



# *Régulation thermique d'une enceinte isolée à l'aide d'un module Peltier*

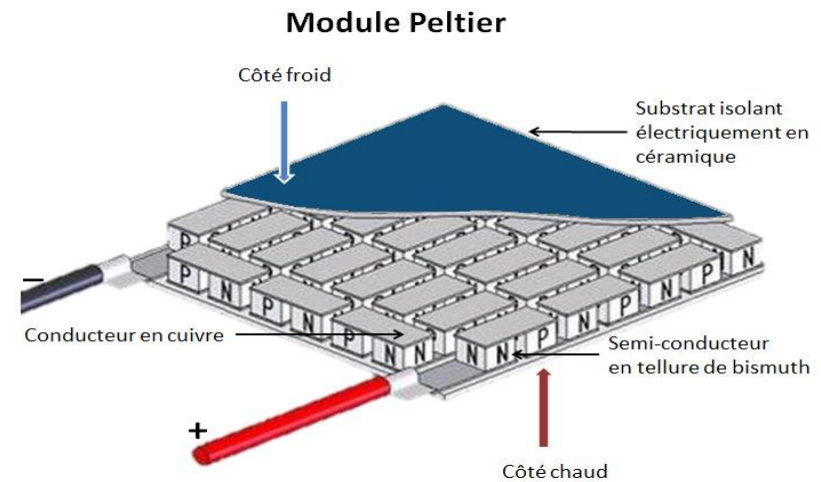
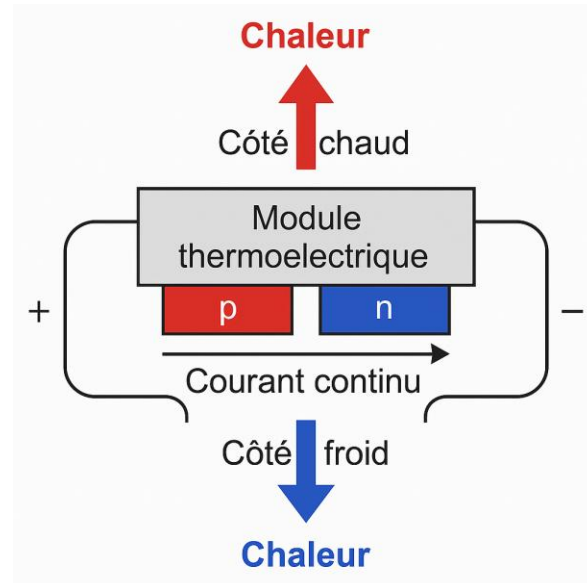


## Besoin industriel et scientifique :

Stabiliser des températures dans des systèmes fermés.  
Solution : un **module Peltier** compact, réversible et précis.

# I. Comment modéliser et stabiliser efficacement la température avec un module Peltier ?

- Transfert de chaleur : LE coté froid absorbe et le coté chaud rééjecte la chaleur.
- Le courant électrique provoque l'échange de chaleur.
- L'effet Seebeck : phénomène inverse



# Pourquoi un module Peltier ?

- **Contrôle Précis de la Température ( +/- 0,5 °C)**
- **Refroidissement et Chauffage Réversibles (ni réfrigérants ni GES)**
- **Compacité et Absence de Vibration (pas de pièces mobiles)**
- **Respect de l'Environnement**
- **Faible Besoin d'Entretien (longue durée de vie, absence d'usure)**

## II. Modélisation Théorique

- Système(ST) : {air + enceinte}
- Données : - Capacité thermique du ST :  $c_e = 900 \text{ J/K/kg}$   $c_{\text{air}} = 718 \text{ J/K/kg}$ 
  - Résistance thermique du ST :  $R_{th}$  ?
  - Puissance thermique du module Peltier :  $P$  ?
  - Température max/Peltier :  $T_p$  ?

Equation différentielle sur  $T(t)$  (Régime transitoire) :

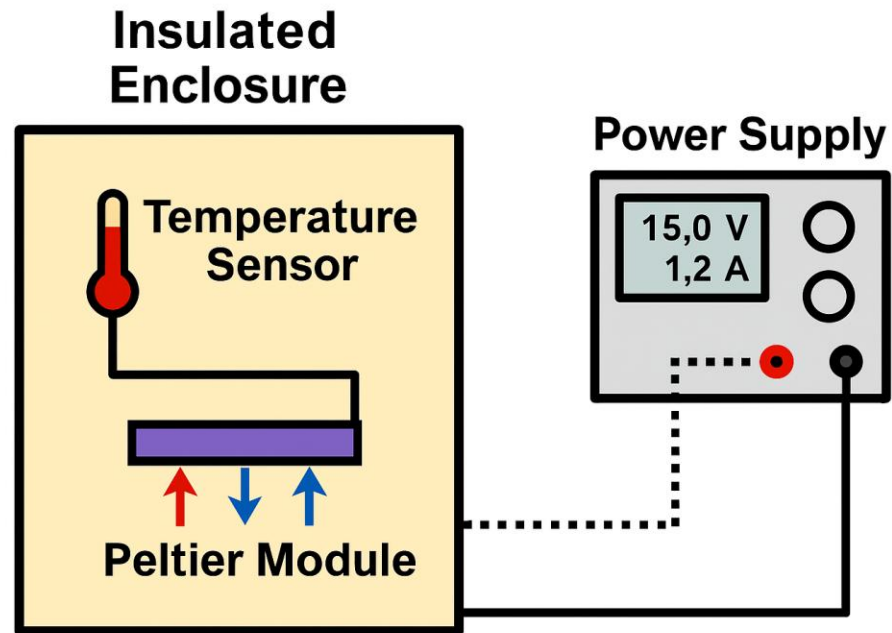
$$\tau = C \cdot R_{th}$$

Equation différentielle sans Peltier (Régime libre):

$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{C \cdot R_{th}} T = \frac{P}{C} + \frac{T_{ext}}{C \cdot R_{th}}$$

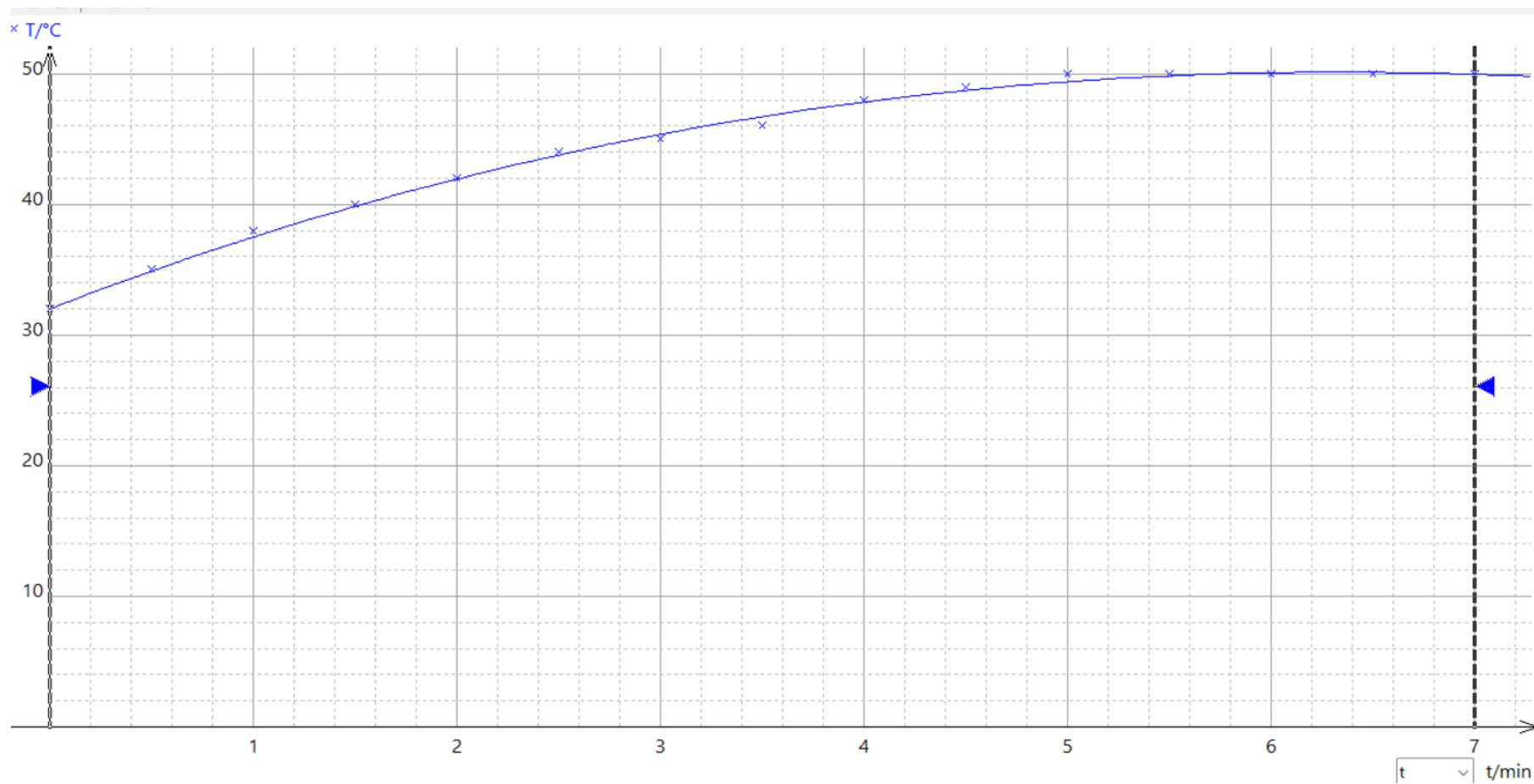
$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{C \cdot R_{th}} \cdot T = \frac{T_{ext}}{C \cdot R_{th}}$$

# III. Partie Expérimentale

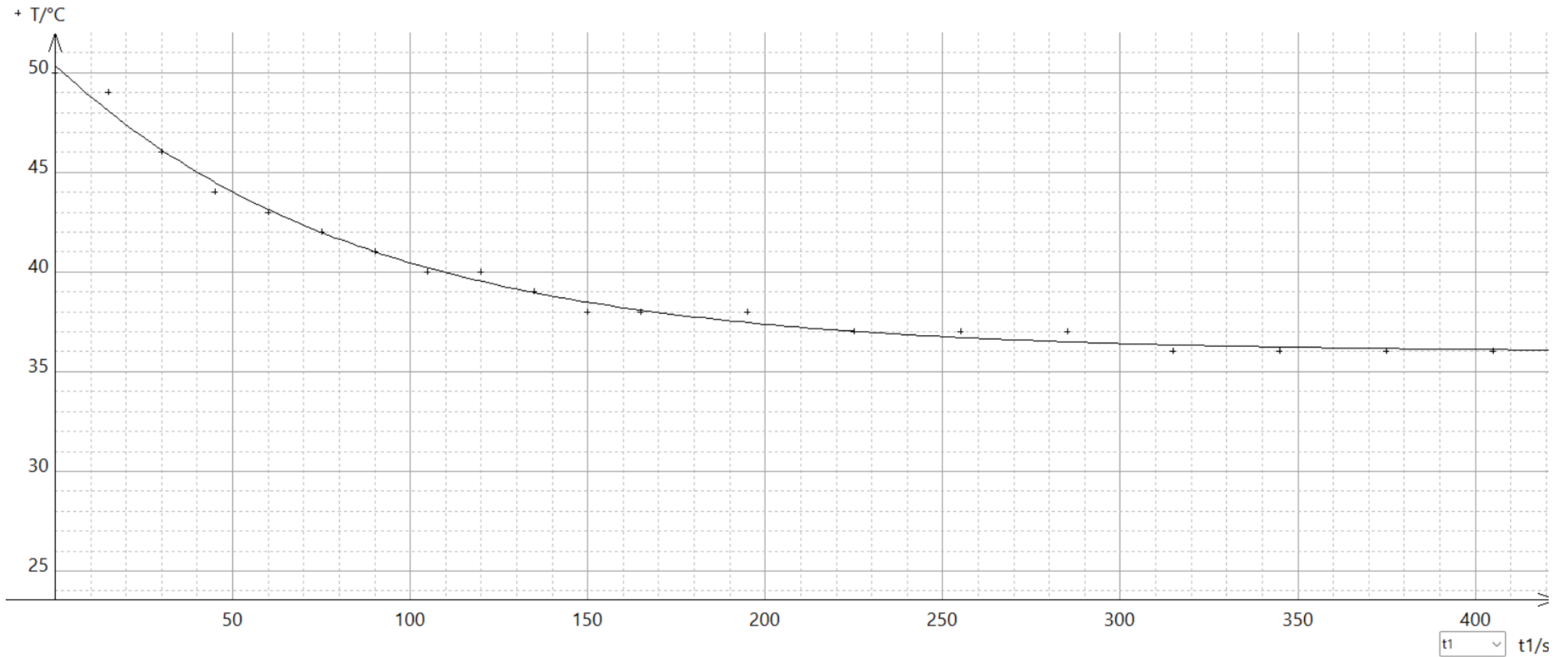


- Le module Peltier est alimenté sous 8.5V -1.7 A
- Il est placé coté chaud dans l'enceinte et on observe l'augmentation de la température grâce à un thermocouple
- Une fois le régime stationnaire atteint à  $t'=0$  on retire le module de l'enceinte.
- On obtient les 2 courbes suivantes :

# Courbe : Régime Transitoire



# Courbe : Régime Libre



On trouve  $\tau = 95,0$  s avec  
la régression linéaire

# IV. Simulation : Détermination des Constantes

- Rth :

Pour déterminer la masse de l'air, on a :

$$m_{\text{air}} = \rho_{\text{air}} \cdot V_{\text{air}} \quad \text{avec } V = L \cdot l \cdot h = (8.5 * 7.5 * 7.5) * 0.01 = 0.478 \text{ L}$$

$$m_{\text{air}} = 1.3 * 0.478 = 0.6 \text{ g} \quad \text{et } m_e = 62 \text{ g (pesée)}$$

$$R_{th} = \frac{\tau}{m_e c_e + m_{\text{air}} c_{\text{air}}} \quad \text{AN : } R_{th} = 1.7 \text{ K/W}$$

En Régime Stationnaire, on retrouve la relation :  $T_p - T_{\text{ext}} = R_{th} \cdot P$  avec  $T_p = 50 \text{ °C}$  et  $T_{\text{ext}} = 32 \text{ °C}$

On trouve  $P = 10.6 \text{ W}$

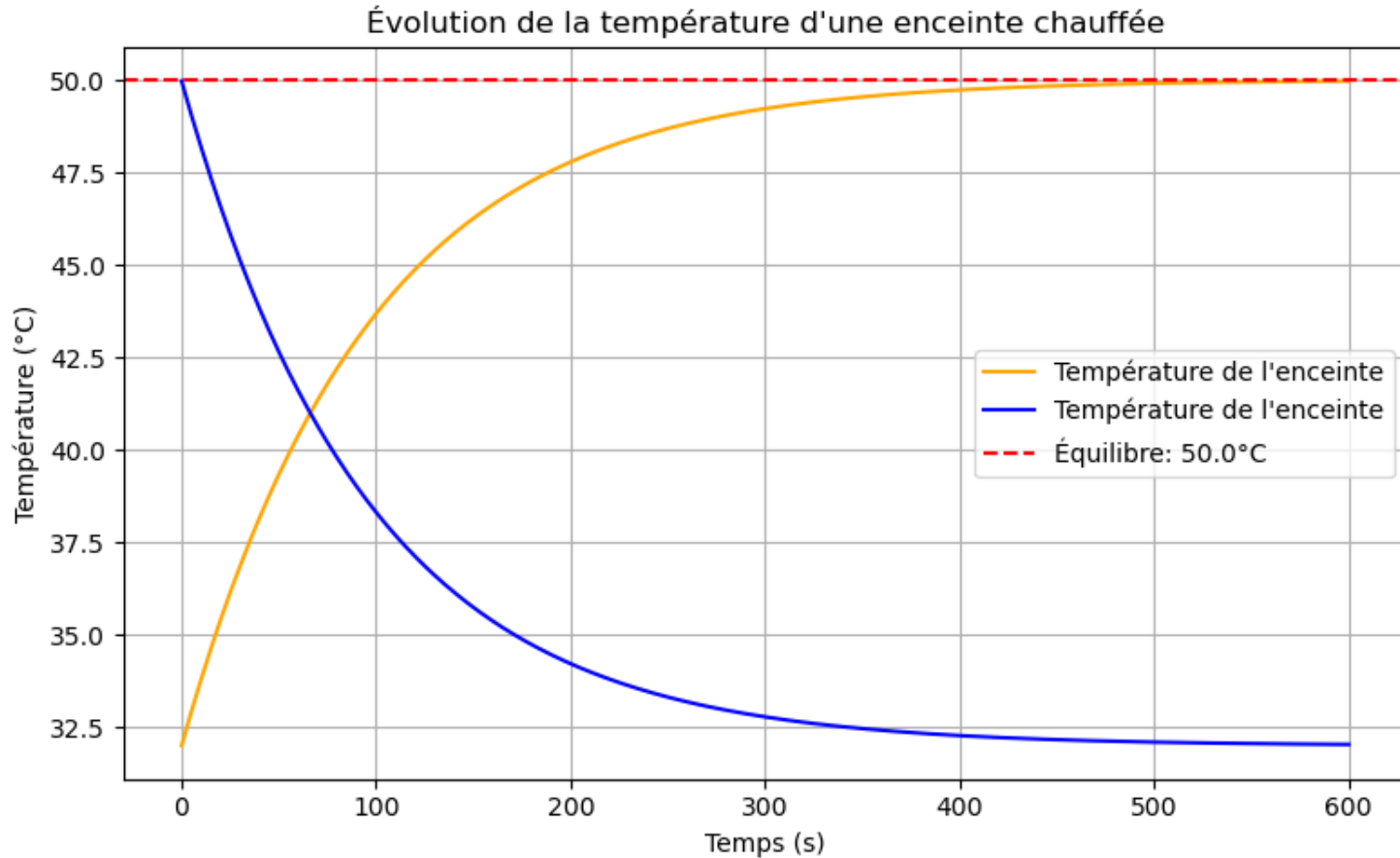
# Simulation : Programme

Pour le régime libre :

$$T(t) = T_{\text{ext}} + (T_0 - T_{\text{ext}}) \cdot e^{-t/\tau}$$

```
8 import numpy as np
9 import matplotlib.pyplot as plt
10
11 # Constantes
12 P = 10.6 # puissance en W
13 C = 56.2 # capacité thermique en J/K
14 Rth = 1.7 # résistance thermique en K/W
15 T_amb = 32 # température ambiante en °C
16
17 # Température finale à l'équilibre
18 delta_T = Rth * P
19 T_final = T_amb + delta_T
20
21 # Constante de temps
22 tau = Rth * C # en secondes
23
24 # Temps simulé (0 à 10 minutes)
25 t = np.linspace(0, 600, 600)
26
27 # Évolution de la température : T(t) = Tamb + ΔT (1 - exp(-t/τ))
28 T = T_amb + delta_T * (1 - np.exp(-t / tau))
29 Tl=(max(T)-T_amb)*np.exp(-t/tau) + 32
30 # Tracé
31 plt.figure(figsize=(8,5))
32 plt.plot(t, T, label="Température de L'enceinte", color="orange")
33 plt.plot(t, Tl, label="Température de L'enceinte", color="blue")
34 plt.axhline(T_final, color="red", linestyle="--", label=f"Équilibre: {T_final:.1f}°C")
35 plt.xlabel("Temps (s)")
36 plt.ylabel("Température (°C)")
37 plt.title("Évolution de la température d'une enceinte chauffée")
38 plt.grid(True)
39 plt.legend()
40 plt.tight_layout()
41 plt.show()
```

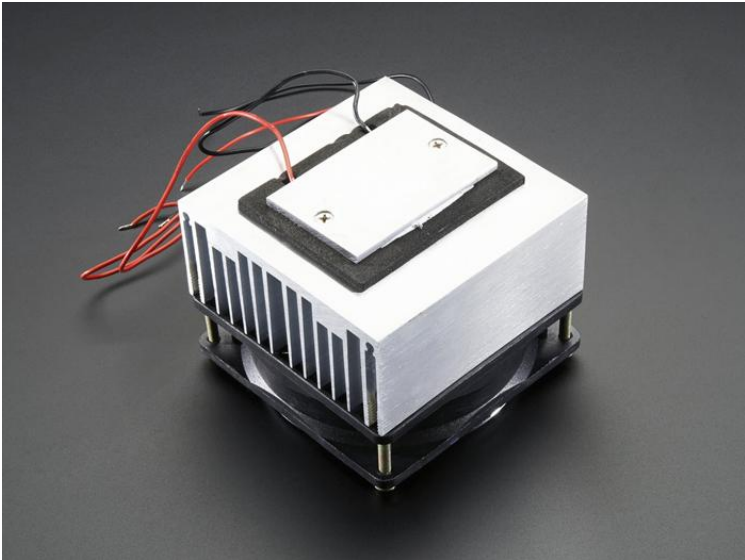
# Simulation : Courbe



Régime transitoire cohérent avec la réalité.

Régime libre : la température minimum est de 32 °C , moins fidèle à la réalité.

# V. Conclusion : Ouverture, Suite ...



Etudier l'influence de l'épaisseur du matériau et du matériau.

Etude d'un système de refroidissement