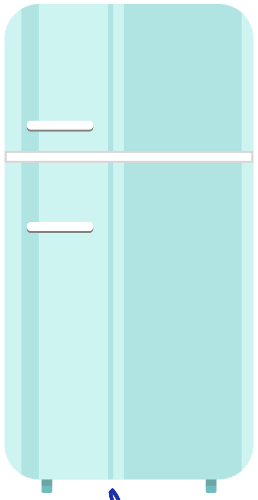
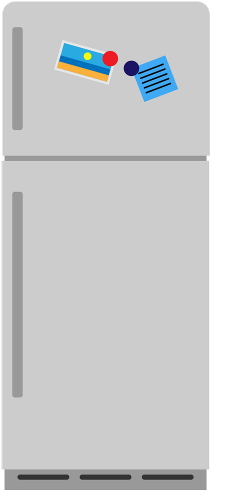


Réfrigérateur



Partie A

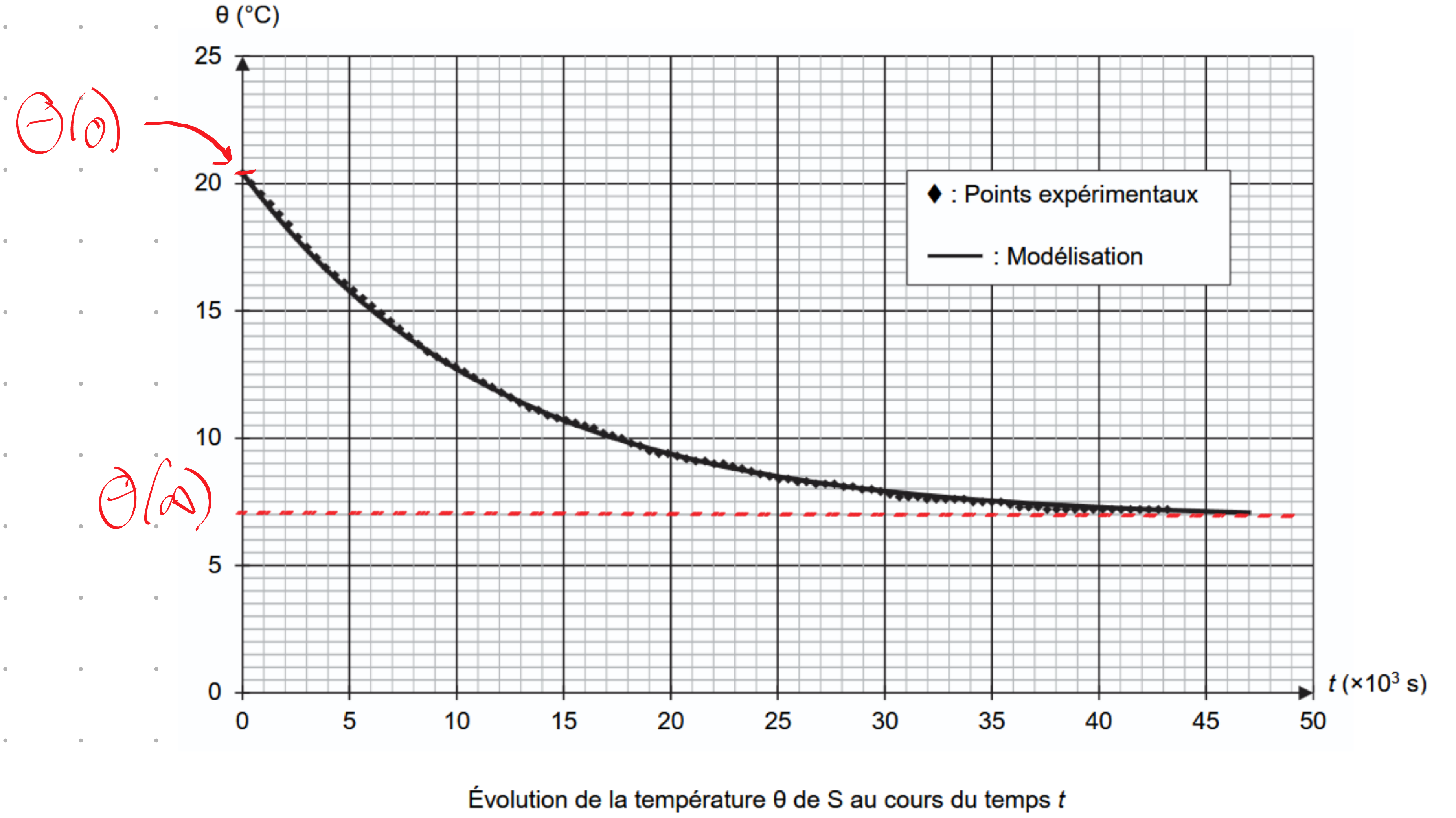
Q1. La convection est un mode de transfert thermique ayant lieu dans les fluides. Il se fait par transport de matière par des mouvements d'ensemble au sein du fluide.

Q2. On peut supposer que la température initiale $\theta(0)$ de la bouteille est supérieure à celle du frigo ($\theta(0) > \theta_{refri}$). Le transfert thermique Q se fera alors de la bouteille vers l'air du frigo (du système chaud au système froid).

Et en effet, le flux thermique $\Phi = \alpha(\theta_{refri} - \theta(t))$ sera alors bien négatif et donc "sortant" du système S.

Q3. $\theta(0) = A \times e^{-\frac{0}{\tau}} + B = A + B$

$$\lim_{t \to \infty} \theta(t) = B \quad \left(\text{car } \lim_{t \to \infty} e^{-t/\tau} = 0\right)$$



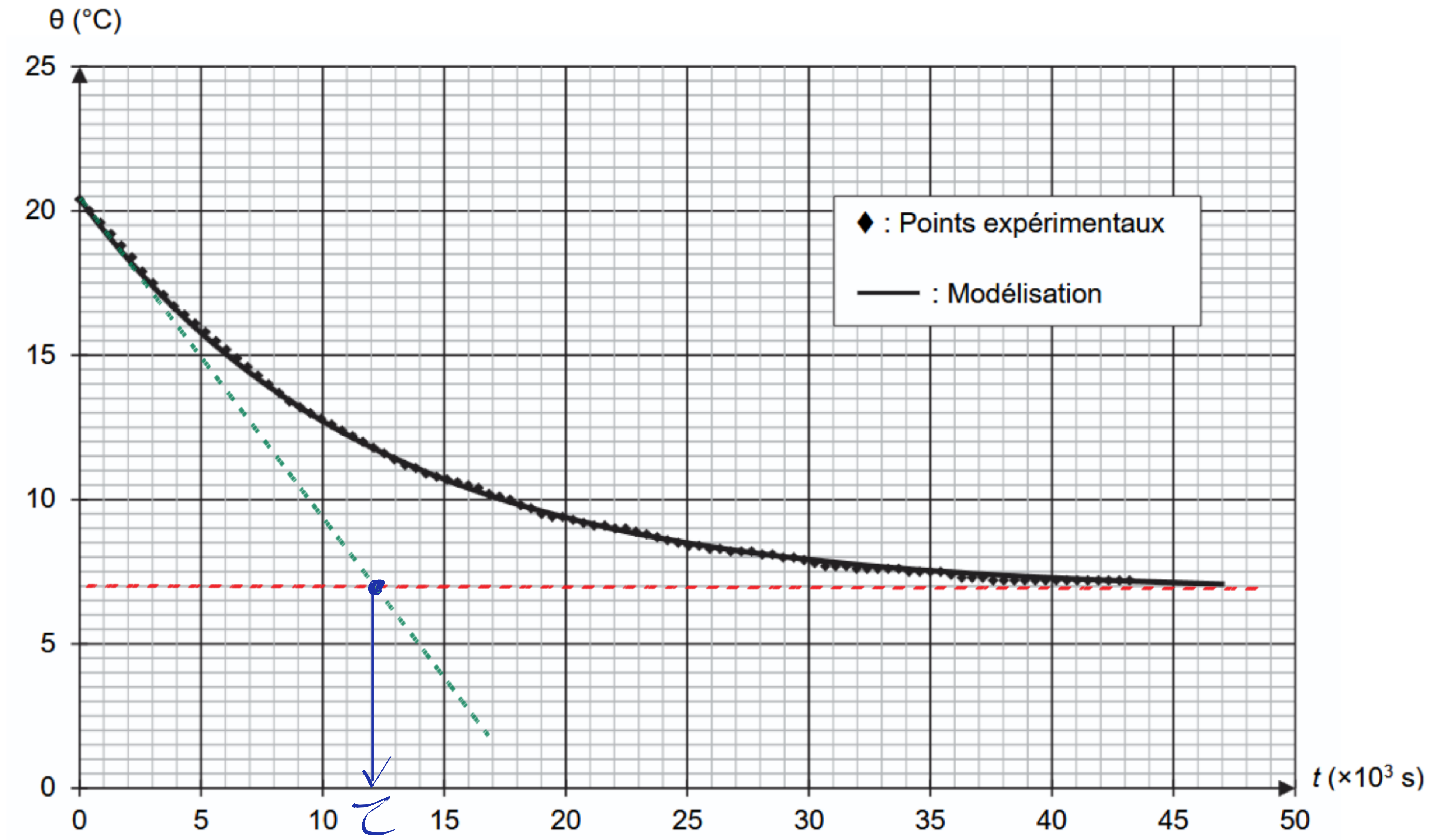
Évolution de la température θ de S au cours du temps t

On lit sur le graphique de l'annexe :

$$\theta(0) = 20{,}5\,°C$$
$$\theta(\infty) = 7{,}0\,°C$$

$$\Rightarrow \begin{cases} B = 7{,}0\,°C \\ A + B = A + 7{,}0 = 20{,}5 \Rightarrow A = 13{,}5\,°C \end{cases}$$

Q4.



Évolution de la température θ de S au cours du temps *t*

Par construction graphique, $\tau \simeq 12 \times 10^3\,s$.

Q5. • Premier principe de la thermodynamique appliqué au système S entre les instants t et $t + \Delta t$:

$$\Delta(E_m + U) = W + Q$$

Ici, $E_m = 0$ car le système est immobile
et $W = 0$ car il n'y a pas échange de travail avec l'extérieur.

$$\Rightarrow \Delta U = Q$$

- D'autre part, comme le système est incompressible :

$$\Delta U = m \times c_s \times \Delta\theta$$
$$= \rho_s \times V_s \times c_s \times \Delta\theta$$

Où $\Delta\theta = \theta(t+\Delta t) - \theta(t)$

- Enfin, le transfert thermique est lié au flux thermique, lui-même donné par la loi phénoménologique de Newton :

$$Q = \Phi \times \Delta t$$
$$= \alpha \times (\theta_{refri} - \theta(t)) \times \Delta t$$

Finalement :

$$\rho_s V_s c_s \Delta\theta = \alpha\left(\theta_{refri} - \theta(t)\right)\Delta t$$

$$\Rightarrow \Delta\theta = \boxed{\theta(t+\Delta t) - \theta(t) = \frac{\alpha}{\rho_s V_s c_s}\left(\theta_{refri} - \theta(t)\right)\Delta t}$$

On peut checker que ça a la bonne tête par rapport à l'équation différentielle donnée dans l'énoncé :

$$\frac{\theta(t+\Delta t) - \theta(t)}{\Delta t} = \frac{\theta_{refri}}{\tau} - \frac{\theta(t)}{\tau}$$

avec $\tau = \dfrac{\rho_s V_s c_s}{\alpha}$

et $\lim_{\Delta t \to 0} \frac{\theta(t+\Delta t)-\theta(t)}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt}$ par définition de la fonction dérivée.

Q6. $\theta(t_{idéale}) = \theta_{ideale}$

$\Leftrightarrow (\theta_0 - \theta_{refri}) \times e^{-\frac{t_{ideale}}{\tau}} + \theta_{refri} = \theta_{ideale}$

$\Leftrightarrow (\theta_0 - \theta_{refri}) \times e^{-\frac{t_{ideale}}{\tau}} = \theta_{ideale} - \theta_{refri}$

$\Leftrightarrow e^{-\frac{t_{ideale}}{\tau}} = \frac{\theta_{ideale} - \theta_{refri}}{\theta_0 - \theta_{refri}}$ on passe au ln

$\Leftrightarrow -\frac{t_{ideale}}{\tau} = \ln\left(\frac{\theta_{ideale} - \theta_{refri}}{\theta_0 - \theta_{refri}}\right)$

$\Leftrightarrow t_{ideale} = -\tau \times \ln\left(\frac{\theta_{ideale} - \theta_{refri}}{\theta_0 - \theta_{refri}}\right)$

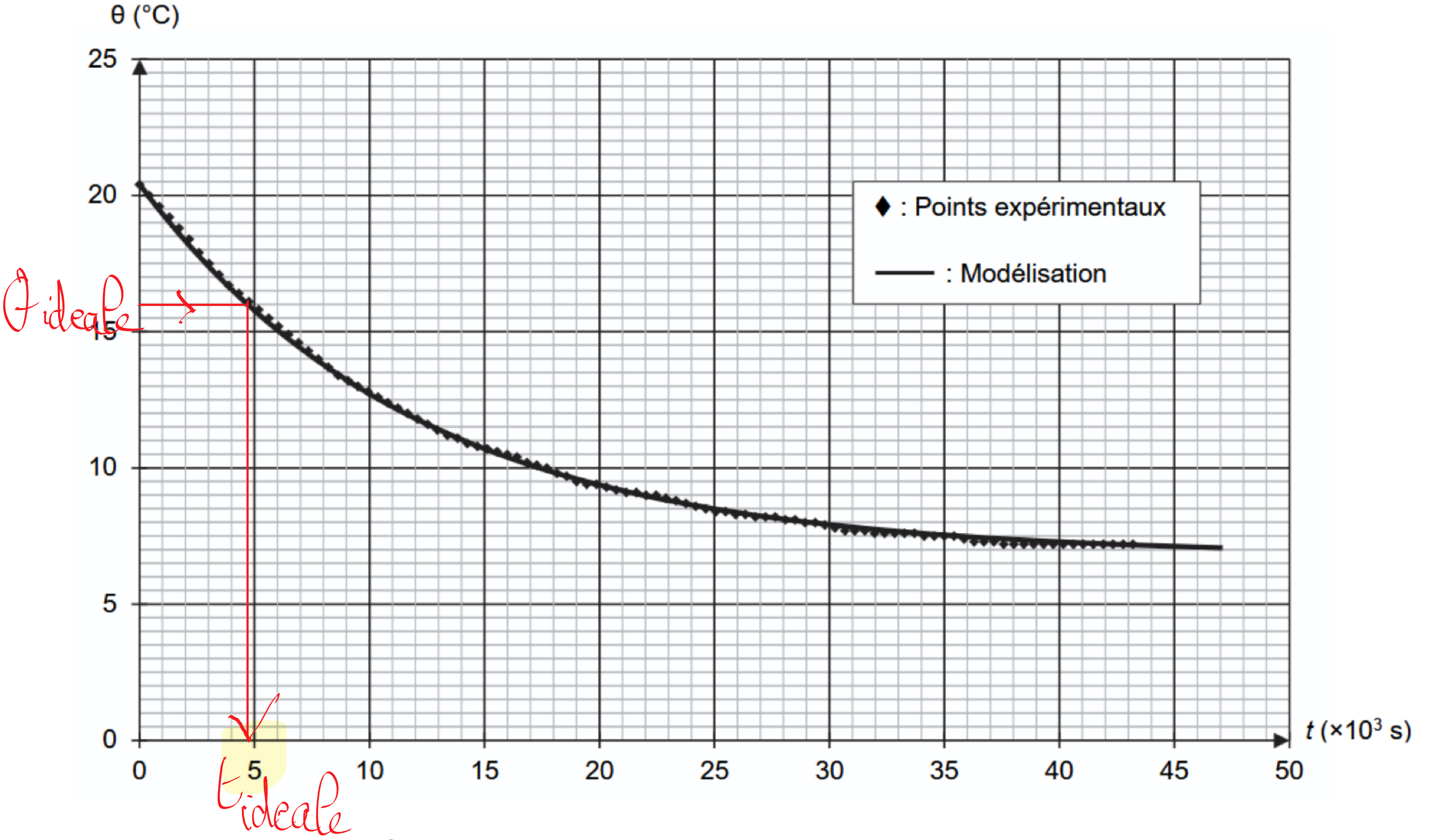
$\Leftrightarrow \boxed{t_{ideale} = \tau \times \ln\left(\frac{\theta_0 - \theta_{refri}}{\theta_{ideale} - \theta_{refri}}\right)}$ $-\ln\frac{a}{b} = \ln\frac{b}{a}$

Q7.

$t_{ideale} = \frac{1{,}00 \times 1{,}5 \times 4{,}18 \times 10^3}{0{,}50} \times \ln\left(\frac{20{,}4 - 6{,}8}{16 - 6{,}8}\right)$

$= 4{,}9 \times 10^3 \text{ s}$

Vérification graphique :



Évolution de la température θ de S au cours du temps *t*

On trouve bien une durée compatible.

Partie B

Q8. Si le système n'échange pas de matière avec l'extérieur, sa quantité de matière n est cste. De plus, le frigo est supposé indéformable $\Rightarrow V = cst$.

Or d'après la loi des gaz parfaits :

$$PV = nRT \Rightarrow \frac{P}{T} = \frac{\overset{cste}{n}\,\overset{cste}{R}}{\underset{cst}{V}}$$

Le quotient $\frac{P}{T}$ peut bien être considéré comme constant.

Q9. Par constance du quotient :

$$\frac{P_{finale}}{T_{finale}} = \frac{P_0}{T_0} = \frac{P_{amb}}{T_{amb}}$$

$$\Rightarrow \boxed{P_{finale} = T_{finale} \times \frac{P_{amb}}{T_{amb}}}$$

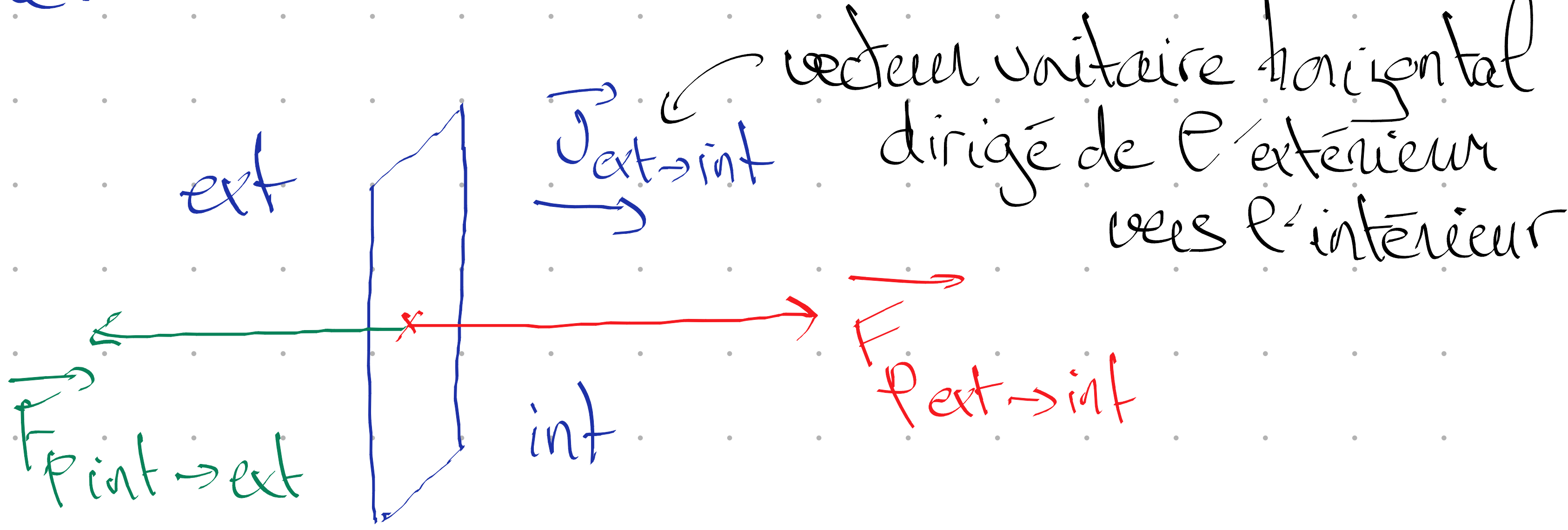
$$P_{finale} = 277 \times \frac{1009{,}1 \times 10^2}{293}$$

$$= \boxed{9{,}54 \times 10^5 \text{ Pa}}$$

Q10. On peut supposer que le système n'est pas réellement fermé ; il y a échange d'air entre l'intérieur et l'extérieur du frigo.

Q11. Après $\Delta t = 3$ s, on voit que la pression de l'air dans le réfrigérateur a chuté d'environ 55 Pa par rapport à la pression extérieure. La force pressante de l'extérieur vers l'intérieur de la porte devient plus grande que celle de l'intérieur vers l'extérieur rendant l'ouverture plus difficile.

Q12.



Résultante :

$$\overrightarrow{F}_{p\,int \to ext} + \overrightarrow{F}_{p\,ext \to int}$$

$$= P_{amb} \times S_{plaque} \times \overrightarrow{u}_{ext \to int} - P_{int} \times S_{plaque} \times \overrightarrow{u}_{ext \to int}$$

$$= S_{plaque} \times (\underbrace{P_{amb} - P_{int}}_{> 0})\ \overrightarrow{u}_{ext \to int}$$

La résultante des forces pressantes sur la plaque est donc :

- horizontale
- dirigée de l'extérieur vers l'intérieur
- de norme :

$$S_{plaque} \times (P_{amb} - P_{int})$$
$$\simeq 1,2 \times 55$$
$$\simeq 66\ N$$

La résultante des forces est donc équivalente au poids d'une masse de 6,7 kg.

Rq : on n'a pas évoqué les forces de pression sur les tranches de la porte.

Mais d'une part elles sont chacune faibles car la plaque est fine et surtout, elles s'annulent deux à deux car on peut supposer la même pression en haut et en bas ainsi qu'à gauche et à droite de la plaque.