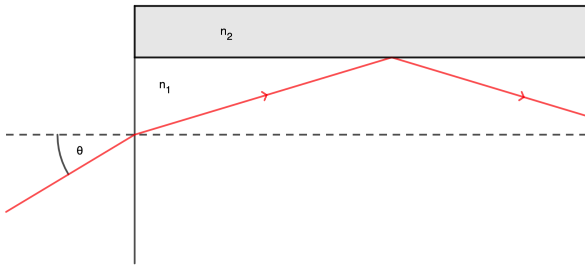
exercice 1 : Fibre optique



1. Montrer que $\sin(\theta) \leq \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$.

2. Calculer le retard sur une gaine de 10 m.

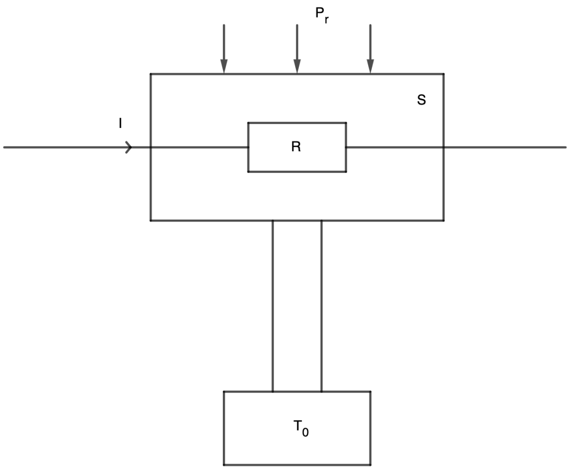
---

exercice 2 : Cristallographie

On considère une maille cubique à faces centrées compacte formée par des atomes d'argent. On donne la masse volumique du cristal et la masse molaire de l'argent. Donner le paramètre de la maille et le rayon de l'atome d'argent.

---

exercice 3 : Conduction thermique



Le solide S a une capacité thermique C_{th} et une température T. On suppose que R dépend de T, et que $T_0 =$ cste. Le système est isolé en terme de température, la température ne sortant que par la barre.

1. Soit P_{th} la puissance thermique cédée par la barre. Montrer que $P_{th} = G(T - T_0)$. On précisera l'expression de G.

2. Un courant I passe dans le solide, et on suppose P_r constant. Lier P_r aux autres valeurs si le système est à l'équilibre.

3. On suppose maintenant P_r non constant. Donner l'équation différentielle vérifiée par T.

4. On suppose maintenant que $P_r(t) = P_{r0} + p_r(t)$ avec $p_r(t) << P_{r0}$. On suppose que $T = T_0 + \delta T$ et

$R(T) = R_0(1-\alpha(T-T_0))$. Établir l'équation différentielle vérifiée par δT. À quelle condition le système est-il stable ?

5. On suppose que $p_r(t) = A_0 \cos(\omega t)$. Déterminer la fonction de transfert $\underline{\dfrac{\delta T}{p_r}}$. Quel est l'intérêt de la résistance R ?

---

exercice 4 : Thermodynamique

On considère une canette de soda de masse $m = 500\mathrm{g}$ et de capacité thermique massique $c = 4000\mathrm{J}\cdot\mathrm{K}^{-1}\cdot\mathrm{kg}^{-1}$ à la température $T_1 = 40°\mathrm{C}$. On la fait refroidir dans un grand bac supposé infiniment grand à la température $T_2 = 20°\mathrm{C}$. Le transfert de chaleur s'exprime $\delta Q = -mch(T(t)-T_2)dt$.

1. Quelles sont les conditions pour qu'un corps pur soit considéré comme un thermostat ?

2. Pourquoi la transformation est-elle irréversible ?

3. Commenter le signe $-$ du transfert thermique.

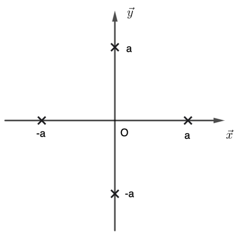
4. Déterminer une équation différentielle en $T(t)$ et expliciter un temps caractéristique τ.

5. Tracer l'allure de la courbe.

Données : Pour une phase condensée idéale, $\Delta S = mc \ln\left(\dfrac{T_p}{T_c}\right)$.

---

exercice 5 : Électromagnétisme



Quatre charges identiques q sont placées sur un carré de côté $2a$. Soit M un point au voisinage de l'origine.

1. Démontrer l'équation de Poisson $\Delta V = 0$ dans le vide.

2. Pour un point proche de l'origine, déterminer un développement limité à l'ordre 2 de $V(M)$. On doit obtenir 10 constantes.

3. Par l'analyse des symétries du système de charges, simplifier $V(M)$ pour avoir seulement 3 constantes.

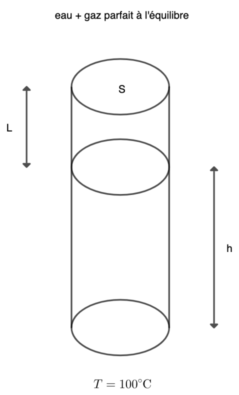
4. Déterminer ces constantes en calculant $V(0,0,z)$, avec $z \neq 0$.

5. Déterminer $E(M)$.

6. Que se passe-t-il pour une particule de charge q' placée à l'origine ?

---

exercice 6 : Thermodynamique

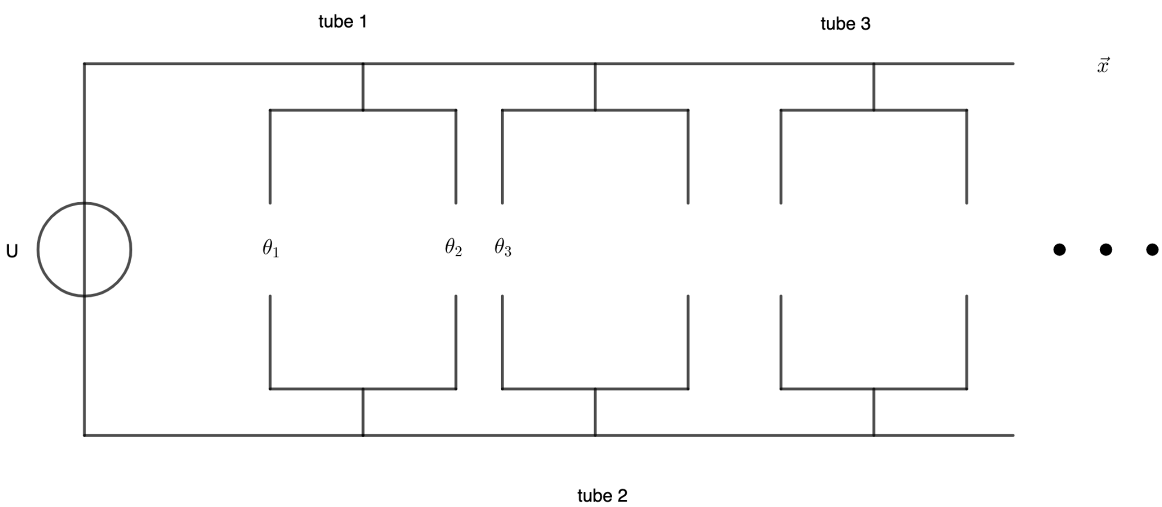


On donne la loi expérimentale : $P_{\text{sat}} = \left(\dfrac{T}{100}\right)^4$.

1. On monte la température à 110°C. Donner l'évolution de la hauteur d'eau.
2. Faire apparaître la loi expérimentale dans le diagramme de Clapeyron $P = f(T)$ de l'eau.

---

exercice 7 : Mécanique



Un proton est lâché en θ_1 à $v_0\vec{x}$. Il n'y a pas de champ magnétique dans les tubes, et le temps de trajet entre deux tubes est négligeable. On donne $U = V\cos(2\pi f t)$.

1. Déterminer sur le graphe de U les temps θ_1, θ_2, … pour optimiser l'accélération.
2. Déterminer ΔE_c entre deux tubes.
3. Déterminer ΔE_{cn} après n tubes en fonction de E_1, e, U, n.
4. Déterminer L_n (la longueur du $n^{\text{ème}}$ tube) en fonction des données.

---

exercice 8 : Électromagnétisme

On considère deux câbles coaxiaux de rayon a et b avec $a < b$ et du vide entre les deux. On a un champ électrique sous forme d'onde qui se propage entre les deux : $\overrightarrow{E}(M,t) = E(r)e^{i(\omega t-kz}\overrightarrow{e_r}$.

1. Caractériser l'onde.

2. Exprimer $E(r)$ à une constante près et le champ magnétique $\overrightarrow{B}$ à une constante près.

3. Prouver la relation de dispersion.

4. On veut avoir une puissance moyenne P_0. Donner l'expression finale des valeurs calculées précédemment (les valeurs des constantes).

---

exercice 9 : Jet du lac Léman

Données : $v_s = 200\ \mathrm{km\cdot h^{-1}}$, $P = 1000\ \mathrm{kW}$, débit $D_V = 500\ \mathrm{L\cdot s^{-1}}$.

On suppose qu'on peut appliquer le théorème de Bernoulli à partir de la sortie des pompes.

1. Donner les grandes lignes de la démonstration du premier principe industriel.

2. Donner la hauteur du jet. Commenter.

3. Donner la section de la lance (à la sortie des pompes).

4. Évaluer les pertes entre l'entrée de la pompe et la sortie de la pompe.