

**CLASSE** : Terminale

**EXERCICE A** : au choix du candidat (5 points)

**VOIE** : ☒ Générale

**ENSEIGNEMENT** : physique-chimie

**DURÉE DE L'ÉPREUVE** : 0h53

**CALCULATRICE AUTORISÉE** : ☒ Oui sans mémoire, « type collège »

**EXERCICE C : LA CONGELATION DE L'EAU (5 points) au choix du candidat**

**1.**

Un transfert thermique s'effectue toujours d'un corps chaud vers un corps froid.

Ainsi le transfert s'effectue de l'eau vers l'air du congélateur.

Lorsqu'un système reçoit de l'énergie elle est comptée positivement et lorsqu'il cède de l'énergie elle est comptée négativement. Le système cède de l'énergie, ainsi  $Q$  est négatif.

**2.**

Phase b : l'eau passe de l'état liquide à l'état solide. Le système cède de l'énergie pour ce changement d'état, c'est donc une transformation exothermique.

**3.**

$$\Delta U = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta T$$

**4.**

L'air prélevant de l'énergie à l'eau :

$$Q_r = \Delta U = m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta T$$

$$Q_r = 150 \cdot 10^{-3} \times 4185 \times (0 - 23,0)$$

$$Q_r = -1,44 \cdot 10^4 \text{ J}$$

$$Q_r = -14,4 \text{ KJ}$$

**5.**

$$P = \frac{|Q_r|}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{|Q_r|}{P}$$

$$\Delta t = \frac{1,44 \cdot 10^4}{40}$$

$$\Delta t = 360 \text{ s} = 6 \text{ min}$$

**6.**

Le flux thermique n'est pas constant. Il diminue au cours du temps.

La puissance du congélateur  $P=40\text{W}$  est plus utilisée au début lorsque  $\phi(T_a) = -38 \text{ W}$  qu'à la fin lorsque  $\phi(T_s) = -17 \text{ W}$ .

Ce modèle prend en compte le fait que la puissance du système de refroidissement du congélateur ne soit pas constante mais décroissante.

Il pourrait expliquer pourquoi il faut un temps plus grand que celui trouvé lors de la première estimation.

**7.**

$$\phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

$$Q = \phi \times \Delta t$$

**8.**

$$dU = dQ$$

$$\frac{dU}{dt} = \frac{dQ}{dt}$$

$$\frac{dU}{dt} = \phi$$

$$\frac{d(m \cdot c_{\text{eau}} \cdot \Delta T)}{dt} = -hS(T - T_{\text{th}})$$

$$m \cdot c_{\text{eau}} \frac{d(T)}{dt} = -hS(T - T_{\text{th}})$$

$$\frac{d(T)}{dt} = -\frac{hS}{m \cdot c_{\text{eau}}} (T - T_{\text{th}})$$

$$\frac{d(T)}{dt} = -r(T - T_{\text{th}})$$

$$\text{Avec : } r = \frac{hS}{m \cdot c_{\text{eau}}}$$

Analyse dimensionnelle :

$$[r] = \frac{[hS]}{[m] \cdot [c_{\text{eau}}]}$$

$$[r] = \frac{\text{W} \cdot \text{K}^{-1}}{\text{Kg} \cdot \text{J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{Kg}^{-1}}$$

$$[r] = \frac{\text{W}}{\text{J}}$$

$$[r] = \frac{\text{J} \cdot \text{s}^{-1}}{\text{J}}$$

$$[r] = \text{s}^{-1}$$

Application numérique :

$$r = \frac{hS}{m \cdot c_{\text{eau}}}$$

$$r = \frac{0,92}{150 \cdot 10^{-3} \times 4185}$$

$$r = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{s}^{-1}$$

**9.**

$$T(t) = (T_a - T_{\text{th}})e^{-rt} + T_{\text{th}}$$

$$(T_a - T_{\text{th}})e^{-rt} + T_{\text{th}} = T(t)$$

$$(T_a - T_{\text{th}})e^{-rt} = T(t) - T_{\text{th}}$$

$$e^{-rt} = \frac{T(t) - T_{\text{th}}}{T_a - T_{\text{th}}}$$

$$\ln(e^{-rt}) = \ln\left(\frac{T(t) - T_{th}}{T_a - T_{th}}\right)$$

$$-rt = \ln\left(\frac{T(t) - T_{th}}{T_a - T_{th}}\right)$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{T(t) - T_{th}}{T_a - T_{th}}\right)}{-r}$$

$$t = \frac{\ln\left(\frac{0 - (-18,0)}{23,0 - (-18,0)}\right)}{-1,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$t = 5,5 \cdot 10^2 \text{ s} = 9 \text{ min}$$

qui est la durée nécessaire pour refroidir l'eau liquide lors de la première phase du processus (phase a).  
Or, d'après le texte : « le même raisonnement conduit à estimer que la durée nécessaire pour que toute l'eau soit transformée en glace est de 1250 secondes soit environ 21 minutes »

Le temps global pour tout le processus :  $t = 9 \text{ min} + 21 \text{ min} = 30 \text{ min}$

Le temps trouvé est supérieur à celui de la première étude mais cependant loin du temps expérimental qui est de l'ordre d'une heure.