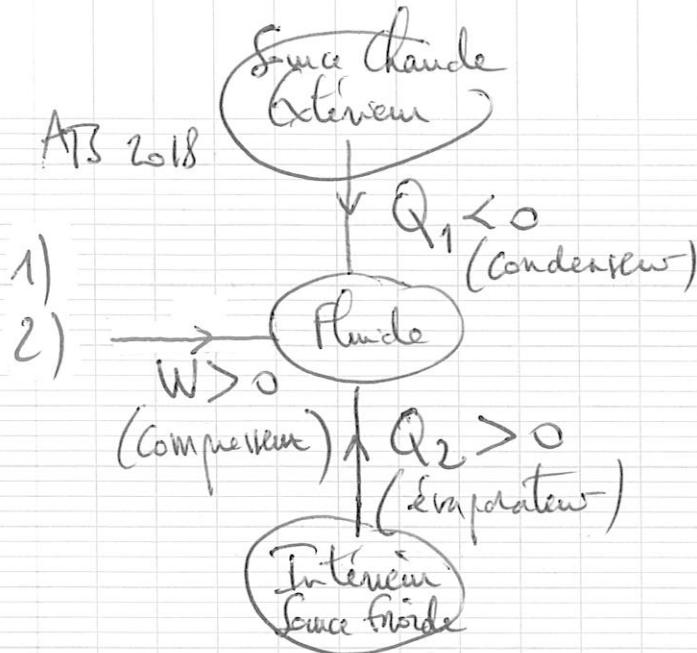


ATB 2018



3) $\Delta U = W + Q$

Adiabatique : $Q = 0$

Gay Lussac : $\Delta U = n C_{v,m} \Delta T$

$\Delta U = W$

$n C_{v,m} \Delta T = W > 0$

d'où : $\Delta T > 0$



C : Point Critique

T : Point Triple

liquéfaction possible à température élevée si la pression P est élevée.

5) $\text{Col.} = \frac{Q_2}{W}$

Premier Principe pour un cycle (régime permanent) :

$\Delta U = W + Q_1 + Q_2 = 0$ (cycle)

d'où : $\text{Col} = \frac{Q_2}{-Q_1 - Q_2}$ (5)

6) Deuxième Principe pour un cycle (régime permanent) :

$$\Delta S = S_{\text{éch}} + S_{\text{créé}} = \frac{Q_1}{T_{\text{ext}}} + \frac{Q_2}{T_{\text{int}}} + S_{\text{créé}}$$

Rendement maximal si transformations réversibles.

$$\Delta S = 0 \text{ car cycle}$$

On obtient :

$$\Delta S = \frac{Q_1}{T_{\text{ext}}} + \frac{Q_2}{T_{\text{int}}} = 0$$

$$\text{d'où : } \frac{Q_1}{T_{\text{ext}}} = - \frac{Q_2}{T_{\text{int}}}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = - \frac{T_{\text{ext}}}{T_{\text{int}}}$$

D'après (5) :

$$\text{COP}_c = \frac{Q_2 (\div Q_2)}{-Q_1 - Q_2 (\div Q_2)} = \frac{1}{-\frac{Q_1}{Q_2} - 1} = \frac{1 \times T_{\text{int}}}{\frac{T_{\text{ext}}}{T_{\text{int}}} - 1 \times T_{\text{int}}}$$

$$\text{COP}_c = \frac{T_{\text{int}}}{T_{\text{ext}} - T_{\text{int}}} \quad (\text{COP de Carnot}).$$

$$7) \quad \text{COP}_c = \frac{(5+273)}{(25+273) - (5+273)} \quad \Delta T_{\text{en K}}$$

$$\text{COP}_c = \frac{278}{20} \approx \frac{280}{20} \approx 14$$

8) Diagramme

9) Diagramme

10) On a : $T_e = 27^\circ\text{C}$

11) On a : $T_s = -10^\circ\text{C}$

12) D $\rightarrow$ A vaporisation + échauffement isobare

$$P_{\text{th}2} + P_{\text{méca}2} = \dot{m} (h_A - h_D)$$

$P_{\text{méca}2} = 0$ car pas de pièce mobile

$$P_{\text{th}2} = \dot{m} (h_A - h_D) = 10^{-2} (405 - 235) \cdot 10^3$$

$$\underline{P_{th2} = 1700 \text{ W}}$$

13) A $\rightarrow$ B Compression adiabatique

$$P_{th2} + P_{mea} = D_m (h_B - h_A)$$

$P_{th2} = 0$ car adiabatique

$$\Rightarrow P_{mea} = D_m (h_B - h_A)$$

$$P_{mea} = 10^{-2} (442 - 205) \cdot 10^3$$

$$\underline{P_{mea} = 370 \text{ W}}$$

14) B $\rightarrow$ C refroidissement (+) liquéfaction isolée

$$P_{th1} + P_{mea1} = D_m (h_C - h_B)$$

$P_{mea1} = 0$ car pas de pièce mobile.

$$\underline{P_{th1} = D_m (h_C - h_B)}$$

$$P_{th1} = 10^{-2} (235 - 442) \cdot 10^3$$

$$\underline{P_{th1} = -2070 \text{ W}}$$

15) Premier principe sur un cycle :

$$\Delta U = W + Q_1 + Q_2 = 0$$

$$W = -Q_1 - Q_2 \quad (\text{en joules})$$

En divisant par le temps (s) :

$$P = -P_1 - P_2$$

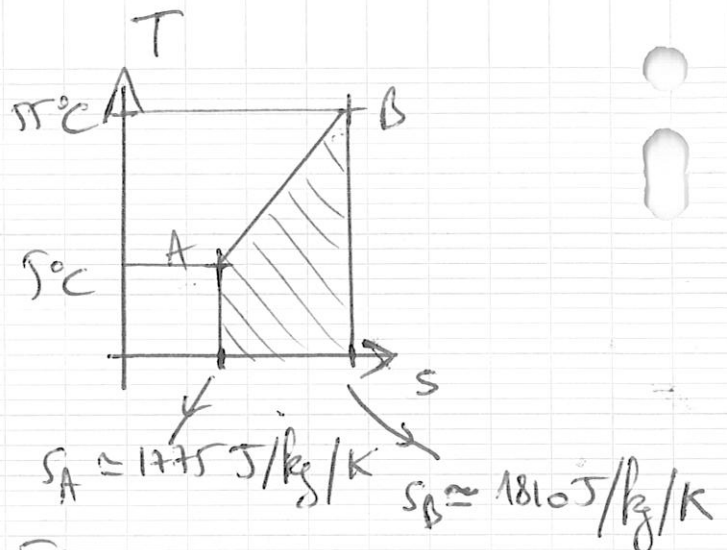
$$\textcircled{\text{ou}} P_{mea} = -P_{th1} - P_{th2}$$

$$16) \underline{COP_{rai} = \frac{Q_2}{W} = \frac{P_{th2}}{P_{mea}} = \frac{1700}{370} \approx 5}$$

17) $COP_{rai} < COP_c$
car transformations irréversibles

$$18) w_f = - \int_A^B T \cdot ds$$

Il s'agit de l'aire sous la courbe, dans le diagramme (T, s) (partie hachurée)



$$w_f = (s_B - s_A) \times \frac{T_A + T_B}{2}$$

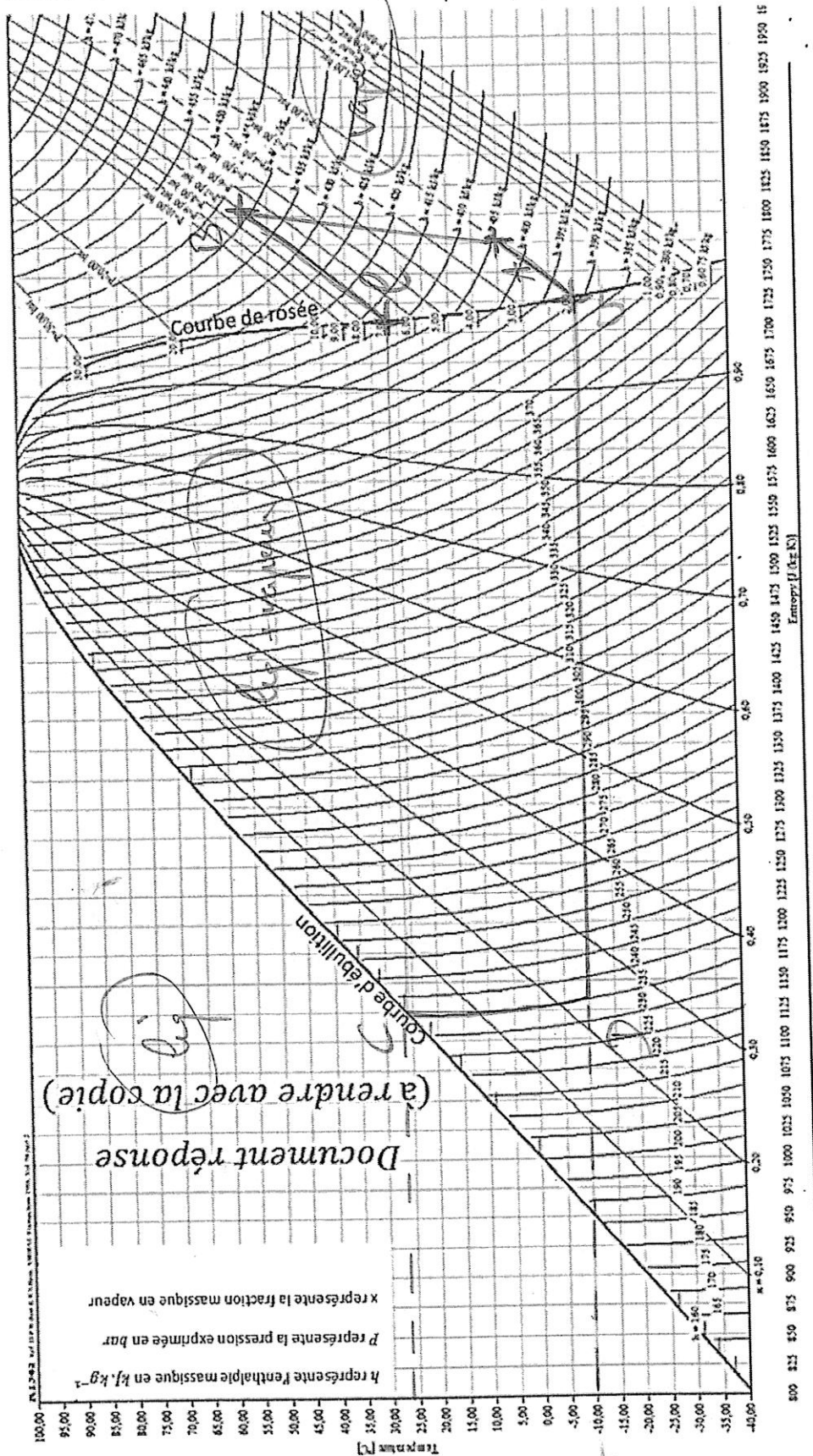
$$= (1810 - 1775) \times \frac{5 + 35}{2}$$

$$\approx 35 \times 30 \approx 100 \text{ W}$$

les pertes par viscosité de $\approx 100 \text{ W}$ représentent environ un quart de la puissance mécanique de 370 W.

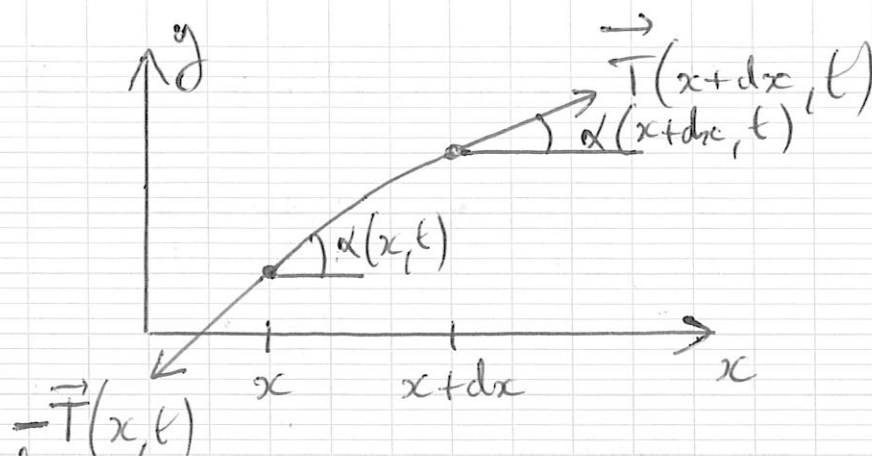
Thermodynamique en système ouvert Diagramme (T,s) R134a

$T_c = 27^\circ\text{C}$
 $T_g = -10^\circ\text{C}$



41

19)



Referentiel : Terre, on suppose galiléen

Système : élément de corde de masse dm

BARE : $\vec{T}(x+dx, t)$ $\oplus$ frottements négligés (hypothèse 1)
 $-\vec{T}(x, t)$
 $d\vec{P} = dm \cdot \vec{g}$ négligé (hypothèse 3)

PFD :

$$\vec{T}(x+dx, t) - \vec{T}(x, t) = dm \cdot \vec{a}$$

Projection sur x :

$$T_x(x+dx, t) - T(x, t) = dm \cdot \ddot{x}$$

Déplacement horizontal négligé (hypothèse 4)

$$\Rightarrow \ddot{x} = 0$$

On obtient :

$$T_x(x+dx, t) - T(x, t) = 0$$

$$\text{avec : } T_x = T \cdot \cos \alpha$$

Hypothèse 5 ($\alpha \ll 1$) $\Rightarrow$ DL d'ordre 1 $\Rightarrow \cos \alpha \approx 1$
 $\Rightarrow T_x \approx T$

On obtient :

$$T(x+dx, t) - T(x, t) = 0$$

$$T(x+dx, t) = T(x, t) \quad \text{Tension uniforme}$$

20) Projection du PFD sur y :

$$T_y(x+dx, t) - T_y(x, t) = dm \cdot \ddot{y} = \mu \cdot dx \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$T_0 \cdot \sin \alpha(x+dx, t) - T_0 \cdot \sin \alpha(x, t) = \mu \cdot dx \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$T_0 \cdot (\sin \alpha(x+dx, t) - \sin \alpha(x, t)) = \mu \cdot dx \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$T_0 \cdot \frac{\partial \sin \alpha}{\partial x} dx = \mu \cdot dx \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

Or : $\sin \alpha = \frac{\partial y}{\partial x} \approx \alpha$ (hypothèse 5 : $\sin \alpha \approx \alpha$, DL d'ordre 1)

On obtient :

$$T_0 \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} dx = \mu dx \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}$$

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} - \left(\frac{\mu}{T_0} \right) \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

$$\frac{1}{v^2}$$

D'où : $v = \sqrt{\frac{T_0}{\mu}}$

21) v = vitesse de propagation de l'onde mécanique.

22) $y(x, t) = A \cos(kx - \Psi) \cos(\omega t - \varphi)$, onde stationnaire car les termes en x et les termes en t sont découplés.

23) $y(0, t) = A \cos(-\Psi) \cos(\omega t - \varphi)$: CL 1
 $= A \cos \Psi \cos(\omega t - \varphi) = 0 \quad \forall t$

On en déduit :

$$\cos \Psi = 0 \quad \text{prenons } \Psi = -\frac{\pi}{2}$$

$$y(L, t) = A \cos\left(kL + \frac{\pi}{2}\right) \cos(\omega t - \varphi) = 0 \quad \forall t$$

: CL 2

On en déduit :

$$A \cos\left(kL + \frac{\pi}{2}\right) = 0$$

$$\begin{aligned} \cos\left(kL + \frac{\pi}{2}\right) &= 0 \\ kL + \frac{\pi}{2} &= \frac{\pi}{2} + n\pi \\ kL &= n\pi \\ k = k_n &= \frac{n\pi}{L} \end{aligned}$$

Donc :

$$\omega_n = v \cdot k_n = \frac{n\pi v}{L}$$

24)

$$y(x, t) = a \frac{\sin\left(\frac{\Omega}{v}(L-x)\right)}{\sin\left(\frac{\Omega}{v}L\right)} \cos(\Omega t)$$

Ventre d'amplitude : $y(x, t)$ a une très grande amplitude :

$$\sin\left(\frac{\Omega}{v}L\right) \rightarrow 0$$

$$\frac{\Omega}{v}L = n\pi$$

$$\underline{\underline{\Omega = \frac{n\pi v}{L} = \omega_n!}}$$

On retrouve les fréquences / pulsations des modes propres.

- 25)
- * Système masse ressort en régime sinusoïdal forcé
 - * Circuit RLC en régime sinusoïdal forcé

26) Paire métallique infiniment conductrices
 Or: $\vec{E} = \vec{0}$ dans un métal parfait.
 d'où: $\vec{E}(0^-, t) = \vec{E}(L^+, t) = \vec{0}$
 $\underline{E(0^-, t) = E(L^+, t) = 0}$

Relation de passage en 0:
 $\vec{E}(0^+, t) - \vec{E}(0^-, t) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_x$

Or aussi $\vec{E}(0^+, t) = \frac{\sigma}{\epsilon_0} \vec{u}_x$

Conclusion: $\vec{E}(0^+, t)$ suivant $\vec{u}_y$
 $\vec{E}(0^+, t) = \vec{0}$
 $\underline{E(0^+, t) = 0}$

Même raisonnement en $x = L$:
 $\underline{E(L^-, t) = 0}$

27) On veut: $f_s = 2,5 \text{ GHz}$
 C'est à dire: $\frac{\omega_s}{2\pi} = 2,5 \text{ GHz}$

Or: $\frac{\omega_s}{2\pi} = \frac{5\pi c}{2\pi L} = \frac{5\pi c}{2\pi L}$

d'où: $\frac{5c}{2L} = f_s$
 $L = \frac{5c}{2f_s}$

AK:

$$L = \frac{5 \times 3 \cdot 10^8}{2 \times 2,5 \cdot 10^9} = \frac{1,5 \cdot 10^9}{5 \cdot 10^9} = 0,30 = \underline{30 \text{ cm}}$$

28) Le plateau tournant permet de déplacer les éléments par rapport aux moteurs et vent resp
 $\Rightarrow$ Chapage
uniforme

Génér pour un four à micro-ondes -

19/

Problème 3 (extrait ATB 2018)

29) $V_1 = 20 \times 2,5 = 50 \text{ m}^3$

D'où le débit $10 \times 50 = 500 \text{ m}^3/\text{h}$

30) Installation - 1 inacceptable car aspiration des gaz brûlés du poêle par la hotte donc traversée de la pièce par des gaz brûlés

31) Écoulement stationnaire et incompressible ($\rho = \text{cte}$)
Justif: $\Rightarrow D_v = \text{cte}$ 
 $= v_B S_B = v_C S_C$
 $S_B = S_C$
 $\Rightarrow v_B = v_C$ 

32) $v_B = v_C$
 $R_B = R_C$

• Bernoulli | sans machine
| sans perte

$\Rightarrow p_B = p_C = p_{\text{atm.}} = p_0$

33) $D_v = v_A S_A = v_B S_B$
 $= v_A \pi R_A^2 = v_B \pi R_B^2$

$R_A = 4 R_B \Rightarrow v_B = 16 v_A$
 $\Rightarrow v_A = \frac{v_B}{16}$

$\Rightarrow v_A \ll v_B$

* Bilan de puissances = justif ou Bernoulli

34) $\frac{p_B - p_A}{\rho} + \frac{v_B^2 - v_A^2}{2} + g(z_B - z_A) = \frac{P_u}{\rho D_v}$

càd $p_B + \frac{1}{2} \rho v_B^2 + \rho g z_B = p_A + \frac{1}{2} \rho v_A^2 + \rho g z_A + \frac{P_u}{D_v}$

① Non conservateur - de l'énergie : terme $\frac{P_u}{D_v}$ ✓

35) $z_B - z_A = 3h$ ✓ $D_v = \rho v_B \pi R_B^2$
 $= \rho v_A \pi R_A^2$
 $v_A \approx 0$
 $\Downarrow$
 $v_B = \frac{D_v}{\rho \pi R_B^2}$

D'après 34):

② | $P_u = D_v (\cancel{p_B} - \cancel{p_A}) + D_v \left(\frac{1}{2} \rho v_B^2 - \frac{1}{2} \rho v_A^2 \right)$
 $+ D_v (\rho g z_B - \rho g z_A)$

1 (avec $v_A = 0$ ✓ $p_B = p_A = p_0$ ✓
 $z_B - z_A = 3h$

On obtient :

$$P_u = D_v \frac{1}{2} \rho v_B^2 + D_v \rho g 3h$$

$$= D_v \frac{1}{2} \rho \frac{D_v^2}{(\pi R_B^2)^2} + D_v \rho g 3h$$

$$= D_v \rho \left(\frac{D_v^2}{2(\pi R_B^2)^2} + 3g h \right)$$

36) $pV = nRT$ $V = \frac{nRT}{p}$

② | $\rho = \frac{m}{V} = \frac{m p}{n R T} = \frac{\rho p}{R T}$
 $= \frac{38 \cdot 10^{-3} \times 10^5}{10 \times 300}$
 $= 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ✓

37) $P_u = 1 \times 0,1 \times \left(\frac{0,1^2}{2 \times \pi^2 \times 0,1^4} + 3 \times 10 \times 0,5 \right)$

37) (suite)
En prenant $\pi^2 = 10$

$$P_u \approx 0,1 \times \left(\frac{10^{-2}}{2 \times 10 \times 10^{-4}} + 15 \right) \\ \approx 0,1 \times (5 + 15) = \underline{2 \text{ W}}$$

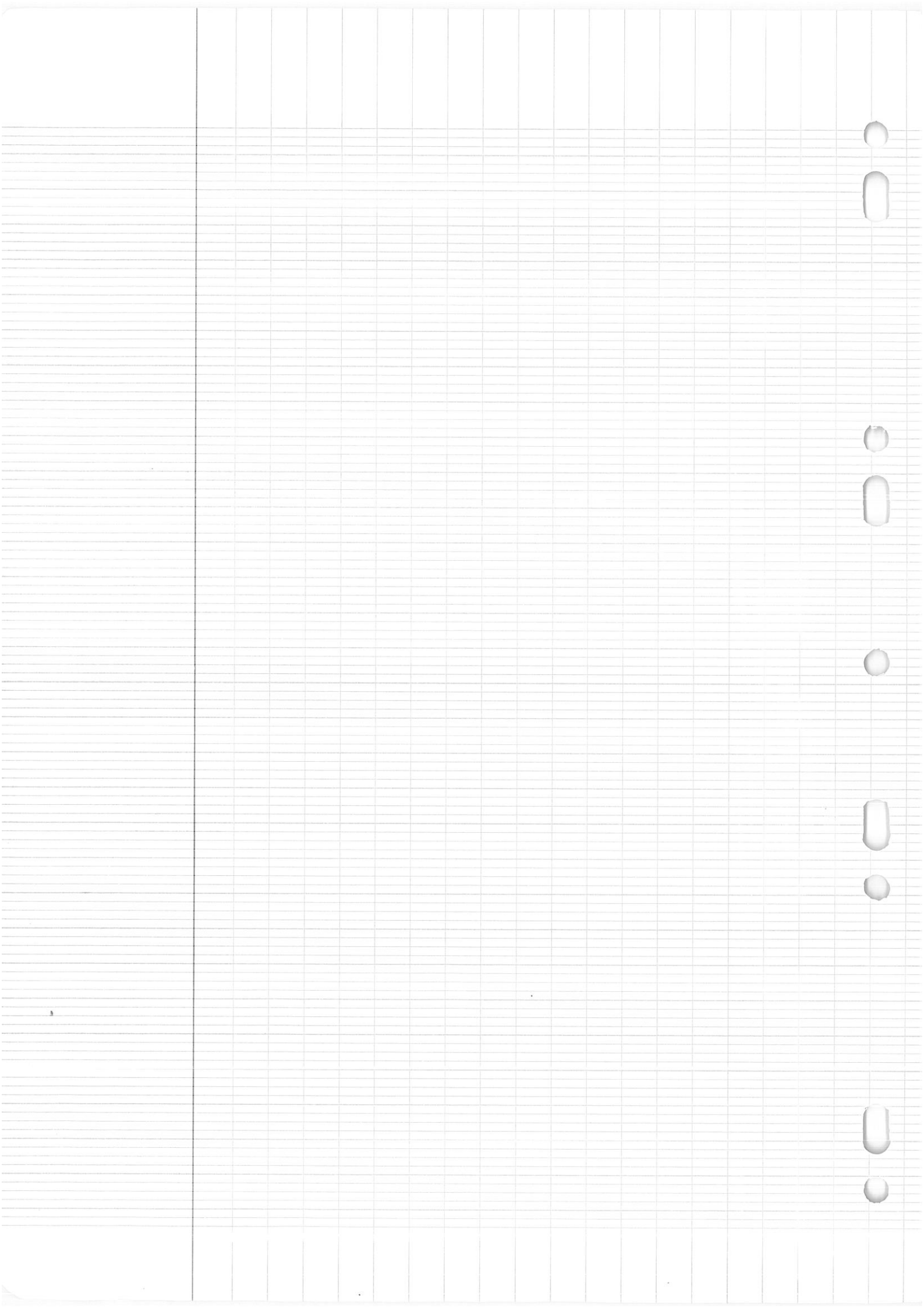
Non négligeable ! Puissance trop faible.

38) $1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1}$

P_f en W cad $\text{J} \cdot \text{s}^{-1}$

$$P_f = 1000 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \times 1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times 0,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \\ = \underline{100 \text{ W}}$$

Consommation électrique liée à la filtration
et non à la mise en mouvement du fluide.



ATB 2018

4ème partie.

$$39) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c} \Delta T \rightarrow K \cdot m^{-2}$$

$$\text{d'où } \frac{\partial t}{\partial T} = \frac{\rho c}{\lambda \cdot \Delta T}$$

$$dt = \frac{\rho c}{\lambda \cdot \Delta T} dT \text{ avec } [\Delta T] = \left[\frac{T}{L^2} \right]$$

$$[t] = \left[\frac{\rho c}{\lambda} \right] \times \left[\frac{L^2}{T} \right] \times [T]$$

$$= \left[\frac{\rho c}{\lambda} \right] [L^2]$$

$$\tau = K_1 \delta^2$$

$$\text{d'où } K_1 = \frac{\rho c}{\lambda} \quad \left(= \frac{1}{D} \right)$$

40) Le temps de diffusion thermique doit être conservé.

La masse du poulet double, donc son volume aussi.

$$\text{Or } [V] = [\delta]^3$$

$$m^3 = m^3$$

δ^3 est donc doublé.

	$m(kg)$	V	δ^3	δ
Poulet 1 $\rightarrow$	1	V_1	δ_1^3	δ_1
Poulet 2 $\rightarrow$	2	$V_2 = 2V_1$	$\delta_2^3 = 2\delta_1^3$	$\delta_2 = 2^{\frac{1}{3}}\delta_1$

δ est multipliée par $2^{\frac{1}{3}}$
 δ^2 est multipliée par $2^{\frac{2}{3}}$

Or $K_1 = cte \Rightarrow \tau$ multipliée par $2^{\frac{2}{3}} \approx 1.6$
 (1.6)

Concl :
 Temps de cuisson
 nécessaire
1.6 h

$$\begin{aligned}
 41) \quad \Phi &= \iint_{(S)} \vec{B} \cdot d\vec{S} \\
 &= \iint_{(S)} B \cdot \vec{u}_z \cdot dS \cdot \vec{u}_z = \iint_{(S)} B \cdot dS \\
 &= B \cdot S = B \cdot \pi b^2 \\
 \Phi &= \pi b^2 B = \pi b^2 B_0 \sin(\omega t)
 \end{aligned}$$

$$42) \quad e = - \frac{d\Phi}{dt} = - \omega \pi b^2 B_0 \cos(\omega t)$$

$$\begin{aligned}
 43) \quad i &= \frac{e}{R} = - \frac{\omega \pi b^2 B_0}{R} \cos(\omega t) \\
 &= \left(- \frac{\pi b^2 B_0}{R} \right) \omega \cos(\omega t)
 \end{aligned}$$

$$44) \quad P(t) = \frac{K_2}{R} i^2 = \frac{\pi^2 b^4 B_0^2 \omega^2 \cos^2(\omega t)}{R}$$

$$\begin{aligned}
 45) \quad \langle P(t) \rangle &= \left\langle \frac{\pi^2 b^4 B_0^2 \omega^2 \cos^2(\omega t)}{R} \right\rangle \\
 &= \frac{\pi^2 b^4 B_0^2 \omega^2}{2R} \quad \text{car } \langle \cos^2 \rangle = \frac{1}{2} \\
 &= \frac{(\omega B_0 \pi b^2)^2}{2R}
 \end{aligned}$$

46) Il faut une cavité avec une faible résistance R ($\Rightarrow \langle P(t) \rangle$ élevé), donc bonne conductivité électrique.

47) Approximation des Régimes Quasi-Stationnaires (ARQS):
 $L \ll \lambda = \frac{c}{f}$

Il faut: $f \ll \frac{c}{L}$ Prenons $L = 10 \text{ cm}$

$$f \ll \frac{3 \cdot 10^8}{10 \cdot 10^{-2}} = \frac{3 \cdot 10^8}{10^{-1}} = 3 \cdot 10^9 \text{ Hz} = \underline{3 \text{ GHz}}$$

$$\underline{f \ll 3 \text{ GHz}}$$

48) function $y = f(z)$
 $y = \frac{z}{(1+z^2)^4}$

end function

$z = \text{linspace}(0, 2, 100)$

$\text{plot}(z, f)$

$z\text{label}('z'); y\text{label}('z/(1+z^2)^4')$

49) $F_{\max} = K_3 \times \left(\frac{z}{(1+z^2)^4} \right)_{\max}$
 $= 1 \times 0,22 = \underline{0,22 \text{ N}}$

50) Une force de $0,22 \text{ N}$ permettrait de lever
une masse d'environ $0,022 \text{ kg} = 22 \text{ g}$.
Donc: tentative canonique impossible
(car masse entre 100 g et 1 kg).

