

Correction DS 16 : 29/03/2024.

Partie I.

I Premier cinétique $\rightarrow$ Cons

6°] $u^*(H_2) = 1,9 \text{ km s}^{-1}$

$u^*(N_2) = 0,5 \text{ km s}^{-1}$.

II Diagramme (P, v) de l'eau.

1°] $v = \frac{V}{m} = 2,0 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$.

2°] Cons.

3°] $x_v = \frac{v - v_e}{v_v - v_e} = 1,3 \cdot 10^{-4}$.

$m_v = x_v \cdot m = 13 \text{ g}$
 $m_e = (1 - x_v)m \approx m$.

4°] Transformation isochore $V = \text{cte} \rightarrow$ Transformation est représentée par une droite verticale -
Eau sans phase superficielle.

$\ln \frac{V}{V_0} = a(T - T_0) - b(P - P_0) \quad V = V_0 \Rightarrow :$

$P = P_0 + \frac{a}{b}(T - T_0) = 2,1 \cdot 10^3 \text{ bar}$.

Risque d'explosion.

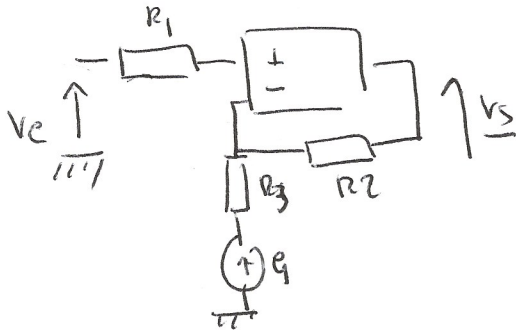
5°] $v' = \frac{V}{m'} = 0,50 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \Rightarrow \boxed{P' = 7,1 \text{ bar}}$.

Partie II Utilisation d'un Ali.

Q1 $z_e \rightarrow \infty \quad i^+ = i^- = 0$

$z_s = 0 \rightarrow V_s = \mu(V^+ - V^-)$

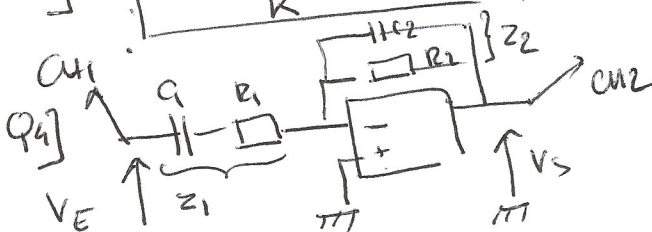
$\mu \rightarrow \infty \rightarrow V^+ - V^- = \frac{V_s}{\mu} = 0$



$$V^{\ominus} = \frac{\frac{V_e}{R_3} + \frac{V_s}{R_2}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2 V_e + R_3 V_s}{R_2 + R_3} = V^+ = V_e$$

Q2 $V_e = 0,95V$

Q3 $F = \frac{C V_E}{K} = 0,76W$



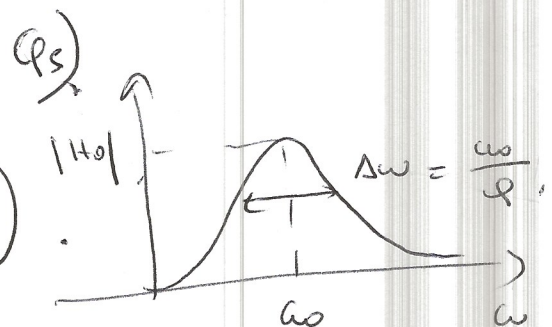
$V^+ = 0 \Rightarrow V^{\ominus} = 0$

$V^{\ominus} = 0 = \frac{V_e}{z_1} + \frac{V_s}{z_2} = 0$

$\frac{V_e}{z_1} = -Y_2 \cdot V_s \Rightarrow \frac{V_s}{V_e} = -\frac{1}{z_1 \cdot Y_2} = -\frac{1}{\left(R_1 + \frac{1}{j\omega C}\right) \left(\frac{1}{R_2} + j\omega C\right)}$

$H = \frac{-1}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C} + j\left(R_1 C \omega - \frac{1}{R_2 C \omega}\right)} = \frac{H_0}{1 + j\varphi\left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)}$

$= \frac{1}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C}} \cdot \frac{1}{1 + j\left(\frac{R_1 C \omega - \frac{1}{R_2 C \omega}}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C}}\right)}$



et $Q = \frac{\omega_0}{\Delta \omega} \rightarrow \Delta \omega = \frac{\omega_0}{Q}$

(8)

$$d'e \quad H_0 = - \frac{1}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}} = \left(\ominus \frac{R_2 C_1}{R_1 C_1 + R_2 C_2} = H_0 \right)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\varphi}{\omega} &= \frac{R_2 C_2}{\frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}} = \frac{R_1 R_2 C_1 C_2}{R_1 C_1 + R_2 C_2} \end{aligned} \right.$$

$$\varphi_{\omega} = \frac{R_2 C_1}{R_1 C_1 + R_2 C_2} \cdot \frac{1}{R_2 C_1} = \frac{1}{R_1 C_1 + R_2 C_2}$$

$$\Rightarrow \boxed{\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}}$$

$$\boxed{\varphi = \frac{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}{R_1 C_1 + R_2 C_2}}$$

$$\boxed{\Delta \omega = \frac{\omega}{\varphi} = \frac{R_1 C_1 + R_2 C_2}{R_1 R_2 C_1 C_2} = \frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_2 C_2}}$$

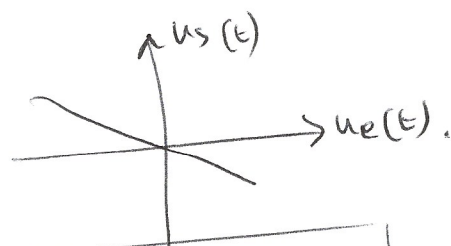
$$\omega = \omega \quad H = H_0 < 0 \rightarrow \text{déphasage de } \pi$$

$$\varphi 7 \quad u_e(t) = u_e \cos \omega t$$

$$u_s(t) = u_s \cos(\omega t + \pi) = -u_s \cos \omega t$$

$$\rightarrow \frac{u_s(t)}{u_e(t)} = - \frac{u_s}{u_e} \quad \leftarrow$$

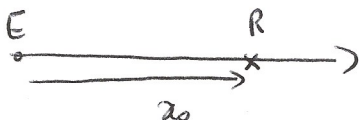
orillo
mich Lissajous (xy)

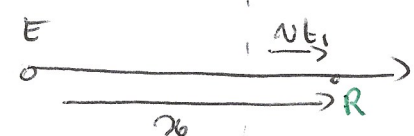


vari φ .

$$\varphi 8] \quad \boxed{f_2 = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} = 318 \text{ Hz}}$$

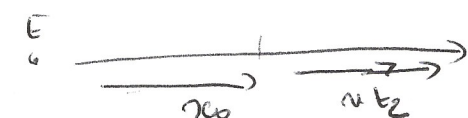
Partie 3

Q14. $t=0$ 

$t=t_1$  $\Rightarrow x_R(t_1) = x_0 + v \cdot t_1$

onde se propage à la vitesse $c_0 \Rightarrow x_R(t_1) = c_0 \cdot t_1$

d'où $\boxed{t_1 = \frac{x_0}{c_0 - v}}$

$t=t_2$  $x_R(t_2) = x_0 + v \cdot t_2$

onde parcourt la distance $x_R(t_2)$ à $t_2 - T_E \Rightarrow x_R(t_2) = c_0 (t_2 - T_E)$

$\Rightarrow \boxed{t_2 = \frac{x_0 + c_0 T_E}{c_0 - v}}$

Q15] l'intervalle de temps entre l'émission et $T_R = t_2 - t_1 = \frac{c_0 T_E}{c_0 - v}$

d'où $\boxed{f_R = \left(1 - \frac{v}{c_0}\right) f_E}$

Q16] $\Delta E_C = W_{A \rightarrow B}(\vec{P}) \rightarrow \frac{1}{2} m v_B^2 = mgh \rightarrow \boxed{v_B = \sqrt{2gh}}$

AN $v_B = \sqrt{2 \times 10 \times 0,5} = 3 \text{ ms}^{-1}$

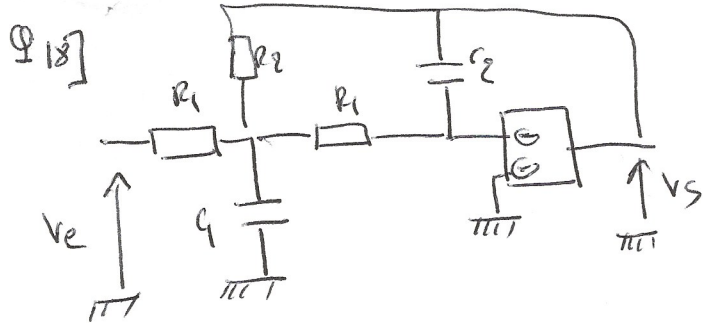
Q17] Fréquence de l'onde réfléchie par la voiture.

$f_R = \left(1 - \frac{v}{c_0}\right) f_E = \left(1 - \frac{2 \cdot 3}{34 \cdot 10^3}\right) f_E = 0,98 \cdot f_E$

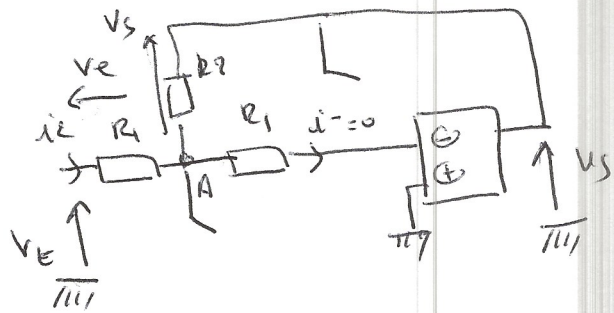
Fréquence de l'onde réfléchie par les obstacles fixes : f_E

$\frac{\Delta f}{f_E} = \frac{2v}{c} = 2 \cdot 10^{-2} = 2\%$ Les 2 fréquences sont très proches.

$\Rightarrow$ Radar à détection synchrone.



BF --||-- $\Rightarrow$ $\checkmark$



$$V_A - V^- = R_1 i^- = 0 \Rightarrow V_A = V^- = V^+ = 0$$

Division de tension

$$\frac{V_S}{V_E} = - \frac{R_2}{R_1}$$

HF --||-- $\Rightarrow$ $\checkmark$ $\Rightarrow V^+ = V_S$ (Tension nulle aux bornes du pl.)
 or $V^- = V^+ = 0 \rightarrow V_S = 0$

Platage passe bas $\rightarrow H_1$

$H_2 \rightarrow$ passe haut.

Fig 19

$$G_0 = - \frac{R_2}{R_1}$$

Fig 20 a) $H_1 = \frac{G_0}{1 + j\sqrt{2}x - x^2}$ e pour $x = \frac{\omega}{\omega_0}$ et $m = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow$ Filtre ve resonant

d'ac $|H_1|_{\text{max}} = |G_0|$

ac max $|H_1(x)| = \frac{|G_0|}{\sqrt{2}} = \frac{|G_0|}{\sqrt{(1-x^2)^2 + 2x^2}}$

$1 - 2x^2 + x^4 + 2x^2 = 2 \Rightarrow x^4 = 1 \rightarrow x_c = 1 \Rightarrow \boxed{\omega_c = \omega_0}$

b) $\Delta m(t) = R_{SE,n} \cos \omega_E t \cos \omega_R t = R_{SE,n} \cos \left[(\omega_E + \omega_R)t + \cos(\omega_E - \omega_R)t \right]$

$\omega_E - \omega_R = 4\pi \cdot f_E \cdot \frac{N}{G_0}$

$\omega_E + \omega_R = 4\pi f_E \left(1 - \frac{N_0}{G_0} \right)$

$$c) \omega_0 = \omega_c \text{ pour } u = \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$4\pi f_E \cdot \frac{u}{c} < \omega_0 < 4\pi f_E \left(1 - \frac{u}{c}\right)$$

$$\frac{u}{c} \approx 10^{-2} \Rightarrow \omega_0 = 10 \cdot 4\pi f_E \cdot \frac{u}{c} \text{ satisfait aux 2 inégalités}$$

a-dessus.

$$Q21] T = 5 \text{ ms} \Rightarrow f = \frac{1}{T} = \frac{1}{5 \cdot 10^{-3}} = 200 \text{ Hz}$$

$f_E = 40 \text{ kHz}$ (fréquence à laquelle émettent les hauts directs).

$$\Rightarrow f_0 = 20 \cdot f_E \cdot \frac{u}{c} \approx 7 \text{ kHz} \quad f \ll f_0 \Rightarrow \text{Basse fréquence.}$$

$$\frac{r_s}{r_c} = \frac{10}{0.1} = 100 \Rightarrow R_2 = 100 \cdot R_1 \Rightarrow \boxed{R_2 = 100 \text{ k}\Omega}$$

Q22]

$$q(t) = E_{01} \cos(\omega_0 t) \Rightarrow \Delta_1(t) = \frac{E_{01} |H(\omega_0)| \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})}{\sqrt{2}}$$

$$\Delta_1(t) = \frac{E_{01} \cdot |G_0|}{\sqrt{2}} \cos(\omega_0 t + \frac{\pi}{2})$$

$$H(x=1) = \frac{G_0}{j\sqrt{2} \cdot x}$$

$$= -j \frac{G_0}{\sqrt{2} \cdot x} = +j \frac{R_2/R_1}{\sqrt{2} \cdot x} \Rightarrow \varphi(x=1) = \frac{\pi}{2}$$

$$e_2(t) = E_{02} \cos(100 \omega_0 t) \quad H_1 = \frac{G_0}{-(\frac{\omega}{\omega_0})^2} = \frac{G_0}{-10^4} = \frac{R_2/R_1}{10^4} \Rightarrow \varphi(x=100) = 0$$

$$\Rightarrow \Delta_2(t) = \frac{E_{02} \cdot |G_0|}{10^4} \cos(100 \omega_0 t + 0)$$

Q23 À la sortie du P-Phe le signal a pour fréquence.

$$f_E - f_R = \frac{1}{2\pi} (4\pi f_E \cdot \frac{u}{c}) = 2f_E \cdot \frac{u}{c} = f_{moyen}$$

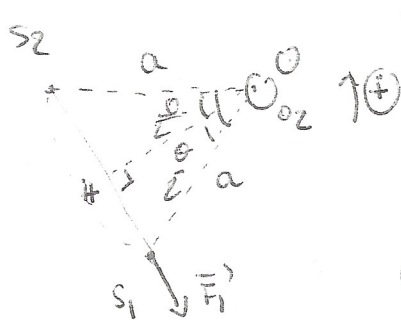
$$7 \text{ canaux par 4 périodes} \Rightarrow T_{mes} = \frac{7}{4} \text{ ms} \Rightarrow \boxed{f_{mes} = \frac{4}{7} \text{ kHz}}$$

$$|v = \frac{G_0 f_{mes}}{2f_E} = 2.5 \text{ ms}^{-1}$$

(6)

Exercice 2. Balance de Coulomb.

B1. a] Si s_1 et s_2 portent des charges de même signe, donc s_1 et s_2 se repoussent $\rightarrow \vec{F}_1$ est dirigé de s_2 vers s_1 et $\|\vec{F}_1\| = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 s_1 s_2^2}$.



b]. $OS_1 = OS_2$

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{s_1 s_2 / 2}{a} \rightarrow$$

$$s_1 s_2 = 2a \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$$

c] Le bras de levier d de la force $\vec{F}_1$ est

$$d = OH = a \cos \frac{\theta}{2}$$

α axe oz est orienté suivant la feuille, on en déduit le sens + de rotation $\vec{F}_1$ a tendance à faire tourner la tige ds le sens +.

$$\Rightarrow \text{Moz}(\vec{F}_1) = + F_1 \cdot d = \frac{q^2}{4\pi\epsilon_0 \cdot 4a^2 \sin^2 \frac{\theta}{2}} \cdot a \cos \frac{\theta}{2} = \frac{q^2 \cos \frac{\theta}{2}}{16\pi\epsilon_0 a \sin^2 \frac{\theta}{2}}$$

d] La tige est en éq si $\sum \text{Moz}(\vec{F}_{ext}) = 0$. à copier en rouge

$$\Rightarrow -C \cdot \theta_1 + \frac{q^2 \cos \frac{\theta_1}{2}}{16\pi\epsilon_0 a \sin^2 \frac{\theta_1}{2}} = 0 \Rightarrow q^2 = \frac{16\pi\epsilon_0 a \sin^2 \frac{\theta_1}{2} \cdot C \cdot \theta_1}{\cos \frac{\theta_1}{2}}$$

AN $q = 10^{-8} \text{ C}$

B2]. a] On doit faire tourner la tige ds le sens $\ominus$; θ_b est donc négatif. On fait tourner le bras mobile ds le sens $\ominus$.

$$\left. \begin{aligned} s_1 s_2 &= 2a \sin\left(\frac{\theta_1}{2}\right) \\ (s_1 s_2)' &= 2a \sin\left(\frac{\theta_1}{4}\right) \end{aligned} \right\} \frac{(s_1 s_2)'}{s_1 s_2} = \frac{\sin \theta'}{\sin 18^\circ} = 0,5 \Rightarrow \frac{1}{(s_1 s_2)'} \approx \frac{4}{(s_1 s_2)^2}$$

c] On obtient une nouvelle position d'équilibre $\left\{ \begin{aligned} \cos \frac{\theta_1}{2} &= \cos 18^\circ = 0,95 \\ \cos \frac{\theta_1}{4} &= \cos 9^\circ = 0,98 \end{aligned} \right\} \frac{\cos \frac{\theta_1}{4}}{\cos \frac{\theta_1}{2}} \approx 1,03$

$$\text{d'où } -C(\theta_2 - \theta_b) + \frac{q^2 \cos \frac{\theta_2}{2}}{4\pi\epsilon_0 (s_1' s_2')^2} \approx -C(\theta_2 - \theta_b) + \frac{q^2 \cos \frac{\theta_1}{2} \cdot 4}{4\pi\epsilon_0 s_1 s_2^2} = 0$$

donc pour que l'équilibre existe $C(\theta_2 - \theta_b) = 4C\theta_1$ 7 (2) $\frac{\theta_1}{2} = \theta_b = 4\theta_1 \rightarrow \theta_b = \frac{\theta_1}{2} - 4\theta_1 = -\frac{7}{2}\theta_1 = -126^\circ$

