

- conduction : ~~déplacement~~ ^{propagation} de l'énergie de proche en proche
- convection : transfert thermique avec un mouvement macroscopique d'un fluide hors équilibre ✓
- rayonnement thermique : émission d'ondes électromagnétiques par des corps chauds ; transfert d'énergie sans contact ✓

Lors d'un incendie :

- contact entre les matériaux et les flammes → conduction ✓
- l'air transporte la chaleur de la flamme → convection ✓
- on ressent la chaleur par propagation des ondes ~~de~~ ^{émises} de la flamme → rayonnement ✓

AD 2

1) Loi de Fourier : $\vec{jQ} = -\lambda \vec{\text{grad}} T$
 en $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ et λ en $\text{K} \cdot \text{m}^{-1}$

d'où $[\lambda] = \text{W} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$

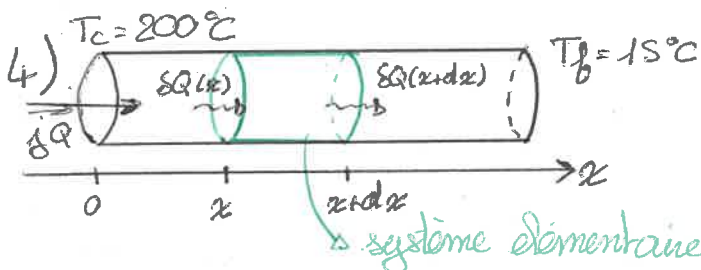
2) $T_c > T_f$ donc $\vec{jQ}$

1^{er} principe thermo : $dU + dE_c = \delta W + \delta Q$
 appliqué au granite

$\Leftrightarrow \delta Q = dU = C dT = mc dT = \mu V_c dT$

$Q = \mu V_c \Delta T = (2,75 \times 10^3)(1000^3)(900)(473-288)$
 $= 4,58 \times 10^{17} \text{ J}$

3) $P = \frac{Q}{\Delta t} \Leftrightarrow \Delta t = \frac{Q}{P} = \frac{4,58 \times 10^{17}}{1000 \times 10^6} = 4,58 \times 10^8 \text{ s} \approx 14,32 \text{ ans}$



$T_c > T_f$ donc $\vec{jQ}$

1^{er} principe appliqué au système élémentaire : (au repos macroscopique indétectable)

$dU = \delta Q \Leftrightarrow dm c dT = \delta Q_{\text{cond}}$

$\Leftrightarrow \mu S dx c \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) dt = \delta Q(x) - \delta Q(x+dx)$
 $= jQ(x) S dt - jQ(x+dx) S dt$
 $= \left(-\frac{\partial jQ}{\partial x} \right) dx S dt$

ainsi $\mu c \left(\frac{\partial T}{\partial t} \right) = -\frac{\partial jQ}{\partial x}$
 $= \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\mu c} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ avec $D = \frac{\lambda}{\mu c}$

5) $[D] = \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} = \frac{\text{longueur}^2}{\text{durée}} = \frac{L^2}{\tau}$

$\Leftrightarrow \tau = \frac{L^2}{D} = \frac{500^2}{\frac{2,9}{2,75 \times 10^3 \times 900}} = 2,13 \times 10^{11} \text{ s} \approx 7000 \text{ ans}$

Loi de Fourier :
 granite
 ou air

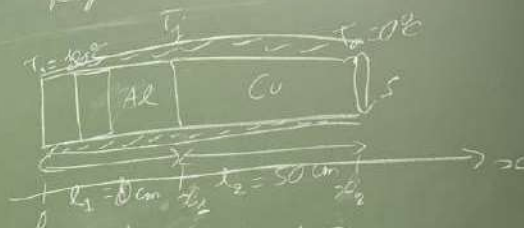


L = distance entre le centre du cube et le côté
 $L = 500 \text{ m}$

→ énergie plus facilement exploitable.

AD3

Régime stationnaire



b) Dans le barreau :

$$\begin{aligned} P_1 &= \vec{q} \cdot \vec{S} = -\lambda_1 \frac{dT}{dx} S \\ &= -\lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{l_1} S \\ &= -\lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{0.1} S \\ &= -\lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{x_2 - x_1} S \end{aligned}$$

(= P_2) (en continuité de P_{th})

c) Les 2 barreaux sont traversés par le même flux thermique, donc ils sont en série.
Comme précédemment, $P_1 = P_2$

$$\vec{q} \text{ ad } T = \frac{\partial T}{\partial x}$$

Expression de P_2 :

$$\begin{aligned} P_2 &= -\lambda_2 \frac{T_2 - T_0}{x_2 - x_1} S \\ &= \lambda_2 \frac{T_2 - T_0}{x_2 - x_1} S \end{aligned}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\lambda_1 \frac{T_1 - T_2}{x_1} S = \lambda_2 \frac{T_2 - T_0}{x_2 - x_1} S$$

$$\Rightarrow \lambda_1 (T_1 - T_2) = \lambda_2 \frac{x_1}{x_2 - x_1} (T_2 - T_0)$$

(=)

$$\lambda_1 T_1 + \lambda_2 \frac{x_1}{x_2 - x_1} T_0 = T_2 \left(\frac{\lambda_2 x_1}{x_2 - x_1} + \lambda_1 \right)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow T_2 &= \frac{\lambda_1 T_1 + \lambda_2 \frac{x_1}{x_2 - x_1} T_0}{\frac{\lambda_2 x_1}{x_2 - x_1} + \lambda_1} = \frac{700 \times (180 + 273) + 380 \left(\frac{0.1}{0.50} \right) \times 273}{\frac{380 \times 0.1}{50} + 700} \\ &= 318 \text{ K} \\ &= 45^\circ \text{C} \end{aligned}$$

Dans le barreau d'aluminium:

$$\vec{\text{grad}}(T)_1 = \frac{dT}{dx} \vec{u}_x$$

$$(\|\vec{\text{grad}}(T)\|)_1 = \frac{T_1 - T_2}{0 - x_1}$$

$$= \frac{180 - 45}{-80 \times 10^{-2}}$$

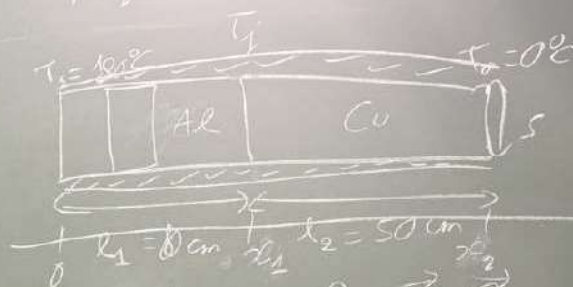
$$\left(\frac{dT}{dx}\right)_1 = -168,75 \text{ K.m}^{-1}$$

Dans le barreau de Cuivre:

$$\vec{\text{grad}}(T)_2 = \frac{dT}{dx} \vec{u}_x$$

$$\|\vec{\text{grad}}(T)\|_2 = \frac{T_1 - T_2}{x_1 - x_2}$$

$$\left(\frac{dT}{dx}\right)_2 = \frac{45 - 0}{50 \times 10^{-2}} = 90 \text{ K.m}^{-1}$$



$$2) \vec{P} = j_Q \vec{S} = -\lambda \vec{\text{grad}} T \cdot \vec{S}$$

$$\vec{j}_Q = -\lambda \vec{\text{grad}}(T) = \lambda_{Cu} (-90)$$

$$\vec{j}_Q = -\lambda_{Al} \vec{\text{grad}}(T)_1$$

$$j_Q = -200 \times -168,75$$

$$= 3,38 \times 10^4 \text{ W.m}^{-2}$$

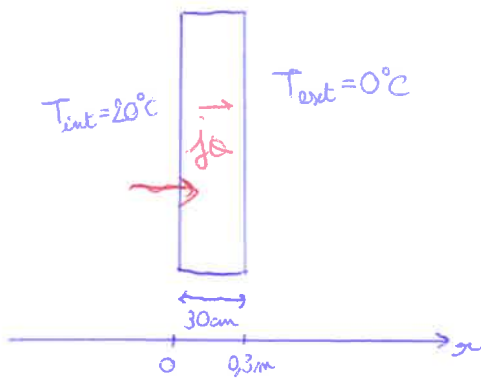
$$P = \frac{\delta Q}{dt} \Rightarrow j_Q S = \frac{\delta Q}{dt}$$

$$\Rightarrow \delta Q = j_Q S dt$$

$$= 3,38 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-4} \times 60$$

$$= 405,6 \text{ W}$$

$$f) R_{th} = \frac{T_1 - T_2}{P_{th}} = \frac{180 - 0}{3,38 \times 10^4 \times 2 \times 10^{-4}} = 26,6 \text{ K}$$



a. $\lambda_{\text{béton}} \approx 1 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$ ✓

b. $\vec{j}_a = -\lambda \frac{dT}{dx} = -\lambda \frac{(T_{\text{int}} - T_{\text{ext}})}{x_{\text{int}} - x_{\text{ext}}}$
 ↑ conduction unidirectionnelle axiale
 en régime stationnaire

$$= -1 \frac{20 - 0}{0 - 0.3}$$

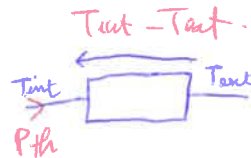
$$\|\vec{j}_a\| = 66.7 \text{ W.m}^{-2} \approx 100 \text{ W.m}^{-2}$$

$$P_{\text{th}} = \vec{j}_a \cdot \vec{S} \approx 100 \times 15 \text{ W}$$

$$P_{\text{th}} = 1500 \text{ W}$$

c. $R_{\text{th}} = \frac{T_{\text{int}} - T_{\text{ext}}}{P_{\text{th}}}$
 $= \frac{20}{1500}$

$$R_{\text{th}} = 1.3 \times 10^{-3} \text{ K.W}^{-1}$$



d. $\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$
 ↑ temps (s) ↑ diffusivité thermique ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$)
 ↑ position (m)

e. $[\mu] = \text{kg.m}^{-3}$

$$[c] = \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$[\lambda] = \text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$$

$$[D] = \text{m}^2.\text{s}^{-1}$$

$$D = \frac{\lambda}{\mu c}$$

$$= \frac{\text{W}}{\text{J}} \cdot \text{m}^2$$

g. $D = \frac{(\text{distance caractéristique})^2}{\text{temps caractéristique}}$
 $= \frac{0.3^2}{\tau}$

$$\Rightarrow \tau = \frac{0.3^2}{D} = \frac{0.3^2}{4 \times 10^{-3}}$$

$$\tau = 2.25 \times 10^5 \text{ s}$$

$$\tau = 22.5 \text{ s} \approx 30 \text{ s}$$

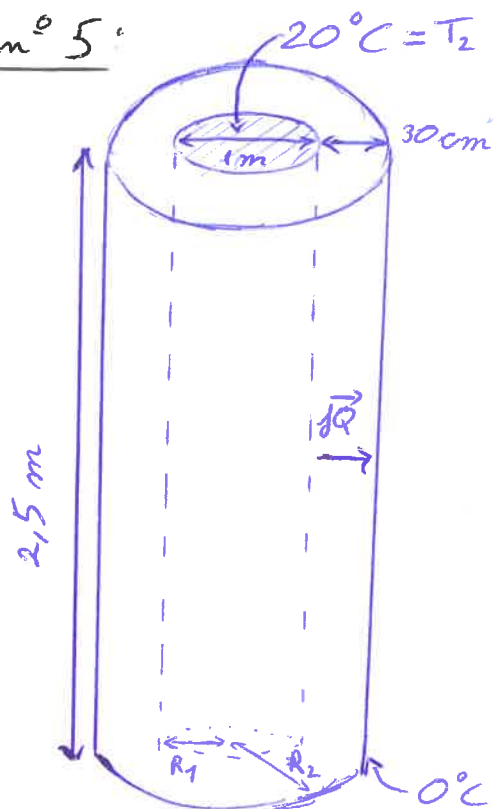
ARRS pour
 $\Delta t \gg \tau$
 $\Delta t \gg 30 \text{ s}$

f. $C_v = c\mu \rightarrow \text{vérifier!}$ $[C_v] = \text{J.m}^{-3}.\text{K}^{-1} = [\mu c] = \text{kg.m}^{-3} \text{J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$$D = \frac{\lambda}{C_v} = \frac{1}{2500} = 4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$$

$$= 4 \times 10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$$

AD n° 5.



a) $20^\circ\text{C} > 0^\circ\text{C}$ donc
D'après la loi de Fourier, on a :
$$\vec{jQ} = -\lambda_{\text{béton}} \vec{\text{grad}} T$$

b) On sait que

$$P_{th} = jQ \times S = \frac{\delta Q}{\delta t}$$

Nous sommes en régime stationnaire

$P_{th} = jQ \times S$ ne dépend donc pas du temps

De plus nous sommes en coordonnées cylindriques donc on a :

$$P_{th} = -\lambda \frac{dT}{dr} \times 2\pi r h \quad \text{avec } r \text{ le rayon du cylindre et } h \text{ la hauteur de celui-ci}$$

$$\Leftrightarrow dT = \frac{-P_{th}}{\lambda_{\text{béton}} 2\pi h} \times \frac{dr}{r}$$

$$\Leftrightarrow \int_{T_1}^{T_2} dT = \frac{-P_{th}}{\lambda_{\text{béton}} 2\pi h} \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r}$$

$$\Leftrightarrow (T_2 - T_1) = \frac{-P_{th}}{\lambda_{\text{béton}} 2\pi h} \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$\Leftrightarrow P_{th} = \frac{-(T_2 - T_1) \times \lambda_{\text{béton}} 2\pi h}{\ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} = 1,17 \times 10^3 \text{ W}$$

$$\approx 1,2 \times 10^3 \text{ W}$$

c)

$$R_{th} = \frac{T_2 - T_1}{P_{th}} = 0,002 \text{ K.W}^{-1}$$

2CS.