Extrait 7 : (1)

Q11. - conduction
- convection
- rayonnement

Q12. $\Delta U_{pilote} = \overset{=0}{W} + Q$

$\Delta U_{pilote} = Q$

Q13. $\underset{W}{\phi} = \frac{Q \,(J)}{\Delta t \,(s)}$ $\phi < 0$ car perte d'énergie du système étudié

Q14 $\phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{\Delta U_{pilote}}{\Delta t} = \frac{C \times \Delta T}{\Delta t}$

Q15. $\Delta T = \frac{\phi \times \Delta t}{C} = \frac{-4{,}6 \times 10^3 \times 10 \times 60}{347 \times 10^3} = -8{,}0\,°C$ or $\Delta T = T_{final} - T_{ini}$

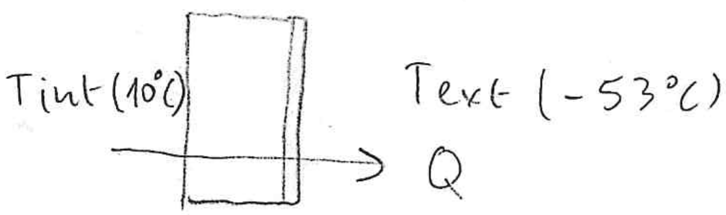
$T_{final} = \Delta T + T_{ini}$

$= -8{,}0 + 37 = 29\,°C$

Q16. le pilote n'est pas un corps inerte ; des réactions chimiques à l'intérieur du corps réchauffent le corps.

Extrait 8 : (2)

1.



le transfert thermique s'effectue du corps chaud (10°C) vers l'atmosphère froide (-53°C)

. Il s'agit de la conduction $\left(\phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} \Rightarrow R_{th} = \frac{\Delta T \,(K)}{\phi \,(W)}\right.$

. $R_{th,alu} = \frac{l_{alu}}{\lambda_{alu} \times \underset{L \times l}{S_{alu}}} = \frac{0{,}85 \times 10^{-2}}{237 \times 0{,}40 \times 0{,}15} = 6{,}0 \times 10^{-4}\ K.W^{-1}$

$= 6{,}0 \times 10^{-4}\ K.W^{-1}$

4. $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{10-(-53)}{6{,}0\times10^{-4}} = 1{,}1\times10^{5}\ W$

5. $R_{aerogel} = \frac{e_{aérogel}}{\lambda_{aerogel}\times S_{aerogel}} = \frac{3{,}5\times10^{-2}}{0{,}0015\times0{,}40\times0{,}15} = 3{,}9\times10^{2}\ K/W$

6. $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th\ total}} = \frac{10-(-53)}{6{,}0\times10^{-4}+3{,}9\times10^{2}} = 0{,}16\ W$

7. $\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}} = \frac{\Delta T}{\frac{e}{\lambda\times S}} = \frac{\Delta T\times\lambda\times S}{e}$

donc si S double alors Φ double

donc si e double alors Φ est divisé par deux.

Exercice 9 :

5. $\Phi = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{-30\times10^{3}}{920} = -33\ W$

6. Plus $\Delta\theta \nearrow$, plus le flux thermique Φ / le transfert thermique Q entre le système et le thermostat (air du congélateur) augmente (les "déperditions thermiques" augmentent)

. Loi de Newton : $\Phi = h.S.(\theta_{th}-\theta)$ avec $h = cst$ et $S = cst$

donc le graphe représentant Φ en fonction de $\theta_{th}-\theta$ est une fonction linéaire de coefficient directeur $h\times S$.

$a = \frac{\Phi_A}{(\theta_{th}-\theta)_A} = \frac{-40}{-38}$ ← (ne pas prendre d'échelle car la droite tracée n'est pas précise)

$a = 1{,}1\ W/K$

: $a = h \times S$

$h = \frac{a}{S} = \frac{1,1}{3,1\times10^{-2}} = 35\ W.K^{-1}.m^{-2} \in [5 ; 50]$ donc cohérent.

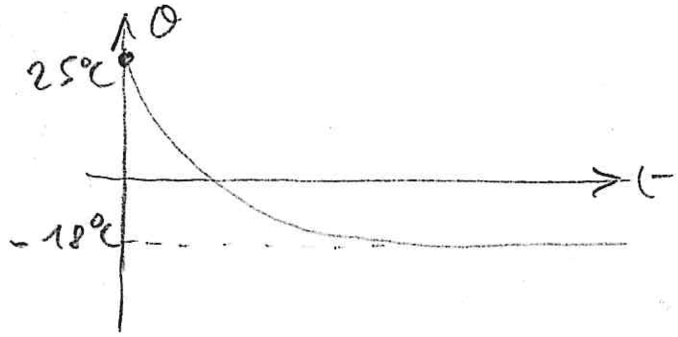
7.

$\theta(t) = (\theta_i - \theta_{th})\, e^{-\frac{hS}{C}\times t} + \theta_{th}$

à $t=0$: $\theta(0) = (\theta_i - \theta_{th})\, e^{0} + \theta_{th} = \theta_i = 25°C$

à $t\infty$: $\theta(t\infty) = (\theta - \theta_{th})\, \underbrace{e^{-\infty}}_{=0} + \theta_{th} = \theta_{th} = -18°C$

$\theta(t)$ est une fonction exponentielle décroissante :



$\theta(t) = (\theta_i - \theta_{th})\, e^{-\frac{hS}{C}t} + \theta_{th} = \underbrace{(\theta_i - \theta_{th})\, e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{th}}_{\text{avec } \boxed{\frac{1}{\tau} = \frac{hS}{C}}}$

donc $\tau = \frac{C}{h\times S} = \frac{C}{a} = \frac{1,50\times10^{3}}{1,1} = 1,4\times10^{3}\,s$

---

xercice 10:

Q4. $\Delta U_{fer} = \underbrace{W}_{=0} + Q$ (pas de déplacement de force)

$m_{fer} \times C_{fer} \times \Delta\theta = Q$

$m_{fer} \times C_{fer} \times \Delta\theta = \phi \times \Delta t \quad \left(\phi = \frac{Q}{\Delta t} \right)$

$m_{fer} \times C_{fer} \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = h \times S(\theta_{ext} - \theta)$

$\Delta t \to 0$: $m_{fer} \times C_{fer} \frac{d\theta}{dt} = h\,S(\theta_{ext} - \theta)$

$$m_{fer} \times C_{fer} \times \frac{d\theta}{dt} = hS\theta_{ext} - hS\theta$$

$$m_{fer} \times C_{fer} \times \frac{d\theta}{dt} + hS \times \theta = h \times S\,\theta_{ext}$$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{hS}{m_{fer} \times C_{fer}} \times \theta = \frac{h \times S \times}{m_{fer} \times C_{fer}} \times \theta_{ext}$$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = \frac{\theta_{ext}}{\tau} \quad \text{avec} \quad \frac{1}{\tau} = \frac{hS}{m_{fer} \times C_{fer}}$$

Q5. $\frac{d\theta}{dt} = -\frac{1}{\tau}(\theta_0 - \theta_{ext}) \times e^{-\frac{t}{\tau}}$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{\theta}{\tau} = -\frac{1}{\tau}(\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{\tau}\left((\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{ext}\right)$$

$$= \cancel{-\frac{1}{\tau}(\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}}} + \cancel{\frac{1}{\tau}(\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}}} + \frac{\theta_{ext}}{\tau}$$

$$= \frac{\theta_{ext}}{\tau}$$ CQFD

Q6.
durée étudiée : $t_1 = 1$ minute $+ 1$ minute $+ \underbrace{\text{quelques secondes}}_{10\,s}$

$\simeq 130\,s$

$$\theta(t_1) = (\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t_1}{\tau}} + \theta_{Ext}$$
$$= (900 - 15)e^{-\frac{130}{880}} + 15$$
$= 778\ °C$ ← température très chaude qui brûle corne

Q7. $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{ext})e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{ext}$

dans ce cas :
$\theta_0 = 600°C$
$\theta_{ext} = 15°C$

- $\tau = \frac{m_{fer} \times C_{fer}}{\underline{h_{eau}} \times S}$ — $J.\underline{kg}^{-1}.K^{-1}$ — $\underline{kg}$; $W.\underline{m}^{-2}.K^{-1}$ — $\underline{m^2}$
- $m_{fer} = \rho_{fer} \times V_{fer} = 7{,}87 \times 104 = 818\,g = 0{,}818\,kg$ (g/cm^3 ; cm^3)

5

$S = 293\ cm^2 = 293\ (10^{-2} m)^2 = 293 \times 10^{-4}\ m^2$

donc $\tau = \dfrac{0{,}818 \times 440}{360 \times 293 \times 10^{-4}} = 34{,}1\ s$

• $\theta(t) = (\theta_0 - \theta_{ext})\, e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{ext}$

$\theta(t) = (600 - 15) \times e^{-\frac{t}{34{,}1}} + 15$

$\theta(t) = 585 \times e^{-\frac{t}{34{,}1}} + 15$

• On cherche t_{finale}, date à laquelle $\underset{\theta(t_f)}{\underline{\theta(t)}} = 40°C$

$t_{finale} \leftarrow t_f$

$\theta(t_f) = 585 \times e^{-\frac{t_f}{34{,}1}} + 15$

$40 = 585 \times e^{-\frac{t_f}{34{,}1}} + 15$

$40 - 15 = 585 \times e^{-\frac{t_f}{34{,}1}}$

$\dfrac{25}{585} = e^{-\frac{t_f}{34{,}1}}$

$\ln \dfrac{25}{585} = -\dfrac{t_f}{34{,}1} \Rightarrow \boxed{t_f = -34{,}1 \times \ln \dfrac{25{,}0}{585} = 108\ s}$

$-\ln \dfrac{25}{585} = \dfrac{t_f}{34{,}1}$

$\ln \dfrac{585}{25} = \dfrac{t_f}{34{,}1}$

$t_f = 34{,}1 \times \ln \dfrac{585}{25} = 108\ s$

28. • $20\ s << 108\ s \Rightarrow$ la fonction $\theta(t)$ ne décrit pas la réalité $\Rightarrow$ loi de Newton : pas adapté à ce cas.

• le forgeron doit sans doute agiter l'eau, ce qui n'est pas pris en compte dans le modèle.

Exercice 11 :

Q1. $R_{th\,verre} = \dfrac{e_{verre}}{S_F \times \lambda_{verre}} = \dfrac{4{,}0\times10^{-3}}{3{,}0 \times 1{,}1} = 1{,}8\times10^{-3}\ K.W^{-1}$

Q2. $R_{th\,argon} = 0{,}33\ K\,W^{-1}$

$R_{th\,argon} > R_{th\,verre} \Rightarrow$ L'argon isole davantage que le verre. L'argon "résiste" mieux aux pertes thermique que le verre.

Q3. conduction, convection, rayonnement

Q4. $\Phi_{fenêtre} = \dfrac{\theta_{chaud} - \theta_{froid}}{R_{th\,fenêtre}} = \dfrac{\theta_{chaud} - \theta_{froid}}{R_{th\,argon}}$

$14 \Leftarrow \underline{\underline{2\ CS}}$

$\Phi_{fenêtre} = \dfrac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_{th\,argon}} = \dfrac{19 - 5}{0{,}33} = 42\ W$

Q5. $\Phi_{total} = \Phi_{bois} + \Phi_{Fenêtre}$

$= 1{,}8\times10^{2} + 42 = 2{,}2\times10^{2}\ W$

Q6. $\Delta U_{air} = W + Q$

radiateur $\xrightarrow[Q_2]{Q_{apporté}}$ air de la pièce $\xrightarrow[-Q_1]{Q_{perte}}$ air extérieur

!! énoncé $\boxed{Q_1 > 0}$!

Donc $\Delta U_{air} = -Q_1 + Q_2$

Or la température de la pièce est constante donc l'énergie interne de l'air de la pièce est constante donc ΔU air $= 0$

d'où $0 = -Q_1 + Q_2$

$$\boxed{Q_1 = Q_2}$$

Q7. • $\phi_{total} = \dfrac{Q_1}{\Delta t}$ (valeur obtenue pour $\theta_{ext} = 5$ et $\theta_{int} = 19°C$ (questions précédentes))

$Q_1 = \phi_{total} \times \Delta t$

$\phi_1 = 2,2 \times 10^2 \times (6 \times 30 \times 24 \times 3600) = 3,5 \times 10^9$ J

or $Q_2 = Q_1$

donc $Q_2 = 3,5 \times 10^9$ J transfert thermique apporté par le radiateur

• Comparaison avec les normes :

1 kWh $\longleftrightarrow 3,6 \times 10^6$ J

Q_2 kWh $\longleftrightarrow 3,5 \times 10^9$ J

$Q_2 = \dfrac{3,5 \times 10^9}{3,6 \times 10^6} = 9,6 \times 10^2$ kWh pour toute la construction, soit $82\,m^2$.

Bilan : Energie par m^2 : $\dfrac{9,6 \times 10^2}{82} = 12$ kWh/m^2

$5 < 12 < 50$ kWh/m^2

nouvelle norme

ancienne norme

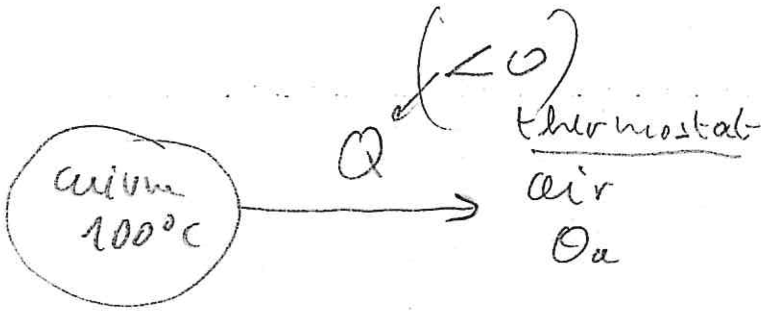
conclusion : → ......

Construction aux normes pour l'ancienne norme mais pas pour la nouvelle norme.

Exercice 12 :

1.

Transfert thermique du corps chaud vers le corps froid.



2. $$\Delta U_{cuivre} = \underbrace{W}_{0} + Q$$

$$m_{cuivre} \times c_{cuivre} \times \Delta\theta = Q$$

3. $$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$$

4. $$\Phi = h \times S \times (\theta_{th} - \theta(t))$$

$$\frac{Q}{\Delta t} = h \times S \times (\theta_{th} - \theta(t))$$

$$\frac{m_{cuivre} \times c_{cuivre} \times \Delta\theta}{\Delta t} = h \times S \times (\theta_{th} - \theta)$$

5. $$m_{cu} \times c_{cu} \times \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = h \times S \times \theta_{th} - h \times S \times \theta$$

$\Delta t \to 0$ donc :

$$m_{cu} \times c_{cu} \times \frac{d\theta}{dt} = h \times S \times \theta_{th} - h \times S\,\theta$$

$\tau = \dfrac{m_{cu} \times c_{cu}}{h \times S}$ c_{cu}: $J.kg^{-1}K^{-1}$; h: $W\,m^{-2}K^{-1}$

rq: $S = 22\ cm^2$

$S = 22 \times (10^{-2}m)^2$

$S = 22 \times 10^{-4}\ m^2$

$\tau = \dfrac{44{,}8 \times 10^{-3} \times 385}{10 \times 22 \times 10^{-4}} = 7{,}8 \times 10^2\ s = (784\ s)$

* Bilan :

$\theta(t) = (\theta_a - \theta_{th}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{th}$

$\theta(t) = (20{,}5 - 100{,}0)\, e^{-\frac{t}{784}} + 100{,}0$

$\boxed{\theta(t) = 100 - 79{,}5 \times e^{-\frac{t}{784}}}$

8. $\theta(t_1) = 99°C = 100 - 79{,}5 \times e^{-\frac{t_1}{784}}$

$99 - 100 = -79{,}5 \times e^{-\frac{t_1}{784}}$

$-1 = -79{,}5 \times e^{-\frac{t_1}{784}}$

$1 = 79{,}5 \times e^{-\frac{t_1}{784}}$

$\dfrac{1}{79{,}5} = e^{-\frac{t_1}{784}}$

$\ln \dfrac{1}{79{,}5} = -\dfrac{t_1}{784}$

$$m_{cu} \times C_{cu} \times \frac{d\theta}{dt} + h \times S \times \theta = h \times S \times \theta_{th}$$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{h \times S}{m_{cu} \times C_{cu}} \theta = \frac{h \times S}{m_{cu} \times C_{cu}} \theta_{th}$$

$$\frac{d\theta}{dt} + \frac{1}{\tau} \theta = \frac{1}{\tau} \times \theta_{th}$$

avec $\frac{1}{\tau} = \frac{h \times S}{m_{cu} \times C_{cu}}$ $\left(\tau = \frac{m_{cu} \times C_{cu}}{h \times S} \right)$

6.

à $t_0 = 0\,s$:

- théorie : $\theta(0) = A \times e^{-\frac{0}{\tau}} + B = A + B$
- expérience $\theta(0) = \theta_a$

$\underline{A + B = \theta_a}$

à t_∞

théorie $\theta(t_\infty) = A e^{-\frac{t_\infty}{\tau}} + B = B$ ($e^{-\frac{t_\infty}{\tau}} \to 0$)

expérience : $\theta(t_\infty) = \theta_{th}$

$\boxed{B = \theta_{th}}$

or $A + B = \theta_a \Rightarrow A = \theta_a - B$

$\boxed{A = \theta_a - \theta_{th}}$

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

$\theta(t) = (\theta_a - \theta_{th}) \times e^{-\frac{t}{\tau}} + \theta_{th}$

- $\theta_a = 20{,}5\,°C$

$\theta_{th} = 100{,}0\,°C$

$$= \ln \frac{1}{79{,}5} = \frac{t_1}{784}$$

$$\ln 79{,}5 = \frac{t_1}{784}$$

$$t_1 = \underset{(7{,}8 \times 10^2)}{784} \times \ln 79{,}5 = 3{,}4 \times 10^3 \text{ s}$$

9. $\Delta U_{\text{cuivre + eau}} = W + Q$

$\Delta U_{\text{cuivre + eau}} = 0$ car système isolé

$\Delta U_{\text{cuivre}} + \Delta U_{\text{eau}} = 0$

$$m_{cu} \times c_{cu} \times (\theta_f - \theta_{th}) + m_{eau} \times c_{eau} \times (\theta_f - \theta_e) = 0$$

$$m_{cu} \times c_{cu} \times (\theta_f - \theta_{th}) = - m_{eau} \times c_{eau} (\theta_f - \theta_e)$$

$$c_{cu} = - \frac{m_{eau} \times c_{eau} (\theta_f - \theta_e)}{m_{cu} \times (\theta_f - \theta_{th})}$$

$$\underset{c}{\overset{\parallel}{c_{cu}}} = \frac{m_{eau} \times c_{eau} (\theta_f - \theta_e)}{m_{cu} \times (\theta_{th} - \theta_f)}$$

10.

J.kg⁻¹.K⁻¹

$$c = \frac{0{,}100 \times 4180 \times (23{,}1 - 20{,}5)}{0{,}0448 \times (100{,}0 - 23{,}1)} = 315 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$c_{référence} = 385 \ J.kg^{-1}.K^{-1}$

L'écart entre c_{exp} et $c_{référence}$ est conséquent mais la valeur calculée de c_{exp} comporte de nombreuses mesures (m_{eau}, m_{cu}, θ_f, θ_e, θ_{th}) ; chacune d'elles possède une incertitude, cela engendre une incertitude importante pour c.
D'autre part, le système {eau + cuivre} n'est - en réalité - pas isolé, il échange de la chaleur avec le calorimètre et l'air ambiant donc la relation $\Delta U_{cuivre + eau} = 0$ n'est pas tout à fait exacte.