Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

Bac 2022 Métropole (jour 2) **Correction © https://labolycee.org**
Spécialité Sciences de l'Ingénieur **30 minutes**

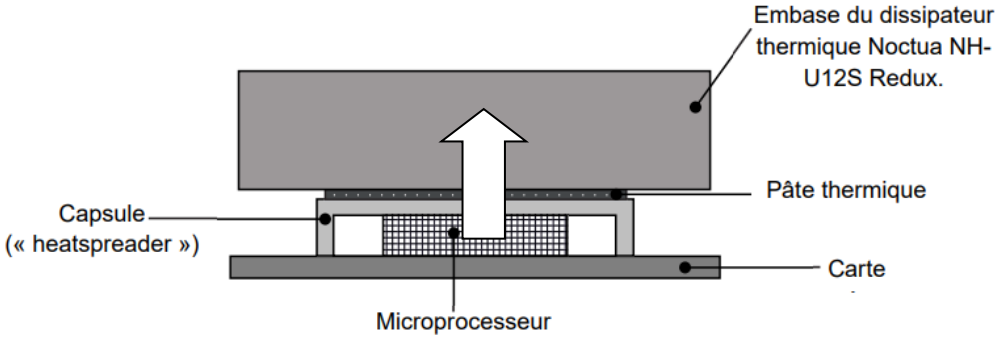
Exercice C – Étude d'un système de refroidissement pour microprocesseur (10 points)

Mots-clés : transferts thermiques ; résistance thermique ; évolution temporelle

Q1. Préciser à l'aide d'un schéma simplifié de la situation le sens du transfert thermique. Justifier.

Le transfert thermique a lieu du corps chaud vers le corps froid.

La pâte est considérée comme étant le siège du transfert thermique, elle reçoit la chaleur cédée par la capsule (« heatspreader ») et la transmet vers l'embase du dissipateur thermique.

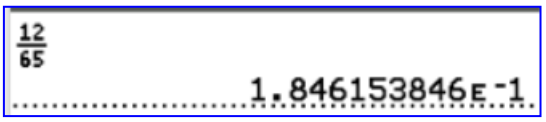


Q2. On considère que le transfert thermique s'effectue uniquement par conduction au travers de la pâte thermique. La valeur du flux thermique fournie par le constructeur pour le Intel core i5 11400F est de 65 W. Déterminer la valeur de la résistance thermique R_{th} de la pâte thermique.

$\Delta T = R_{th} \cdot \Phi$

$R_{th} = \dfrac{\Delta T}{\phi}$

$R_{th} = \dfrac{72-60}{65} = 0{,}18\ \text{K.W}^{-1}$



Q3. En déduire l'épaisseur *e* de la pâte thermique. Commenter.

$R_{th} = \dfrac{e}{\lambda . S}$

$e = R_{th} . \lambda . S$

$e = \dfrac{72-60}{65} \times 3{,}0 \times (34{,}5\times10^{-3} \times 32{,}0\times10^{-3}) = 6{,}1\times10^{-4}$ m = 0,61 mm.

La couche de pâte thermique est très fine, moins d'un millimètre.

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 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* 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.

Q4. 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.

Pour une même surface et un même écart de température ($T_{air} - T(t)$), le flux est plus important lorsque le débit d'air augmente ainsi *h* 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.

Q5. 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 : $\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t) - T_{air}\right)$**.**

avec *C*, la capacité thermique du dispositif de refroidissement.

Le système {ventirad} est au repos macroscopique (son énergie mécanique ne varie pas) ; le 1er principe de la thermodynamique donne $\Delta U = W + Q$ ici $W = 0$ (pas d'échanges sous forme de travail) donc $\Delta U = Q$

Or $\Delta U = C.(T(t+\Delta t) - T(t)) = C.\Delta T$ (1)

Par ailleurs on a $\phi = \frac{Q}{\Delta t}$, soit $Q = \phi.\Delta t$ et la loi de Newton donne : $\Phi_{th}(t) = h.S.(T_{air} - T(t))$

$$Q = h.S.(T_{air} - T(t)).\Delta t \quad (2)$$

En égalant les deux expressions (1) et (2) de Q : $C.\Delta T = h.S.(T_{air} - T(t)).\Delta t$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = \frac{h.S}{C}.\left(T_{air} - T(t)\right)$$

$$\Leftrightarrow \frac{\Delta T}{\Delta t} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t) - T_{air}\right)$$

En faisant tendre Δt vers 0, on obtient $\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t) - T_{air}\right)$

Q6. Par un raisonnement d'homogénéité mené sur l'équation différentielle ci-dessus, déterminer l'unité de la grandeur $\frac{C}{h.S}$**.**

$$\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t) - T_{air}\right)$$

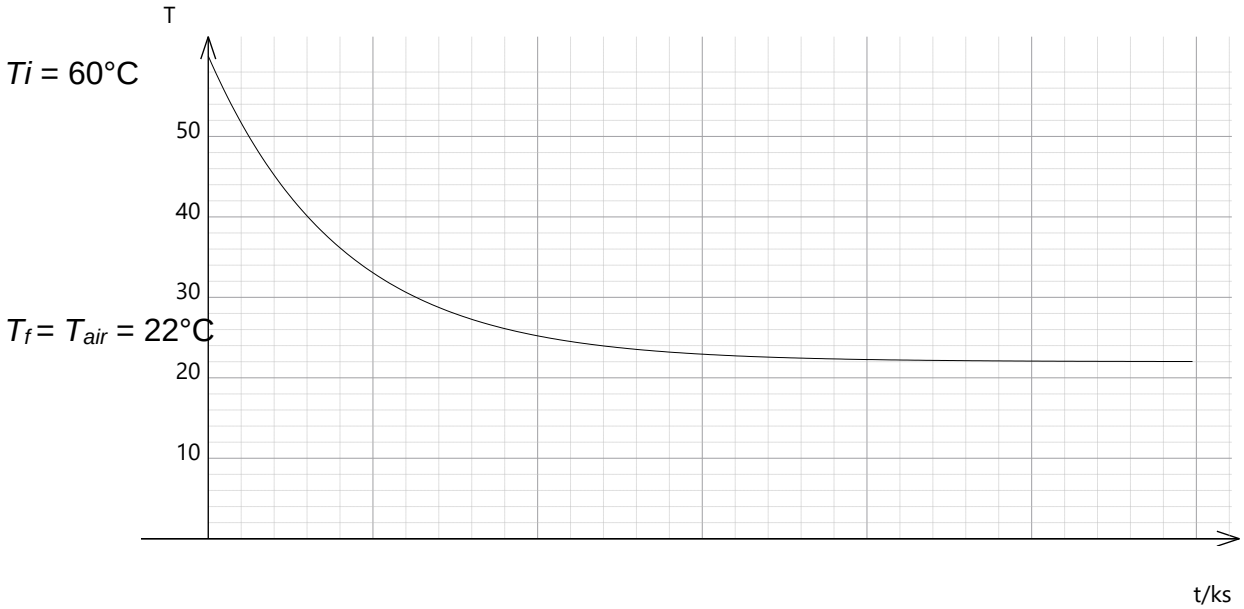
$$\frac{dT(t)}{dt}.\frac{C}{h.S} = -\left(T(t) - T_{air}\right)$$

$$\frac{C}{h.S} = -\frac{\left(T(t) - T_{air}\right)}{\frac{dT(t)}{dt}} = -\left(T(t) - T_{air}\right) \times \frac{dt}{dT(t)} = -\frac{\left(T(t) - T_{air}\right)}{dT(t)} \times dt$$

$\left(T(t) - T_{air}\right)$ tout comme $dT(t)$ sont des différences de température exprimées en Kelvins.

Alors $\frac{C}{h.S}$ a la même dimension que dt, $\frac{C}{h.S}$ est homogène à une durée exprimée en secondes.

Q7. 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.



Q8. En utilisant l'équation différentielle, discuter de l'influence de la grandeur $\frac{C}{h.S}$ sur la pente à l'origine de la courbe *T*(*t*). Proposer une interprétation de la grandeur $\frac{C}{h.S}$.

$$\frac{dT(t)}{dt} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t) - T_{air}\right)$$

La pente à l'origine est égale à $\left(\frac{dT(t)}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{h.S}{C}.\left(T(t=0) - T_{air}\right)$

$$\left(\frac{dT(t)}{dt}\right)_{t=0} = -\frac{1}{\frac{C}{h.S}}.\left(T(t=0) - T_{air}\right)$$

Plus $\frac{C}{h.S}$ est petit et plus la pente à l'origine $\left(\frac{dT(t)}{dt}\right)_{t=0}$ est fortement négative.

La température décroit plus rapidement quand $\frac{C}{h.S}$ est petit.

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.