

② | I.1.1. $C = mc = \rho Vc$
 $C = 10.6^3 \times 500 \times 4,2.6^3$
 $= 5 \times 4,2.6^8 = 2,1.6^9 \text{ J.K}^{-1}$

I.1.2. $\frac{dT}{dt} + \frac{1}{\tau} T(t) = \frac{1}{\tau} T_0$

1 SEH: $T(t) = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

1 SP: $T_p(t) = T_0$

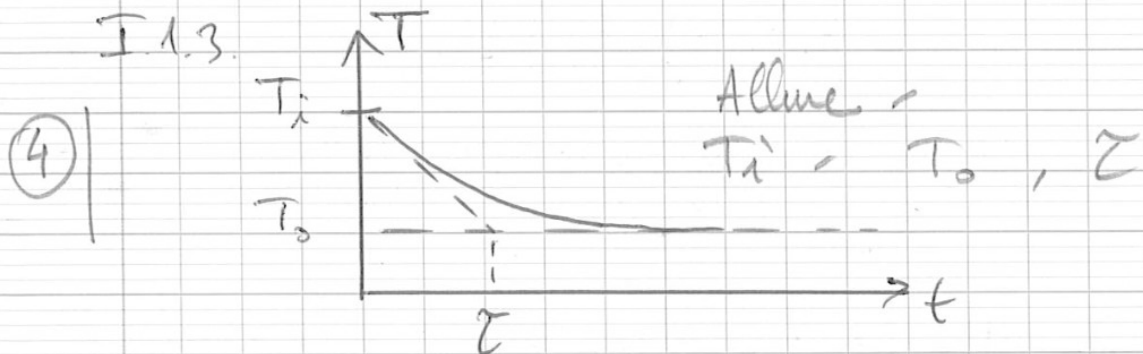
1 SG: $T(t) = T_0 + Ae^{-\frac{t}{\tau}}$

⑤ | CI: $T(0) = T_i$
 $T_0 + A = T_i$
 $A = (T_i - T_0)$

Solution:

1 $T(t) = (T_i - T_0)e^{-\frac{t}{\tau}} + T_0$

I.1.3.



I.1.4. $T(t) \approx (T_i - T_0)(1 - \frac{t}{\tau}) + T_0$

1 $T(t) \approx (T_0 - T_i)\frac{t}{\tau} - \cancel{T_0} + \cancel{T_i} + \cancel{T_0}$

$T(t) \approx \frac{T_0 - T_i}{\tau} t + T_i$

③ | $a = \frac{T_0 - T_i}{\tau}$

1 $b = T_i$

Doc 2 :
5. Ordonnée à l'origine : $T_i = 29,5^\circ\text{C} = b$
Coefficient directeur :

$$a = \frac{T_0 - T_i}{\tau} = \frac{16 - 29,5}{\tau} = \frac{27,5 - 29,5}{500}$$

(3) | Avec : Doc 3 :
 $T_0 = T_{\text{air int}} = 16^\circ\text{C}$
Donc : $\tau \in [0; 500]$

$$\frac{\tau}{13,5} = \frac{500}{2} \Rightarrow \tau \approx 7 \times 500 \approx 3500 \text{ min}$$

16. $\Delta H_1 = C \cdot \Delta T$
1 $\Delta H_1 = \rho V c \cdot \Delta T$

(3) |
1 $\Delta H_1 = 2,1 \cdot 10^9 \times (27,5 - 29,6)$
 $= -2,1 \times 2,1 \cdot 10^9 = -4,4 \cdot 10^9 \text{ J}$

(2) |
17. $\Delta H_2 = m_2 \cdot \Delta h_{\text{vap}}$
 $= \rho V_2 \cdot \Delta h_{\text{vap}}$
1 $= \rho \cdot D_0 \cdot (t_f - t_i) \cdot \Delta h_{\text{vap}}$

(1) |
8. $\Delta H_2 = 10 \cdot 10^3 \times 2 \times 500 \times 23 \cdot 10^6$
 $= 23 \cdot 10^9 \text{ J}$

9. $\Delta H_2 > 0$ = l'eau fournit de l'énergie à l'extérieur

(1) |
 $\Rightarrow$ l'eau perd de l'énergie
 $\Rightarrow$ la température de l'eau baisse.

10. Si $T \geq T_{\text{air}}$, alors l'eau de la piscine perd de l'énergie $\Leftrightarrow$ l'air (puissance "cédée" par l'eau au milieu extérieur) ≥ 0 .

(2) |
Si $T \leq T_{\text{air}}$, $P_{\text{air}} \leq 0$
Or : $P_{\text{air}} = \epsilon h S (T - T_{\text{air}})$
avec $h \geq 0, S \geq 0$
donc : $\epsilon = +1$

I3.2.

18 - $\frac{W > 0}{Q_f > 0}$

le compresseur fournit un travail au fluide -
la source froide fournit un transf. thermique au fluide

$\underline{Q_c < 0}$

le fluide fournit un transfert thermique à la piscine -

19 - $e = -\frac{Q_c}{W}$

20 - 1^{er} principe sur un cycle :

$\Delta U = W + Q_f + Q_c = 0 \Rightarrow W = -Q_c - Q_f$

D'où :

$e = \frac{Q_c}{Q_c + Q_f}$

2^{ème} principe sur un cycle :

$\Delta S = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$

$\Rightarrow Q_f = -\frac{T_f}{T_c} Q_c$

D'où :

$e = \frac{Q_c}{Q_c - \frac{T_f}{T_c} Q_c} = \frac{T_c Q_c}{T_c Q_c - T_f Q_c} = \frac{T_c}{T_c - T_f}$

21 - $e \approx \frac{28 + 273}{28 - 20} \approx \frac{301}{8} \approx \underline{40}$

② 11 - $Q_{air} = \int_{t_i}^{t_f} P_{air}(t) dt$ car P_{air} non constante.

12. Document 3 : $T_{moy} \approx 16^\circ C$

④ Document 2 : $T \approx 28,5^\circ C$ (valeurs moyennes) | Naut.

$\Rightarrow Q_{air} \approx P_{air} \cdot (T_f - T_i)$

$\approx \epsilon \cdot h \cdot S \cdot (T - T_{air}) \cdot (T_f - T_i)$

$\approx 1 \times 5 \times 300 \times (28,5 - 16) \times 500 \times 60 \approx \underline{5,6.10^8 J}$

28. $RC \frac{de}{dt} = RC \frac{du}{dt} + u$ (A établir).
loi des mailles :

(4) $u_c(t) + u(t) = e(t)$ - On dérive :
 $\frac{du_c}{dt} + \frac{du}{dt} = \frac{de}{dt}$ avec $i_c = C \frac{du_c}{dt} = \frac{u}{R}$
On obtient : $\frac{1}{RC} u + \frac{du}{dt} = \frac{de}{dt}$ (ou) $u + RC \frac{du}{dt} = RC \frac{de}{dt}$

29. $RC \frac{de}{dt} = RC \frac{du}{dt} + u$

$RC j\omega A e^{j\omega t} = RC j\omega U_0 e^{j\omega t} + U_0 e^{j\omega t}$

(4) (a) $RC j\omega A = RC j\omega U_0 + U_0$

$RC j\omega A = RC j\omega U_0 + U_0$
 $= U_0 (RC j\omega + 1)$

$\underline{U_0} = \frac{jRC\omega}{1 + jRC\omega} A$

30. Amplitude de $\underline{U_0}$:

(2) $U_0 = |\underline{U_0}| = \frac{RC\omega}{\sqrt{1 + (RC\omega)^2}} A$

Phase à l'entrée de $u_0(t)$:

$\varphi = \arg(\underline{U_0}) = \arg(jRC\omega) - \arg(1 + jRC\omega) + \arg A$

$\varphi = \frac{\pi}{2} - \arctan(RC\omega)$

et $u(t) = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$.

(2) 31. BF : $RC\omega \ll 1 \Rightarrow \underline{U_0} \approx RC\omega A$

IV-1. 45. Conservation de l'énergie mécanique :

$$E_{mA} = E_{m0}$$

$$E_{cA} + E_{pA} = E_{c0} + E_{p0}$$

$$0 + mgh = \frac{1}{2}mv^2 + 0$$

(4)

d'où :

$$v = \sqrt{2gh}$$

A.N. :

$$v \approx \sqrt{2 \times 10 \times 10} = \sqrt{200} \approx \underline{14 \text{ m.s}^{-1}}$$

1 46. Référentiel = Terrestre, galiléen -

1 Système = Origine de masse m. -

$$\text{BAHE} = \vec{P} = m\vec{g}$$

1

$$\text{PFD : } m\vec{g} = m\vec{a}$$

$$\text{d'où : } \vec{a} = \vec{g}$$

Mouvement suivant Axe z :

(6)

1

$$a_z = g$$

$$\text{C'est à dire : } \ddot{z} = g$$

1

$$\text{On intègre : } \dot{z} = gt + \dot{z}(0)$$

$$\dot{z} = gt$$

$$\text{On intègre } z = \frac{1}{2}gt^2 + z(0)$$

1

$$\underline{z(t) = \frac{1}{2}gt^2 - h}$$

47. Impact dans l'eau : $z = 0$

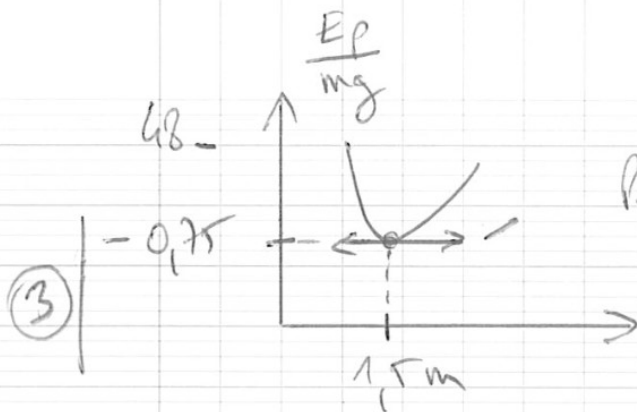
$$\frac{1}{2}gt^2 - h = 0$$

(2)

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

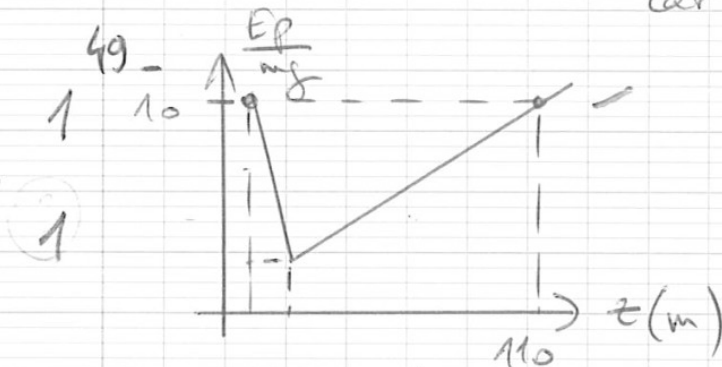
A.N. :

$$t \approx \sqrt{\frac{2 \times 10}{10}} \approx \underline{1.4 \text{ s}}$$



Position d'équilibre
 $z = 1,5 \text{ m}$

Position d'équilibre stable -
car minimum d' E_p -



Conservation de l'énergie
mécanique -
 $\Rightarrow z_{\max} = 110 \text{ m} !$

④ 1 Résultat non raisonnable -
Il manque à la modélisation:

- Impact au contact de l'eau
- Frottement de l'eau.

50. $W(\vec{F}) = \int_0^B \vec{F} \cdot d\vec{l} = \int_0^B -F \cdot dl$
 $= -F \int_0^B dl = -F \cdot z_{\max}$

③ (En supposant F constante)
 $W(\vec{F}) < 0$: Cette force est résistante et
 s'oppose au mouvement.

51. $\Delta E_m = W$
 Doc 13 : $h = 10 \text{ m} \Rightarrow z_{\max} = 2,4 \text{ m}$
 Doc 12 : $z = 2,4 \text{ m}$

④ 1 $\Rightarrow \frac{E_p}{mg} = -0,65 \text{ m}$
 $\Rightarrow E_{pB} = -0,65 mg$

$W = E_{mB} - E_{mA}$
 $= E_{pB} - E_{pA}$ (car $E_{cA} = E_{cB} = 0$,
 vitesses nulles)

Non
paz

$$-F \cdot z_{\max} = E_B - E_A = -mg(z_B - z_A)$$

$$F = \frac{E_B - E_A}{z_{\max}} = \frac{mg}{z_{\max}} (z_B - z_A)$$

$$= \frac{mg}{z_{\max}} (z_B - z_A)$$

$$= \frac{80 \times 10}{2,4} (2,4 - (-10))$$

$$= \frac{80 \times 10 \times 12,4}{2,4} \approx 80 \times 10 \times 5$$
$$\approx \underline{4 \cdot 10^3 \text{ N}}$$

/51 Problème : Millenium Bridge

1. 1. $\vec{P} = m\vec{g} = -mg\vec{e}_x$

1 $\vec{T} = -k(l-l_0)\vec{e}_x = -k(x-l_0)\vec{e}_x$

1 $\vec{F}_f = -\alpha \dot{x} \vec{e}_x$

⑥ 1 $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_f = \vec{0} \quad (1)$
 $-mg\vec{e}_x - k(x-l_0)\vec{e}_x - \alpha \dot{x}\vec{e}_x = \vec{0}$
 En projetant sur l'axe x :

1 (méthode) $-mg - k(x_{eq}-l_0) = 0$
 $-mg + kl_0 = kx_{eq}$

1 $x_{eq} = l_0 - \frac{mg}{k} \quad (1)$

1 2. $\vec{P} + \vec{T} + \vec{F}_f = \frac{d\vec{p}}{dt} = m\vec{a}$

$-mg\vec{e}_x - k(x-l_0)\vec{e}_x - \alpha \dot{x}\vec{e}_x = m\ddot{x}\vec{e}_x$

En projetant sur l'axe x :

$-mg - k(x-l_0) - \alpha \dot{x} = m\ddot{x}$

En écrivant : $x = X + x_{eq}$

$\dot{x} = \dot{X}$
 $\ddot{x} = \ddot{X}$

$-mg - k(X+x_{eq}-l_0) - \alpha \dot{X} = m\ddot{X}$

⑥ $m\ddot{X} + \alpha \dot{X} + kX = \underbrace{-mg - kx_{eq} + kl_0}_0$

$m\ddot{X} + \alpha \dot{X} + kX = 0$

1 $\ddot{X} + \frac{\alpha}{m}\dot{X} + \frac{k}{m}X = 0 \quad (2)$

Identification

2 $\frac{\omega_0}{Q} = \frac{\alpha}{m} \Rightarrow Q = \omega_0 \frac{m}{\alpha} = \frac{1}{\alpha} \sqrt{km}$
 $\omega_0^2 = \frac{k}{m} \Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$

1 3. lorsque $Q \rightarrow \infty$, le régime est périodique -
la solution s'écrit :

1
$$X(t) = A \cos(\omega_0 t) + B \sin(\omega_0 t) -$$

On détermine A et B à partir des conditions initiales :

(5)

$$\begin{cases} X(0) = X_0 \\ \dot{X}(0) = V_0 \end{cases}$$

1
$$\dot{X}(t) = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t) + B\omega_0 \cos(\omega_0 t) -$$

d'où :

1
$$\begin{cases} X(0) = A = X_0 \end{cases}$$

1
$$\begin{cases} \dot{X}(0) = B\omega_0 = V_0 \end{cases} \Rightarrow B = \frac{V_0}{\omega_0} -$$

1 4. lorsque $Q > \frac{1}{2}$, le régime est pseudo-périodique -

la solution s'écrit :

(3)
$$X(t) = [A \cos \Omega t + B \sin \Omega t] e^{-\lambda t}$$

1 avec : $\lambda = \frac{\omega_0}{2Q} -$

1
$$\Omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{4Q^2}} -$$

A et B à déterminer à partir des conditions initiales.

5.
$$Y = X + \frac{F_0}{m\omega_0^2}$$

d'où :
$$\begin{cases} X = Y - \frac{F_0}{m\omega_0^2} \\ \dot{X} = \dot{Y} \\ \ddot{X} = \ddot{Y} \end{cases}$$

1
(justif)

On ajoute la force $\vec{F}$ au bilan des forces précédent :

$$\vec{P} + \vec{T} + \vec{F} + \vec{F}_g = m\vec{a}$$

Après projection, on obtient l'équation, en X :

$$m\ddot{X} + \alpha\dot{X} + kX = -(F_0 + F_1 \cos(2\pi f t))$$

En remplaçant X en fonction de Y :

$$m\ddot{Y} + \alpha\dot{Y} + k\left(Y - \frac{F_0}{m\omega_0^2}\right) = -F_0 - F_1 \cos(2\pi f t)$$

On encade :

$$\ddot{Y} + \frac{\alpha}{m}\dot{Y} + \frac{k}{m}Y - \frac{kF_0}{m^2\omega_0^2} = -\frac{F_0}{m} - \frac{F_1}{m}\cos(2\pi f t)$$

En remplaçant ω_0 par $\sqrt{\frac{k}{m}}$, on obtient, puis simplification :

$$\ddot{Y} + \frac{\alpha}{m}\dot{Y} + \frac{k}{m}Y - \frac{kF_0}{m^2 \frac{k}{m}} = -\frac{F_0}{m} - \frac{F_1}{m}\cos(2\pi f t)$$

$$\ddot{Y} + \frac{\alpha}{m}\dot{Y} + \frac{k}{m}Y - \frac{F_0}{m} = -\frac{F_0}{m} - \frac{F_1}{m}\cos(2\pi f t)$$

$$\ddot{Y} + \frac{\alpha}{m}\dot{Y} + \frac{k}{m}Y = -\frac{F_1}{m}\cos(2\pi f t)$$

6. On pose en exposé complexe :

On remplace

$$\begin{array}{l|l} Y & \text{par } Y \\ \dot{Y} & \text{par } j\omega Y \\ \ddot{Y} & \text{par } -\omega^2 Y \end{array}$$

On obtient :

$$-\omega^2 Y + j\omega \frac{\omega_0}{Q} Y + \omega_0^2 Y = -E$$

$$Y(-\omega^2 + j\omega \frac{\omega_0}{Q} + \omega_0^2) = -E$$

$$H(\omega) = \frac{Y}{E} = -\frac{1}{\omega_0^2 - \omega^2 + j\omega \frac{\omega_0}{Q}}$$

C'est à dire :

1
④

$$H(\omega) = -\frac{1}{\omega_0^2} \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + j \frac{\omega}{Q\omega_0}}$$

Ou encore

$$H(u) = -\frac{1}{\omega_0^2} \frac{1}{1 - u^2 + j \frac{u}{Q}}$$

8. Phénomène de résonance : la grandeur passe par un maximum lorsque f ou ω ou u varie.

7. $H'(u) = \frac{1}{1 - u^2 + j \frac{u}{Q}}$

a) $|H'(u)| = \frac{1}{\sqrt{(1 - u^2)^2 + \left(\frac{u}{Q}\right)^2}}$

$G = 20 \log \frac{1}{\sqrt{(1 - u^2)^2 + \left(\frac{u}{Q}\right)^2}}$

b) $G(1) = 20 \log \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{1}{Q}\right)^2}} = 20 \log Q.$

lorsque $u \rightarrow 0$, $|H'(u)| \rightarrow 1$ d'où $G \rightarrow 0$
 lorsque $u \rightarrow \infty$, $|H'(u)| \sim \frac{1}{\sqrt{(-u^2)^2}} = \frac{1}{u^2}$

d'où : $G(u) \sim 20 \log \frac{1}{u^2} = -40 \log u.$

c) Voir document réponse -
 Filtre passe-bas -
 Ordre 2 -

d) $\varphi(u) = -\arctan\left(\frac{\frac{u}{Q}}{1 - u^2}\right)$

NON POSÉ

① 7. Phénomène de résonance : la grandeur passe par un maximum lorsque f varie.

1 8. $Q \gg 1 \Rightarrow \omega_r \approx \omega_0$ -
D'où :

1 $|H(\omega_r)| \approx |H(\omega_0)| \approx \frac{Q}{\omega_0}$ -

④ Or : $|H(\omega=0)| = |H(u=1)| = \frac{1}{\omega_0^2}$ -

1 D'où : $\frac{|H(\omega_r)|}{|H(0)|} = Q$ -

9. Lecture graphique :

1 $\omega_0 \approx \omega_R \approx 12 \text{ rad.s}^{-1}$ -

D'autre part :

1 $20 \log \omega_0^2 |H| \approx 9$ pour $\omega \approx \omega_R$

1 $20 \log \omega_0^2 |H| \rightarrow 0$ lorsque $\omega \approx 0$

④ Il y a une différence de 9 dB entre ces 2 grandeurs.

1 Tableau $\rightarrow \frac{b}{a} = 2,82$ c'est à dire $Q = 2,82$ -

② 10. Résonance $\Rightarrow$ Déplacements importants de la structure $\Rightarrow$ Inconfort.
 $\Rightarrow$ Eventuellement destruction.

1 11. Composante continue : correspond à la composante
1 (fréquence nulle) F_0 de la force statique.

⑥ 1 Fondamental à 2Hz : liée à la période de
1 0,5 s de la marche.
(figure 2)

2 Harmoniques à 4 Hz, 6 Hz, 8 Hz etc =

12. la fréquence de la marche $f_1 = 2 \text{ Hz}$ était proche de la fréquence de résonance du pont: $\omega_R \approx 12 \text{ rad.s}^{-1}$

2

$$\Rightarrow f_R = \frac{\omega_R}{2\pi} \approx 2 \text{ Hz}$$

⑥

2

le facteur de qualité $Q = 2,8$ du pont était élevé d'où une résonance assez aigüe.

2

Installation d'amatisseurs $\Rightarrow$ Alternance de la résonance (voir figure 3).

Machine frigorifique (exercice ATS 2015) / 45

27) Machine frigorifique.

② | 1
1

Intérieur = source froide

Extérieur = source chaude

calorique

1

28)

$Q_c < 0$ car le système (fluide) cède de l'énergie à l'extérieur
 $Q_f > 0$ car le système reçoit de l'énergie calorifique de l'intérieur du frigé

④

1

1

1

$W > 0$

le système (fluide) reçoit du travail de la part du compresseur

①

29)

$$\Delta U_{\text{cycle}} = W + Q_f + Q_c = 0$$

11

30)

$$\eta = \frac{Q_f}{W} = - \frac{Q_f}{Q_c + Q_f}$$

②

②

1

1

31)

$$\Delta S_{\text{cycle}} = 0 = S_{\text{ech}} + S_{\text{rec}} -$$

$S_{\text{rec}} = 0$ car réfrigérateur dit thermodynamique réversible

$$S_{\text{ech}} = \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f}$$

$$\text{d'où : } \frac{Q_c}{T_c} + \frac{Q_f}{T_f} = 0$$

32)

D'après

31) :

$$\frac{Q_c}{T_c} = - \frac{Q_f}{T_f}$$

$$\Rightarrow Q_c = - Q_f \frac{T_c}{T_f}$$

③

1

D'où :

$$\eta = \frac{Q_f}{-Q_f + Q_f \frac{T_c}{T_f}} = \frac{1}{-1 + \frac{T_c}{T_f}} = \frac{T_f}{T_c - T_f}$$

1

$$\eta = \frac{280}{300 - 280} = 14$$

①

$$AN: \quad \eta = \frac{280}{(300-280)} = \frac{280}{20} = 14$$

⑤ 33) Voir document réponse

34) $x_1 = 1$ - car état gazeux (état de "vapeur saturante")

③ $x_2 = 1$
 $x_4 = 0$ - (après "liquéfaction totale")

① 35) Car transformation "adiabatique réversible"
 $\Rightarrow$ isentropique.

1 36) $P V^\gamma = cte_1$
 ou $\frac{P}{T^\gamma} P^{1-\gamma} = cte_2$

②

$$T_2^\gamma P_2^{1-\gamma} = T_1^\gamma P_1^{1-\gamma}$$

$$T_2^\gamma = T_1^\gamma \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{1-\gamma}$$

1 $T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}$

37) $T_2 = 263 \times \left(\frac{10}{3} \right)^{\frac{0.3}{1.3}} = 263 \times \left(\frac{3}{10} \right)^{-\frac{0.3}{1.3}}$

②

$$= 263 \times \left(\frac{3}{10} \right)^{-0.23}$$

$$= 263 \times \frac{4}{3} = 88 \times 4 = 352 \text{ K}$$

38) $C_p - C_v = \frac{R}{M}$

et $\frac{C_p}{C_v} = \gamma \Rightarrow C_v = \frac{C_p}{\gamma}$

$$C_p - \frac{1}{\gamma} C_p = \frac{R}{M}$$

$$C_p \frac{\gamma}{\gamma} - \frac{1}{\gamma} C_p = \frac{R}{M}$$

$$C_p \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right) = \frac{R}{M}$$

$$C_p \left(\frac{\gamma-1}{\gamma} \right) = \frac{R}{M}$$

②

$$C_p = \frac{R}{M} \frac{\gamma}{\gamma-1}$$

1 | 39) $\Delta h_{2 \rightarrow 3} = C_p \cdot \Delta T$
 for gas perfect
 $p = \text{cte}$

②

1 | $\Delta h_{2 \rightarrow 3} = \frac{R}{M} \frac{\gamma}{\gamma-1} (T_3 - T_2)$

1 | 40) $T_3 = \Delta h_{2 \rightarrow 3} \frac{M}{R} \frac{\gamma-1}{\gamma} + T_2$

$$= (4490 - 1620) \times \frac{17}{8,31} \times \frac{0,3}{1,3} + 352$$

$$= -130 \times \frac{17}{8,31} \times \frac{0,3}{1,3} + 352$$

$$= -130 \times 2 \times 0,23 + 352$$

$$= -30 \times 2 + 352$$

$$= -60 + 352 = 292 \text{ K}$$

1

41) $\Delta h_{r \rightarrow 1} = h_1 - h_r$ ($h_{\text{vap}} = m_f \times \Delta h_{\text{vap}}$)

$$= \frac{m_l}{m_r + m_l} \times \Delta h_{\text{vap}}(T_1)$$

$$= \frac{m_l}{m_r + m_l} \times \Delta h_{\text{vap}}(T_1)$$

$$= \left(\frac{m_r + m_l}{m_r + m_l} - \frac{m_r}{m_r + m_l} \right) \times \Delta h_{\text{vap}}(T_1)$$

$$= (1 - x_f) \times \Delta h_{\text{vap}}(T_1)$$

②

$$42) 1 - x_5 = \frac{\Delta h_{5 \rightarrow 1}}{\Delta h_{\text{vap}}(T_1)}$$

$$1 - \frac{\Delta h_{5 \rightarrow 1}}{\Delta h_{\text{vap}}(T_1)} = x_5$$

$$\begin{aligned} x_5 &= 1 - \frac{(1450 - 320)}{1450} \\ &= 1 - \frac{1130}{1450} \\ &= 1 - 0,78 = 0,22 \end{aligned}$$

$$\textcircled{1} 43) \text{ Entre 5 et 1 (vaporisation) -}$$

$$\textcircled{1} 44) q_f = (h_1 - h_5) \text{ d'où } Q_f = m_g (h_1 - h_5) -$$

$$45) \underbrace{(h_1 - h_5)}_{q_f} + \underbrace{(h_5 - h_4)}_0 + \underbrace{(h_4 - h_2)}_{q_c} + \underbrace{(h_2 - h_1)}_w = 0$$

$$\textcircled{2} \text{ d'où : } w = h_2 - h_1$$

$$W = m (h_2 - h_1)$$

$$46) \eta_r = \frac{Q_f}{W} = \frac{q_f}{w} = \frac{h_1 - h_5}{h_2 - h_1} -$$

$$\textcircled{2} = \frac{1450 - 320}{1620 - 1450}$$

$$= \frac{1130}{170}$$

$$= \frac{20}{3} \approx 6,67$$

$$\textcircled{2} 47) \eta_{\text{rev}} = 15 > \eta = 6,67 \text{ Non réversible.}$$

Document réponse n°2 pour la question 33)

Diagramme de Clapeyron (Pression P , volume massique v)

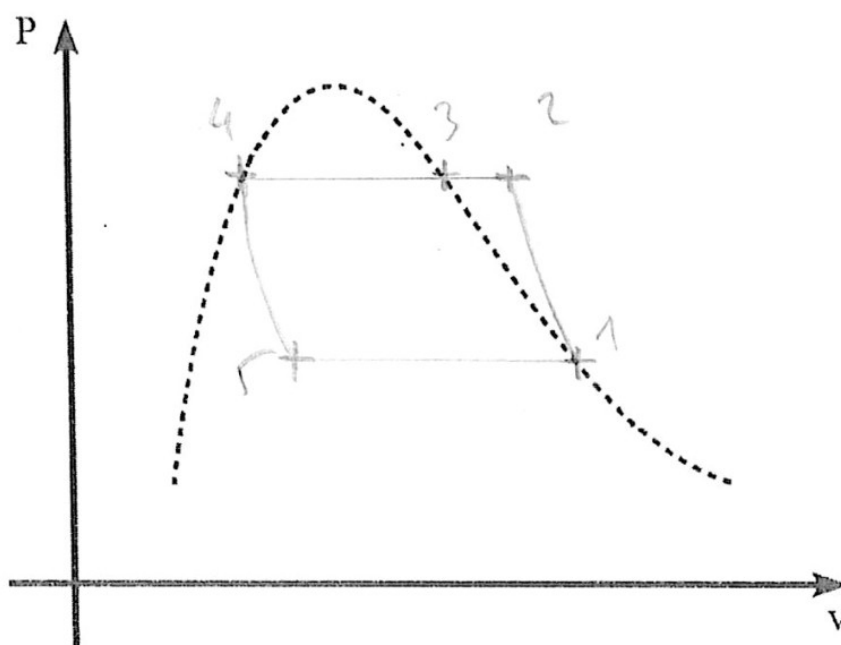


Figure 8 : Diagramme de Clapeyron (P, v)