PHYSIQUE : Montage à Amplificateur opérationnel

Q11. Amplificateur opérationnel parfait (ou idéal) :
- Les courants d'entrée i^+ et i^- sont nuls
- Le gain μ est infini ($V_s = \mu \varepsilon$) donc $\varepsilon = 0$ ou $V^+ = V^-$ en régime linéaire

---

Q12. $\begin{cases} V^- = u_1 \\ V^+ = v(\theta) \end{cases}$ donc en régime linéaire $V^- = V^+$, c'est à dire $\boxed{u_1 = v(\theta)}$

- Ce premier étage joue le rôle d'un suiveur et permet d'obtenir un générateur délivrant la même tension $v(\theta)$ que le capteur de température tout en délivrant un courant non nul ce qui n'est pas le cas du capteur de température.
- Ceci est permis par le caractère actif de l'AO.

Q13. On applique le théorème de Millman aux entrées + et − de l'AO 2 :

$$\begin{cases} V^- = \dfrac{\dfrac{u_2}{R} + \dfrac{V_0}{R}}{\dfrac{2}{R}} \\ V^+ = \dfrac{\dfrac{u_1}{R}}{\dfrac{2}{R}} \end{cases}$$

donc en régime linéaire $V^- = V^+$ d'où $\dfrac{u_2}{R} + \dfrac{V_0}{R} = \dfrac{u_1}{R} \Rightarrow$

$\boxed{u_2 = u_1 - V_0}$ Montage soustracteur

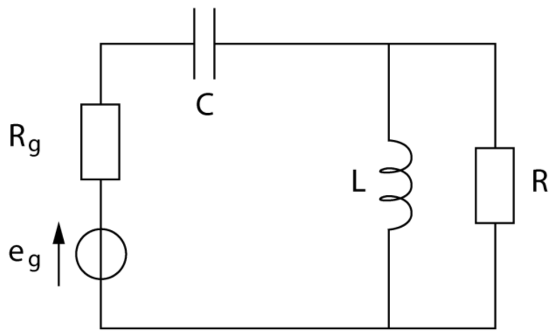
Or d'après l'énoncé $v(\theta) = V_0 - a\theta$ d'où $u_2 = v(\theta) - V_0 \Rightarrow \boxed{u_2 = -a\theta}$

Q14 L'entrée + de l'AO3 est reliée à la masse donc $V^+ = 0$

On applique le théorème de Millman à l'entrée − : $V^- = \dfrac{\dfrac{u_3}{R_2} + \dfrac{u_2}{R_1}}{\dfrac{1}{R_2} + \dfrac{1}{R_1}}$ en régime linéaire

il vient $V^+ = V^-$ d'où $\boxed{u_3 = -\dfrac{R_2}{R_1} u_2}$ Amplificateur inverseur

D'après la question précédente $u_2 = -a\theta$ il vient $\boxed{u_3 = \dfrac{R_2}{R_1} a\theta}$



- L'adaptation d'impédance correspond à un transfert maximal de puissance entre le générateur et l'utilisation. Dans ce cas on a $\underline{Z_g}^* = \underline{Z_u}$ ($\Leftrightarrow \underline{Z_g} = \underline{Z_u}^*$) (cf cours).

- Ici $\boxed{\underline{Z_g}^* = \underline{Z_g} = R_g}$ et on intercale en l'utilisation et le générateur une inductance L et une capacité C (quadripôle).

- En notant $\underline{Z'_{éq}}$ l'impédance équivalente de l'association R avec le quadripôle, la nouvelle condition d'adaptation d'impédance s'écrit

$$\boxed{R_g = \underline{Z'_{éq}}}$$

- Calculons $\underline{Z'_{éq}}$: $\quad \underline{Z'_{éq}} = \dfrac{1}{jC\omega} + \underline{Z}_{L//R}$

Or, $\underline{Y_{L//R}}$ (association parallèle) $= \dfrac{1}{jL\omega} + \dfrac{1}{R} = \dfrac{R + jL\omega}{R\,jL\omega} = \dfrac{1}{\underline{Z}_{L//R}}$

d'où $\boxed{\underline{Z'_{éq}} = \dfrac{1}{jC\omega} + \dfrac{R\,jL\omega}{R + jL\omega}}$

- En écrivant la condition du transfert maximal de puissance il vient :

$$R_g = \frac{1}{jC\omega} + \frac{R\,jL\omega}{R + jL\omega} = \frac{R + jL\omega - \omega^2 LCR}{jC\omega\,(R + jL\omega)}$$

En regroupant les parties réelles et imaginaires il vient :

$$\left(\omega^2 LC\left[R - R_g\right] - R\right) + j\omega\left[CRR_g - L\right] = 0$$

ce qui implique $\begin{cases} \omega^2 LC(R - R_g) - R = 0 & \text{(partie réelle)} \\ \omega(CRR_g - L) = 0 & \text{(partie imaginaire)} \end{cases}$

d'où $\begin{cases} LC = \dfrac{R}{(R - R_g)\omega^2} \\ \dfrac{L}{C} = RR_g \end{cases}$ $\boxed{\text{à condition que } R - R_g > 0 \Leftrightarrow R > R_g}$

On en déduit : $\boxed{C = \dfrac{1}{\omega\sqrt{R_g(R - R_g)}}}$ et $\boxed{L = \dfrac{R}{\omega}\sqrt{\dfrac{R_g}{(R - R_g)}}}$

1)

a) . Cl même colonne que F donc même nombre d'électrons de valence

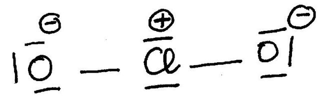
$F(Z=9) : 1s^2 \underbrace{2s^2 2p^5}_{\text{électrons de valence}}$ $\qquad N_e(Cl) = 7$

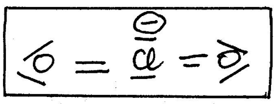
. $O(Z=8) : 1s^2 \underbrace{2s^2 2p^4}$ $\qquad N_e(O) = 6$

• Dans la molécule ClO_2^- on trouve $N_V = N_e(Cl) + 2 \times N_e(O) + 1$ électrons de valence

soit $N_V = 7 + 2 \times 6 + 1 = 20$.

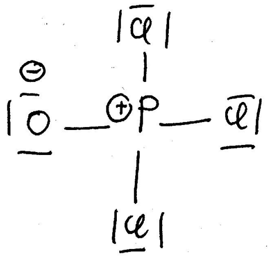
. Il faut placer $D = \frac{N_V}{2} = \underline{10 \text{ doublets}}$.

1ère possibilité  . octets respectés

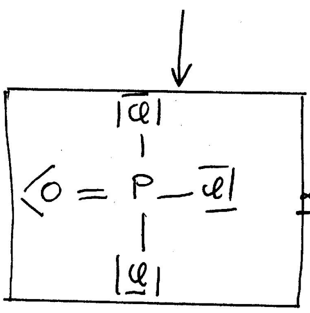
2ème possibilité  . moins de charges formelles mais Cl hypervalent (permis car 3ème période)

b) . $P(Z=15) : 1s^2 2s^2 2p^6 \underbrace{3s^2 3p^3}$ $\qquad N_e(P) = 5$

$\begin{cases} N_V(OPCl_3) = N_e(O) + N_e(P) + 3N_e(Cl) = 6 + 5 + 3 \times 7 = 32 \\ D = 16 \end{cases}$



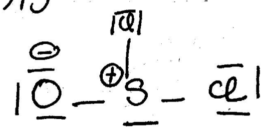
1ère possibilité : octets respectés



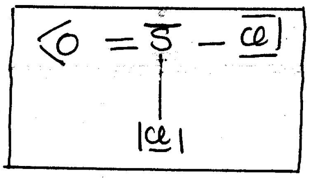
2ème possibilité : moins de charges formelles mais P hypervalent (permis car 3ème période)

c) S même colonne que O donc $N_e(S) = N_e(O) = 6$

$$\begin{cases} N_v(OSCl) = N_e(O) + N_e(S) + N_e(Cl) = 6 + 6 + 7 \times 2 = 26 \\ D = \dfrac{N_v}{2} = 13 \end{cases}$$



1ère possibilité : octets respectés

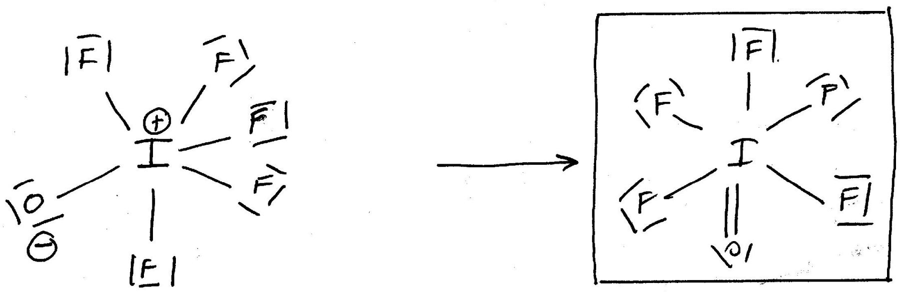


2ème possibilité : moins de charges formelles mais S hypervalent (permis car 3ème période)

---

d) I et F même colonne d'où $N_e(I) = N_e(F) = 7$

$$\begin{cases} N_v(IF_5O) = 6 \times 7 + 6 = 48 \\ D = 24 \end{cases}$$



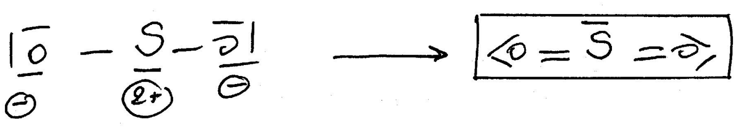
1ère possibilité

2ème possibilité : moins de charges formelles.

hypervalence permise pour I car 5ème période

---

e) $\begin{cases} N_v(SO_2) = 6 + 2 \times 6 = 18 \\ D = 9 \end{cases}$

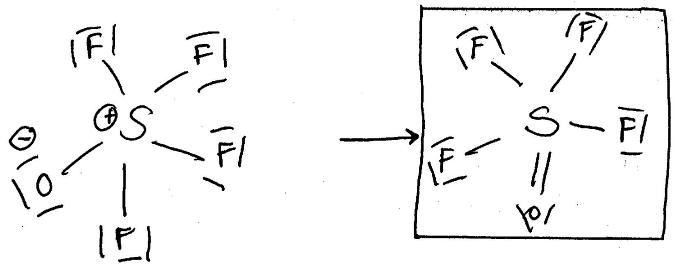


1ère possibilité

2ème possibilité : moins de charges formelles mais S hypervalent (permis)

---

f) $\begin{cases} N_v(SOF_4) = 6+6+4\times7 = 40 \\ D = 20 \end{cases}$



1ère possibilité

2ème possibilité : moins de charges formelles,

hypervalence permise pour S car 3ème période.

---

g) $C(Z=6) : 1s^2 2s^2 2p^2$ $\quad N_e(C) = 4$

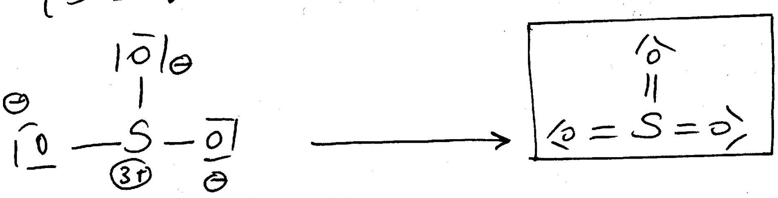
$\begin{cases} N_v(CO_2) = 4 + 2\times6 = 16 \\ D = 8 \end{cases}$

1ère possibilité

2ème possibilité : octets respectés et moins de charges formelles.

---

h) $\begin{cases} N_v(SO_3) = 4\times6 = 24 \\ D = 12 \end{cases}$



1ère possibilité

2ème possibilité : moins de charges formelles mais S hypervalent (permis)

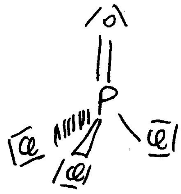
---

(2) Formulation VSEPR et nom de l'édifice

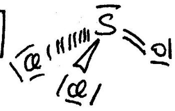
a) $\boxed{AX_2E_2 \text{ édifice coudé}}$

(AX_4E_0 : édifice tétraédrique)

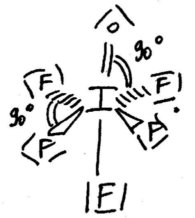
b) $\boxed{AX_4E_0 \text{ édifice tétraédrique}}$



c) $\boxed{AX_3E_1 \text{ édifice pyramidal à base triangulaire}}$

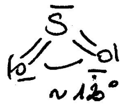


d) $\boxed{AX_6E_0 \text{ édifice octaédrique}}$



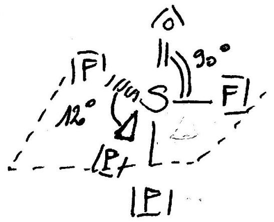
l'angle entre les liaisons est de 90°

e) $\boxed{AX_2E_1 \text{ édifice coudé}}$



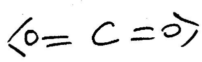
(AX_3E_0 : édifice triangulaire)

f) $\boxed{AX_5E_0 \text{ édifice bipyramidal à base triangulaire}}$

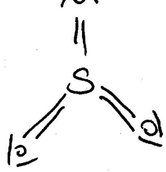


les liaisons du plan font un angle de 120° entre elles.

g) $\boxed{AX_2E_0 \text{ édifice linéaire}}$



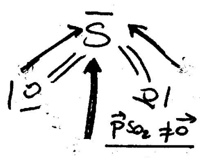
h) $\boxed{AX_3E_0 \text{ édifice triangulaire}}$



③ Voir 2)

④ Comme l'électronégativité de S est plus faible que celle de O (S plus bas que O dans la même colonne de la classification) alors la liaison S – O possède un moment dipolaire orienté du pôle ⊖ vers le pôle ⊕ : $\overset{+\delta}{S} - \overset{-\delta}{\bar{O}}$. Pour déterminer le moment dipolaire total il faut sommer le moment dipolaire $\vec{p}_{SO}$ de chaque liaison composant la molécule.

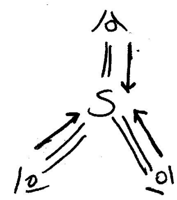
Pour SO_2



$\vec{p}_{SO_2} \neq \vec{0}$

$\boxed{\text{molécule polaire}}$

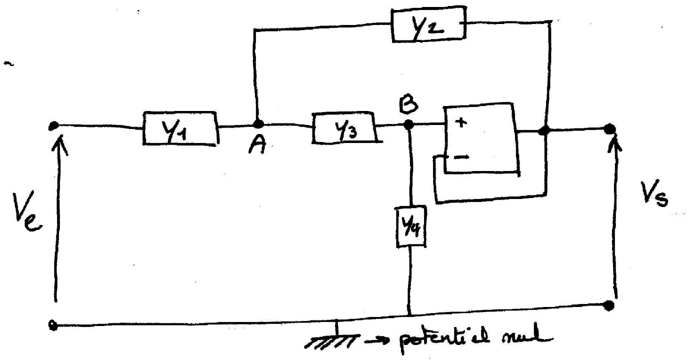
Pour SO_3



$\vec{p}_{SO_3} = \vec{0}$

$\boxed{\text{molécule apolaire}}$

1)



L'AO est idéal et fonctionne en régime linéaire : $\begin{cases} i^+ = i^- = 0 \\ V^+ = V^- \end{cases}$

- Théorème de Millman au noeud A :

$$\underline{V_A} = \frac{\underline{V_e} \cdot \underline{Y_1} + \underline{V_B}\,\underline{Y_3} + \underline{V_s}\,\underline{Y_2}}{\underline{Y_1} + \underline{Y_3} + \underline{Y_2}} \quad (1)$$

Théorème de Millman au noeud B

$$\underline{V_B} = \frac{\underline{V_A} \cdot \underline{Y_3}}{\underline{Y_4} + \underline{Y_3}} \Rightarrow \underline{V_A} = \frac{\underline{Y_4} + \underline{Y_3}}{\underline{Y_3}}\,\underline{V_B} \quad (2)$$

- Or $\underline{V^-} = \underline{V_s}$ et $\underline{V_B} = \underline{V_+}$ d'où $\underline{V_B} = \underline{V_s}$ (3)

- Ainsi en combinant les relations (1), (2) et (3) il vient :

$$\frac{\underline{Y_4} + \underline{Y_3}}{\underline{Y_3}}\,\underline{V_s} = \frac{\underline{V_e}\,\underline{Y_1} + (\underline{Y_3} + \underline{Y_2})\underline{V_s}}{\underline{Y_1} + \underline{Y_3} + \underline{Y_2}}$$

$$\Rightarrow \quad \underline{V_s}\left[(\underline{Y_4} + \underline{Y_3})(\underline{Y_1} + \underline{Y_3} + \underline{Y_2}) - \underline{Y_3}(\underline{Y_3} + \underline{Y_2})\right] = \underline{V_e}\,\underline{Y_1}\,\underline{Y_3}$$

$$\Rightarrow \quad \underline{H} = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}} = \frac{\underline{Y_1}\,\underline{Y_3}}{\underline{Y_4}\,(\underline{Y_1} + \underline{Y_3} + \underline{Y_2}) + \underline{Y_3}\,\underline{Y_1}}$$

$$\Rightarrow \quad \boxed{\underline{H} = \frac{1}{1 + \dfrac{\underline{Y_4}}{\underline{Y_1}\,\underline{Y_3}}(\underline{Y_1} + \underline{Y_3} + \underline{Y_2})}}$$

2) $\underline{Y_1} = \frac{1}{R_1}$; $\underline{Y_2} = j\omega C_2$; $\underline{Y_3} = \frac{1}{R_3}$; $\underline{Y_4} = j\omega C_4$

En remplaçant les admittances par leur expressions dans $\underline{H}$ il vient :

$$\underline{H} = \frac{1}{1 + \frac{j\omega C_4}{\frac{1}{R_1}\times\frac{1}{R_3}}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_3}+j\omega C_2\right)} \quad \text{soit} \quad \boxed{\underline{H} = \frac{1}{1 + j\omega C_4(R_1+R_3) - \omega^2 C_4 C_2 R_1 R_3}}$$

---

3) a) Sous forme canonique il vient $\underline{H} = \dfrac{1}{1 + j\frac{x}{Q} - x^2}$

Par identification :
$$\begin{cases} x^2 = \frac{\omega^2}{\omega_0^2} = \omega^2 C_4 C_2 R_1 R_3 \\ \frac{x}{Q} = \frac{\omega}{\omega_0 Q} = \omega C_4 (R_1+R_3) \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \boxed{\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{C_4 C_2 R_1 R_3}}} \\ \boxed{Q = \frac{1}{\omega_0 (R_1+R_3) C_4} = \frac{1}{(R_1+R_3)}\sqrt{\frac{C_2 R_1 R_3}{C_4}}} \end{cases}$$

---

b) • En basses fréquences ($x \to 0$), en ne gardant que le terme prépondérant pour $\underline{H}$ il vient :

$\underline{H} \sim 1$ soit $\boxed{\underline{u_s} = \underline{u_e}}$

• En hautes fréquences ($x \to +\infty$), $\underline{H} \sim -\frac{1}{x^2} \to 0$ soit $\boxed{\underline{u_s} \to 0}$

$\boxed{\text{Il s'agit d'un filtre passe-bas.}}$

---

c) Basses fréquences : $\underline{H} \sim 1$ d'où $|\underline{H}| = 1$ et $\boxed{G_{dB} = 20\log|\underline{H}| = 0}$

$\boxed{\varphi = \arg(\underline{H}) = 0}$

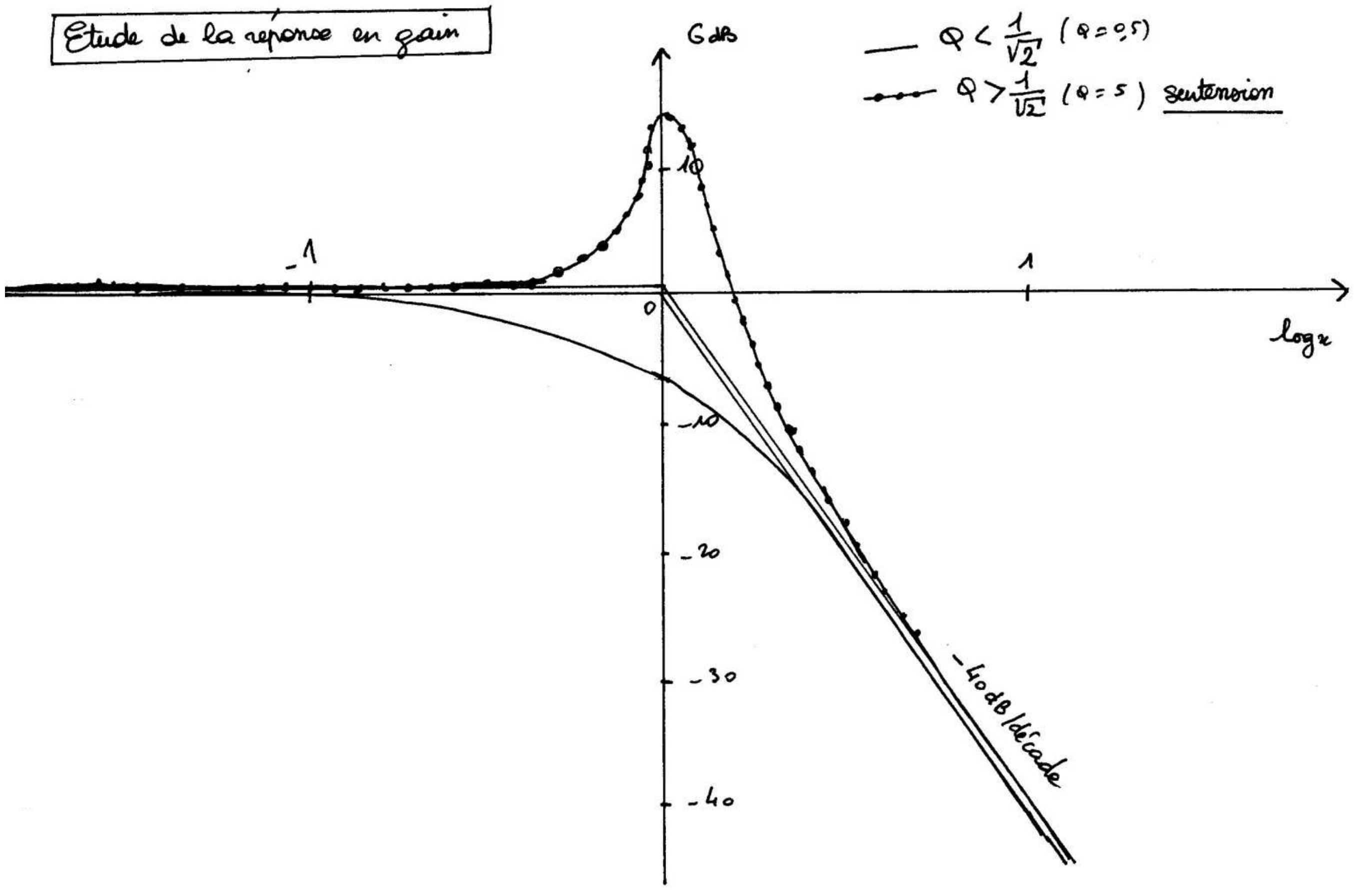
Hautes fréquences : $\underbrace{\underline{H} \sim -\frac{1}{x^2}}_{\text{terme prépondérant}}$ d'où $|\underline{H}| = \frac{1}{x^2}$ et $\boxed{G_{dB} = -40\log x}$ (-40 dB/décade)

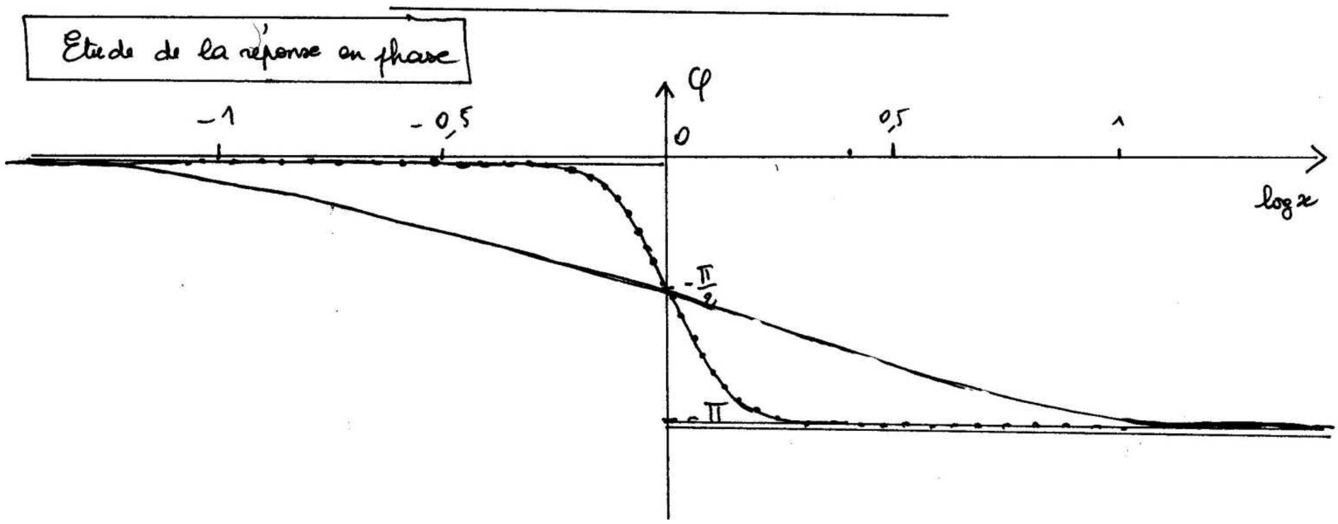
$\boxed{\varphi = \arg(\underline{H}) = -\arg(-x^2) = -\pi}$

équations des asymptotes.

---

d)





REMARQUES :

- Les asymptotes sont représentées par des doubles traits.
- La surtension ou phénomène de résonance a lieu pour des valeurs du facteur de qualité supérieure à $\frac{1}{\sqrt{2}}$.