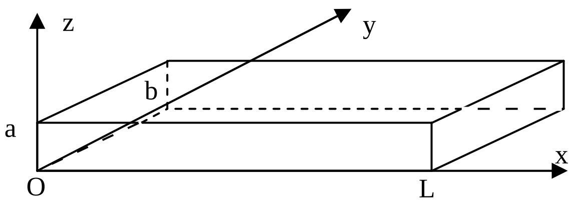
EPREUVE OPTIONNELLE de PHYSIQUE

PARTIE I : REFROIDISSEMENT D'UN MICROPROCESSEUR

L'évolution des performances des microprocesseurs permet d'améliorer constamment et rapidement les performances dans le traitement de l'information. Un problème important qui se pose est celui du refroidissement de ces microprocesseurs, qui fournissent des puissances de plus en plus élevées: les microprocesseurs doivent être refroidis par un radiateur et un ventilateur assurant une convection forcée.

Ce problème aborde quelques aspects de ce refroidissement. Les valeurs numériques sont relatives à des processeurs relativement anciens (466 MHz), les systèmes de refroidissement des plus modernes étant plus sophistiqués, et impossibles à modéliser de la façon très simple envisagée ici.

Une tige homogène en aluminium a une forme parallélépipédique: sa section rectangulaire a des côtés a et b, et sa longueur, selon l'axe des x, est égale à L.



En x = 0, la température est maintenue à la valeur T(x = 0) = T_1, et l'air ambiant qui entoure la tige est à la température uniforme T_0. L'échange entre la tige et l'air ambiant est caractérisé par un flux conducto-convectif : la puissance échangée par unité de surface s'écrit :

$$\varphi = h.(T - T_0)$$

où h est une constante. Dans tout le problème, on prendra $\mathbf{T_0 = 20°C}$.

Ces échanges par flux conducto convectif sont supposés assez faibles par rapport aux échanges par convection pour qu'on puisse considérer que la température de la tige ne dépend que de x.

On désigne par λ la conductivité thermique de l'aluminium. On se placera dans tout le problème en régime permanent.

1)- Rappeler l'expression du vecteur densité de flux de chaleur $\overrightarrow{j_Q}$ donnée par la loi de Fourier. Quelle est l'origine physique du signe moins ?

2)- En faisant un bilan sur la portion de tige comprise entre les abscisses x et x + dx, montrer que l'on est conduit à l'équation :

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} - m^2 \cdot \theta = 0 \quad \text{avec} \quad \theta = T(x) - T_0$$

et donner l'expression de m^2 en fonction de a, b, h et λ.

3)- La solution générale de cette équation différentielle peut s'écrire sous la forme :

$$\theta = A \cdot ch(mx) + B \cdot sh(mx)$$

A et B pouvant être déterminés par les conditions aux limites en x = 0 et x = L. On admettra que cette dernière condition s'écrit, en première approximation :

$$\left(\frac{d\theta}{dx}\right)_L = 0$$

Déterminer A et B en fonction de T_1, T_0, m et L, et en déduire l'expression de θ(x)

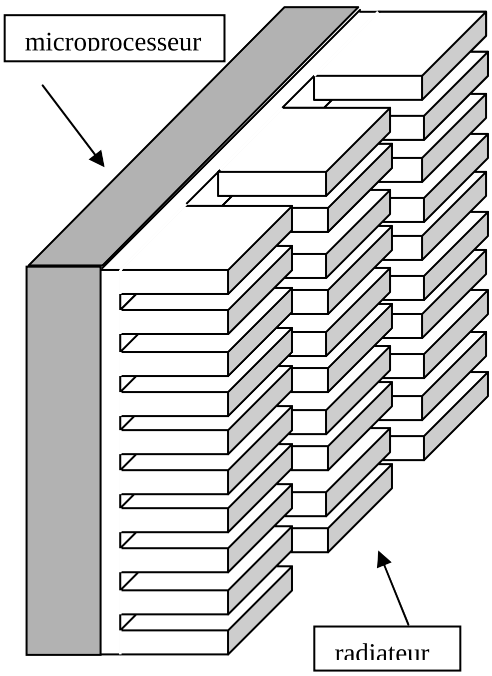
On rappelle que $ch(a-b) = cha \cdot chb - sha \cdot shb$

4)- Application numérique: On donne :

a = 4 mm; b = 1,5 mm; L = 15 mm; T_1 = 60°C; λ = 236 $W.m^{-1}.K^{-1}$; h = 100 $W.m^{-2}.K^{-1}$.

Déterminer la valeur numérique de m, ainsi que la température en L.

5)- Donner l'expression de $\overrightarrow{j_Q}$ en x = 0, et en déduire la puissance surfacique ϕ évacuée à la base de la tige. On définit l'efficacité de la tige par $e = \frac{\phi}{\phi_0}$,où ϕ_0 est la puissance surfacique évacuée dans l'air par la surface ab en l'absence de tige: déterminer l'expression et la valeur numérique de e.



Le radiateur d'un microprocesseur est constitué d'une base faite avec une plaque d'aluminium carrée de 5 cm de côté, sur laquelle sont soudées N = 135 tiges identiques à celle étudiée précédemment, jouant le rôle d'ailettes de refroidissement.

On supposera que les résultats obtenus précédemment sont toujours vrais pour chaque ailette.

Le microprocesseur fournit une puissance thermique de P = 80 W qui doit être évacuée par le radiateur en régime permanent. On admettra que la chaleur ne s'évacue que par l'intermédiaire du radiateur.

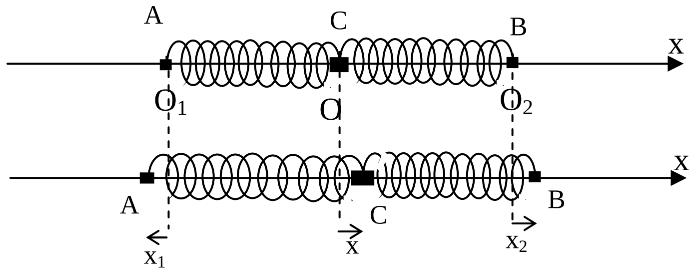
6)- Donner l'expression de la puissance P_e évacuée par le radiateur, en fonction de la surface S de sa base, de a, b, e, N et ϕ_0.

7)- En déduire la nouvelle valeur de T_1, supposée voisine de la température de fonctionnement du microprocesseur en régime permanent.

8)- La valeur élevée de h est due à la présence d'un ventilateur qui assure une convection forcée. Si ce ventilateur s'arrête, la valeur de h est divisée par 10. Quelle serait alors la nouvelle température de fonctionnement du microprocesseur ? Conclure quant à l'utilité d'une sécurité en cas d'échauffement anormal.

PARTIE II : VIBRATIONS D'UNE MOLECULE

Pour étudier certains modes de vibration d'une molécule de dioxyde de carbone, on la modélise de la façon suivante :



Le carbone est représenté par une masse ponctuelle M placée au point C; les deux oxygènes, chacun par une masse m , en A et B de part et d'autre de C sur l'axe des x. C est relié à A et à B par deux ressorts identiques de raideur k, et de longueur au repos a.

On n'envisagera que des déplacements de ces masses sur l'axe des x fixe, et on ne tiendra pas compte des forces de pesanteur.

A l'équilibre, C est à l'origine O de cet axe, A en O_1 à l'abscisse -a et B en O_2 à l'abscisse a.

Le système est abandonné hors équilibre, soustrait à toute force extérieure: à chaque instant, on repère par x l'abscisse de C, $-a + x_1$ celle de A et $a + x_2$ celle de B.

1)- Exprimer en fonction des données les forces qui s'appliquent sur A, B et C. En déduire le système des trois équations différentielles régissant les mouvements du système.

2) Exprimer, en fonction de M, m, x, x_1 et x_2 l'abscisse $\overline{OG}$ du centre d'inertie de l'ensemble. Le système étant isolé, on peut écrire que G reste en O au cours du mouvement: en déduire que les mouvements du système peuvent être décrits par un système de deux équations différentielles en x_1 et x_2 que l'on écrira en fonction de $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{k}{m}}$ et $\omega'_0 = \sqrt{\dfrac{k}{M}}$.

3)- On cherche pour ce système des solutions sinusoïdales de même pulsation ω pour x_1 et x_2. Ecrire, en utilisant la notation complexe le système précédent.

4)- Ecrire la condition pour que le système linéaire et homogène obtenu ait des solutions non nulles en x_1 et x_2. En déduire l'expression des deux pulsations ω_1 et ω_2 pour lesquelles cette condition est réalisée. Exprimer pour chacun de ces deux modes propres x_2 et x en fonction de x_1.

5)- Application numérique : on donne les valeurs numériques suivantes:

raideur du ressort : $k = 1730\ N.m^{-1}$; $a = 0,116$ nm.

Masses molaires : C : 12 g $mole^{-1}$et O : 16 $g.mole^{-1}$

Constante d'Avogadro: $N = 6,02.10^{23}$.

Déterminer les valeurs numériques des pulsations propres ω_1 et ω_2, ainsi que les fréquences correspondantes f_1 et f_2.

6)- Lorsqu'on excite des molécules de dioxyde de carbone par une onde électromagnétique, il y a résonance pour les deux fréquences f_1 et f_2, ce qui se caractérise par une absorption importante pour ces deux fréquences. Déterminer les deux longueurs d'onde dans le vide λ_1 et λ_2 de ces deux fréquences, et dire à quel domaine des ondes électromagnétiques elles appartiennent. On donne la vitesse de la lumière dans le vide: $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$.