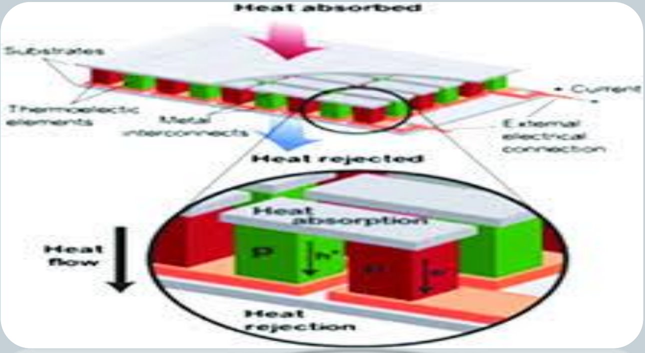
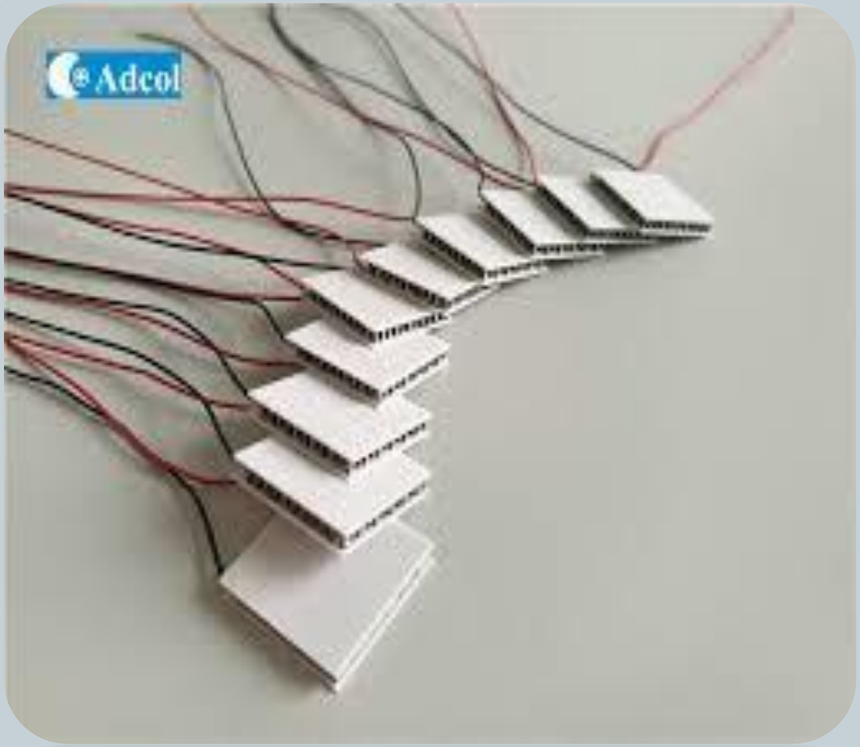
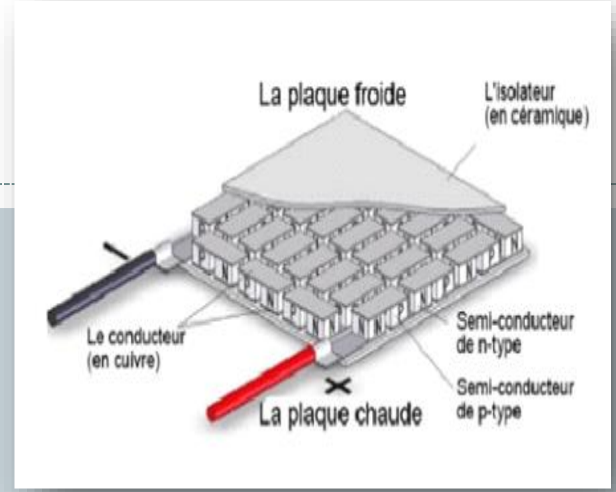
Modélisation et simulation d'un générateur thermoélectrique

YOLDOZ TABEI



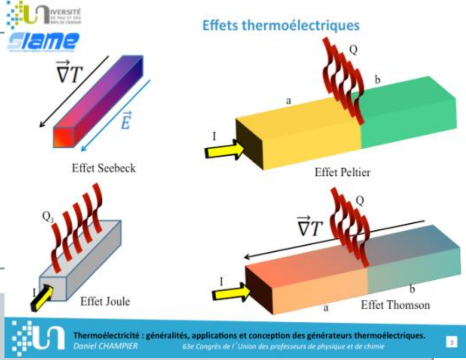


Plan



- Effets thermoélectriques
  - Effet Seebeck
  - Effet Peltier
  - Effet Thomson
- Fonctionnement du générateur thermoélectrique (GTE)
  - Relation de réciprocité d'Onsager
- Performances du GTE
- Expérience

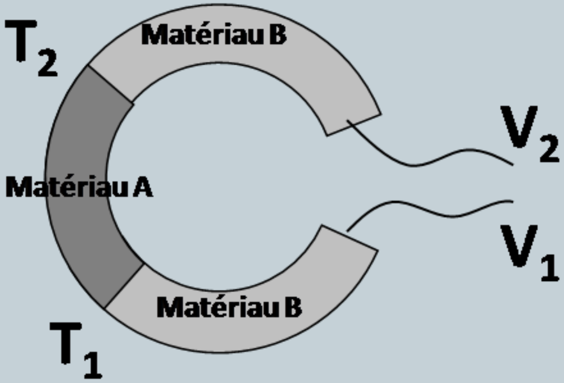
Effets thermoélectriques



- <u>Effet Seebeck</u>

Un gradient de température engendre une différence de potentiel à la jonction de deux matériaux.

On introduit ainsi le coefficient de Seebeck α tel que $\Delta V = \alpha \Delta T$

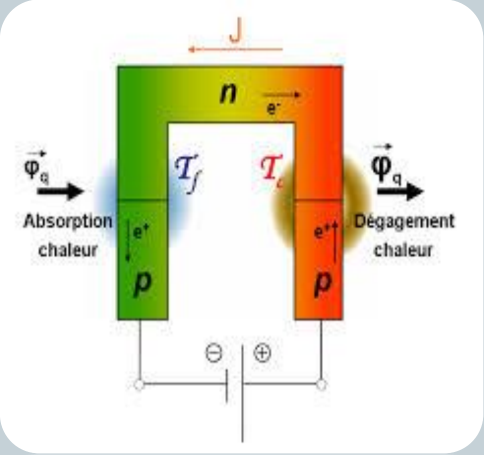


- <u>Effet Peltier</u>

Dans un circuit formé par deux matériaux conducteurs de natures différentes soumis à un courant électrique, l'une des jonctions se refroidit alors légèrement, tandis que l'autre se réchauffe.

Jh = ΠAB Jq

Ou ΠAB est le coefficient de Peltier

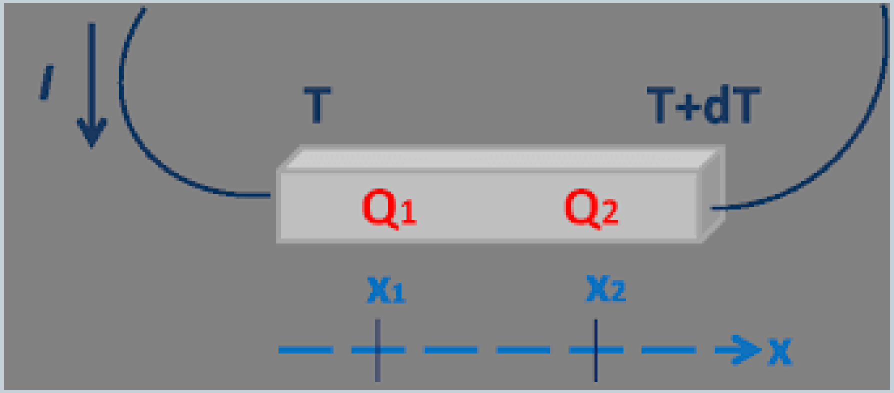


- <u>Effet Thomson</u>

Un courant électrique parcourant un matériau homogène engendre un gradient de température

$QT = -\tau \, Jq.\nabla T$

où τ est le coefficient Thomson



Relation d’Onsager

$$\underset{Jq}{\longrightarrow} = L11\frac{1}{T}\nabla u + L12\nabla\frac{1}{T}$$

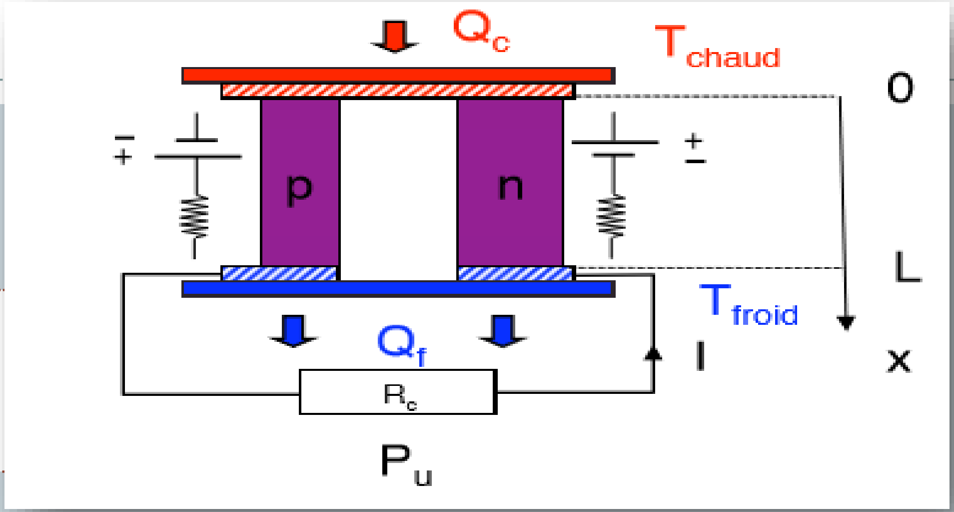
$$\underset{Jh}{\longrightarrow} = L21\frac{1}{T}\nabla u + L22\nabla\frac{1}{T}$$

Avec L12=L21

Jq la densité de courant électrique

Jh la densité de courant de chaleur

Efficacité n:



$$n = \frac{Pu}{Qc} = \frac{Rc \times I^2}{K\Delta T - \alpha Tc \times I - \frac{1}{2} RI^2}$$

$$Qc = Pu + Qf$$

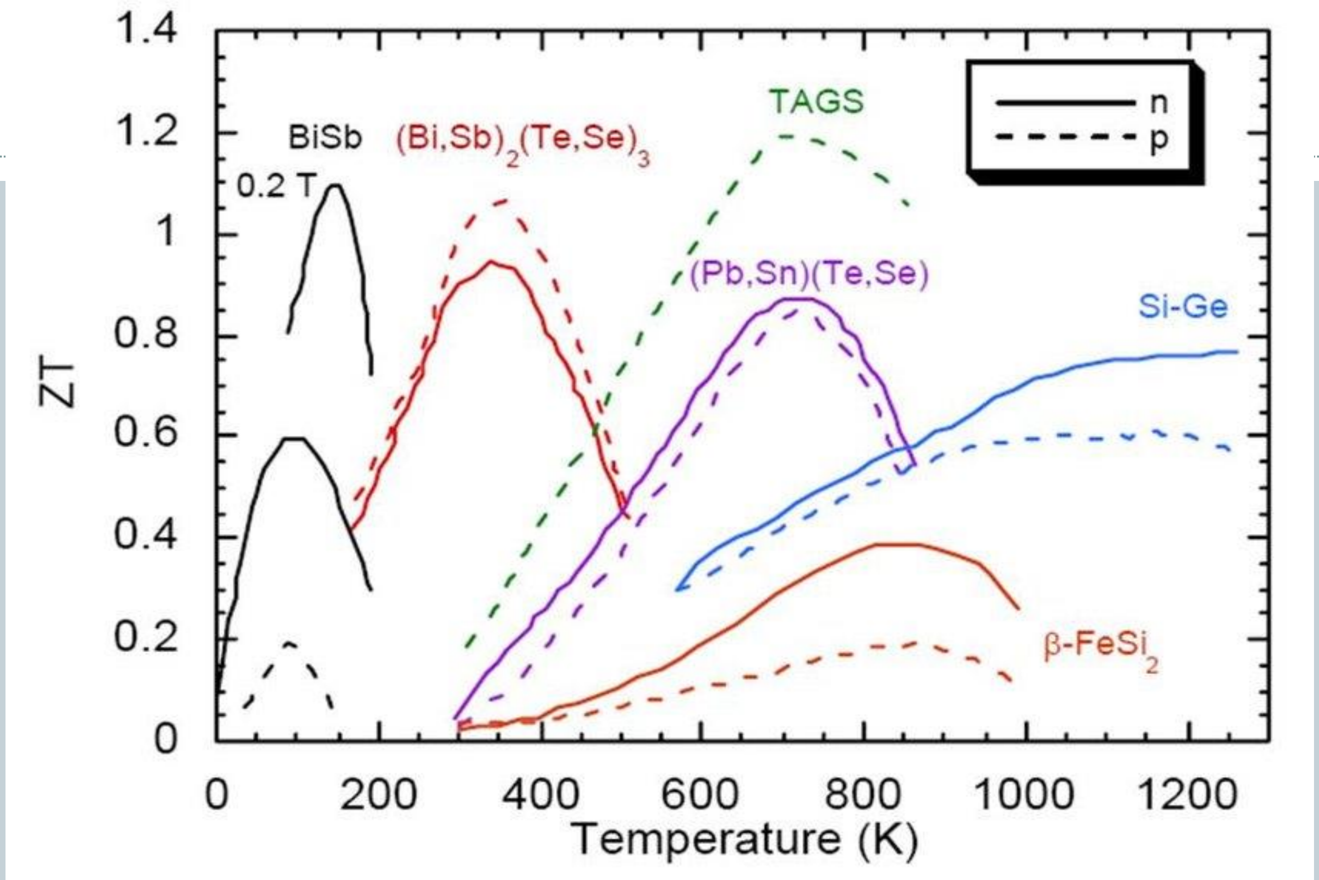
Optimisation de n

$$\left(\frac{\partial n}{\partial Rc}\right) = 0$$

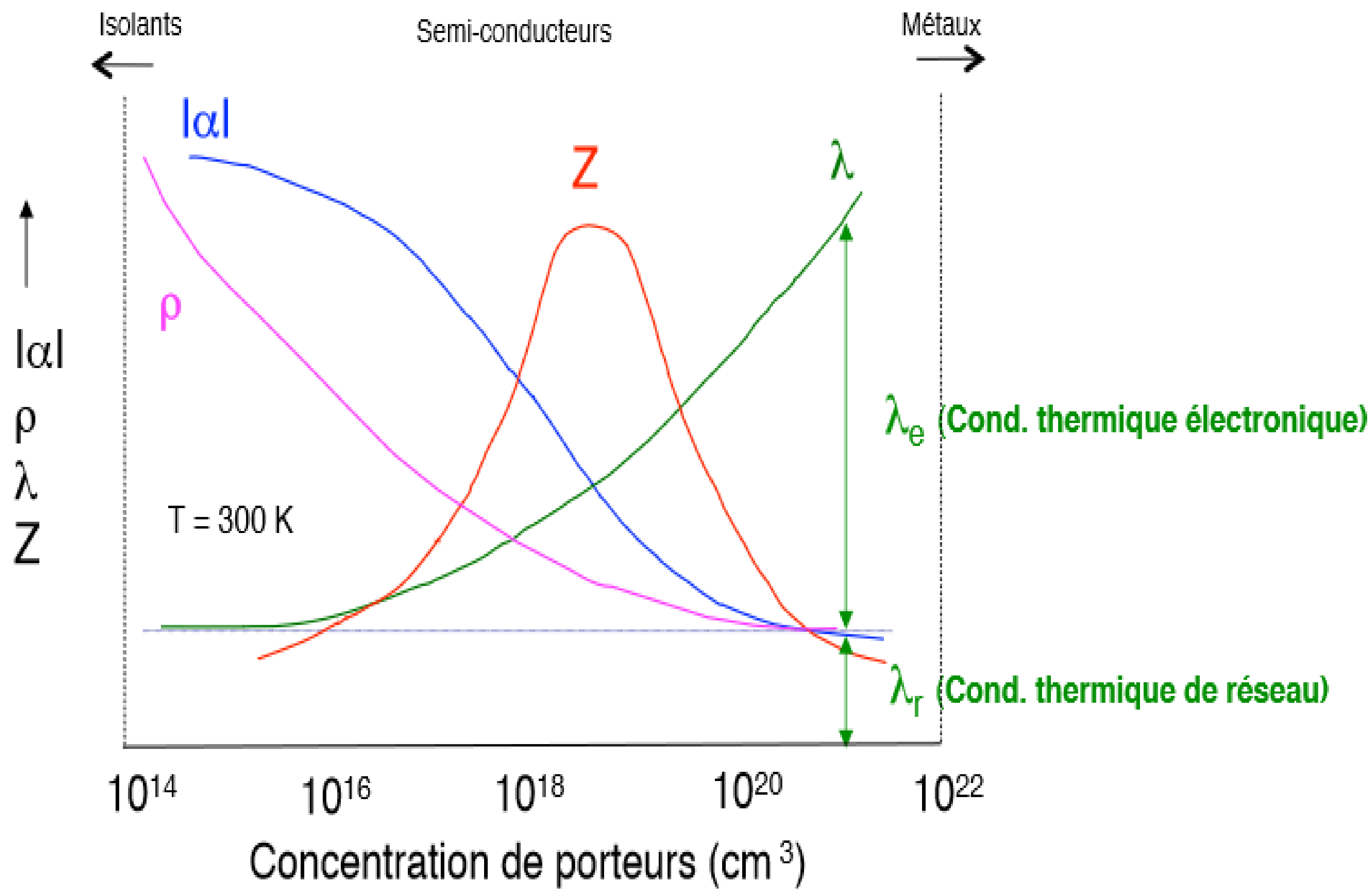
$$n_{\max} = \frac{Tc - Tf}{Tc} \, \frac{\sqrt{1 + ZT_m} - 1}{\sqrt{1 + ZT_m} + \frac{Tc}{Tf}}$$

Facteur de mérite ZT

$$Z_{np} = \frac{(\alpha_p - \alpha_n)^2}{\left((\rho_p \lambda_p)^{\frac{1}{2}} + (\rho_n \lambda_n)^{\frac{1}{2}}\right)} \approx \frac{Z_n + Z_p}{2}$$

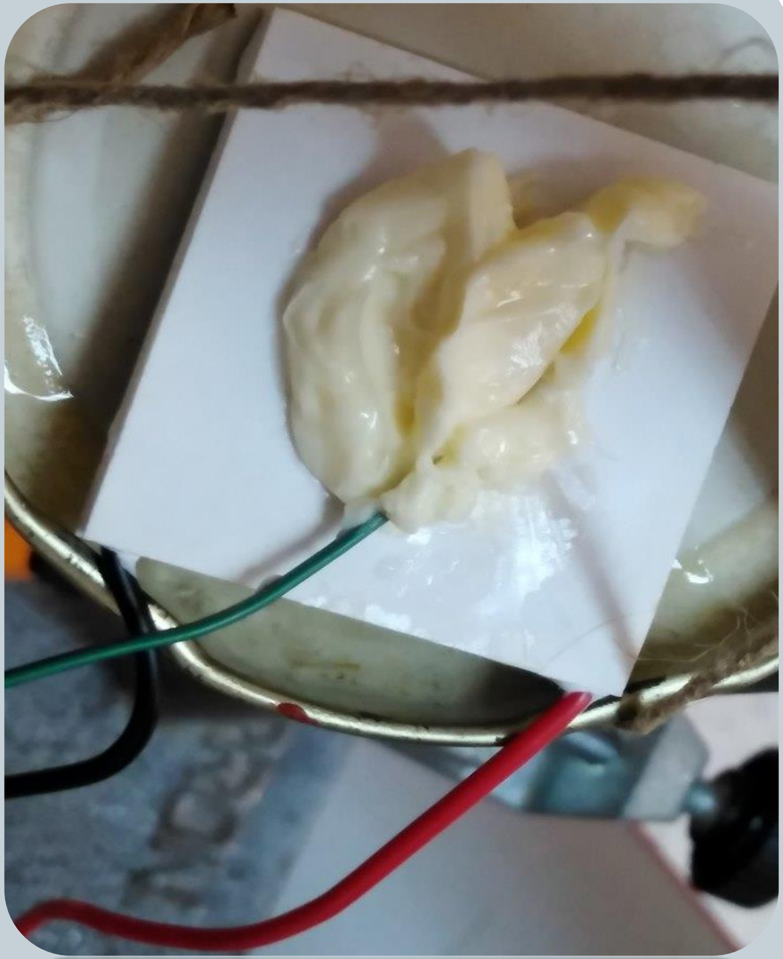


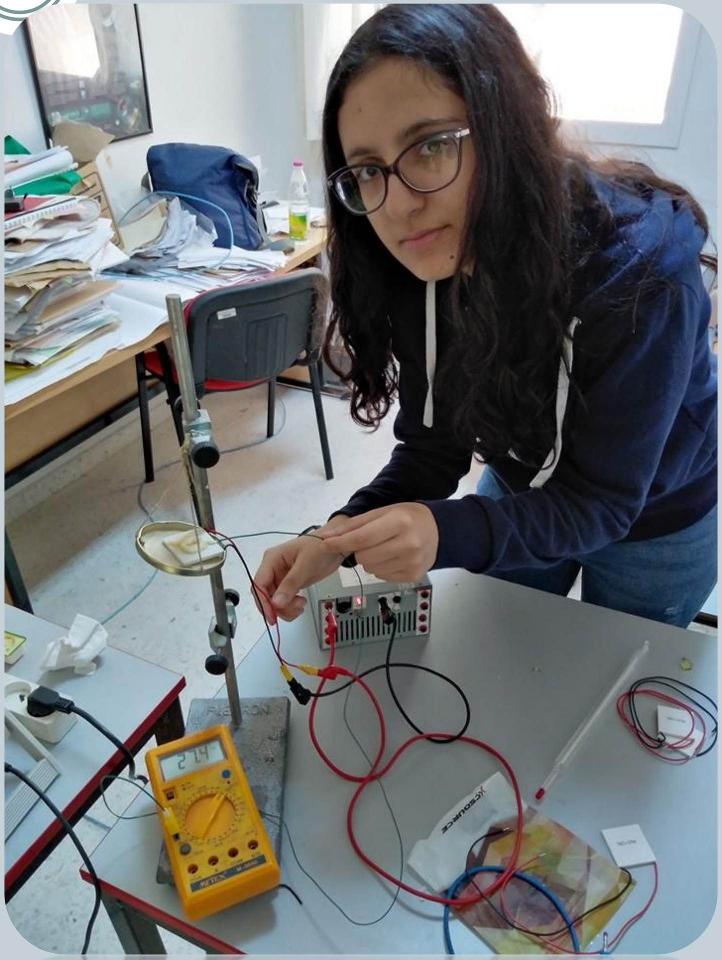
Evolution du facteur de mérite ZT en fonction de la température



Isolants
Semi-conducteurs
Métaux
|α|
ρ
λ
Z
|α|
ρ
Z
λ
T = 300 K
λe (Cond. thermique électronique)
λr (Cond. thermique de réseau)
10^14
10^16
10^18
10^20
10^22
Concentration de porteurs (cm 3)

Expérience





Application

Conclusion

- Performances élevées → ZT élevé
- Critère matériau ZT
- Meilleur compromis → semi-conducteurs fortement dopés

Merci pour votre attention

Annexe

```
"""1D Heat Vectorized Convergence study"""

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

# PHYSICAL PARAMETERS
K = 0.5  #Diffusion coefficient
L = 1.0  #Domain size
Time = 0.001  #Integration time

# NUMERICAL PARAMETERS

NT = 1000     #Number of time steps
dt = Time/NT  #Grid step (time)


### MAIN PROGRAM ###

NK = 9   # Number of values of dx being tested 12

DDX = np.zeros(NK)
ERR = np.zeros(NK)

NX = 10   # Initial number of grid points

# Main loop
for k in range(0,NK):

   NX = np.int(1.5*NX)     #Number of grid points
   dx = L/(NX-1)           #Grid step (space)
   x = np.linspace(0.0,1.0,NX)
```

```
    T = np.sin(2*np.pi*x)
    RHS = np.zeros((NX))

    for n in range(0,NT):
        RHS[1:-1] = dt*K*(T[:-2]-2*T[1:-1]+T[2:])/(dx**2)
        T += RHS

# CONVERGENCE ANALYSIS
    scale = np.exp(-4*(np.pi**2)*K*Time)
    TO = np.sin(2*np.pi*x)
    DDX[k] = dx
    ERR[k] = max(abs(T-TO*scale))

plt.figure()
plt.xlabel(u'$\Delta x^{-1}$', fontsize=26)
plt.ylabel(u'$Erreur$', fontsize=26)
plt.title(u'Equation de la chaleur 1D')
plt.loglog(DDX**-1,ERR,'o--')
plt.loglog(DDX**-1,0.1*DDX**2,'--k',hold=True)
plt.tight_layout()
plt.show()
```