EXERCICE : Étude d'un système de refroidissement pour microprocesseur

Sur les microprocesseurs présents dans nos ordinateurs sont montés des dissipateurs thermiques (refroidisseurs passifs ou actifs) qui favorisent l'évacuation de l'énergie thermique produite au niveau des transistors du microprocesseur.
La partie haute du boitier métallique du microprocesseur est recouverte d'une « pâte thermique » permettant un contact thermique de qualité avec le système de dissipation tel que représenté sur le schéma de la **figure 1.**
La partie haute du dissipateur est constituée d'éléments en cuivre et en aluminium. Un ventilateur assure la bonne circulation de l'air dans la structure.
L'ensemble ventilateur-dissipateur est appelé un ventirad et mesure une dizaine de centimètres.

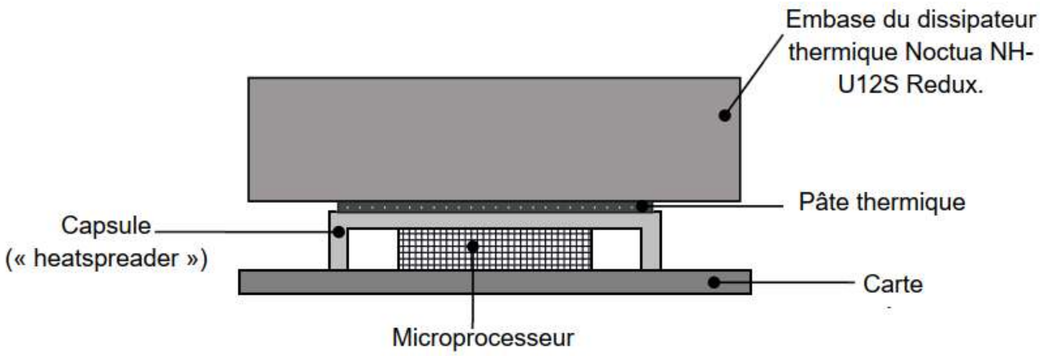

Figure1. Contact thermique entre un microprocesseur Intel core i5 11400F et son dissipateur thermique Noctua NH-U12S Redux.

Données :

− la résistance thermique R_{th} d'une paroi est reliée à l'épaisseur e de la paroi, à son aire S et à la conductivité thermique λ du matériau qui la constitue par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

− conductivité thermique de la pâte thermique Noctua NT-H1 : λ = 3,0 W·m -1·K -1 ;
− dimensions de la capsule en contact avec la pâte thermique : 34,5 mm × 32,0 mm ;
− température de fonctionnement de la capsule du microprocesseur à pleine charge : 72 °C.

La capsule est constituée de cuivre plaqué nickel de très bonne conduction thermique qui permet de considérer la température de la capsule comme homogène sur tout la surface de contact avec la pâte thermique ;
− température de l'embase du ventirad : 60 °C.
− Coefficient de transfert thermique surfacique h = 5,0 W ·m^{-2}·K^{-1}
− Capacité thermique du système { ventirad } : C = 1,25 kJ ·K^{-1}

Dans un premier temps, on étudie la pâte comme siège du transfert thermique.

1. Préciser à l'aide d'un schéma simplifié de la situation le sens du transfert thermique. Justifier. ✱✱

2. On considère que le transfert thermique s'effectue uniquement par conduction au travers de la pâte thermique. La valeur du flux thermique fournie par le constructeur pour le Intel core i5 11400F est de 65 W. Déterminer la valeur de la résistance thermique R_{th} de la pâte thermique. ✱✱ ✱✱

3. En déduire l'épaisseur e de la pâte thermique. Commenter. ✱✱ ✱✱

On s'intéresse désormais à la partie haute du ventirad.

À la suite d'une utilisation intense du microprocesseur, on suppose que le ventirad a une température T homogène de T_0 = T(t=0) = 60 °C (valeur issue du protocole d'essai de Noctua).

La température extérieure T_{air} est supposée constante et égale à 22 °C.

Le flux thermique Φ_{th} associé au transfert thermique entre le système de dissipation à la température T(t) et l'air à la température T_{air} est donné par la loi de Newton :

$$\Phi_{th}(t) = h \times S\,(T_{air} - T(t))$$

avec h le coefficient de transfert thermique surfacique et S la surface d'échange.

4. La vitesse de rotation du ventilateur est asservie à la température du ventirad. Déterminer qualitativement le sens de variation de h lorsque le débit d'air produit par le ventilateur augmente. ✸✸

On souhaite étudier le refroidissement passif du ventirad (microprocesseur et ventilateur éteints) lorsqu'on l'arrête en considérant que la température est homogène sur l'ensemble du dispositif.

5. Montrer, en appliquant le premier principe de la thermodynamique au ventirad, que la température $T(t)$ des éléments de dissipation du ventirad vérifie l'équation différentielle suivante : ✸✸ ✸✸ ✸✸

$$\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{hS}{C}(T(t) - T_{air})$$

avec C , la capacité thermique du dispositif de refroidissement .

6. Par un raisonnement d'homogénéité mené sur l'équation différentielle ci-dessus, déterminer l'unité de la grandeur $\frac{C}{h \times S}$ que l'on nommera τ ✸✸ ✸✸

Calculer la valeur de τ ✸✸

On prendra comme surface celle de la capsule.

La solution de cette équation différentielle est de la forme $T(t) = A \times e^{-\frac{t}{\tau}} + B$. A et B étant des constantes.

7. Exprimer les constantes A et B en fonction de T_{air} et T_0 ✸✸ ✸✸

8. Représenter sur votre copie l'allure de l'évolution de la température des éléments de dissipation du ventirad. On précisera les valeurs de la température initiale et finale. ✸✸ ✸✸

9. En utilisant l'équation différentielle, discuter de l'influence de la grandeur $\frac{C}{h \times S}$ sur la pente à l'origine de la courbe T(t). Proposer une interprétation de la grandeur $\frac{C}{h \times S}$. ✸✸ ✸✸

10. A quel instant t_1, la partie haute du ventirad atteindra la température T_1 = 40°C ✸✸ ✸✸

Total /20