

# CORRIGÉ ÉPREUVE DE PHYSIQUE APPLIQUÉE

## PARTIE ELECTROTECHNIQUE BIS ELT 2024

Fomesoutra.com  
ça soustra !

### 1°/ ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES DU MOTEUR EN FONCTIONNEMENT NOMINAL

1.1. Expression du couple utile du moteur en fonction de la vitesse N du moteur sous la forme  $T_u = \frac{A}{N}$

$$T_u = \frac{60P_u}{2\pi} \cdot \frac{1}{N} \quad \text{avec} \quad A = \frac{60P_u}{2\pi} = \frac{60 \times 160.000}{2\pi}$$

$$A = 1527887,454$$

$$T_u = \frac{1527887,454}{N}$$

4pts

1.2. Vitesse de l'ensemble moteur-ventilateur en fonctionnement nominal.

$$T_u = T_r \Leftrightarrow \frac{1527887,454}{N} = 0,00147934 \cdot N^2$$

$$0,00147934 N^3 = 1527887,454$$

$$N^3 = 1,3309889366 \cdot 10^9 \Rightarrow N = \sqrt[3]{1,3309889366 \cdot 10^9}$$

$$N = 1099,997 \text{ Tr/min}$$

4pts

1.3. Couple nominal correspondant.

$$T_u = \frac{A}{N} = \frac{1527887,454}{1099,997} \Rightarrow T_u = 1388,992 \text{ N.m}$$

4pts

1.4. Expression du glissement en fonction de  $R_s$  et  $R_r$ .

$$g = \frac{R_s - R_r}{R_s}$$

4pts

1.5. Relation entre  $\omega$ ,  $\omega_r$  et N, sous la forme  $\omega = KN + \omega_r$

$$g = \frac{R_s - R_r}{R_s} \Rightarrow R_r = R_s - g R_s = R_s(1-g) = R_s \left(1 - \frac{R_r}{R_s}\right)$$

$$\frac{2\pi N}{60} = \frac{\omega}{P} - \frac{\omega_r}{P} \Rightarrow \frac{2\pi N P}{60} = \omega - \omega_r$$

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot P \cdot N + \omega_r \quad \text{avec} \quad K = \frac{2\pi}{60} \cdot P$$

2pts

1/5.

$$K = \frac{2\pi \times 3}{60} = 0,3142 \Rightarrow \boxed{K = 0,3142} \quad (2 \text{pts})$$

1.6. Fonctionnement nominal avec  $K = 0,314$ .

1.6.1. Pulsation  $\omega$  et la fréquence  $f$  du réseau

$$\omega = KN + \omega_r = 0,314 \times 1099,997 + 2,5$$

$$\boxed{\omega = 347,9 \text{ rad/s}} \quad (2 \text{pts})$$

$$\omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{347,9}{2\pi} \Rightarrow \boxed{f = 55,37 \text{ Hz}} \quad (2 \text{pts})$$

1.6.2. Glissement

$$g = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{\Omega_s - \Omega}{\Omega_s} \quad \text{avec } N_s = \frac{60f}{P} = \frac{60 \times 55,37}{3}$$

$$N_s = 1107,4 \text{ Tr/min} \quad (2 \text{pts})$$

$$g = \frac{1107,4 - 1099,997}{1107,4}$$

$$\boxed{g = 6,685 \cdot 10^{-3}} \quad (2 \text{pts})$$

1.6.3. Vitesse de synchronisme en  $\text{Tr} \cdot \text{min}^{-1}$

$$N_s = \frac{60f}{P} = \frac{60 \times 55,37}{3} \Rightarrow \boxed{N_s = 1107,4 \text{ Tr/min}} \quad (4 \text{pts})$$

1.6.4. Puissance active absorbée par le moteur

$$P_{fs} = P_{\omega} = P_m = 0$$

$$P_a = P_{em} = P_u + P_r = P_u + gP_a$$

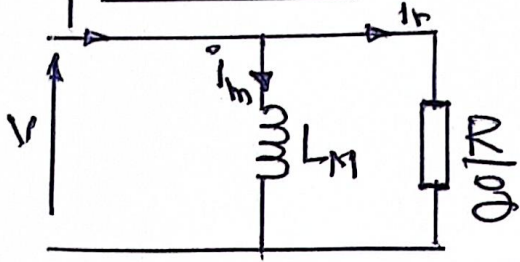
$$P_a = \frac{P_u}{1-g} = \frac{160.000}{1 - 6,685 \cdot 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{P_a = 161,076 \text{ kW}} \quad (4 \text{pts})$$

$$\boxed{P_a = 161,077,862 \text{ kW}}$$

1.6.5. Rendement du moteur

$$\eta = \frac{P_u}{P_a} = \frac{160000}{161076} \Rightarrow \boxed{\eta = 0,993 \text{ soit } 99,331\%} \quad (4 \text{pts})$$

## 2°/ ETUDE DU MOMENT DU COUPLE MOTEUR ET VARIATION DE VITESSE.



2.1. Expression de la valeur efficace  $I_r$  du courant  $i_r$  en fonction de  $L_M$ ,  $R$ ,  $\omega_r$  et de  $I$

$$I_r = \frac{jX_M}{\frac{R}{\sigma} + jX_M} \times I \Rightarrow I_r = \frac{X_M}{\sqrt{\left(\frac{R}{\sigma}\right)^2 + X_M^2}} \times I$$

$$I_r = \frac{L_M \cdot \omega}{\sqrt{\left(\frac{R}{\sigma}\right)^2 + (L_M \cdot \omega)^2}} \times I \quad \text{or } \omega = \frac{\sigma}{L_M}$$

$$\Rightarrow I_r = \frac{L_M \times \omega_r}{\sqrt{(R)^2 + (L_M \times \omega_r)^2}} \times I \quad \text{(4pts)}$$

2.2. Expression du couple moteur sous la forme

$$T_m = \frac{a}{\frac{b}{\omega_r} + c \omega_r} \times I^2$$

$$P_{em} = 3R \frac{I_r^2}{\sigma} = 3R \left( \frac{L_M \times \omega_r}{\sqrt{(R)^2 + (L_M \cdot \omega_r)^2}} \times I \right)^2$$

$$P_{em} = \frac{3R \times (L_M \omega_r)^2}{(R)^2 + (L_M \times \omega_r)^2} \times I^2$$

$$C_{em} = \frac{P_{em}}{\omega} = \frac{P_{em}}{2\pi N_s} = \frac{P_{em}}{2\pi f_p} = \frac{P_r \times P_{em}}{2\pi f_p} = \frac{P_r \times P_{em}}{\omega}$$

$$C_{em} = \frac{3R \times P_r \times L_M \cdot \omega_r}{(R)^2 + (L_M \times \omega_r)^2} \times I^2 \quad \text{avec } \omega = \frac{\sigma}{L_M}$$

$$C_{em} = \frac{3RP}{\omega_r} \times \frac{L_M^2 (\omega_r)^2}{(R)^2 + (L_M \omega_r)^2} \times I^2$$

$$C_{em} = \frac{3RP L_M^2 \omega_r}{(R)^2 + (L_M \omega_r)^2} \times I^2$$

$$C_{em} = \frac{3RPL_M^2}{\frac{(R)^2}{\omega_r} + L_M^2 \omega_r} \times I^2$$

$$C_{em} = \frac{3RPL_M^2}{\frac{R^2}{\omega_r} + L_M^2 \omega_r} \times I^2 = \frac{3RPL_M^2}{\left(\frac{R^2}{\omega_r} + L_M^2 \omega_r\right)} \times I^2$$

$$C_{em} = \frac{1}{\frac{R}{3L_M^2} + \frac{1}{3R}} \times I^2 \quad \text{avec } \begin{cases} a = 1 \\ b = \frac{R}{3L_M^2} \\ c = \frac{1}{3R} \end{cases}$$

$$b = \frac{R}{3L_M^2} = 14,269 \quad (1pt)$$

$$c = \frac{1}{3R} = 37,037 \quad (1pt)$$

2.3. ENSEMBLE MOTEUR-VENTILATEUR à 1000 Tr/min.

231. Pulsation des courants statoriques

$$\omega = \omega_r + PR$$

$$\omega = 2,5 + 3 \times \frac{2\pi \times 1000}{60} \Rightarrow \omega = 316,659 \text{ rad/s.}$$

232. Glissement du moteur.

$$g = \frac{N_s - N}{N_s} = \frac{\frac{60f}{P} - N}{\frac{60f}{P}} \quad \text{or } \omega = 2\pi f \Rightarrow f = \frac{\omega}{2\pi}$$

$$g = \frac{\frac{60 \times 50,398}{3} - 1000}{\frac{60 \times 50,398}{3}}$$

$$f = \frac{316,659}{2\pi} = 50,398 \text{ Hz}$$

4/5

$$g = \frac{1007,957 - 1000}{1007,957} = 7,894 \cdot 10^{-3}$$

$$g = 7,894 \cdot 10^{-3} \quad (2 \text{ pts})$$

2.33. Puissance utile fournie par le moteur.

$$P_u = T_u \cdot \Omega = T_u \times \frac{2\pi N}{60} \quad \text{avec } T_u = 0,00147934 \text{ N}^2$$

$$P_u = 0,00147934 \text{ N}^2 \times \frac{2\pi N}{60}$$

$$P_u = 0,00147934 \times 1000^2 \times \frac{2\pi \times 1000}{60}$$

$$P_u = 12021,367 \text{ W} \quad (3 \text{ pts})$$

2.34 Courant absorbé par le moteur

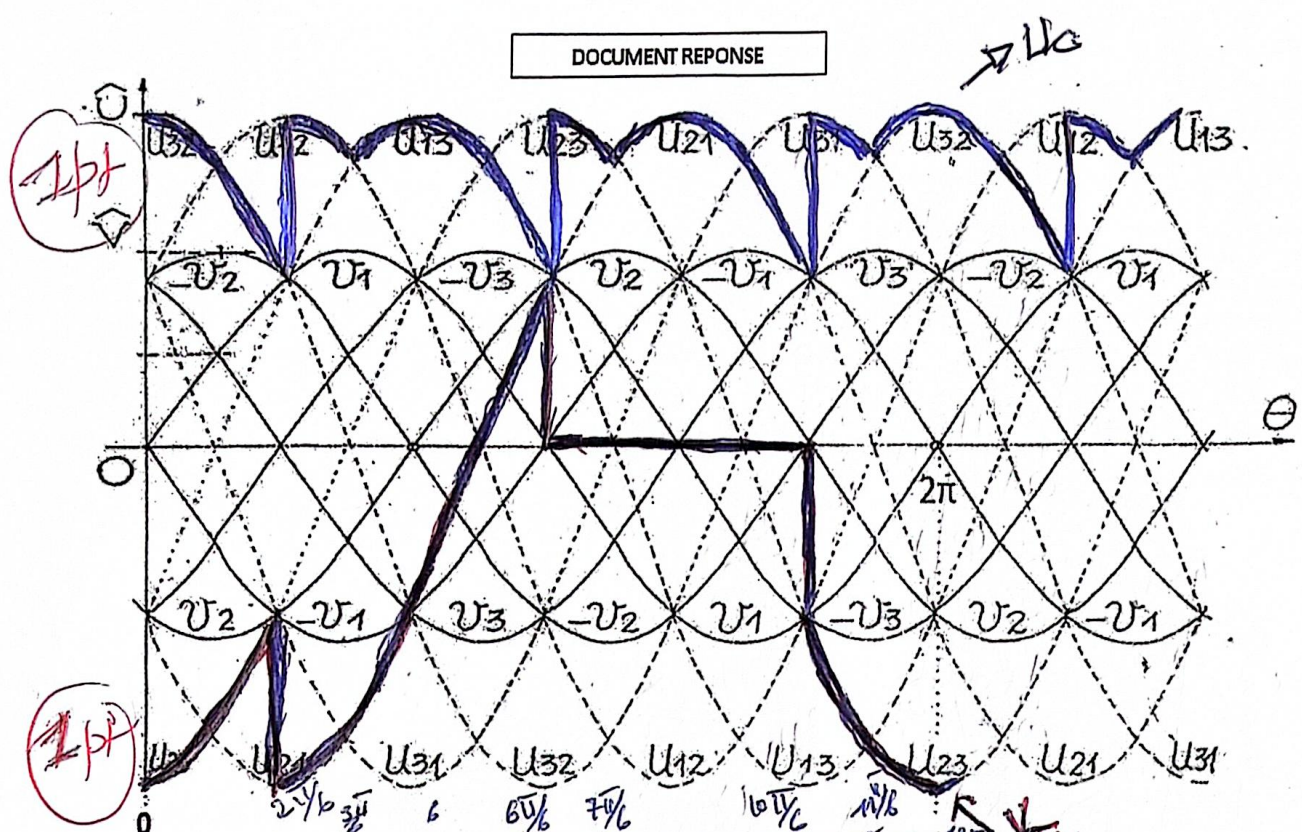
$$I^2 = T_m \times \left( \frac{b}{\omega_r} + c \omega_r \right) \Rightarrow I = \sqrt{T_m \left( \frac{b}{\omega_r} + c \omega_r \right)}$$

$$I = \sqrt{0,00147934 \times 1000^2 \left( \frac{14,269}{2,5} + 37,037 \times 2,5 \right)}$$

$$I = 335,92 \text{ A} \quad (3 \text{ pts})$$

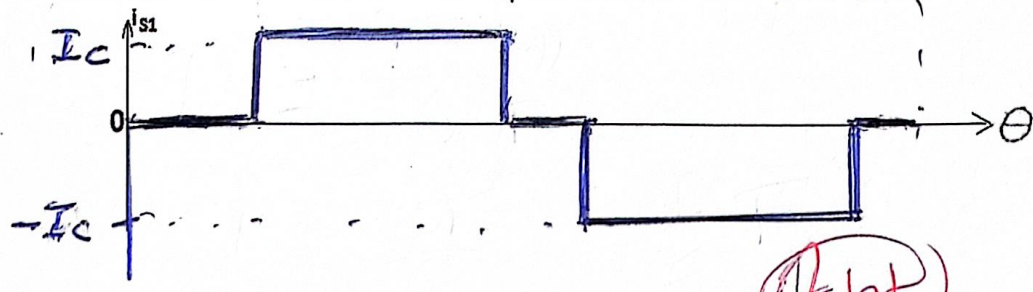
# ELECTRONIQUE DE PUISSANCE (ELT)

DOCUMENT REPONSE



Th1	0	1	1	0	0	0	0
Th2	0	0	0	1	1	0	0
Th3	1	0	0	0	0	1	1
D1	0	0	0	0	1	1	0
D2	1	1	0	0	0	0	1
D3	0	0	1	1	0	0	0
uc	U32	U12	U13	U23	U31	U31	U23
i <sub>Th1</sub>	0	I <sub>c</sub>	I <sub>c</sub>	0	0	0	0
i <sub>D1</sub>	0	0	0	0	I <sub>c</sub>	I <sub>c</sub>	0
i <sub>S1</sub>	0	I <sub>c</sub>	I <sub>c</sub>	0	-I <sub>c</sub>	-I <sub>c</sub>	0
v <sub>Th2</sub>	U23	U21	U31	0	0	U23	U23

5 pts



1/3

2) Calculons Amplitude  $U_m$ .

$$U_{moy} = \frac{3\sqrt{3} V_{max}}{2\bar{u}} (1 + \cos\varphi)$$

$$\frac{3\sqrt{3} V_{max}}{2\bar{u}} = \frac{U_{moy}}{(1 + \cos\varphi)}$$

$$V_{max} = \frac{2\bar{u} U_{moy}}{3\sqrt{3}(1 + \cos\varphi)} \quad \text{ou } U_{moy} = E + RI$$

$$V_{max} = \frac{2\bar{u} (E + RI)}{3\sqrt{3}(1 + \cos\varphi)}$$

$$\text{Avec: } V_{max} = \frac{2\pi (272 + 0,2 \times 25)}{3\sqrt{3}(1 + \cos 30)}$$

$$V_{max} = 179,48 \text{ V}$$

$$U_{max} = \sqrt{3} \cdot V_{max}$$

$$U_{max} = \sqrt{3} \times 179,48 = 310,868 \text{ V}$$

$$\underline{U_{max} = 310,868 \text{ V}} \quad (3 \text{ pts})$$

3) Determinons la fréquence,

$$\frac{6\pi}{6} - \frac{2\pi}{6} = \frac{4\pi}{6} = \frac{2\pi}{3} \quad \text{ou } T' \rightarrow \frac{2\pi}{3}$$
$$T \rightarrow 2\pi$$

$$T' = \frac{T \times \frac{2\pi}{3}}{2\pi}$$

$$T' = \frac{1}{3} T$$

(2/3)

$$\frac{1}{f'} = \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{f} \Rightarrow f' = 3f$$

$$f' = 3 \times 450$$

$$\underline{f' = 150 \text{ Hz}} \quad (2 \text{ pts})$$

4) Calculons la valeur

$$I_s = I \sqrt{\frac{2}{3}} \quad I_s = 25 \sqrt{\frac{2}{3}}$$

$$\underline{I_s = 20,412 \text{ A}} \quad (2 \text{ pts})$$

5) calculons :

1. la puissance absorbée par la charge.

$$P = \bar{U}_c \times I \quad ; \quad \bar{U}_c = E + RI$$

$$\bar{U}_c = 272 + 0,2 \times 25$$

$$\underline{\bar{U}_c = 277 \text{ V}} \quad \text{donc}$$

$$P = 277 \times 25$$

$$\underline{P = 6925 \text{ W}} \quad (2 \text{ pts})$$

2. Puissance Apparente au secondaire

$$S = 3V_s \cdot I_s \quad ; \quad S = 3 \times 20,412 \times 179,48$$

3. le facteur de puissance

$$F_p = \frac{P}{S} = \frac{6925}{7771,554} \quad F_p = 0,89$$

$$\underline{F_p = 0,89} \quad (3/3)$$

1) Calcul de  $V^+$ ,  $V^-$  et Expression de  $\varepsilon$ 

$$V^+ = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} \Rightarrow \boxed{V^+ = \frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{R_1 + R_2}} \quad (2 \text{ pts})$$

$$V^- = \frac{V + \frac{V_{cc}}{2}}{\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} \Rightarrow \boxed{V^- = \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4}} \quad (2 \text{ pts})$$

$$\varepsilon = V^+ - V^- \Rightarrow \boxed{\varepsilon = \frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4}} \quad (2 \text{ pts})$$

2) Expression des deux seuils

$$\varepsilon = 0 \Rightarrow \frac{V_1 R_2 + V_2 R_1}{R_1 + R_2} - \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4} = 0$$

$$\rightarrow \boxed{V_1 = \frac{R_2 + R_1}{R_2} \left( \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4} \right) - \frac{V_2 R_1}{R_2}}$$

$$* \varepsilon > 0 \Rightarrow V_2 = +V_{sat}$$

$$\boxed{V_{LD} = \frac{R_2 + R_1}{R_2} \left( \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4} \right) - \frac{V_{sat} R_1}{R_2}} \quad (3 \text{ pts})$$

$$* \varepsilon < 0 \Rightarrow V_2 = -V_{sat} = 0$$

$$\boxed{V_{\neq} = \frac{R_2 + R_1}{R_2} \left( \frac{V R_4 + \frac{V_{cc}}{2} R_3}{R_3 + R_4} \right)} \quad (3 \text{ pts})$$

3) Expression du centre

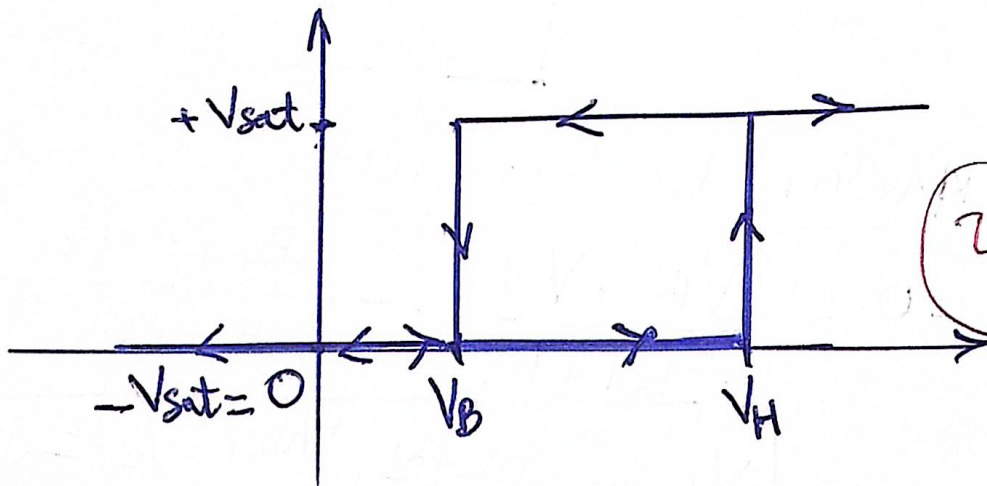
$$\frac{V_B + V_H}{2} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \left( \frac{V_{R4} + \frac{V_{cc} R_3}{2}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{V_{sat} R_1}{2R_2}$$

• Condition à vérifier

$$\frac{V_B + V_H}{2} = V \Rightarrow \frac{R_1 + R_2}{R_2} \left( \frac{V_{R4} + \frac{V_{cc} R_3}{2}}{R_3 + R_4} \right) - \frac{V_{sat} R_1}{2R_2} = V$$

$$R_1 = R_2 \text{ et } R_3 = R_4 \Rightarrow \frac{V_B + V_H}{2} = V$$

4) Caractéristique de transfert



5) Expression de L

$$L = V_H - V_B \Rightarrow L = +V_{sat} \frac{R_1}{R_2}$$

# AUTOMATIQUE ELT BTS 2024

1) Transformée de Laplace du système

$$\mathcal{TL} [10\ddot{y}(t) + 17\dot{y}(t) + y(t) = 4u(t)]$$

$$\mathcal{TL} = 10P^3 Y(P) + 17P^2 Y(P) + Y(P) = 4U(P) \quad (2pts)$$

$$H(P) = \frac{Y(P)}{U(P)} = \frac{4}{10P^3 + 17P^2 + 1} \quad (2pts)$$

$$2) H(P) = \frac{4}{(1+P)(1+2P)(1+5P)}$$

2-1) Fonction de transfert en B.OUCLE FERMEE.

$$T(P) = \frac{KH(P)}{1+KH(P)} = \frac{\frac{4K}{(1+P)(1+2P)(1+5P)}}{1 + \frac{4K}{(1+P)(1+2P)(1+5P)}}$$

$$T(P) = \frac{4K}{4K + (1+P)(1+2P)(1+5P)}$$

$$T(P) = \frac{4K}{4K + 1 + 8P + 17P^2 + 10P^3} \quad (3pts)$$

2-2) Stabilité par critère de Routh

$P^3$	10	8	0
$P^2$	17	$1+4K$	0
$P^1$	$8 - \frac{10(1+4K)}{17}$	0	0
$P^0$	$1+4K$	0	0

(2pts)

Le système est stable si

$$8 - \frac{10}{17} (1+4K) > 0 \text{ et } 1+4K > 0$$

$$\text{d'où } K > -\frac{1}{4} \text{ et } K < 3,15$$

Le système est stable si

$$K \in ]-\frac{1}{4}; 3,15[ \quad (2pts)$$

2-3) La valeur du gain critique  $K_c$   
 Les valeurs de  $K_c$  qui permettent  
 d'avoir <sup>les limites de</sup> la stabilité sont  $K = -\frac{1}{4}$  (1pt)

et  $K = 3,15$  (1pt)

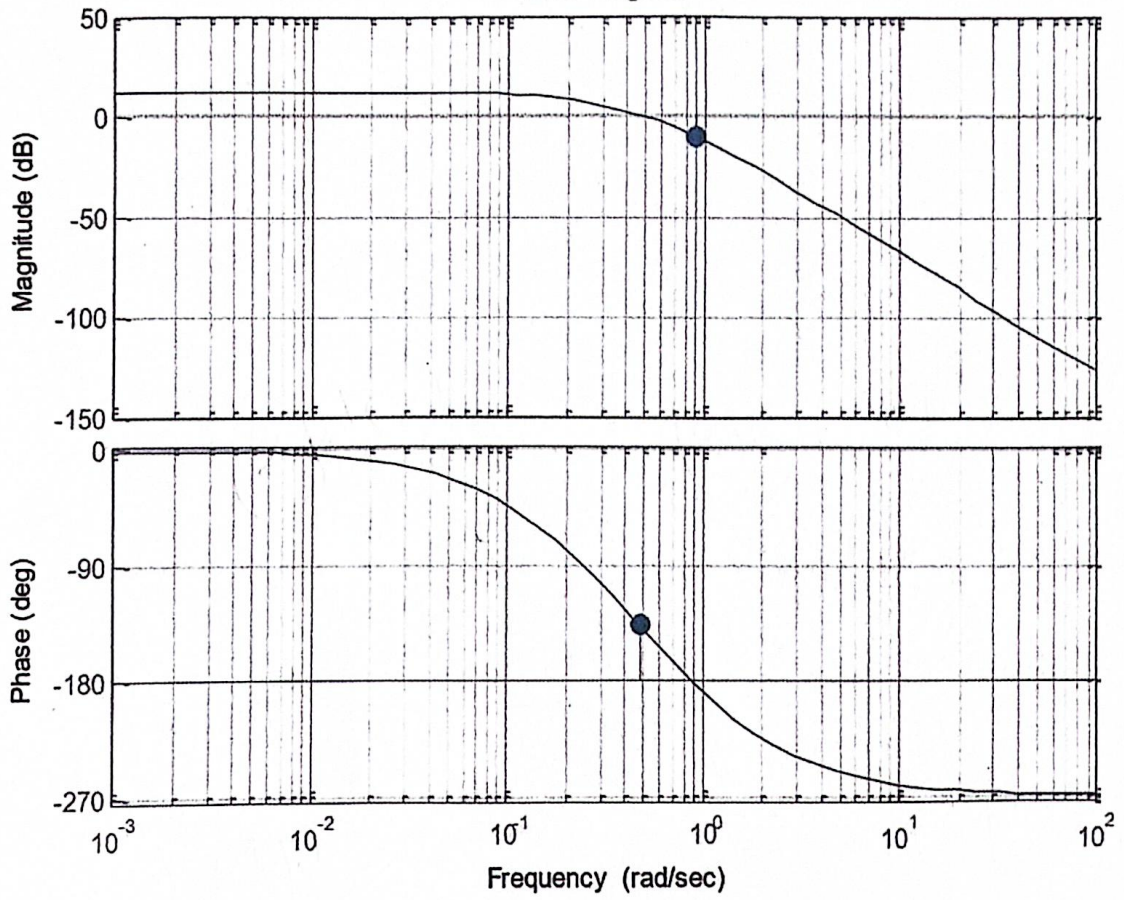
3 - Étude harmonique (3pts)

3.2. Représentation (voir doc) 3/3

- la marge de gain est 10 dB (2pts)

- la marge de phase est  $43,1^\circ$  (2pts)

Bode Diagram



3/3