

154

P.T.S.T.

Etude d'un circuit en régime sinusoïdal forcé

1. $e(t) = E_m \cos \omega t$

② $\begin{matrix} 1 \\ 1 \end{matrix} \Rightarrow e(t) = E_m \exp(j\omega t) -$

$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$

$\Rightarrow i(t) = I_m \exp(j\omega t + \varphi) -$

2. $u(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$

$u^2(t) = U_m^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$

avec $\cos^2 x = \frac{1 + \cos 2x}{2}$

$u^2(t) = \frac{U_m^2}{2} + \frac{U_m^2}{2} \cos(2\omega t + 2\varphi)$

$\langle u^2(t) \rangle = \frac{U_m^2}{2} + \frac{1}{T} \int_0^T \frac{U_m^2}{2} \cos(2\omega t + 2\varphi) dt$

$= \frac{U_m^2}{2} + \frac{U_m^2}{2T \times 2\omega} \left[\sin(2\omega t + 2\varphi) \right]_0^T$

$= \frac{U_m^2}{2} + \frac{U_m^2}{8\pi} \left[\sin(2\omega T + 2\varphi) - \sin(2\varphi) \right]$

$= \frac{U_m^2}{2} + \frac{U_m^2}{8\pi} \left[\sin(4\pi + 2\varphi) - \sin(2\varphi) \right]$

D'où :

$U = \sqrt{\langle u^2(t) \rangle} = \sqrt{\frac{U_m^2}{2}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{|U|}{\sqrt{2}}$

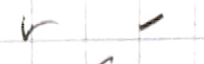
(On mesure une tension efficace (RMS) avec un (V) RMS ou un oscilloscope ("RMS").)

1 1 3 $Z_B = r + j\omega L$

$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$

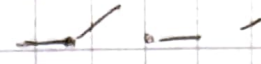
③ 1 $Z_R = R$

4. Bobine $\underline{Z}_B = r + j\omega L$

1/ BF : $|\underline{Z}_B| \rightarrow \infty$ 

HF : $|\underline{Z}_B| \rightarrow 0$ 

Condensateur $\underline{Z}_C = \frac{1}{j\omega C}$

1/ BF : $|\underline{Z}_C| \rightarrow \infty$ 

HF : $|\underline{Z}_C| \rightarrow 0$ 

④ Donc : $u_c(t)$

1/ BF : Tension aux bornes d'un interrupteur ouvert.

$u_c(t) \sim e(t)$

1/ HF : Tension aux bornes d'un interrupteur fermé.

$u_c(t) \sim 0$

5. D'après le diviseur de tension :

1 $\underline{U}_C = \frac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_C + \underline{Z}_R + \underline{Z}_B + \underline{Z}_{Ag}} \underline{E}$

$\underline{U}_C = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R + j\omega L + r + R_g} \underline{E}$

$\underline{U}_C = \frac{1}{1 + jRC\omega - LC\omega^2 + jrC\omega + jR_gC\omega} \underline{E}$

1 $\underline{U}_C = \frac{\underline{E}}{1 + j(R+r+R_g)C\omega - LC\omega^2}$

Par identification :

$$\underline{U}_c = \frac{A}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + j \frac{\omega}{\omega_0 Q}}$$

1 $\left\{ \begin{array}{l} E = A \quad \text{c'est à dire } A = E_m \end{array} \right.$

1 $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\omega_0^2} = LC \Rightarrow \boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}} \end{array} \right.$

⑤ $\left\{ \begin{array}{l} \frac{1}{\omega_0 Q} = (R + r + R_g) C \end{array} \right.$

$$\Rightarrow Q = \frac{1}{\omega_0 (R + r + R_g) C}$$

1 $\boxed{Q = \frac{1}{R + r + R_g} \sqrt{\frac{L}{C}}}$

6. $|\underline{U}_c| = \frac{|E|}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0 Q}\right)^2}}$

① $U_{cm} = \frac{E_m}{\sqrt{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)^2 + \left(\frac{\omega}{\omega_0 Q}\right)^2}}$

1 7. $U_{cm} = \frac{E_m}{\sqrt{(1 - x^2)^2 + \left(\frac{x}{Q}\right)^2}}$

1 U_{cm} pour pas un maximum si $(1 - x^2)^2 + \left(\frac{x}{Q}\right)^2$ pour pas un minimum

1 $\frac{d}{dx} \left((1 - x^2)^2 + \left(\frac{x}{Q}\right)^2 \right) = 0$

$$-4x(1-x^2) + \frac{2x}{Q^2} = 0$$

$$2x \left(-2 + 2x^2 + \frac{1}{Q^2} \right) = 0$$

$$x = 0$$

(ou)

$$-2 + 2x^2 + \frac{1}{Q^2} = 0$$

⑦

$$2x^2 = -\frac{1}{Q^2} + 2$$

$$x^2 = -\frac{1}{2Q^2} + 1$$

1

$$\text{Il faut } -\frac{1}{2Q^2} + 1 > 0$$

1

$$\text{Résonance : } \boxed{Q > \frac{1}{\sqrt{2}} = Q_{\min}}$$

1

$$\boxed{x_r = \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$$

1

$$\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}} \leq \omega_0$$

8. Lorsque $\omega = \omega_0$

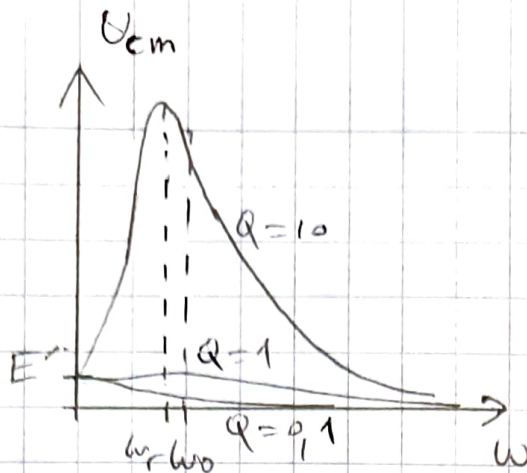
①

$$U_{cm} = \frac{E}{\sqrt{\left(\frac{1}{Q}\right)^2}} = Q E_m$$

$$9. \quad \omega \rightarrow 0 \Rightarrow U_{cm} \rightarrow E$$

$$\omega = \omega_0 \Rightarrow U_{cm} = Q E_m$$

$$\omega \rightarrow \infty \Rightarrow U_{cm} \rightarrow 0$$



1 No. $\underline{Z} = \underline{Z}_C + \underline{Z}_L + \underline{Z}_g + \underline{Z}_{R_g}$

1 $= (R + r + R_g) + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}$

$\underline{Z} = \underbrace{(R + r + R_g)}_{R_0} \left(1 + j \frac{L}{(R + r + R_g)} \omega + \frac{1}{j(R + r + R_g) \omega} \right)$

1 $\begin{cases} R + r + R_g = R_0 \end{cases}$

⑤

$\begin{cases} \frac{L\omega}{R + r + R_g} = \frac{Q\omega}{\omega_0} \\ \frac{1}{(R + r + R_g)\omega} = \frac{Q\omega_0}{\omega} \end{cases}$

C'est à dire :

$\frac{L}{R_0} = \frac{Q}{\omega_0} \quad (1)$

$\frac{1}{R_0 C} = Q\omega_0 \quad (2)$

1 $(1) \times (2) : \frac{L}{R_0^2 C} = Q^2 \Rightarrow Q = \frac{1}{R_0} \sqrt{\frac{L}{C}}$

1 $\frac{(1)}{(2)} : \frac{L}{R_0} \times R_0 C = \frac{1}{\omega_0^2} \Rightarrow \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

On retrouve l'identification précédente.

$$(1) \quad 11. \quad \underline{I} = \frac{\underline{E}}{\underline{Z}} = \frac{\underline{E}}{R_0 \left(1 + jQ \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) \right)}$$

d'où :

$$12. \quad I_m = \frac{E_m}{R_0 \sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} \quad (\text{en passant aux modules})$$

$$1 \quad I_m = \frac{\left(\frac{E_m}{R_0} \right)}{\sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2}} \quad -$$

(3)

$$1 \quad \text{Par identification : } \begin{cases} A' = \frac{E_m}{R_0} \\ B = Q \end{cases} \quad -$$

1

13. I_m est max lorsque le dénominateur est min. -

1

$$I_m \text{ max lorsque } \frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} = 0$$

(3)

1

$$\omega = \omega_0 = \omega_r' \quad -$$

1

$$I_{\max} = \frac{E_m}{R_0}$$

$$14. \quad I_m = \frac{I_{\max}}{\sqrt{2}} \text{ si } Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right)^2 = 1$$

$$Q \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega} \right) = \pm 1$$

$$\frac{Q}{\omega_0} \omega^2 - Q\omega_0 = \pm \omega$$

$$\omega^2 \pm \frac{\omega_0}{Q} \omega - \omega_0^2 = 0$$

$$\Delta = \left(\frac{\omega_0}{Q} \right)^2 + 4\omega_0^2 > 0$$

$$\omega_{1,2} = \pm \frac{\omega_0}{2Q} \pm \frac{\sqrt{\Delta}}{2}$$

$$= \pm \frac{\omega_0}{2Q} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 + 4\omega_0^2}$$

(4) Démonstration

On garde les (4) pour avoir $\omega_{1,2} > 0$

$$\omega_{1,2} = \pm \frac{\omega_0}{2Q} + \frac{1}{2} \sqrt{\left(\frac{\omega_0}{Q}\right)^2 + 4\omega_0^2}$$

$$\boxed{\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{\omega_0}{Q}}$$

1 16 $E_m = U_{cm}(\omega = \omega_0) = \underline{\underline{5V}}$

1 f_0 correspond au pic de résonance de I_m
 $f_0 = \underline{\underline{1,7 \text{ kHz}}}$

lorsque $\omega = \omega_0$ ou $f = f_0$,
 $U_{cm} = Q E_m$

(6)

1 $Q = \frac{U_{cm}(\omega_0)}{E_m} = \frac{9}{5} = \underline{\underline{1,8}}$

1 $I_{max} = \underline{\underline{9 \text{ mA}}}$

limites de la bande passante :

$$I = \frac{9}{\sqrt{2}} = 6,4 \text{ mA}$$

On obtient graphiquement :

1

$$f_1 = 1,2 \text{ kHz}$$

1

$$f_2 = 2,1 \text{ kHz}$$

d'où : $\Delta f = 0,9 \text{ kHz}$

et $\frac{f_0}{Q} = \frac{1,7}{1,8}$

Confirmer $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$
 $\Delta f = \frac{f_0}{Q}$
 (7)

(2) 15.

$$17. f_0 = 1,7 \text{ kHz} \Rightarrow \omega_0 = 2\pi f_0 = 10,7 \text{ krad/s}$$

$$Q = 1,8$$

$$L = (480 + 25 + 50) \frac{1,8}{10,7 \cdot 10^3}$$

$$\underline{\underline{L = 93 \text{ mH}}}$$

2 On sait que:

$$\frac{L}{R_0} = \frac{Q}{\omega_0}$$

$$\Rightarrow L = R_0 \times \frac{Q}{\omega_0} = (R + r + R_g) \frac{Q}{\omega_0}$$

(3)

$$\frac{1}{R_0 C} = Q \omega_0$$

(4)

$$\Rightarrow C = \frac{1}{R_0 Q \omega_0} = \frac{1}{(R + r + R_g) Q \omega_0}$$

$$\Rightarrow R + r + R_g = \frac{1}{Q C \omega_0}$$

Ne fonctionne pas:
Petite dérivée
sur Q

$\Rightarrow$ Grande
dérivée sur
r

$$r = \frac{1}{Q C \omega_0} - R - R_g$$

$$= \frac{1}{1,8 \times 0,1 \cdot 10^{-6} \times 10,7 \cdot 10^3} - 480 - 50$$

$$= \frac{10^3}{1,8 \times 0,1 \times 10,7} - 480 - 50$$

$$= \dots$$

Autre méthode:

$$I_{\max} = \frac{E}{R_0} = \frac{E}{R + r + R_g}$$

$$R + r + R_g = \frac{E}{I_{\max}}$$

$$r = \frac{E}{I_{\max}} - R - R_g = \frac{5}{9 \cdot 10^{-3}} - 480 - 50$$

$$= \underline{\underline{25,2}}$$

2

↑
valeur de L

8

A.15 On donne ci-dessous les graphes de $I_e(f)$ et $U_{ce}(f)$ où f est la fréquence du générateur. L'échelle de gauche est celle de U_{ce} , celle de droite est celle de $I_e(f)$. Identifier, en justifiant votre choix, les courbes $I_e(f)$ et $U_{ce}(f)$ parmi les courbes (1) et (2).

A.16 Déterminer à partir de ces courbes : la tension efficace du générateur E , la fréquence propre f_0 et le facteur de qualité Q du circuit, les limites de la bande passante et I_{max} .

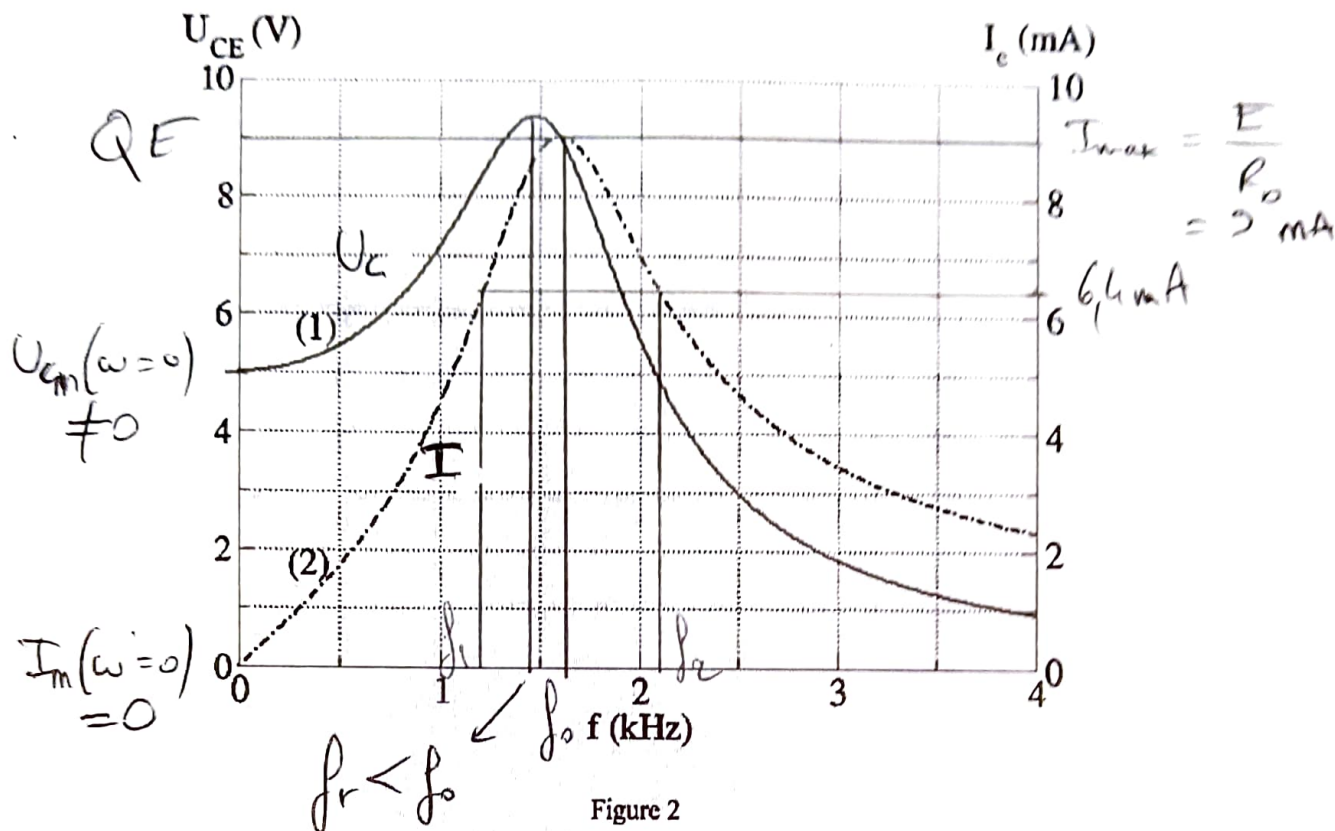


Figure 2

A.17 En déduire les valeurs de r et de L .

Dans les questions qui suivent, on utilise une bobine différente de la précédente caractérisée par les valeurs L' et r' .

A.18 Préciser le déphasage ψ entre $i(t)$ et $e(t)$ ainsi que φ' le déphasage entre $u_r(t)$ et $e(t)$.

Préciser $\psi(\omega_0)$ ainsi que $\varphi'(\omega_0)$.

A.19 Comment peut-on accéder expérimentalement à la mesure de $i(t)$ avec un oscilloscope ?

On réalise l'expérience suivante sur le circuit. À l'aide d'un oscilloscope, on mesure la tension $e(t)$ sur la voie X et la tension $U_R(t)$ aux bornes de la résistance R sur la voie Y. On fait varier la fréquence du générateur sinusoïdal et on constate que la voie Y passe par un maximum.

A.20 Interpréter la présence de ce maximum aux bornes de R .

On se place dorénavant à cette fréquence.

Machine frigorifique (extrait AT5 2015) / 45

27) Machine frigorifique :

② | 1
| 1

Intérieur = Source froide -

Extérieur = Source chaude -

calorifique

A

28)

$Q_c < 0$ car le système cède de l'énergie à l'extérieur

$Q_f > 0$ car le système reçoit de l'énergie calorifique de l'intérieur du frigo

$W > 0$: le système (fluide) reçoit du travail de la part du compresseur

④ | 1
| 1
| 1
| 1

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

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

②

② | 1
| 1

31) $\Delta S_{\text{cycle}} = 0 = S_{\text{ech}} + S_{\text{cree}}$

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

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

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
| 1
| 1
| 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 $x_3 = 1$ -
 $x_4 = 0$ - (après "liquéfaction totale")

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

1 36)
$$\frac{p v^\gamma}{T^\gamma} = \text{cte}_1$$

$$\frac{p^\gamma}{T^\gamma} = \text{cte}_2$$

②
$$\frac{T_2^\gamma}{p_2^{1-\gamma}} = \frac{T_1^\gamma}{p_1^{1-\gamma}}$$

$$T_2^\gamma = T_1^\gamma \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{1-\gamma}$$

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) $\Delta h_{2 \rightarrow 3} = C_p \Delta T$
 car gaz parfait
 $p = \text{cte}$

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

$$= \frac{m_l}{m_{\text{tot}}} \times \Delta h_{\text{vap}}(T_1)$$

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

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

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

②

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

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

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

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

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

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

$\textcircled{2}$

$$\text{d'où : } w = h_2 - h_1$$

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

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

$\textcircled{2}$

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

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

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

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

ATS 2023

42 pts

③ 27. $h_3 = 3148 \text{ kJ/kg}$ - $\Delta_3 = 6300 \text{ J/K/kg}$ - $\oplus$ Point 3 -

③ 28. $h_4 = 1962 \text{ kJ/kg}$ - $\Delta_4 = \Delta_3 = 6300 \text{ J/K/kg}$ - $\oplus$ Point 4 -

② 29. $x_4 \approx 0,75$ - $T_4 = T_1 = 320 \text{ K}$ -

③ 30. $2 \rightarrow 3$ isobaric et sans partie mobile -
 $\Rightarrow q_{23} = \Delta h_{23} = h_3 - h_2$
 $= 3148 - 209 \approx \underline{2940 \text{ kJ/kg}}$ -

④ 31. $3 \rightarrow 4$ adiabatique (réversible) -
 $\Rightarrow w_{34} = \Delta h_{34} = h_4 - h_3$
 $= 1962 - 3148$
 $= \underline{-1186 \text{ kJ/kg}}$ -
 $w_{34} < 0$: le fluide cède du travail -

③ 32. $1 \rightarrow 2$ adiabatique réversible -
 $\Rightarrow w_{12} = \Delta h_{12} = h_2 - h_1$
 $= 209 - 197 = \underline{12 \text{ kJ/kg}}$! -

② 33. $\eta = - \frac{w_{12} + w_{34}}{q_{23}}$ -

② 34. $\eta \approx - \frac{-1186 + 12}{2940} \approx \underline{\frac{1}{3}}$ -

35. ρ en $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ D_m en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
 $\dot{m}$ en $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$
 P en bar ou $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$

Recherche
perso

② 36. $P_{th} = \frac{P}{\eta} = \frac{50}{\left(\frac{1}{3}\right)} = 50 \times 3 = \underline{150 \text{ MW}}$

35. En négligeant w_{i12} :
 $P = \dot{D}_m \cdot |w_{i34}|$
 d'où:

③ $\dot{D}_m = \frac{P}{|w_{i34}|} = \frac{50 \cdot 10^6}{1000 \cdot 10^3} = \underline{50 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}}$

37. gaz parfait (Hypothèse)

② $\Rightarrow \Delta h_{03} = c_p (T_3 - T_0)$

$\Rightarrow \underline{h_3 = c_p (T_3 - T_0) + h_0}$

② 38. $3 \rightarrow 4$ adiabatique réversible $\Leftrightarrow$ isentropique.
 $\Rightarrow s_4 = s_3 = \underline{6450 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}}$

39. $s_4 = x_4 \cdot s_v + (1 - x_4) \cdot s_L$
 ② $\Rightarrow s_4 - s_L = x_4 (s_v - s_L)$

$x_4 = \frac{s_4 - s_L}{s_v - s_L}$ (th. des moments)

② 40. $\underline{h_4 = x_4 \cdot h_v + (1 - x_4) h_L}$

41. gaz parfait pour "pressions faibles"
 ② les courbes "Coolpack" et "Approx. des gaz parfaits"
 sont confondues pour des pressions faibles.

① 44. $Q = m_o \times PC$ -

② 45. $P = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{m_o \times PC}{\Delta t}$ -

d'où : $m_o = \frac{P \times \Delta t}{PC}$ -

② 46. $m = m_o \times M$ -
 $= 7.10^5 \times 16.10^{-3}$
 $\approx 100.10^2 \approx 10^4 \text{ kg}$ -

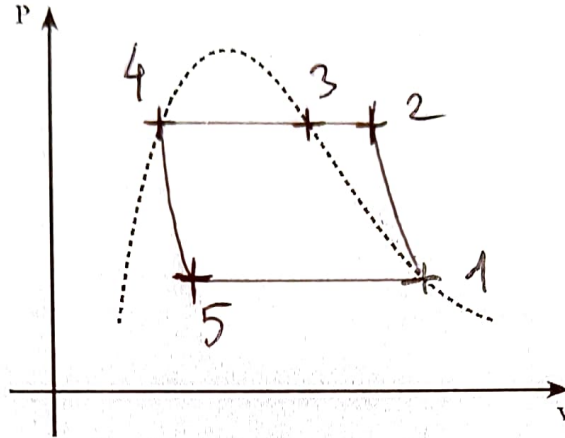
DOCUMENT REPONSE (A RENDRE AVEC LA COPIE)

NOM : CROQUETTE Prénom : Bruno

PROBLEME 2

Document réponse n°2 pour la question 33)

Diagramme de Clapeyron (Pression P, volume massique v)



PROBLEME 3

