

Correction DSH

Exercice 1

Q1. $d = \frac{\lambda}{2}$ $d = \frac{c_{\text{son}}}{2f}$

On estime d en choisissant par exemple:

- $f = 500\text{Hz}$ pour le woofer $d = 34\text{cm}$
- $f = 5\text{kHz}$ pour le tweeter $d = 3,4\text{cm}$

Q2. En moyenne: $P = 80\text{W} = \frac{U_{\text{eff}}^2}{R} \rightarrow R = \frac{20^2}{80} = \underline{5\Omega}$

Q3. $Z_{AB} = Z_2 + Z_1$
 $\frac{R + jL\omega}{R + jL\omega} \quad \frac{R \times 1/jL\omega}{R + 1/jL\omega}$

$$Z_{AB} = \frac{jRL\omega}{R + jL\omega} + \frac{R}{1 + jRL\omega}$$

Q4. $Z_{AB} = R \left(\frac{jL\omega}{R + jL\omega} + \frac{1}{1 + jRL\omega} \right) = R$
 $= 1$

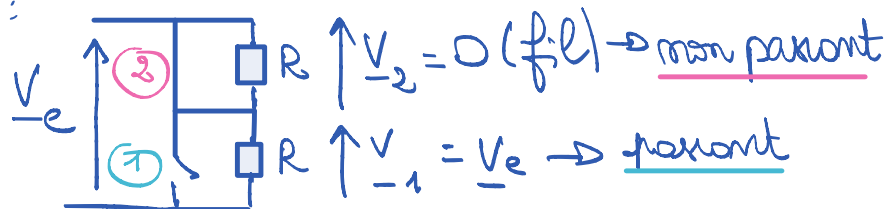
$$\Leftrightarrow \frac{jL\omega - RLC\omega^2 + R + jL\omega}{R + jR^2C\omega + jL\omega - RLC\omega^2} = 1$$

$$\Leftrightarrow 2jL\omega = jL\omega + jR^2C\omega$$

$$\Leftrightarrow \boxed{L = R^2C}$$

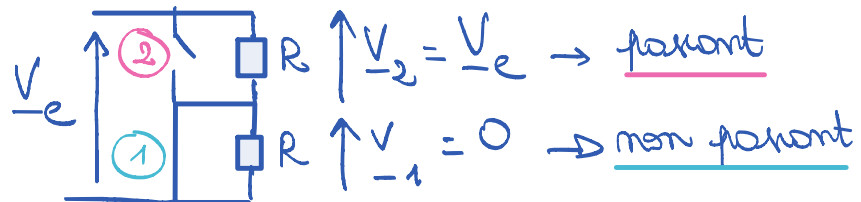
Q5. Ainsi, la puissance du signal délivrée par l'amplificateur est indépendante de la pulsation.

Q6. Basse fréquence :



Haute fréquence

C'est d'inverse



filtre ① $\rightarrow$ Passe bas $\Rightarrow$ pour les graves

filtre ② $\rightarrow$ Passe haut $\Rightarrow$ pour les aigus

$\rightarrow$ Géberet

Q7.
$$\underline{V}_2 = \frac{\underline{Z}_2}{R} \underline{V}_e \quad \text{où } \underline{Z}_2 = \frac{jRL\omega}{R + jL\omega}$$

$$\underline{T}_2 = \frac{jL\omega}{R + jL\omega}$$

$$\underline{V}_1 = \frac{\underline{Z}_1}{R} \underline{V}_e \quad \text{où } \underline{Z}_1 = \frac{R}{1 + jRL\omega}$$

$$\underline{T}_1 = \frac{1}{1 + jRL\omega}$$

Q8. On peut mettre sous forme canonique et identifier les ω_c .

$$\underline{T}_1 = \frac{j \frac{L}{R} \omega}{1 + j \frac{L}{R} \omega} \Rightarrow \omega_{c2} = \frac{R}{L}$$

$$\underline{T}_2 = \frac{1}{1 + jRL\omega} \Rightarrow \omega_{c1} = \frac{1}{RC}$$

Q9 On choisit d'après le cahier des charges une fréquence de coupure commune $f_c = 1 \text{ kHz}$.

$$L = \frac{R}{2\pi f_c} = \underline{0,80 \text{ mH}} \quad C = \frac{1}{R2\pi f_c} = \underline{38 \mu\text{F}}$$

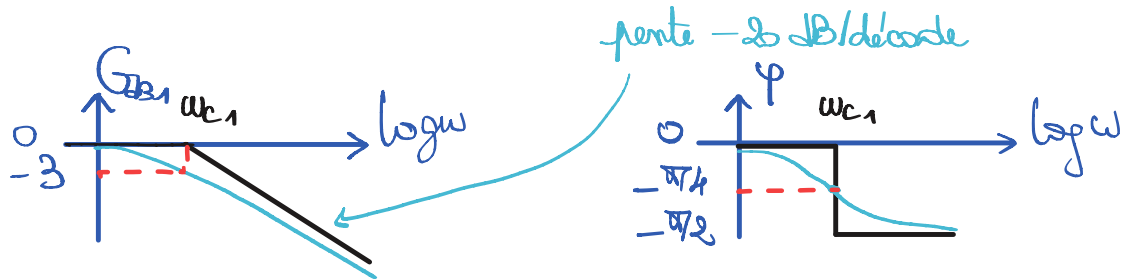
Q10 Filtre 1

$$G_{dB1} = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + R^2 C^2 \omega^2}} = \underline{-10 \log(1 + R^2 C^2 \omega^2)}$$

$$\varphi_1 = \arg(I_1) = \underline{-\arctan(RC\omega)}$$

$$\bullet \omega \ll \omega_{c1} : G_{dB1} \rightarrow 0 \quad \varphi_1 \rightarrow 0$$

$$\bullet \omega \gg \omega_{c1} : G_{dB1} \rightarrow \underline{-20 \log(RC\omega)} \quad \varphi_1 \rightarrow -\pi/2$$



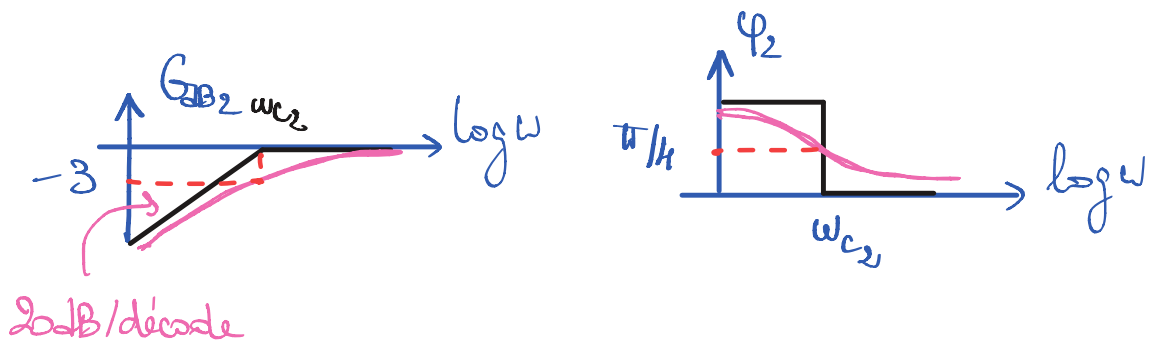
Filtre 2

$$G_{dB2} = 20 \log \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{R}{L\omega}\right)^2}} = \underline{-10 \log\left(1 + \left(\frac{R}{L\omega}\right)^2\right)}$$

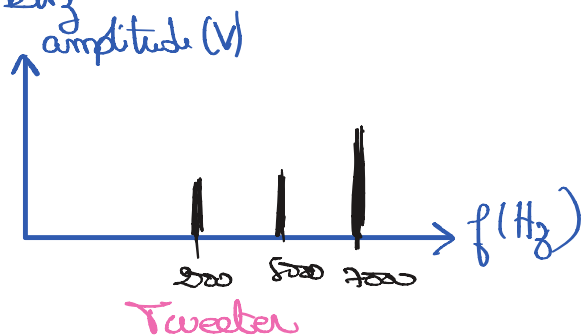
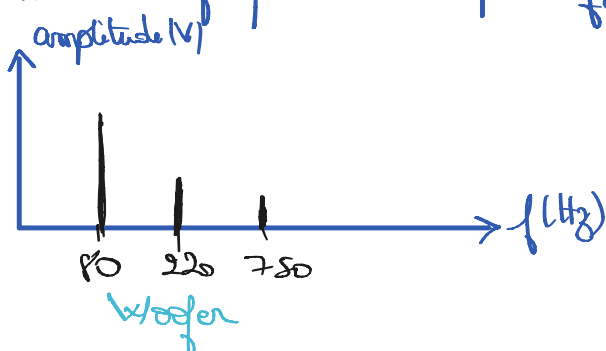
$$\varphi_2 = \arg(I_2) = \underline{\frac{\pi}{2} - \arctan\left(\frac{L\omega}{R}\right)}$$

$$\bullet \omega \ll \omega_{c2} : G_{dB2} \rightarrow \underline{20 \log\left(\frac{L\omega}{R}\right)} \quad \varphi_2 \rightarrow \frac{\pi}{2}$$

$$\bullet \omega \gg \omega_{c2} : G_{dB2} \rightarrow 0 \quad \varphi_2 \rightarrow 0$$

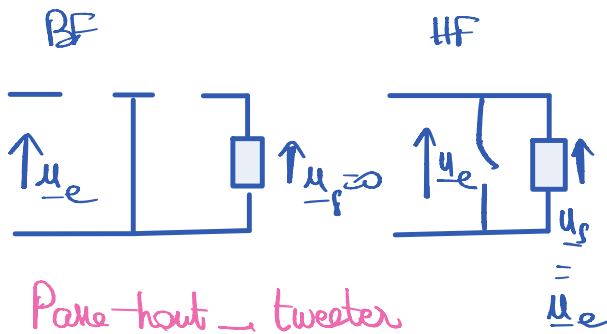


Q11. Pour une fréquence de coupure $f_c = 1 \text{ kHz}$

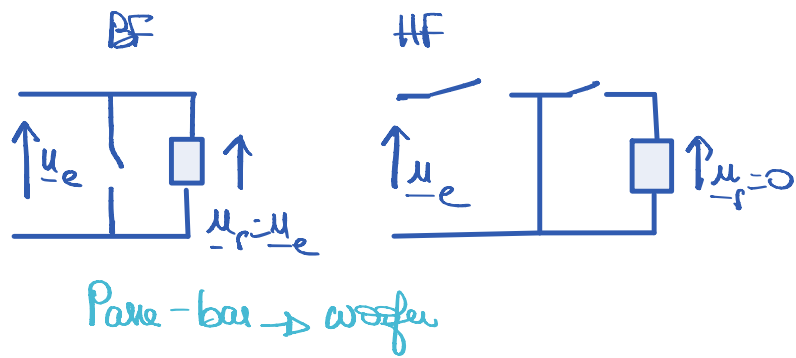


Q 12

CLC



LCL



Q 13

$$G_b = 20 \log |H_b| = -10 \log \left(1 + \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)^{2m} \right)$$

$$\omega \gg \omega_0 : G_b \rightarrow -20m \log \left(\frac{\omega}{\omega_0} \right)$$

→ pente de $-20m \text{ dB/décade}$

Q 14

$$|B_2|^2 = \frac{1}{(1-x^2)^2 + \alpha^2 x^2} = \frac{1}{1-2x^2+x^4+\alpha^2 x^2} = \frac{1}{1+x^4}$$

($\alpha \geq 0$) $\alpha = \sqrt{2}$

Q 15

$$|B_3|^2 = \frac{1}{(1-\alpha_2 x^2)^2 + (\alpha_1 x - x^3)^2} = \frac{1}{1-2\alpha_2 x^2 + \alpha_2^2 x^4 + \alpha_1^2 x^2 - 2\alpha_1 x^4 + x^6}$$

$$= \frac{1}{1+x^6} \rightarrow 2\alpha_2 = \alpha_1^2 \text{ et } \alpha_2^2 = 2\alpha_1$$

($\alpha_1, \alpha_2 \geq 0$) $\alpha_1 = \alpha_2 = 2$

Q 16. On suppose que l'écart entre les longueurs de fil n'excède pas 1m.

$$c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1} \quad \Delta l = 1 \text{ m}$$

$$\Delta t_0 = \frac{\Delta l}{c} < 3 \text{ ns}$$

$$\Delta t_p \ll 0,1 \text{ ms}$$

Ce décalage n'est pas gênant.

$$Q17. \underline{H}_a = (j\alpha)^3 \underline{H}_g \rightarrow \arg(\underline{H}_a) - \arg(\underline{H}_g) = \arg(-j\alpha^3) = -\frac{\pi}{2}$$

Le déphasage entre les 2 hauts-parleurs est: $|\Delta\phi| = \frac{\pi}{2}$

Ce déphasage est indépendant de la fréquence.

$$Q18. |\Delta\phi| = \underbrace{2\pi f}_{\omega} \Delta t_1 \rightarrow \Delta t_1 = \frac{\pi}{2\omega}$$

AN pour $\omega = \omega_0 = 2\pi \times 10^3 \text{ rad. s}^{-1}$ $\Delta t_1 = 0,25 \text{ ms}$

$\Delta t_1 > 0,1 \text{ ms}$ Ce découpage est gênant.

$$Q19. \underline{Z}_m = \frac{B^2 l^2 / d}{1 + j \left(\frac{m}{\alpha} \omega - \frac{k}{\alpha \omega} \right)} = \frac{B^2 l^2 / d}{1 + j \left(\frac{m}{\alpha} \omega_0 x - \frac{k}{\alpha \omega_0 x} \right)}$$

Par identification :

$$R_0 = \frac{B^2 l^2}{d}$$

$$\begin{cases} Q = \frac{m}{\alpha} \omega_0 \\ Q = \frac{k}{\alpha \omega_0} \end{cases} \Rightarrow \frac{m}{\alpha} \omega_0 = \frac{k}{\alpha \omega_0}$$

$$\Rightarrow \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$Q = \frac{m \omega_0}{\alpha} = \frac{\sqrt{k m}}{\alpha}$$

• R_0 , en Ω est la valeur de $|\underline{Z}_m|$ quand $\omega = \omega_0$

• ω_0 en rad/s est la pulsation pour laquelle $|\underline{Z}_m|$ est maximum.

R_0 est donc la valeur maximale de $|\underline{Z}_m|$

• Q est le facteur de qualité, sans dimension.

Q20
$$Z_m = \frac{B^2 l^2 / d}{1 + j \left(\frac{m}{\alpha} \omega - \frac{L}{\alpha \omega} \right)}$$

$C_m // R_m // L_m \rightarrow Y_m = \frac{1}{Z_m} = j C_m \omega + \frac{1}{R_m} + \frac{1}{j L_m \omega}$

$$Y_m = \frac{-R_m L_m C_m \omega^2 + j L_m \omega + R_m}{j R_m L_m \omega}$$

$$Z_m = \frac{j R_m L_m \omega}{R_m - R_m L_m C_m \omega^2 + j L_m \omega}$$

$$Z_m = \frac{R_m}{1 + j \left(R_m C_m \omega - \frac{R_m}{L_m \omega} \right)}$$

Par identification : $R_m C_m = \frac{m}{\alpha}$

$$R_m = \frac{B^2 l^2}{\alpha}$$

$$\frac{R_m}{L_m} = \frac{h}{\alpha}$$

$$C_m = \frac{m}{B^2 l^2}$$

$$L_m = \frac{B^2 l^2}{h}$$

Q21

$\omega \rightarrow 0$	$Z_m \rightarrow 0$	$ Z \rightarrow R$
$\omega \rightarrow \infty$	$Z_m \rightarrow 0$	$ Z \rightarrow L\omega$

Graphiquement, on observe que $|Z|(\omega) = 7 \Omega$ ($\rightarrow R = 7 \Omega$) et que $|Z|$ augmente quand $f > 250 \text{ Hz}$, en accord avec $|Z| \rightarrow L\omega$. On observe également l'existence d'un maximum, cela confirme l'analyse de Q19.

Ce tracé semble en accord avec le modèle proposé.

Graphiquement, on lit $R = 7 \Omega$. ($|Z|(0)$)

Q22. $L\omega = 0,5 \times 10^{-3} \times 2\pi \times 300 = 0,94 \Omega < 7 \Omega$

Pour $f < 300\text{Hz}$, on peut supposer $Z \simeq R + Z_m$

Q23.
$$\underline{Z} = R + \frac{R_0}{1+jg(n)} = \frac{R+jRg(n)+R_0}{1+jg(n)} = \frac{R_{HP} + jRg(n)}{1+jg(n)}$$

Q24. $|Z|^2 = \frac{R_{HP}^2 + R^2 g^2(n)}{1+g^2(n)}$

Q25. $|Z|$ maximum : $\frac{d|Z|}{dx} = 0$ donc $\frac{d|Z|^2}{dx} = 0$

$\frac{d|Z|^2}{dx} = \frac{2R^2g(1+g^2) - (R_{HP}^2 + R^2g^2) \times 2g}{1+g^2} g'(n) = 0 \Leftrightarrow g(n) = 0$ $\leftarrow Q(1+\frac{1}{n^2}) > 0$

$Q(x - \frac{1}{x}) = 0 \Leftrightarrow x = 1$ (car -1 mais $x \geq 0$)

Q26.

Graphiquement, on lit:

$f_0 = 10\text{Hz}$

$R_{HP} \leftarrow |Z|_{\max}$

$R + R_0 = 36 \Omega$

$R_0 = 27 \Omega$

Q27. f_{c1} et f_{c2} telle que $|Z| = \frac{|Z|_{\max}}{\sqrt{2}} = \frac{R_{HP}}{\sqrt{2}}$

$\Leftrightarrow \frac{R_{HP}^2 + g^2 R^2}{1+g^2} = \frac{R_{HP}^2}{2}$

$g(n) = \pm \frac{R_{HP}}{\sqrt{R_{HP}^2 - 2R^2}}$

Q28. $2R^2 \ll R_{HP}^2 : g(n) = \pm 1$

$Q(x - \frac{1}{x}) \simeq \pm 1$

$$Qx^2 + x - 1 = 0$$

$$\Delta = 1 + 4Q^2 > 0$$

4 solutions :

$$x_1 = \frac{-1 + \sqrt{\Delta}}{2Q} > 0$$

$$x'_1 = \frac{-1 - \sqrt{\Delta}}{2Q} < 0$$

$$x_2 = \frac{1 + \sqrt{\Delta}}{2Q} > 0$$

$$x'_2 = \frac{1 - \sqrt{\Delta}}{2Q} < 0$$

$$\Delta x = \frac{1}{Q} \Rightarrow \Delta f = f_{c2} - f_{c1} = \frac{f_0}{Q}$$

Q29. Graphiquement on trouve pour $|Z| = \frac{36}{\sqrt{2}} = 24\Omega$ $\begin{cases} f_{c1} = 30\text{Hz} \\ f_{c2} = 54\text{Hz} \end{cases}$

$$Q = 1,7$$

Q30.

$$|Z|^2 = \frac{R_{HP}^2 + R^2 g^2(n)}{1 + g^2(n)} = RR_H \Rightarrow R_{HP}^2 + R^2 g^2(n) = RR_H + R^2 g^2(n)$$

$$g^2(n) = \frac{R_{HP}^2 - RR_H}{RR_H - R^2} = \frac{R_{HP}(R_{HP} - R)}{R(R_{HP} - R)} = \frac{R_{HP}}{R}$$

$$Q\left(n - \frac{1}{n}\right) = \pm \sqrt{\frac{R_{HP}}{R}}$$

x_1 et x_2 sont les solutions positives de $Q\left(n - \frac{1}{n}\right) = \sqrt{\frac{R_{HP}}{R}}$ et $Q\left(n - \frac{1}{n}\right) = -\sqrt{\frac{R_{HP}}{R}}$

$$x_1 - \frac{1}{x_1} = -\left(x_2 - \frac{1}{x_2}\right) \Leftrightarrow x_1 = \frac{1}{x_2}$$

Q31: $\Delta x = x_1 - x_2 = x_1 - \frac{1}{x_1} = \frac{1}{Q} \sqrt{\frac{R_{HP}}{R}}$ ($x_1, x_2 > x_2$)

Q32: On mesure f_1 et f_2 correspondant à $|Z| = \sqrt{RR_{HP}} = 15,4\Omega$
 $\downarrow \quad \quad \downarrow$
 $\sim 68\text{Hz} \quad \sim 21\text{Hz} \quad x_1 = 1,7 \quad x_2 = 0,53$

On calcule $Q = \frac{1}{\Delta n} \sqrt{\frac{R_{HP}}{R}}$ $Q = 1,9$

Q33. L'argument de Z est négatif pour les hautes fréquences ($\omega \gg \omega_0$)

Avec le modèle proposé $Z \rightarrow R + jL\omega$ (Z_m devenant négligeable)

son argument est positif. Des effets non pris en compte apparaissent

à haute fréquence, le modèle proposé n'en tient pas compte.

Q34.

On mesure $5\lambda = 71\text{cm}$

$$\lambda = 14,2\text{cm}$$

$$f = \frac{720}{3600} = 0,2\text{Hz}$$

$$\rightarrow c = \lambda f = 2,8\text{m.s}^{-1}$$

Q35.

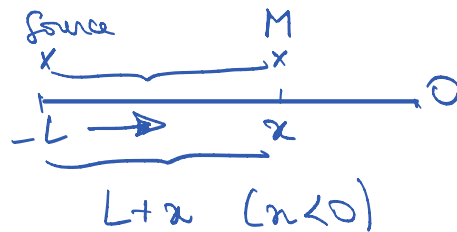
$$[A] = \left[\frac{\rho \lambda^2 c^2}{H} \right] = \frac{\text{M}}{\text{L}^3} \times \text{L}^2 \times \frac{\text{L}^2}{\text{T}^2} \times \frac{1}{\text{L}} \rightarrow$$

$$[A] = \text{M.T}^{-2}$$

Q36.

expression du retard entre $x = -L$ et $-L < x \leq 0$:

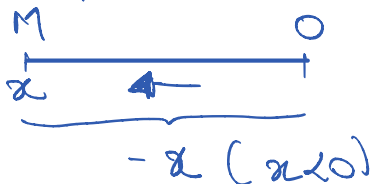
$$\tau = \frac{L+x}{c}$$



$$z_i(x, t) = Z_m \cos\left(\omega\left(t - \frac{L+x}{c}\right)\right)$$

Q37

$$z_i(0, t) = Z_m \cos\left(\omega t - \frac{\omega L}{c}\right)$$

expression du retard τ entre 0 et M

$$\tau = \frac{-x}{c}$$

$$z_r(x, t) = Z_m \cos\left(\omega\left(t + \frac{x}{c}\right) - \frac{\omega L}{c}\right)$$

$$z_r(x, t) = Z_m \cos\left(\omega\left(t + \frac{x-L}{c}\right)\right)$$

Q38.

$$z(x, t) = z_i(x, t) + z_r(x, t)$$

$$= Z_m \left(\cos\left(\omega\left(t - \frac{x+L}{c}\right)\right) + \cos\left(\omega\left(t + \frac{x-L}{c}\right)\right) \right)$$

$$\cos p + \cos q = 2 \cos\left(\frac{p+q}{2}\right) \cos\left(\frac{p-q}{2}\right)$$

$$z(x, t) = 2 Z_m \cos\left(\omega t - \frac{\omega L}{c}\right) \cos\left(\frac{\omega x}{c}\right)$$