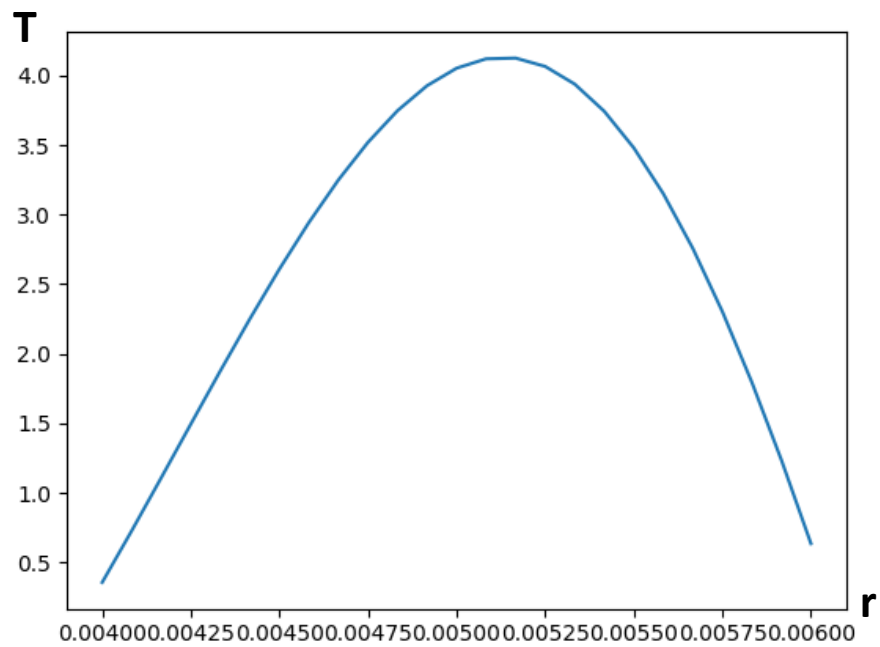
$$\rho \approx 1560 \text{ kgm}^{-3}$$

$$D \approx 8.6 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$$

Conditions aux limites

$$T(x, t) = T_0 \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{P_m}{P_0} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda} x\right) \cos(\omega t) \quad x = 0.21 \text{ et } x = 0.25$$





Conclusion

- **La réalisation expérimentale du principe d'un réfrigérateur thermo-acoustique est simple et peut être faite dans un labo d'enseignement.**
- **Le résonateur, le stack et les échangeurs sont les pièces motrices de ce réfrigérateur.**
- **l'optimisation de la rentabilité d'un tel réfrigérateur est difficile et demande un matériel sophistiqué et des connaissances approfondies en transfert thermique et en simulation numérique.**