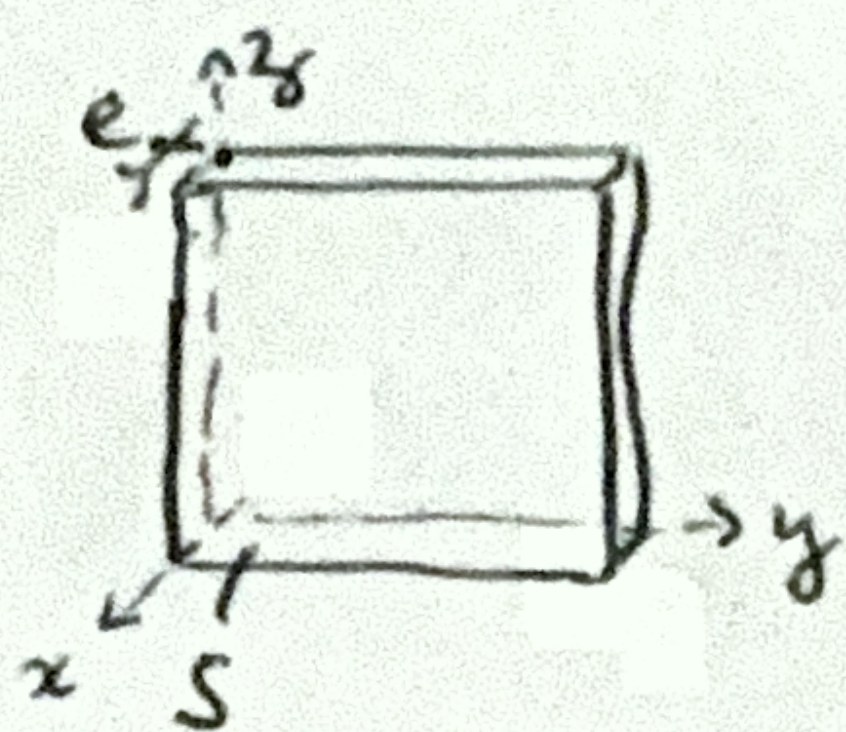


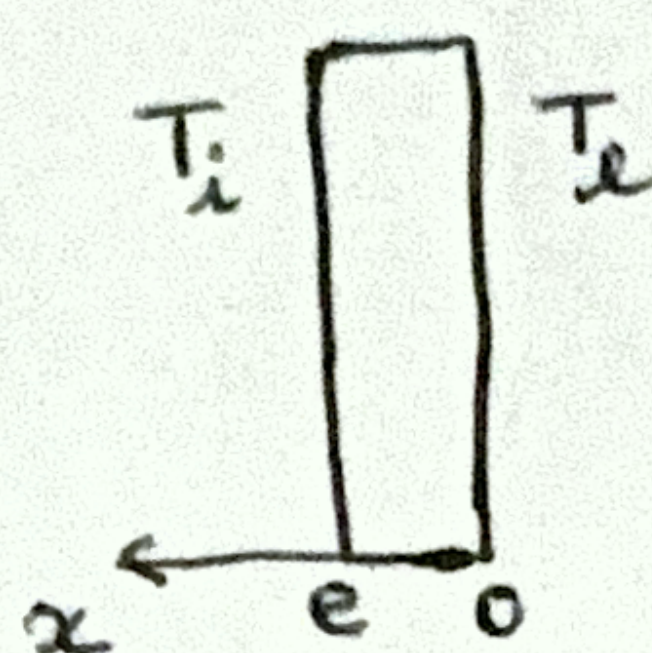
Double vitrage.

1)



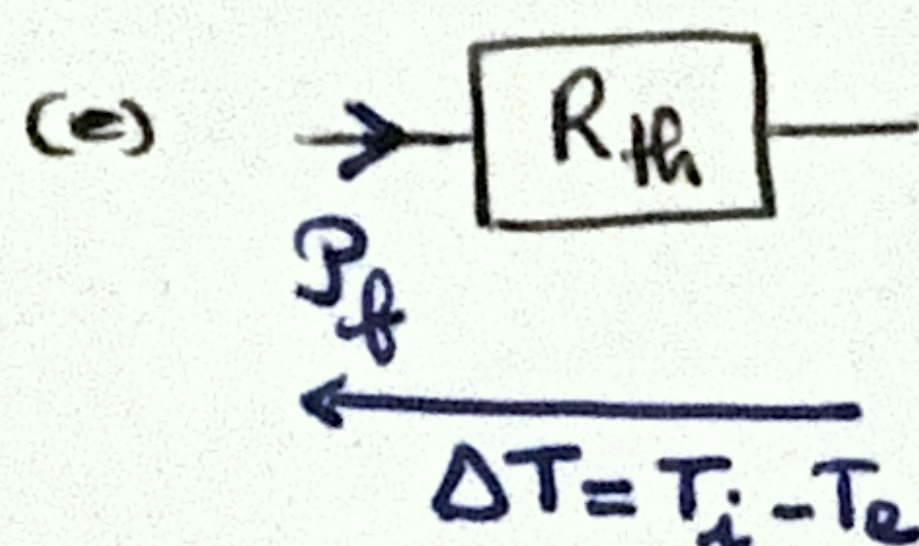
$$\sqrt{S} \gg e \Rightarrow T(M, t) = T(x, t)$$

$$\text{rég. stationnaire} \Rightarrow T(x, t) = T(x)$$



hyp: contacts thermiques parfaits

$$\begin{cases} T(x=0^+) = T_e \\ T(x=e^-) = T_i \end{cases}$$



$$\Delta T = R_{th} \cdot P_f$$

Fourier

$$\text{on a } P_f = \iint_S \vec{j}_h \cdot d\vec{S} = \iint_S -\lambda \frac{dT}{dx} \vec{u}_x \cdot (-dS) \vec{u}_x$$

uniforme sur S

$$\Rightarrow P_f = \lambda \frac{dT}{dx} S$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{dx} = \frac{P_f}{\lambda S}$$

$$\Rightarrow T(x) = \frac{P_f}{\lambda S} x + T_e$$

$$\text{et } T_i = T(x=e) = \frac{P_f}{\lambda S} \cdot e + T_e$$

$$\Rightarrow T_i - T_e = \underbrace{\frac{e}{\lambda S}}_{R_{th}} \cdot P_f$$

$$\Rightarrow \boxed{P_f = \frac{\lambda S}{e} (T_i - T_e)}$$

2a). pour chaque parallélépipède, on a: $R_{th} = \frac{e}{\lambda S}$

$$\Rightarrow \boxed{R_{thAB} = \frac{e}{\lambda_v S}}$$

$$\boxed{R_{thBC} = \frac{2e}{\lambda_a S}}$$

$$\boxed{R_{thCD} = R_{thAB}}$$

b). matériaux traversés par le m flux $\Rightarrow$ en série

$$\Rightarrow \boxed{R_{thAD} = R_{thAB} + R_{thBC} + R_{thCD}}$$

c). on a $\Delta T = R_{thAD} \cdot P_f' = \left(\frac{2e}{\lambda_v S} + \frac{2e}{\lambda_a S} \right) \cdot P_f'$ avec le double vitrage

et on avait $\Delta T = \frac{e}{\lambda_v S} P_f$ avec le simple vitrage

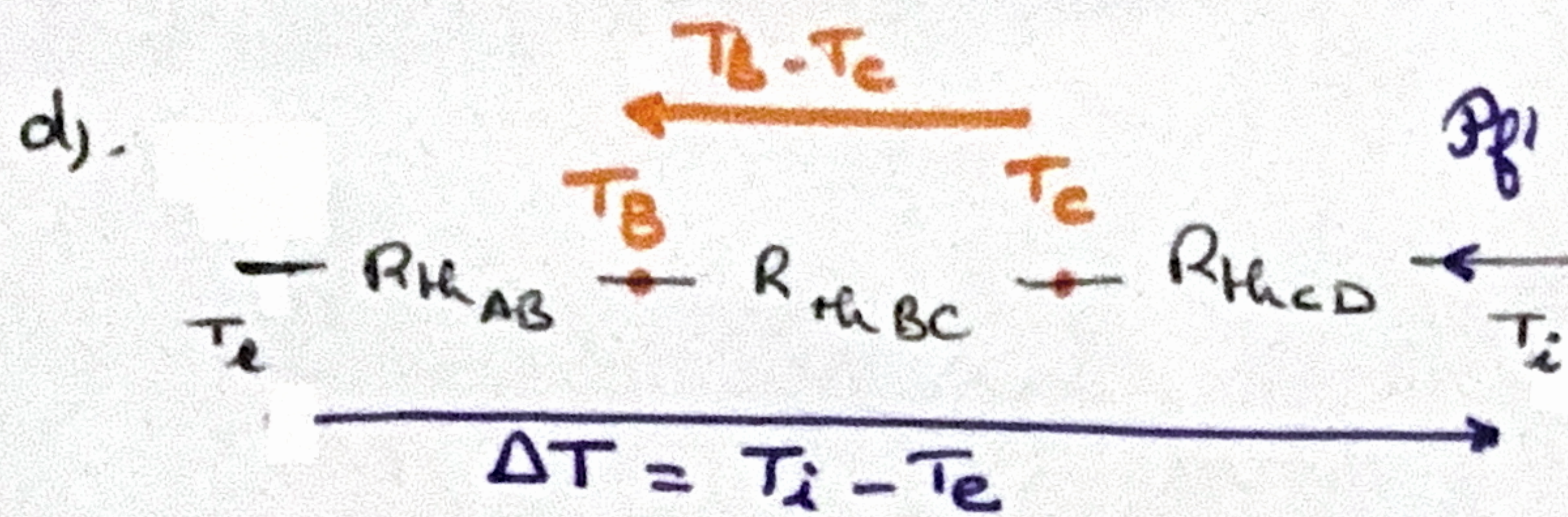
$$\Rightarrow 1 = \frac{\left(\frac{1}{\lambda_v} + \frac{1}{\lambda_a} \right) \frac{2e}{S}}{\frac{e}{\lambda_v S}} \cdot \frac{P_f'}{P_f}$$

$$\Rightarrow \frac{P_f'}{P_f} = \frac{\left(\frac{1}{\lambda_v} + \frac{1}{\lambda_a} \right) \times 2}{\frac{1}{\lambda_v}} \text{ avec } \begin{cases} \lambda_v = 1,0 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} \\ \lambda_a = 2 \cdot 10^{-2} \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1} \ll \lambda_v \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{P_f'}{P_f} \approx \frac{\frac{1}{\lambda_a} \cdot 2}{\frac{1}{\lambda_v}} = \frac{2\lambda_v}{\lambda_a} \Rightarrow \boxed{\frac{P_f'}{P_f} \approx \frac{\lambda_a}{2\lambda_v}} \text{ puisque } \lambda_a \ll \lambda_v$$

on a $P_f' \ll P_f$
 $\rightarrow$ intérêt du double vitrage!

$$\underline{\text{AN:}} \quad \boxed{\frac{P_f'}{P_f} \approx \frac{2 \cdot 10^{-2}}{2 \times 1} = 10^{-2} \text{ facteur } 100.}$$



e). PDT: $T_B - T_C = \frac{R_{hBC}}{R_{hAD}} \cdot (T_e - T_i) = - \frac{R_{hBC}}{R_{hAD}} \cdot (T_i - T_e)$

(a) $T_B - T_C = - \frac{\frac{\lambda_a}{S}}{\left(\frac{1}{\lambda_v} + \frac{1}{\lambda_a}\right) \frac{2\ell}{S}} \cdot (T_i - T_e)$

(a) $T_B - T_C = - \frac{\frac{1}{\lambda_a} \cdot \lambda_v \cdot \cancel{\lambda_a}}{\lambda_a + \lambda_v} (T_i - T_e)$

(a) $T_B - T_C = - \frac{\lambda_v}{\lambda_a + \lambda_v} \cdot (T_i - T_e) \underset{\lambda_a \ll \lambda_v}{\approx} - \frac{\lambda_v}{\lambda_v} \cdot (T_i - T_e) \approx - (T_i - T_e)$

donc max: $T_B - T_C = - \frac{1}{1 + 2 \cdot 10^{-2}} \cdot (T_i - T_e)$

$T_B - T_C = -0,98 \times (T_i - T_e)$

(a) $T_C - T_B = 0,98 \times (T_i - T_e)$

Peu de ΔT entre T_e et T_B
et entre T_i et T_C } i.e au sein des vitres

la variation de T se fait essentiellement au sein de la couche d'air
 $\hookrightarrow R_{hBC} \gg R_{hAB, CD}$

Ballon d'eau chaude

- 1). syst compris entre cylindre de rayon r et $r+dr$ fermé et macrosc au repos

$$p_{ci} = p_{ce} \quad dU = \delta W + \delta Q$$

0'' 0'' 0''
stationnaire p_{ci} δQ_{cond}

$$0 = \delta Q_{cond} = \Phi(r)dt - \Phi(r+dr)dt$$

$$\Rightarrow \Phi(r) = \Phi_0 \quad \text{indpt de } r.$$

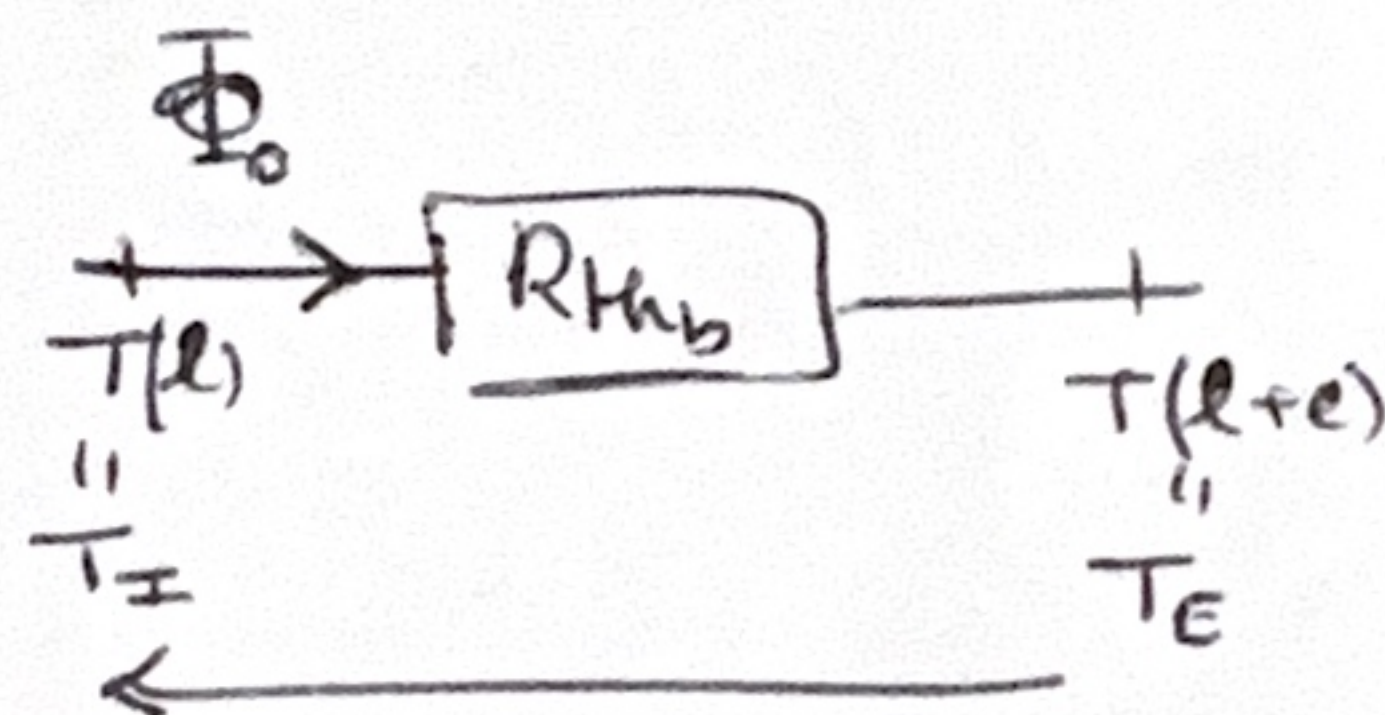


$$2). \Phi(r) = \int_S \vec{j}_{th} \cdot d\vec{S} = \int_S -\lambda \cdot \frac{dT}{dr} \cdot dS = -\lambda \frac{dT}{dr} \cdot 2\pi r h$$

$$e) \int_{T_I}^{T_E} \frac{dT}{dr} = \int_{r=l}^{r=l+e} -\frac{\Phi_0}{2\pi\lambda h} \cdot \frac{1}{r}$$

$$T_E - T_I = -\frac{\Phi_0}{2\pi\lambda h} \cdot \ln\left(\frac{l+e}{l}\right)$$

$$T_I - T_E = \underbrace{\left(\frac{\ln(l+e/l)}{2\pi\lambda h}\right)}_{R_{thb}} \cdot \Phi_0$$



AN: $R_{thb} = 1,04 \cdot 10^{-4} \text{ K.W}^{-1}$

- 3) 2 matériaux traversés par le m flux

$\rightarrow R_{th}$ en série : $R_{th\acute{e}q} = R_{thb} + R_{thi}$

ballon ← isolant →

Raisonnement analogue à Q2 : $R_{thi} = \frac{\ln\left(\frac{l+e+e'}{l+e}\right)}{2\pi\lambda'h}$

laine de verre $R_{thi}' = 1,17 \text{ K.W}^{-1}$ et polystyrène $R_{thi}'' = 0,37 \text{ K.W}^{-1}$

$\approx R_{th\acute{e}q}$ $\approx R_{th\acute{e}q}$

puisque $R_{thb} \ll R_{thi}$

- 4) meilleur choix pour isoler : $R_{\acute{e}q}$ la + élevée : laine de verre mais encombrement plus élevé ($e' = 6 \cdot e''$)

Oeuf d'autruche

modéliser oeuf

→ boule $V = \frac{4}{3} \pi r^3$



hyp simplificatrice : homogène

$$\begin{cases} \text{masse vol } \rho \\ \text{capacité thermique massique } c \\ \text{conductivité thermique } \lambda \end{cases}$$

cuisson oeuf par conduction

→ eq de diffus° $D \Delta T = \frac{\partial T}{\partial t}$ avec D coeff de diffus° therm.

eq aux dim° $D \frac{T}{L^2} = \frac{T}{\tau}$ $D = \frac{\lambda}{\rho c}$

(*) $\tau = \frac{L^2}{D_{mz}}$ → longueur caract.
durée caract.

$$m_A = 25 \times m_P$$

$$\rho \cdot V_A = 25 \times \rho V_P$$

$$\frac{4}{3} \pi r_A^3 = 25 \times \frac{4}{3} \pi r_P^3$$

$$\Rightarrow r_A = (25)^{1/3} r_P$$

$$\Rightarrow \tau_A = \frac{r_A^2}{D} = \frac{(25)^{2/3} r_P^2}{D} = (25)^{2/3} \tau_P$$

τ_P : durée cuisson oeuf de poule à la coque = 3 min

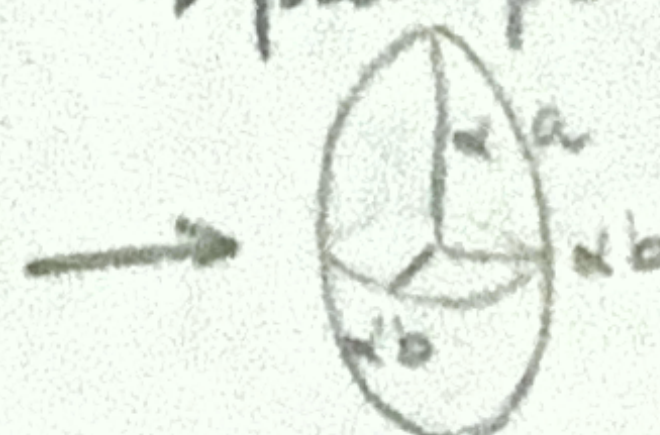
$$\rightarrow \tau_A = (25)^{2/3} \times 3 \approx 9 \times 3 = \underline{27 \text{ min}}$$

$$\approx (27)^{2/3} = 3^2 = 9$$

Critique et améliorat° du modèle : hyp homogène blanc/jaune

→ ρ, c et $\lambda \Rightarrow D$ dépend de M
avec M pr à l'int. de l'oeuf

hyp sphérique → pas pratique



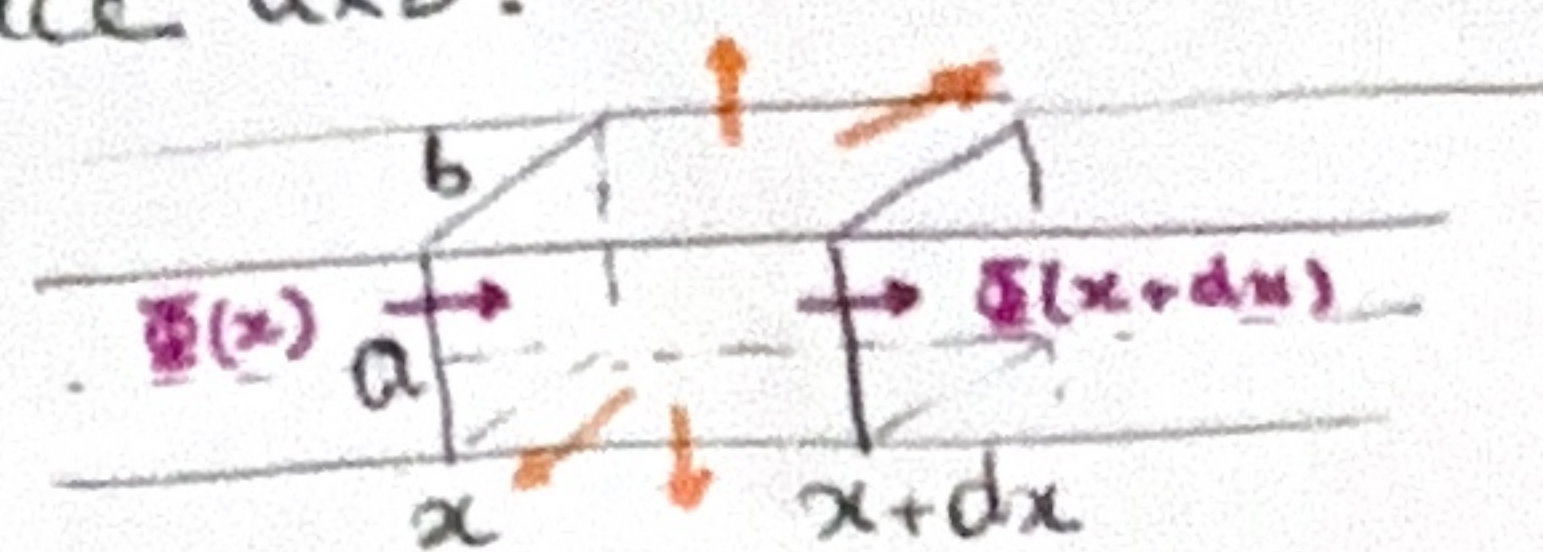
avec $\alpha = (25)^{1/3}$

⑤ Ailette de refroidissement.

1) bilan en [RS] sur une tranche $[x, x+dx]$ de surface $a \times b$:

syst. fermé macro: au repos Pci

1er pr : $0 = \underbrace{j_{th}(x)}_{\text{conductif}} \cdot a \times b - j_{th}(x+dx) \cdot a \times b$



$-h(T(x)-T_0)[2a dx + 2b dx]$ $\rightarrow$ loi de Newton flux surfacique tige $\rightarrow$ air $\hookrightarrow$ conducto-convectif

DL₁ en dx
② loi de Fourier : $0 = -\frac{d}{dx} \left(-\lambda \frac{dT}{dx} \right) ab dx - h(T(x)-T_0) \times 2 dx (a+b)$

$$0 = +\lambda \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{2h(a+b)}{ab} (T(x)-T_0)$$

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = \frac{2h(a+b)}{\lambda ab} (T(x)-T_0)$$

$$\left| \frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{2h(a+b)}{\lambda ab} T(x) = -\frac{2h(a+b)}{\lambda ab} T_0 \right|$$

$$\delta^2 = \frac{\lambda ab}{2h(a+b)}$$

ailette ∞ : $L \gg \delta$

AD $[\delta]$ = Longueur

2) $T(x) = Ae^{x/\delta} + Be^{-x/\delta} + T_0$

x peut tendre vers $+\infty \Rightarrow A=0$.

$T(x) = Be^{-x/\delta} + T_0$

$\Rightarrow T(x) = (T_c - T_0)e^{-x/\delta} + T_0$

$T(x=0) = T_c = B + T_0 \Rightarrow B = T_c - T_0$

3) P_{th} = thermique totale dissipée par l'ailette

siq extrémité droite de l'ailette $x \rightarrow +\infty$

$P_{th} = 2 \times \int_0^\infty d\phi_{\text{face avant}} + 2 \times \int_0^\infty d\phi_{\text{face arrière}} = 2 \times \int_0^\infty h(T(x)-T_0) a dx + 2 \times \int_0^\infty h(T(x)-T_0) b dx$

$= [2h \int_0^\infty (T(x)-T_0) dx] (a+b)$

$= 2ah \int_0^\infty (T_c - T_0)e^{-x/\delta} dx + 2bh \int_0^\infty (T_c - T_0)e^{-x/\delta} dx$

$\left| P_{th} = 2h(T_c - T_0) \left[\frac{e^{-x/\delta}}{-1/\delta} \right]_0^\infty (a+b) = 2(a+b)h(T_c - T_0) \sqrt{\frac{\lambda ab}{2h(a+b)}} = \sqrt{2(a+b)ab h \lambda} (T_c - T_0) \right|$

4) pour N^2 ailettes : $\left| P_{th} = N^2 \sqrt{2(a+b)ab h \lambda} (T_c - T_0) \right|$

pour 1 ailette de hauteur N_a de largeur N_b

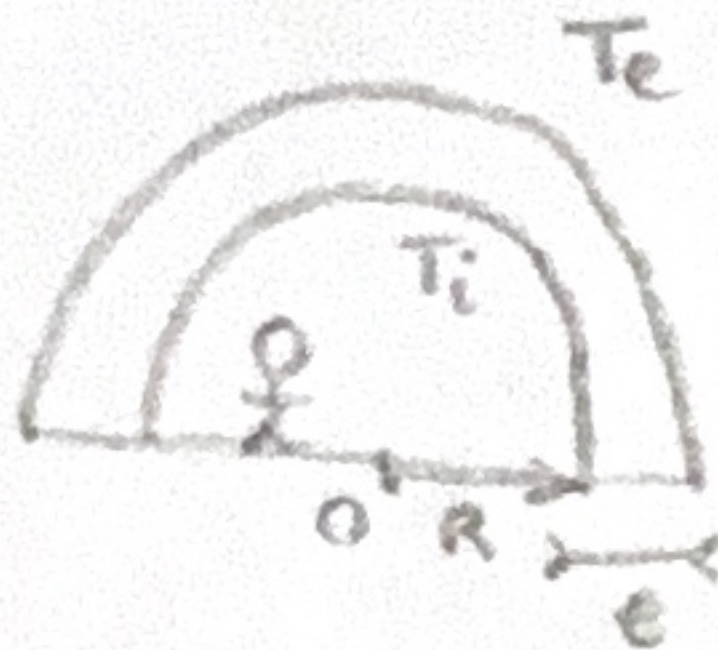
$P_{th_1} = \sqrt{2(N_a + N_b)N_a N_b h \lambda} (T_c - T_0)$

$= N^{3/2} \sqrt{2(a+b)ab h \lambda} (T_c - T_0) < P_{th_{N^2}}$

$\Rightarrow$ N^2 ailettes
② efficaces

Igloo

vue en coupe :

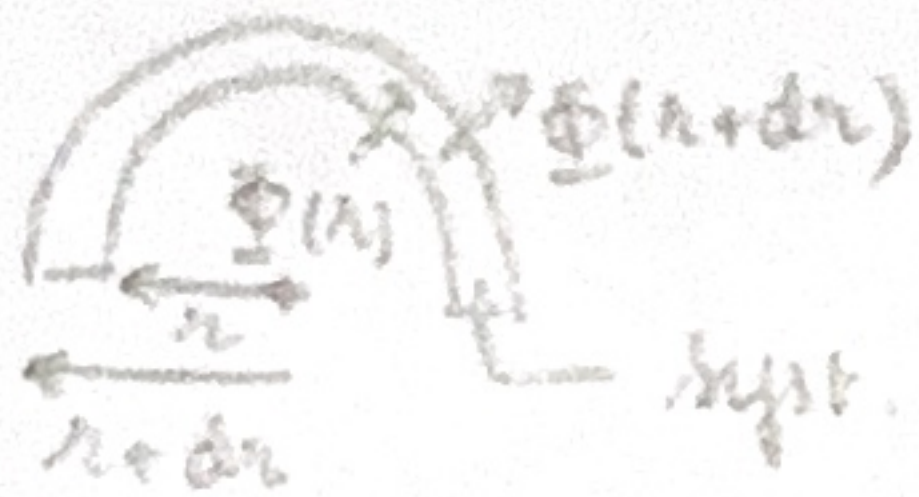


hyp: rég. stationnaire atteint $T(M, \varphi)$

$T(M) = T(r, \theta, \varphi)$ (sym sphérique)

contacts thermiques parfaits en $r=R$ et $r=R+e$.

méthode 1:



syst fermé, macro: au repos
↳ constitué de glace $\approx$ PCi

$$1^{er} pr: dU = \delta W + \delta Q$$

car nég. car PCi
stationnaire

$$\text{et } \delta Q = \Phi(r) \cdot dt - \Phi(r+dr) \cdot dt$$

$$\Rightarrow \Phi(r) = \Phi(r+dr)$$

$\Rightarrow \Phi$ indpt de r .

$$\text{avec } \Phi = \iint_{S_n} j_{th}(r, t) \vec{u}_n \cdot dS \vec{u}_n$$

$$\text{or en } r=R, \text{ on a } \Phi = \underline{P_h}$$

puissance dégagée par l'ho

méthode 2:

syst {igloo et son contenu}
fermé et macro: au repos

bilan thermique:

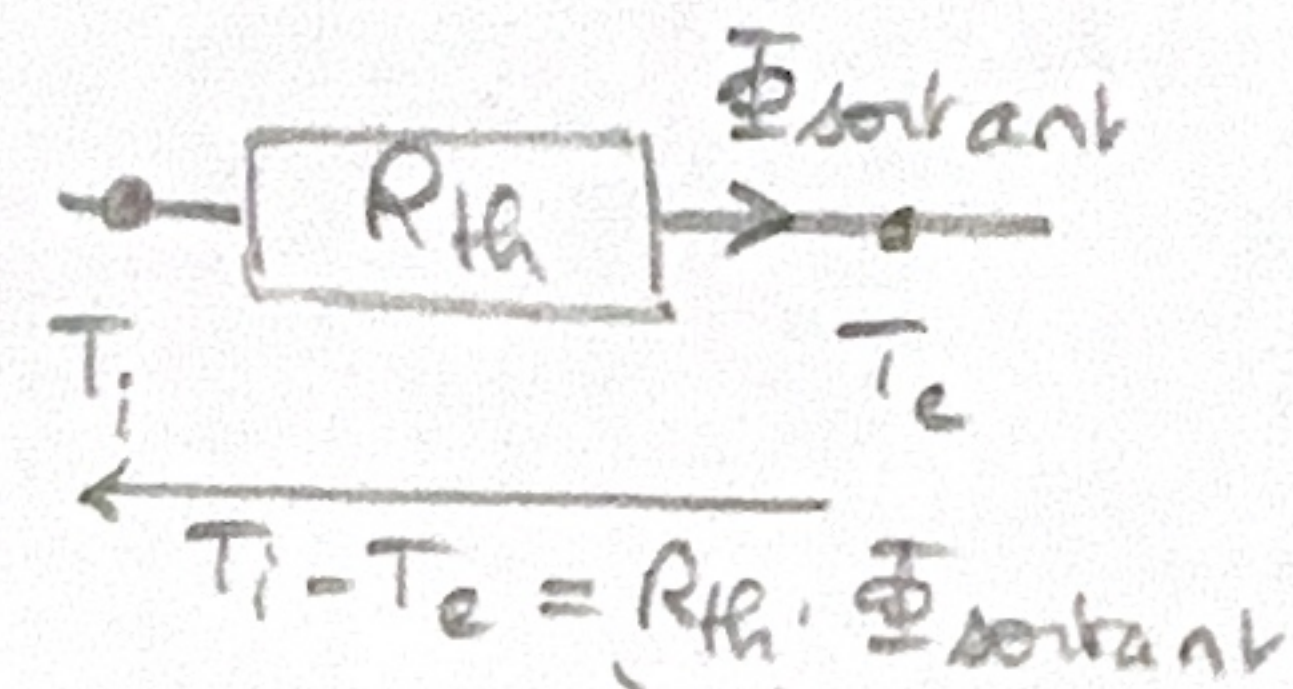
source = pertes + stockage

↓
métabolisme
 $P_h \cdot dt$

↓
 $\Phi_{sortant} \cdot dt$

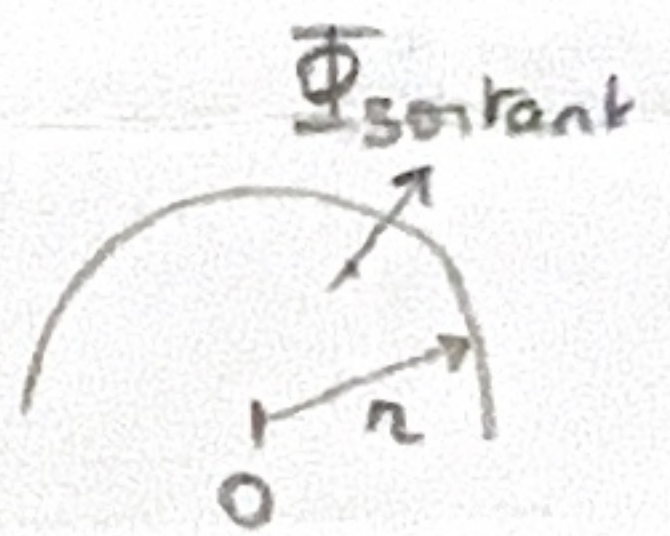
↓
 $dU = 0$
en rég. stationnaire

avec



$$\Phi_{sortant} = \iint_{S_n} j_{th}(r, t) \vec{u}_n \cdot dS \vec{u}_n$$

↳ noté Φ dans la suite



$$\text{On a } \underline{\Phi = P_h} = \iint_{S_n} j_{th}(r, t) \vec{u}_n \cdot dS \vec{u}_n = j_{th}(r, t) \cdot \overbrace{2\pi r^2}^{\text{aire d'une } 1/2 \text{ sphère.}}$$

$$\text{loi de Fourier } \Rightarrow P_h = -\lambda \frac{dT}{dr} \cdot 2\pi r^2$$

$$\Rightarrow \frac{dT}{dr} = -\frac{P_h}{2\pi\lambda} \cdot \frac{1}{r^2}$$

$$\Rightarrow T(r) = +\frac{P_h}{2\pi\lambda} \cdot \frac{1}{r} + K$$

$$\text{avec } \begin{cases} T(r=R) = T_i = \frac{P_h}{2\pi\lambda} \cdot \frac{1}{R} + K \\ T(r=R+e) = T_e = \frac{P_h}{2\pi\lambda} \cdot \frac{1}{R+e} + K \end{cases}$$

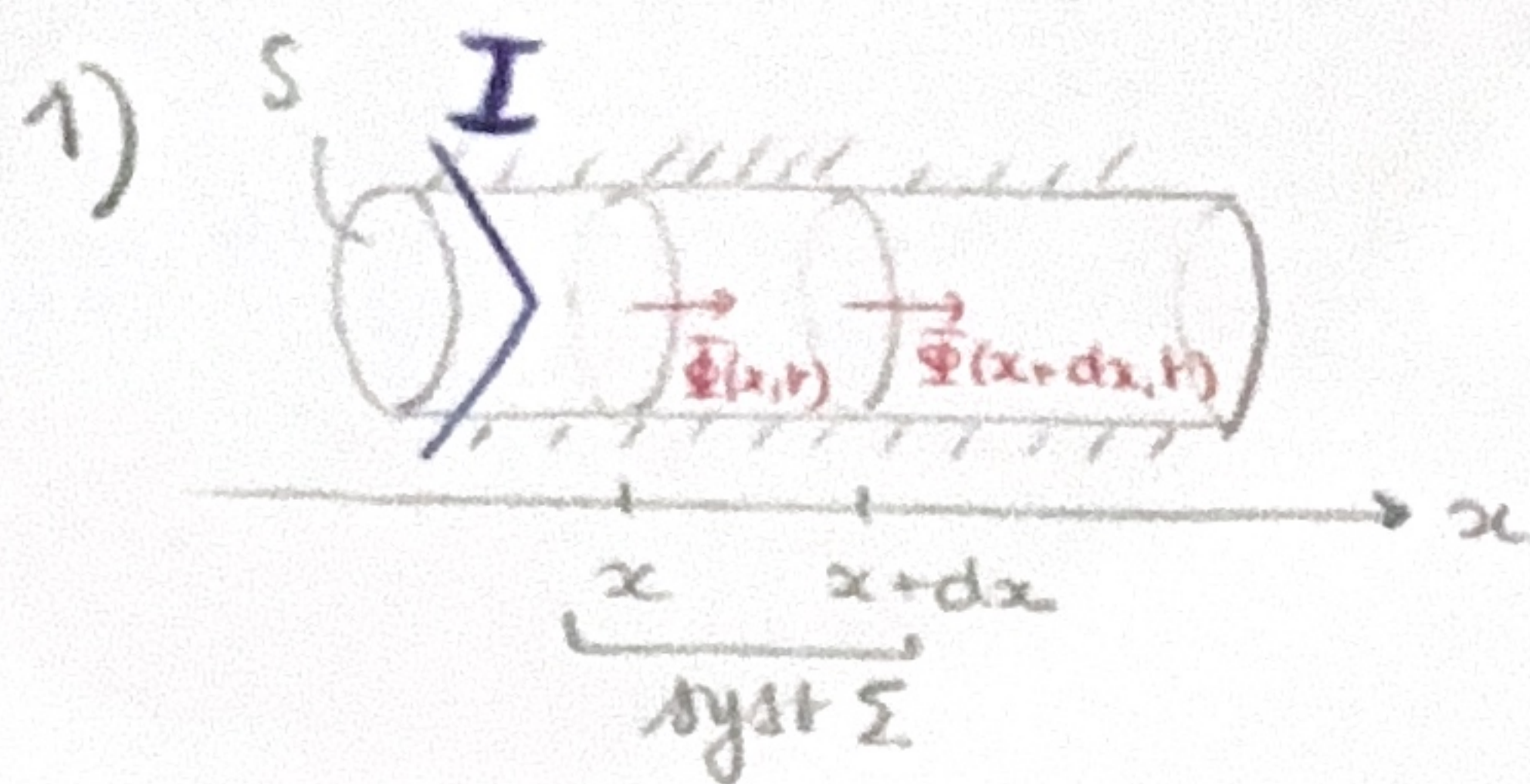
$$\Rightarrow T_i - T_e = \frac{1}{2\pi\lambda} \left(\frac{1}{R} - \frac{1}{R+e} \right) \cdot P_h$$

$$\Rightarrow \frac{1}{R+e} = -\frac{2\pi\lambda}{P_h} (T_i - T_e) + \frac{1}{R}$$

$$\Rightarrow e = \frac{1}{\frac{1}{R} - \frac{2\pi\lambda}{P_h} (T_i - T_e)} - R = \frac{R P_h - P_h + 2\pi\lambda R^2 (T_i - T_e)}{P_h - 2\pi\lambda R (T_i - T_e)} > \frac{2\pi\lambda R^2 (T_{min} - T_e)}{P_h - 2\pi\lambda R (T_{min} - T_e)} = 10 \text{ cm}$$

R_{th} (en sphériques)

Fusible.



syst $\{\Sigma\}$ fermé et macro: au rep.

$$1^{er} p^e : dU = \delta W + \delta Q$$

$$\bullet dU_{Pcl} = m_{\Sigma} \cdot c \cdot (T(x, t+dt) - T(x, t))$$

$$\approx \mu S dx \cdot c \cdot \frac{\partial T}{\partial t} \cdot dt \quad (\mu \text{ masse volumique})$$

$$\bullet \delta W = \delta W_p + \delta W_e$$

$$= 0 + R_{\Sigma} I^2 dt$$

$$\text{avec } R_{\Sigma} = \frac{dx}{\gamma S} \text{ résistance élec de } \Sigma$$

$$\bullet \delta Q = (\Phi(x, t) - \Phi(x+dx, t)) dt$$

$$\text{avec } \Phi = \iint_S \vec{j}(x, t) \cdot \vec{u}_x \cdot dS \vec{u}_x = j_{th}(x, t) \cdot S$$

$$\Rightarrow \mu S dx c \frac{\partial T}{\partial t} dt = \frac{dx}{\gamma S} I^2 dt - \frac{\partial \Phi}{\partial x} dx dt$$

Loi de Fourier

$$\mu S c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{I^2}{\gamma S} - \frac{\partial}{\partial x} (-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \cdot S)$$

$$\Rightarrow \mu c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{I^2}{\gamma S^2} + \lambda \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

2^e en rég. stationnaire $\frac{\partial T}{\partial t} = 0 \Rightarrow \frac{d^2 T}{dx^2} = - \frac{I^2}{\lambda \gamma S^2}$

$$\Leftrightarrow \frac{dT}{dx} = - \frac{I^2}{\lambda \gamma S^2} x + A$$

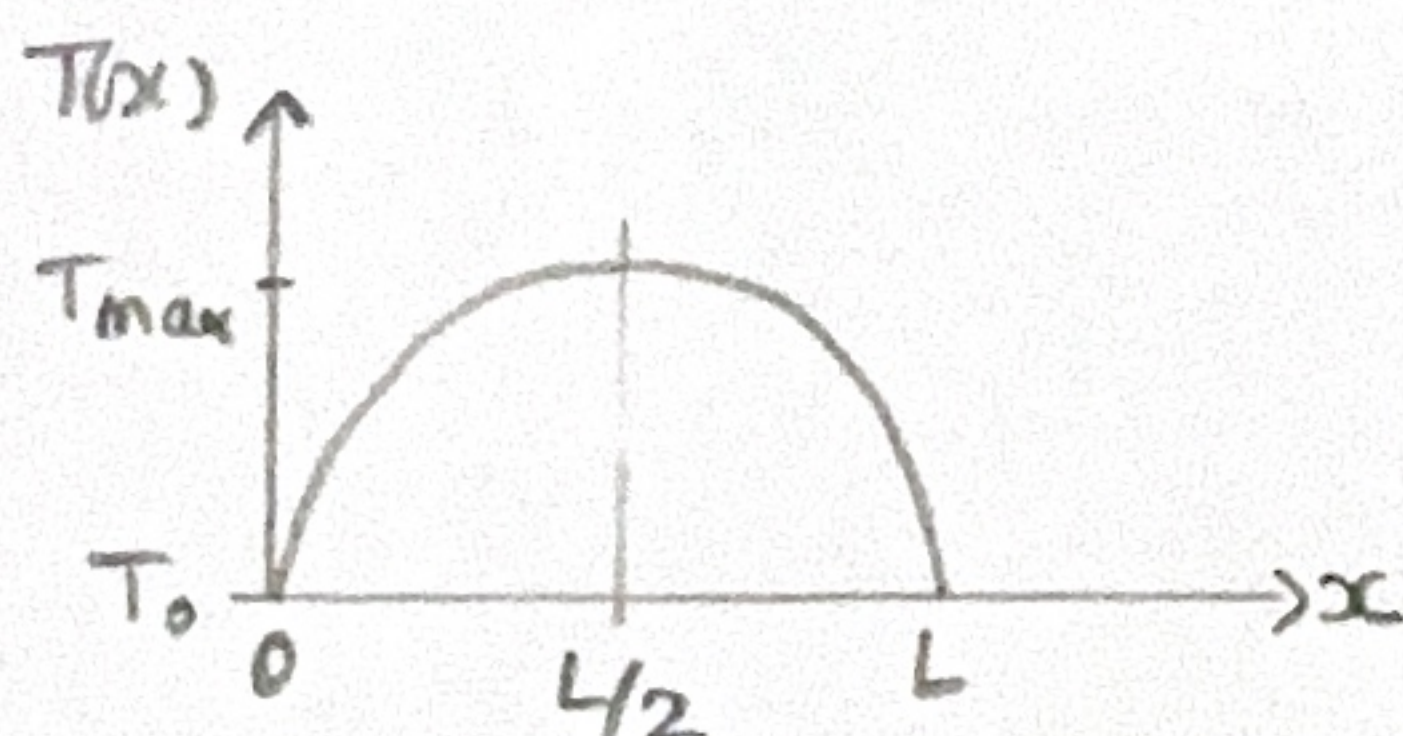
$$\Leftrightarrow T(x) = - \frac{I^2}{2 \lambda \gamma S^2} x^2 + A x + B \quad (A, B) \text{ const.}$$

contacts thermiques parfaits en $x=0$ et $x=L \Rightarrow T_0 = T(x=0) = B$

$$T_0 = T(x=L) = - \frac{I^2}{2 \lambda \gamma S^2} L^2 + AL + B$$

d'où

$$\begin{cases} B = T_0 \\ A = \frac{I^2 L}{2 \lambda \gamma S^2} \end{cases}$$



on a $\frac{dT}{dx} = - \frac{I^2}{\lambda \gamma S^2} x + A = 0 \Leftrightarrow x = \frac{L \cdot I^2 / (2 \lambda \gamma S^2)}{I^2 / (\lambda \gamma S^2)} = \frac{L}{2}$; $\frac{d^2 T}{dx^2} = - \frac{I^2}{\lambda \gamma S^2} < 0$

f^o concave

$\Rightarrow$ température maximale en $x = \frac{L}{2}$; $T(x = \frac{L}{2}) = \frac{I^2}{2 \lambda \gamma S^2} (-\frac{L^2}{4} + L \cdot \frac{L}{2}) + T_0 = \frac{I^2}{2 \lambda \gamma S^2} \cdot \frac{L^2}{4} + T_0$

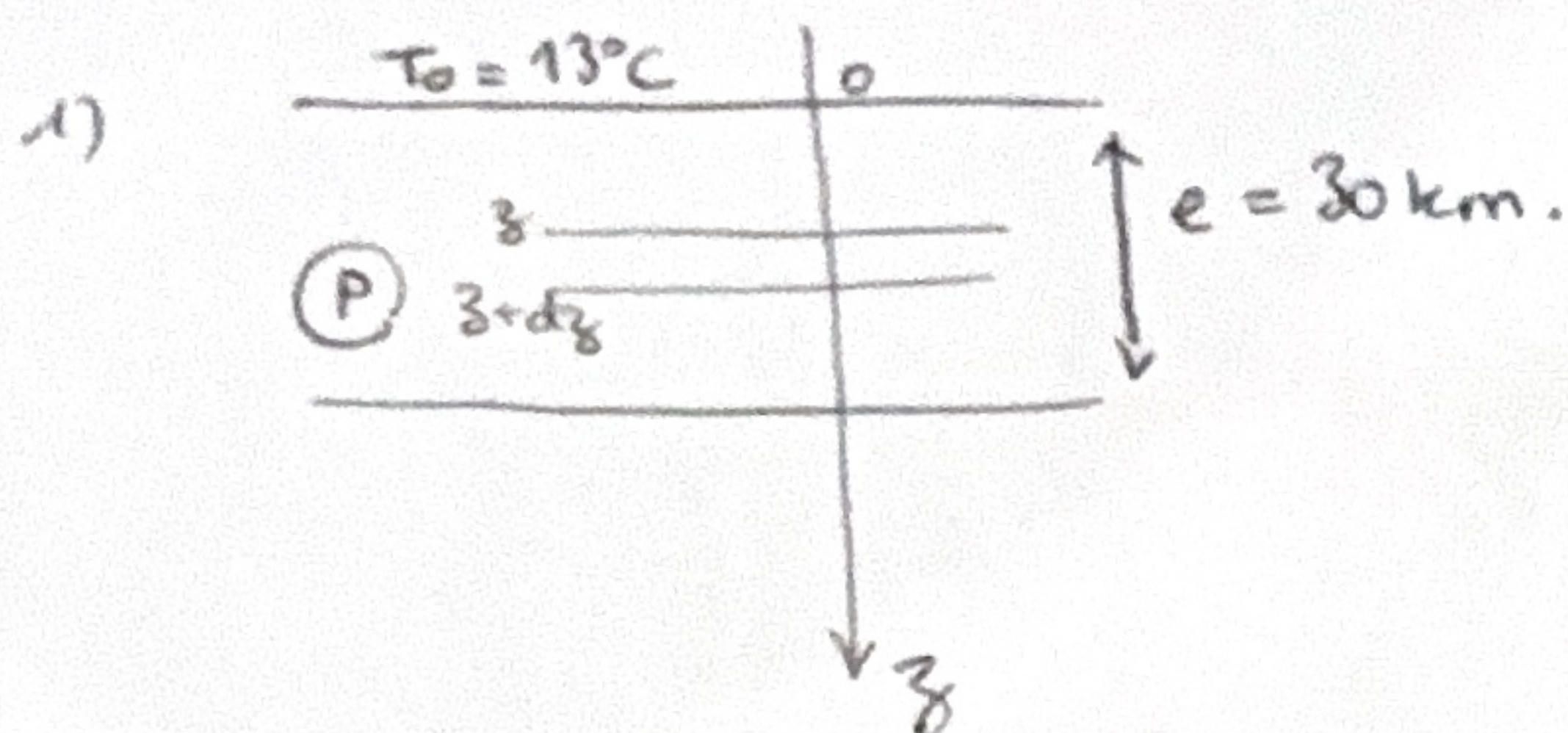
3) La fus^o du métal débute en $x = \frac{L}{2}$ où T est max

Pour $I > I_{max}$, il faut $T(x = \frac{L}{2}) \geq T_F \Leftrightarrow \frac{I^2 L^2}{8 \lambda \gamma S^2} \geq T_F - T_0 \Leftrightarrow S \leq \frac{I \cdot L}{\sqrt{8 \lambda \gamma (T_F - T_0)}}$

AN: $S \leq 1,7 \cdot 10^{-6} m^2 = 1,7 mm^2 \rightarrow r \leq 0,73 mm$

7. Croûte continentale - géothermie

rég. stationnaire.



$$P = p \cdot S \quad \underbrace{U(t+dt) - U(t)}_{=0 \text{ (RS)}} = \delta W + \delta Q = 0 + \phi(z) dt - \phi(z+dz) dt + p \cdot S dz dt$$

$$0 = -\frac{d\phi}{dz} dz dt + p S dz dt$$

$$0 = -\cancel{p} \frac{d\cancel{h}}{dz} + p \cancel{S}$$

$$0 = +\lambda \frac{d^2 T}{dz^2} + p \quad \Rightarrow \quad \boxed{\frac{d^2 T}{dz^2} = -\frac{p}{\lambda}}$$

2) $EDL_2 \rightarrow 2CL \text{ m}^2 \cdot \text{C}.$

3)

$$T(z=0) = T_0 = 13^\circ\text{C}$$

$$\frac{dT}{dz}(z=0) = \frac{55-40}{1000-500} = \frac{15}{500} = 0,03 \text{ K} \cdot \text{m}^{-1}$$

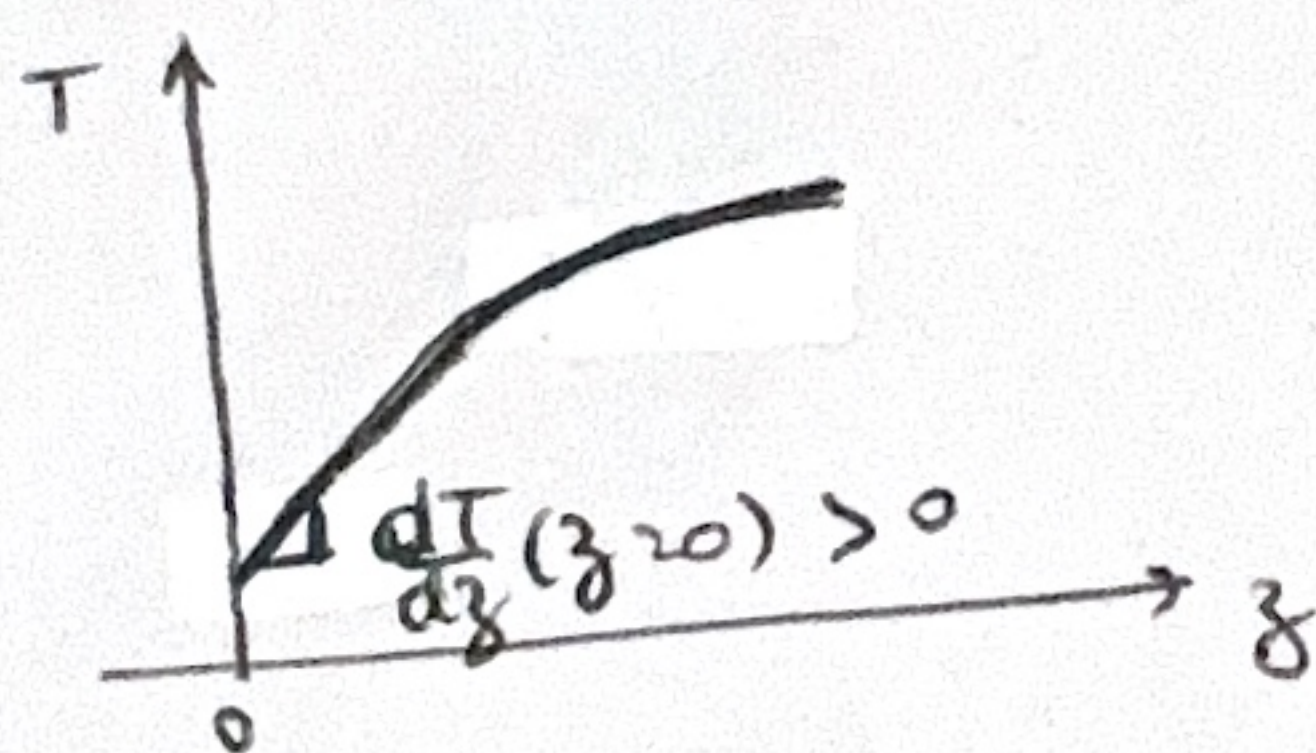
$$\frac{dT}{dz} = -\frac{p}{\lambda} z + A$$

$$T(z) = -\frac{p}{\lambda} \frac{z^2}{2} + Az + B$$

$$T(0) = B = T_0 = 13^\circ\text{C}$$

$$\frac{dT}{dz}(z=0) = A = 0,03 \text{ K} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$\left. \begin{array}{l} T(z=0) = T_0 = 13^\circ\text{C} \\ \frac{dT}{dz}(z=0) = A = 0,03 \text{ K} \cdot \text{m}^{-1} \end{array} \right\} \Rightarrow \boxed{T(z) = -\frac{p}{\lambda} \frac{z^2}{2} + \frac{dT}{dz}(z=0) \cdot z + T_0}$$



$$\frac{d^2 T}{dz^2} < 0 \rightarrow f \text{ concave}$$

4). $T(z=e) = 600^\circ\text{C} = -\frac{p}{\lambda} \cdot \frac{e^2}{2} + \frac{dT}{dz}(z=0) \cdot e + T_0$

$\downarrow$
30 km.

$$p = \frac{2\lambda}{e^2} \left(\frac{dT}{dz}(z=0) \cdot e + T_0 - T(z=e) \right)$$

$$\boxed{p = 1,7 \cdot 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{m}^{-3}}$$

5). $\vec{j}_h = -\lambda \frac{dT}{dz} \vec{u}_z \quad \|\vec{j}_h\| = +\lambda \cdot \frac{dT}{dz}(z=0) = 0,075 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

Énergie surfacique max récupérable par géothermie = $\|\vec{j}_h\| \times \Delta t = 2,4 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2} \text{ par an}$
avec $\Delta t = 1 \times 365 \times 24 \times 3600$

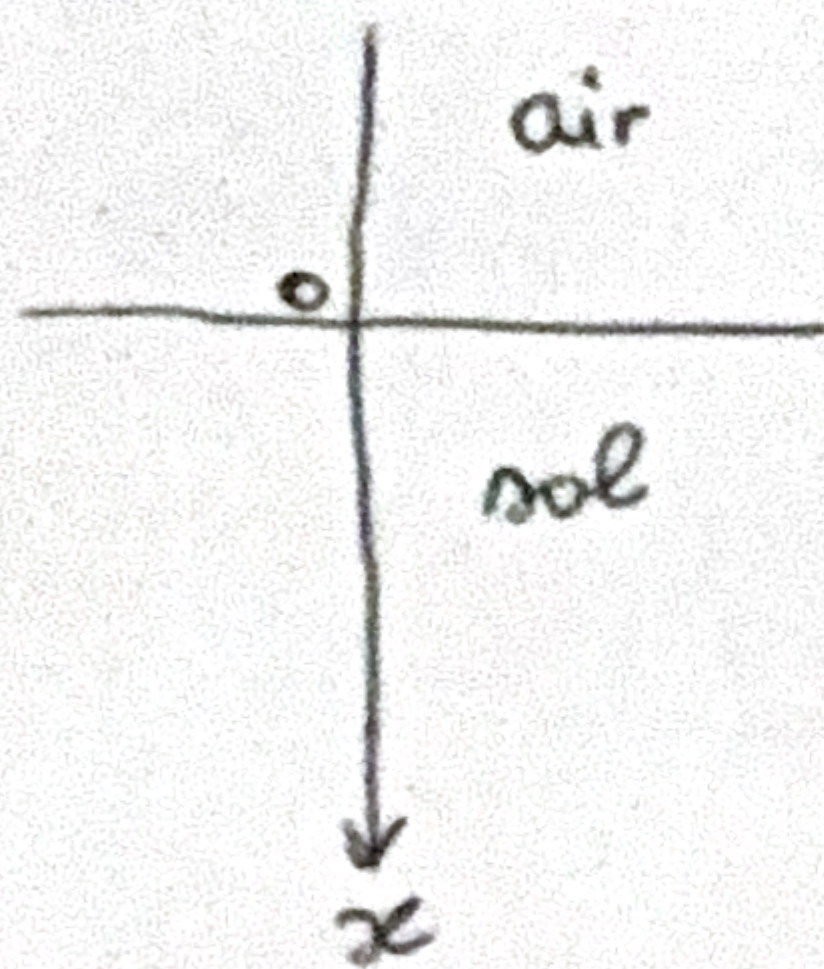
potentiel solaire = $1,22 \cdot 10^6 \text{ Wh} \cdot \text{m}^{-2} = 1,22 \cdot 10^6 \times 3600 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} = 4,4 \text{ GJ} \cdot \text{m}^{-2}$

>> potentiel géothermique

Δ solaire : énergie "intermittente".

Δ prise en compte du rendement des installat. p récup. ces énergies!

Effet de cave - Endothermique sinusoïdale.



$$T(0,t) = T_0 + a \cos(\omega t) \leadsto \underline{T}(0,t) = T_0 + a \exp(j\omega t)$$

$$\underline{T}(x,t) = T_0 + f(x) \exp(j\omega t)$$

$$T(M,t) = T(x,t) \rightarrow \text{g\u00e9om. cart\u00e9sienne unidim.}$$

1). sol = solide sans terme source $P_v = 0$.

↳ siège d'un ph\u00e9nom\u00e8ne de conduction thermique

\(\Rightarrow\) $T(x,t)$ v\u00e9rifie l'eq de la diff\u00e9rentielle thermique: $\frac{\partial T}{\partial t} = D \cdot \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$ Eq\u00e9 lin\u00e9aire

en s\u00e9parant $\underline{T}(x,t)$: $f(x) \cdot j\omega \cdot \exp(j\omega t) = D \cdot \exp(j\omega t) \cdot \frac{d^2 f}{dx^2}$ transporte en ω

$$\Leftrightarrow \frac{d^2 f}{dx^2} = \frac{j\omega}{D} \cdot f(x)$$

$$\text{Eq\u00e9 caract. associ\u00e9e: } \lambda^2 = \frac{j\omega}{D} = e^{j\frac{\pi}{2}} \cdot \frac{\omega}{D}$$

$$\Rightarrow \lambda = \pm e^{j\pi/4} \sqrt{\frac{\omega}{D}} = \pm \frac{1}{\sqrt{2}} (1+j) \sqrt{\frac{\omega}{D}}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \pm (1+j) \sqrt{\frac{\omega}{2D}} = \pm (1+j) \cdot \sqrt{\frac{\omega \mu c}{2\lambda}}$$

$$\Leftrightarrow \lambda = \pm (1+j) \cdot \frac{1}{\delta}$$

$$f(x) = A e^{(1+j)\frac{x}{\delta}} + B e^{-(1+j)\frac{x}{\delta}}$$

$$\Leftrightarrow f(x) = A e^{x/\delta} e^{jx/\delta} + B e^{-x/\delta} e^{-jx/\delta}$$

car $T(x \rightarrow +\infty, t)$ ne diverge pas

$$\Leftrightarrow f(x) = B e^{-x/\delta} e^{-jx/\delta}$$

$$\text{CL: } \underline{T}(0,t) = T_0 + a e^{j\omega t}$$

$$\Leftrightarrow T_0 + f(0) e^{j\omega t} = T_0 + a e^{j\omega t}$$

$$\Leftrightarrow f(0) = a$$

$$\Leftrightarrow B = a$$

$$\text{donc } f(x) = a e^{-x/\delta} e^{-jx/\delta}$$

$$\Rightarrow \underline{T}(x,t) = T_0 + a e^{-x/\delta} e^{j(\omega t - x/\delta)}$$

$$\text{notate R: } T(x,t) = \text{Re}(\underline{T}(x,t)) = T_0 + a e^{-x/\delta} \cos(\omega t - \frac{x}{\delta})$$

2). temp\u00e9rature m\u00e9diane journali\u00e8re = $3^\circ\text{C} = T_0$ et ampl. de variate journali\u00e8re = $15^\circ\text{C} = a$ de T en $x=0$

$$T(x,t) = T_0 + a e^{-x/\delta} \cos(\omega t - \frac{x}{\delta})$$

ampl. de variate journali\u00e8re de T en x

$$\hookrightarrow \omega = \frac{2\pi}{1 \times 24 \times 3600} = 7,27 \cdot 10^{-5} \text{ rad.s}^{-1}$$

$$\rightarrow \delta = \sqrt{\frac{2 \times 10^2}{30 \cdot 10^3 \times 515 \times 7,27 \cdot 10^{-5}}}$$

en $x = 50 \text{ cm}$

$$\text{ampl}_x = 15 \times \exp(-\frac{50}{15}) = 0,54^\circ\text{C}$$

$$\delta = 15 \text{ cm}$$

\(\ll\) ampl. \(\rightarrow\) att\u00e9nuation des variate amortiss\u00e9es

\(\rightarrow\) effet de cave: T baisse