C17 – Correction exercice type bac

Exercice n°1 **:**

1.1. Puissance thermique reçue par l'eau de la piscine :

$$P_1 = P_{S1} \times S \text{ soit } P_1 = 170 \text{ W·m}^{-2} \times 8 \text{ m}^2 = 1360 \text{ W.}$$

Transfert thermique Q_1 reçu par l'eau de la piscine pendant Δt =12 h :

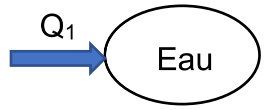
$$P_1 = \frac{Q_1}{\Delta t} \text{ donc } Q_1 = P_1 \times \Delta t \rightarrow \mathbf{Q_1} = 1360 \times 12 \times 3600 \text{ J} = \mathbf{5{,}88\times10^7\ J} \approx 6\times10^7 \text{ J}$$

1.2. La variation d'énergie interne $\Delta U_{\text{système}}$ d'un système macroscopique fermé et au repos, est égale à la somme des énergies échangées avec l'extérieur par travail W et transfert thermique Q :

$$\Delta U_{\text{système}} = W + Q.$$

1.3. Pour le système {eau} qui reçoit le seul transfert thermique Q_1 sans échange de travail W = 0 J :

$$\Delta U_{eau} = Q_1.$$



Et $\Delta U_{eau} = m_{eau} \times c_{eau} \times \Delta\theta_1$

Donc : $m_{eau} \times c_{eau} \times \Delta\theta_1 = Q_1$

Soit $\Delta\theta_1 = \dfrac{Q_1}{m_{eau} \times c_{eau}}$ avec $m_{eau} = \rho_{eau} \times V_{eau} = \rho_{eau} \times h \times S$

D'où : $\boxed{\Delta\theta_1 = \dfrac{Q_1}{\rho_{eau} \times h \times S \times c_{eau}}}$ $\rightarrow$ $\Delta\theta_1 = \dfrac{5{,}88\times10^7}{1000\times1{,}3\times8{,}0\times4180}$ = **1,4 °C.**

La valeur de l'augmentation $\Delta\theta_1$ de la température de l'eau de la piscine est faible.

1.4. Un transfert thermique a lieu spontanément du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.

L'eau de la piscine en fin de journée est à 24°C et l'air ambiant est à 15°C.

Un transfert thermique a donc lieu spontanément de l'eau de la piscine vers l'air extérieur.

L'eau de piscine va se refroidir au cours de la nuit.

1.5. Pour éviter les déperditions thermiques, on peut couvrir l'eau de la piscine avec une bâche isolante.

2.1. Le matériau des tapis se réchauffe grâce au **transfert thermique par rayonnement** dû au Soleil.

L'eau qui circule dans les tapis se réchauffe grâce au **transfert thermique par conduction**.

2.2. Pour un seul tapis de surface S_t = 1,2 × 1,2 m² = 1,44 m² la puissance thermique incidente P_i du rayonnement solaire est :

$$\mathbf{P_i} = P_{S1} \times S_t \text{ soit } P_i = 170 \times 1{,}44 = \mathbf{245\ W}.$$

2.3. On a : $\eta = \dfrac{P_u}{P_i}$ = 0,21 donc : $P_u = \eta \times P_i$ soit $\mathbf{P_u}$ = 0,21 × 245 = **51 W**.

2.4. La saison dure 3 mois à raison de 12 h de chauffage solaire par jour soit une durée :

$$\Delta t = 3 \times 30 \times 12 \times 3600 \text{ s} = 3{,}89\times10^6 \text{ s}$$

Le volume d'eau de la piscine est : $V_{eau} = h \times S$ = 1,3 × 8,0 = 10,4 m^3.

La puissance thermique fournie par les trois tapis est : 3 × P_u = 3 × 51 = **153 W**.

Il faut 3 tapis de chauffage soit un coût de 3 × 20 € = **60 €**.

Si le transfert thermique à l'eau se fait grâce à la consommation d'un chauffage électrique, l'énergie électrique consommée est :

$$E_{\text{élec}} = 3 \times P_u \times \Delta t$$

$$E_{\text{élec}} = 153 \text{ W} \times 3{,}89\times10^6 \text{ s} = \mathbf{5{,}95\times10^8 \text{ J}}$$

$$E_{\text{élec}} = \frac{5{,}95\times10^8 \text{ J}\times 1 \text{ kWh}}{3{,}6\times10^6 \text{ J}} = \mathbf{165 \text{ kWh.}}$$

Or 1 kWh revient à 0,16 € donc 165 kWh reviennent à :

$$\frac{165 \text{ kWh}\times 0{,}16}{1 \text{ kWh}} \text{ €} = \mathbf{26 \text{ €.}}$$

Le coût d'investissement pour l'achat des tapis recommandés pour réchauffer la piscine ne sera pas amorti en fin de saison. Il le sera au bout d'environ trois saisons.

Exercice n°2 :

Q1. $R_{th} = \dfrac{e_v}{S_F . \lambda_{verre}}$ → $R_{th} = \dfrac{4{,}0\times10^{-3} \text{ m}}{2{,}0 \text{ m}^2 \times 1{,}1 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}}$ = $1{,}8\times10^{-3}$ K.W^{-1}

Q2. On a $R_{\text{th,argon}}$ = 0,33 K.W^{-1} > R_{th} verre.
On comprend l'intérêt de la lame d'argon dans le double vitrage, elle permet d'augmenter fortement la résistance thermique de la fenêtre et ainsi de limiter les transferts thermiques vers l'extérieur.

Q3. Modes de transfert thermique : Convection, conduction, rayonnement.

Q4. $\phi_{fenetre} = \dfrac{\Delta T}{R_{\text{th,argon}}}$ → $\phi_{fenetre} = \dfrac{19-5}{0{,}33}$ = 42 W
Le flux thermique circule du corps chaud vers le corps froid, donc de l'intérieur de la pièce vers l'extérieur.

Q5. $\phi_{\text{total}} = \Phi_{\text{bois}} + \Phi_{\text{fenêtre}}$ → $\phi_{\text{total}} = 1{,}8\times10^2 + 42 = 2{,}2\times10^2$ W

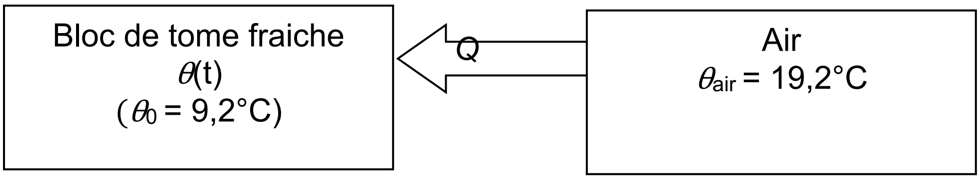
Q6. $\Delta U = W + Q$
La température du système est constante donc son énergie interne ne varie pas $\Delta U = 0$.
Le système n'échange pas d'énergie sous forme de travail $W = 0$.
L'air reçoit la chaleur Q_2 du radiateur et cède la chaleur Q_1.
$0 = 0 - Q_1 + Q_2$
$Q_1 = Q_2$ L'air reçoit autant de chaleur qu'il en cède.

Q7. $\phi_{total} = \dfrac{Q_2}{\Delta t}$ donc $Q_2 = \phi_{\text{total}} \times \Delta t$
Avec Δt = 6 mois = 6×30×24×3600 s,
$Q_2 = 2{,}2\times10^2 \times 6\times30\times24\times3600 = 3{,}4\times10^9$ J,
on convertit en kWh en divisant par $3{,}6\times10^6$
$Q_1 = 9{,}5\times10^2$ kWh pour 6 mois de chauffage durant une année entière.

La norme RT2020 indique que la consommation **annuelle** pour le seul chauffage doit être inférieure à 5 kWh.m^{-2} et pour la norme RT 2012 dix fois plus soit 50 kWh.m^{-2}.
La surface au sol de la maison est $S = L.\ell$ avec $S = 6{,}0 \times 4{,}0 = 24$ m^2
La consommation annuelle par m^2 vaut donc $E = 9{,}5\times10^2 / 24 = 40$ kWh.m^{-2}.
$5 < E < 50$ kWh.m^{-2}.an^{-1}
Ce projet respecte l'ancienne norme RT2012 mais pas la nouvelle norme RT2020.

Exercice n°3 :

Q1.



Le transfert thermique s'effectue spontanément du corps chaud vers le corps froid.

Q2. Dans l'équation différentielle (1), on remplace θ par son expression (2).

$$\frac{d\theta}{dt}+\frac{h.S}{m.c}.\theta=\frac{h.S}{m.c}.\theta_{air}$$

$$\frac{d\left(\theta_{air}+(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} + \frac{h.S}{m.c}.\left(\theta_{air}+(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = \frac{h.S}{m.c}.\theta_{air}$$

$$\frac{d\left(\theta_{air}+\theta_0.e^{-\frac{t}{\tau}}-\theta_{air}.e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} + \frac{h.S}{m.c}.\theta_{air}+\frac{h.S}{m.c}.(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{h.S}{m.c}.\theta_{air}$$

$$-\frac{\theta_0}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}+\frac{\theta_{air}}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{h.S}{m.c}.(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$\frac{1}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}(-\theta_0+\theta_{air}) + \frac{h.S}{m.c}.(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$-\frac{1}{\tau}.e^{-\frac{t}{\tau}}(\theta_0-\theta_{air}) + \frac{h.S}{m.c}.(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}} = 0$$

$$(\theta_0-\theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}.\left(-\frac{1}{\tau}+\frac{h.S}{m.c}\right) = 0$$

Cette égalité est vérifiée si $\left(-\frac{1}{\tau}+\frac{h.S}{m.c}\right)$ = 0, donc $\frac{1}{\tau}=\frac{h.S}{m.c}$ soit si $\tau=\frac{m.c}{h.S}$**.**

Signification physique : τ est appelée constante de temps, pour une durée égale à 5τ, la température du système ne varie plus.

Unités : $\tau=\frac{m.c}{h.S}$, on remplace chaque grandeur pas son unité.

$\frac{kg.J.kg^{-1}.K^{-1}}{W.K^{-1}.m^{-2}.m^2}$ = $\frac{J}{W}$, on retrouve les unités d'une énergie (J) divisée par une puissance (W).

Or $\frac{E}{P}=\Delta t$ donc τ est homogène à une durée et s'exprime en seconde.

Autre méthode :

$\frac{d\theta}{dt}+\frac{h.S}{m.c}.\theta=\frac{h.S}{m.c}.\theta_{air}$: $\frac{d\theta}{dt}$ en °C/s donc $\frac{h.S}{m.c}.\theta$ en °C/s donc $\frac{h.S}{m.c}$ en s^{-1} et donc $\tau=\frac{m.c}{h.S}$ en s.

Q3.

La tangente à l'origine coupe l'asymptote horizontale pour $t = \tau_{exp}$.

On lit τ_{exp} = 8,3×10^3 s

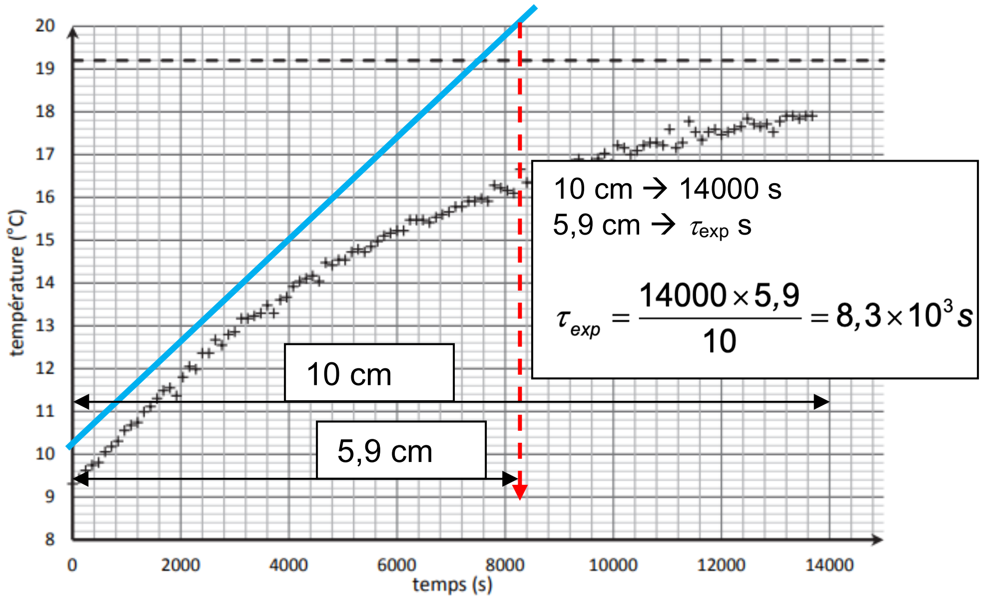


Figure 2. Mesures expérimentales de la température du bloc de tomme

Q4. La modélisation de Y = ln(θ_{air} – $\theta(t)$) donne Y = –1,485×10^{-4} t + 2,368.

L'expression (2) est $\theta(t) = \theta_{air} + (\theta_0 - \theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}$.

Donc $\theta_{air} - \theta(t) = -(\theta_0 - \theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}$

Exprimons ln(θ_{air} – $\theta(t)$)

$$ln(\theta_{air} - \theta(t)) = ln\left(-(\theta_0 - \theta_{air}).e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$ ln(a×b) = ln(a) + ln(b)

$$ln(\theta_{air} - \theta(t)) = ln(-(\theta_0 - \theta_{air})) + ln\left(e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

$$ln(\theta_{air} - \theta(t)) = ln((\theta_{air} - \theta_0)) - \frac{t}{\tau}$$

On obtient bien l'équation d'une fonction affine dont la représentation est une droite ne passant pas par l'origine.

Par analogie, $ln((\theta_{air} - \theta_0)) =$ 2,368.

Vérifions la cohérence avec les valeurs θ_{air} = 19,2°C et θ_0 = 9,2°C.

$ln((19{,}2 - 9{,}2)) = ln(10)$ = 2,3 Valeur assez proche de 2,368 du modèle.

Q5. Par analogie avec Y = –1,485×10^{-4} t + 2,368

On en déduit que –1,485×10^{-4} = $-\frac{1}{\tau}$ donc $\tau = \frac{1}{1{,}485 \times 10^{-4}}$ = 6,73×10^3 s

On avait trouvé τ_{exp} = 8,3×10^3 s, cet écart est très élevé, mais la méthode de la tangente à l'origine est très imprécise pour déterminer τ.

Q6. Calculons $\tau = \frac{m.c}{h.S}$ avec les données.

$$\tau = \frac{0{,}52 \times 3{,}1 \times 10^3}{10{,}0 \times 2{,}9 \times 10^2 \times 10^{-4}} = 5{,}7 \times 10^3 \text{ s}$$

En Q3. on avait τ_{exp} = 8,3×10^3 s et en Q5. on avait τ = 6,73×10^3 s.

On trouve des valeurs de τ trop élevées. La montée en température a été plus longue que prévue par l'expression $\tau = \frac{m.c}{h.S}$.

La cause peut être que les valeurs de *h* et *c* ne sont pas correctes, en effet il est indiqué que ce sont des estimations.

Version plus longue :

Trois hypothèses avaient été faites

1- La situation sera modélisée en considérant uniquement les transferts conducto-convectifs.

2- On néglige le transfert thermique au niveau de la face du bloc en contact avec la planche en bois devant les autres.

3- Pour simplifier, on considère que la température du bloc de tomme notée θ est la même en tout point du bloc tout au long de l'expérience.

Sans les simplifications des hypothèses 1 et 2, la température seraient remontée plus vite. Puisqu'il y aurait eu davantage de transferts thermiques avec l'extérieur.

Donc on ne les remet pas en cause.

Alors on peut remettre en cause l'hypothèse 3. La température a été mesurée au cœur du bloc qui en réalité se réchauffe plus lentement que toutes les autres parties du bloc.

Q7. Il faut diminuer la valeur de $\tau = \frac{m.c}{h.S}$.

Il serait judicieux de couper le bloc de tome fraiche en plusieurs petits morceaux.

Ainsi la surface d'échange S augmente et donc τ diminue.