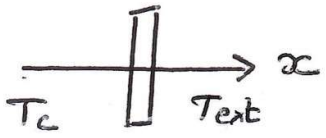
Plongée

1. système : {combinaison}

En régime stationnaire et absence de source interne : $d\Phi_{th} = 0$

$$\Phi_{th} = cste = -\lambda S \frac{dT(x)}{dx}$$



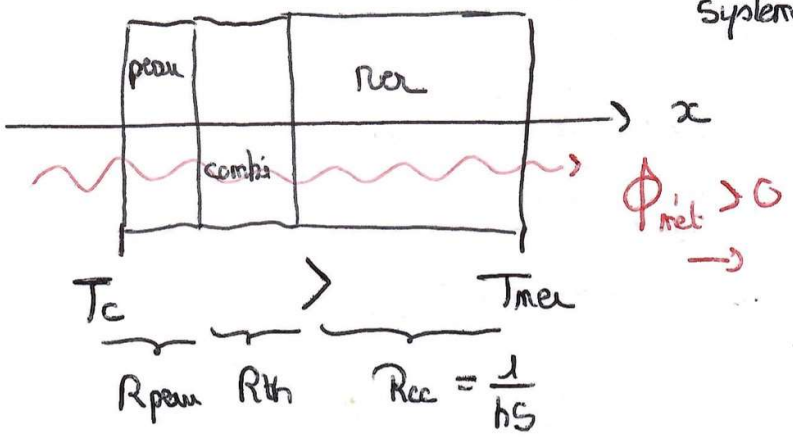
$$dT(x) = -\frac{\Phi_{th}}{\lambda S} dx$$

$$\int_{Tc}^{Text} dT(x) = \frac{-\Phi_{th}}{\lambda S} \int_{x}^{x+e} dx$$

$$\underbrace{T_{ext} - T_c}_{-\Delta T} = -\frac{\Phi_{th}}{\lambda S} e$$

↳ $$R_{th} = \frac{\Delta T}{\Phi_{th}} = \frac{e}{\lambda S}$$

2. système : {peau + combi + mer}



$$R_{TOT} = R_{peau} + R_{th} + R_{cc}$$

$$\frac{\Delta T}{\Phi_{met}} = R_{peau} + \frac{e}{\lambda S} + \frac{1}{hS}$$

$$e = \left(\frac{T_c - T_{mer}}{\Phi_{met}} - R_{peau} - \frac{1}{hS} \right) \lambda S$$

AN $$e = \left(\frac{(37-20)}{100} - 0{,}03 - \frac{1}{10 \times 2} \right) \times 0{,}20 \times 2 = \underline{4{,}8 \text{ cm}}$$

3. système : {plongeur}

Le régime n'est plus stationnaire car $T(t)$ ...

Premier principe en évolution isobare :

$$dH = \delta G = \delta G_{reçu} - \delta G_{perdu}$$

$$C dT = \Phi_{net} dt - \Phi_{th} dt$$

$$C dT = \Phi_{net} dt - \frac{T - T_{mer}}{R_{th}'} dt$$

avec $R_{th}' = R_{peau} + \frac{1}{hS}$

AN $R_{th}' = 0{,}03 + \frac{1}{10 \times 2} = 0{,}08 \ W^{-1}.K$

$$\frac{dT}{dt} + \frac{1}{CR_{th}'} T = \frac{\Phi_{net}}{C} + \frac{T_{mer}}{CR_{th}'}$$

$\tau = CR_{th}'$

$\tau = 2{,}2 \times 10^4$ s

$$T(t) = A e^{-t/\tau} + \Phi_{net} R_{th}' + T_{mer}$$

$T(t=0) = T_c$ donc $T_c = A + \Phi_{net} R_{th}' + T_{mer}$

$$T(t) = (T_c - T_{mer} - \Phi_{net} R_{th}') e^{-t/\tau} + \Phi_{net} R_{th}' + T_{mer}$$

AN $T = 35°C$

$$t = \tau \ln\left(\frac{T_c - T_{mer} - \Phi_{net} R_{th}'}{T - T_{mer} - \Phi_{net} R_{th}'}\right)$$

$$t = 2{,}2 \times 10^4 \ln\left(\frac{37 - 20 - 100 \times 0{,}08}{35 - 20 - 100 \times 0{,}08}\right) = 5{,}5 \times 10^3 \text{ s}$$

soit environ 1h30

AQUARIUM

Question simple

Soit un milieu parallélépipédique d'épaisseur e_i, de surface S_i et de conductivité thermique λ_i. L'intégration de la loi de Fourier permet d'établir l'expression de la résistance thermique : $R_i = \frac{e_i}{\lambda_i S_i}$

Dans un parallélépipède, les 6 faces sont en parallèle : $\frac{1}{R} = \sum_{i=0}^{6} \frac{1}{R_i} = \sum_{i=0}^{6} \frac{\lambda_i S_i}{e_i}$

Analogie entre la diffusion électrique et la diffusion thermique :

Diffusion thermique	Diffusion électrique
$R_{th} = \frac{\Delta T}{\phi}$ Cause du mouvement : ΔT Conséquence : ϕ	$R_{el} = \frac{U}{I}$ Cause du mouvement : U =ΔV Conséquence : I

Question ouverte

Coût de l'éclairage LED :

$$E_{LED} = P_{LED} \cdot \Delta t$$

AN : $E_{LED} = 20 \times 12 \times 365 = 88\ kW \cdot h$ soit **environ 20€**

Coût annuel de la pompe :

En supposant que le rendement de la pompe est 1 (ce qui est très optimiste !).

$$E_m = P_m \cdot \Delta t$$

AN : $E_m = 40 \times 365 \times 24 \times \frac{180}{3600} = 17{,}5\ kW \cdot h$ soit **environ 4€**

Coût du chauffage :

Il faut estimer le temps de chauffage de résistance électrique. Pour cela, nous allons estimer le temps nécessaire pour augmenter la température de la masse d'eau d'un degré et le temps nécessaire pour que la masse d'eau perde un degré.

1. Étude en chauffe :

Système : masse d'eau m = 100 kg

Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé macroscopiquement au repos :

$$dH = \delta Q$$
$$mC_p dT = P_{él} dt$$
$$\frac{dT}{dt} = \frac{P_{él}}{mC_p}$$
$$T(t) = \frac{P_{él}}{mC_p} t + T_i$$

On suppose que la température initiale de l'eau vaut $T_i = 15°C$.

AN :

Temps de chauffe initial : $t = \frac{T - T_i}{P_{th}} mC_p = \frac{(26-15) \times 100 \times 4{,}18 \times 10^3}{200} = 2{,}2 \times 10^4 s$ soit environ **6h30**

Coût : **0,30 €**

Temps pour gagner 1°C : $\frac{P_{él}}{mC_p}$ = 4,8 x 10^{-4} °C·s^{-1} soit **une demi-heure**

2. Refroidissement :

Système : masse d'eau m = 100 kg initialement à T_{int} = 26°C

Premier principe de la thermodynamique pour un système fermé macroscopiquement au repos :

$$dH = \delta Q$$
$$mC_p dT = P_{th} dt$$
$$mC_p dT = \frac{(T - T_{ext})}{R_{th}} dt$$
$$\frac{dT}{dt} + \frac{T}{\tau} = \frac{T_{ext}}{\tau}$$

Avec $\tau = mC_p R_{th}$

$\frac{1}{R_{th}} = \sum_{i=0}^{6} \frac{1}{R_i} = \sum_{i=0}^{6} \frac{\lambda_i S_i}{e_i}$

La solution de l'équation différentielle : $T(t) = T_{ext} + (T_{int} - T_{ext})e^{-t/\tau}$

AN :

$R_{th} = 0{,}2\ K \cdot W^{-1}$

$\tau = 8{,}4 \times 10^4 s$ soit 23 h

Durée pour perdre 1°C : $t = \tau \ln \frac{T_{int} - T_{ext}}{T - T_{ext}} = 8{,}4 \times 10^4 \times ln \frac{26-21}{25-21} = 1{,}8 \times 10^4 s$ soit 5h

Il faut chauffer l'aquarium environ 4 fois en une journée pendant 30 minutes.

AN : $E_{th} = 200 \times 365 \times 4 \times 0{,}5 = 146\ kW \cdot h$ soit **environ 33€**

Coût total annuel : 57€