



Examen Electronique – Amplificateur Opérationnel -  
CORRIGE

[SI-S4-ELEC-4-AOP]

Les calculatrices et les documents ne sont pas autorisés. Le barème est donné à titre indicatif.

Réponses exclusivement sur le sujet - Si vous manquez de place, utilisez le verso des pages.

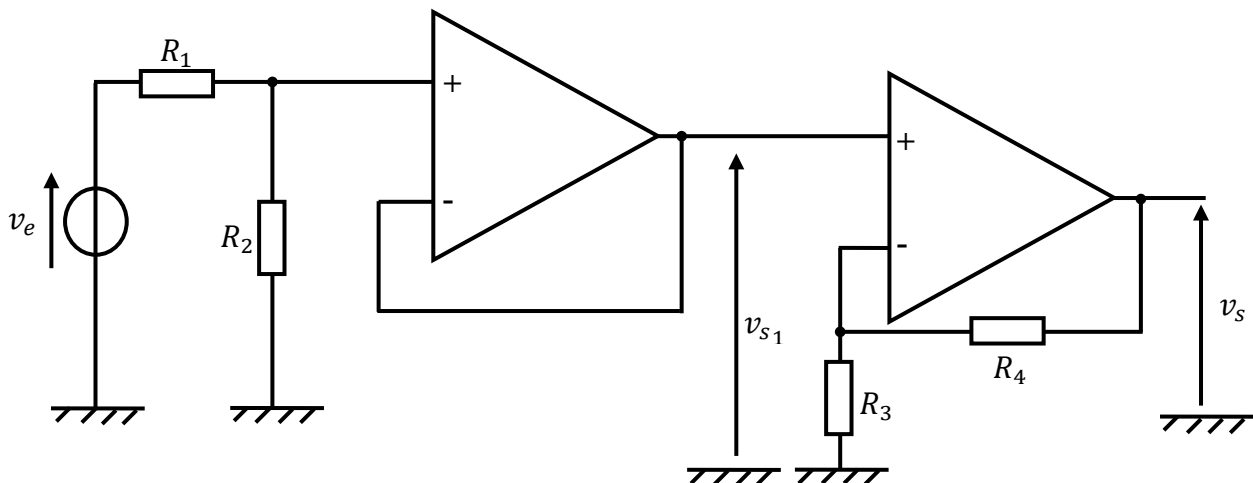
Dans tous les exercices, les amplificateurs opérationnels seront supposés idéaux et les tensions de sortie seront limitées par la saturation aux valeurs extrêmes  $-V_{sat}$  et  $+V_{sat}$ .

**Exercice 1.** Questions de cours (QCM) (3 points)

- L'impédance d'entrée d'un AOP idéal étant infinie, on a toujours  $i^+ = i^- = 0$ 
  - VRAI
  - FAUX
- Quelle est la caractéristique d'un AOP idéal en fonctionnement linéaire ?
  - $V_s = \epsilon$
  - $V^+ = V^-$
  - $V_s = \pm V_{sat}$
  - $V^+ = V^- = 0$
- Le courant de sortie d'un AOP idéal est nul
  - VRAI
  - FAUX

**Exercice 2.** Montages à amplificateurs opérationnels (7 points)

Soit le montage ci-dessous.



- Les AOP peuvent-ils fonctionner en mode linéaire ? Justifiez votre réponse.

Les AOP peuvent fonctionner en mode linéaire, car tous les 2 ont une rétroaction négative (rebouclage de la sortie sur l'entrée -).

2. Donner l'expression de  $v_{s_1}$  en fonction de  $v_e$ ,  $R_1$  et  $R_2$ .

Comme l'AOP est en mode linéaire, on a  $\epsilon = 0$ , et donc, on aura  $V^+ = V^-$ . On a donc, pour l'AOP de gauche :

$$V^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_e \text{ (Milman ou PDT)}$$

$$V^- = v_{s_1}$$

$$\Rightarrow v_{s_1} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_e$$

3. Donner l'expression de  $v_s$  en fonction de  $v_{s_1}$ ,  $R_3$  et  $R_4$ .

Comme l'AOP est en mode linéaire, on a  $\epsilon = 0$ , et donc, on aura  $V^+ = V^-$ . On a donc, pour l'AOP de droite:

$$V^+ = v_{s_1}$$

$$V^- = \frac{R_3}{R_3 + R_4} \cdot v_e \text{ (Milman ou PDT)}$$

$$\Rightarrow v_s = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \cdot v_{s_1} = \left(1 + \frac{R_4}{R_3}\right) \cdot v_{s_1}$$

4. En déduire l'expression de  $v_s$  en fonction de  $v_e$ , et des résistances.

D'après les questions 2 et 3, on aura donc :

$$v_s = \frac{R_3 + R_4}{R_3} \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot v_e$$

$$v_s = \frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_3 \cdot (R_1 + R_2)} \cdot v_e$$

5. Sachant que  $R_1 = 10k\Omega$ ,  $R_2 = 20k\Omega$  et  $R_3 = 100k\Omega$ , calculer  $R_4$  afin que  $v_s = 2 \cdot v_e$ .

Pour avoir  $v_s = 2 \cdot v_e$ , il faut que  $\frac{R_2 \cdot (R_3 + R_4)}{R_3 \cdot (R_1 + R_2)} = 2$ . Ce qui donne :

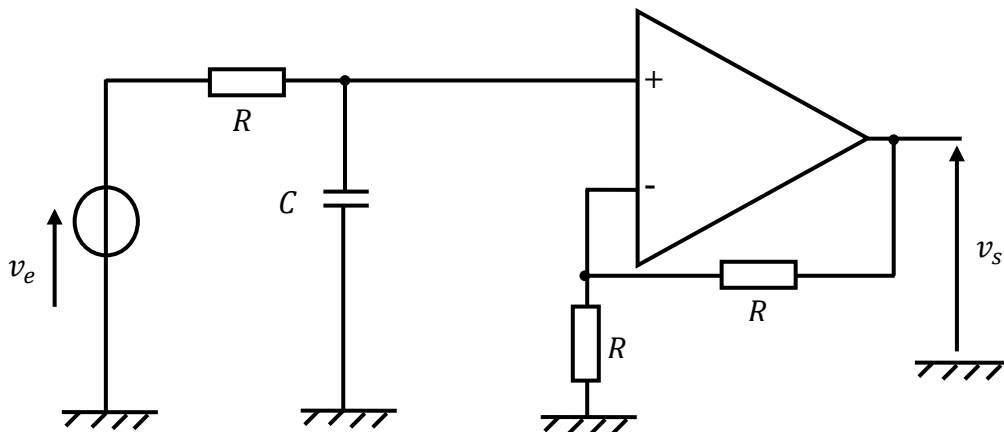
$$R_4 = 2 \cdot \frac{R_3}{R_2} \cdot (R_1 + R_2) - R_3$$

$$R_4 = 2 \cdot \frac{100}{20} \cdot (10 + 20) - 100$$

$$R_4 = 200 \text{ k}\Omega$$

### Exercice 3. Filtre actif (6 points)

On considère le filtre actif ci-dessous.



1. L'AOP peut-il fonctionner en mode linéaire ? Pourquoi ?

L'AOP peut fonctionner en mode linéaire, car il y a une rétroaction négative.

2. Déterminez la fonction de transfert  $\underline{T}(\omega)$  du schéma précédent.

Comme l'AOP est en mode linéaire, on a donc  $\epsilon = 0$ , et donc, on aura  $V^+ = V^-$ . Comme les courants d'entrée  $i^+$  et  $i^-$  d'un AOP sont nuls, le théorème de Millman donne :

$$\underline{V}^+ = \frac{\frac{V_E}{R}}{\frac{1}{R} + jC\omega} = \frac{V_E}{1 + jRC\omega}$$

$$\underline{V}^- = \frac{\frac{V_S}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R}} = \frac{1}{2} \cdot V_S$$

$$\Rightarrow \frac{V_E}{1 + jRC\omega} = \frac{1}{2} \cdot V_S$$

$$\underline{V}_S = \frac{2}{1 + jRC\omega} \cdot V_E$$

$$\underline{T}(\omega) = \frac{2}{1 + jRC\omega}$$

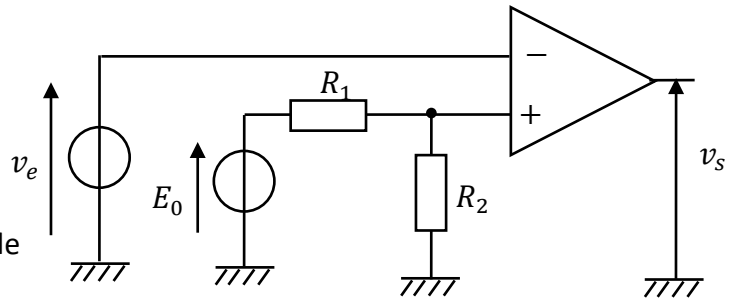
3. De quel type de filtre s'agit-il ? Justifiez votre réponse.

$A(\omega) = |\underline{T}(\omega)| = \frac{2}{\sqrt{1+(RC\omega)^2}}$  tend vers 2 quand  $\omega \rightarrow 0$  et vers 0 quand  $\omega \rightarrow \infty$ . Il s'agit donc d'un filtre passe-bas.

**Exercice 4. Comparateur (4 points)**

On considère le montage ci-contre :

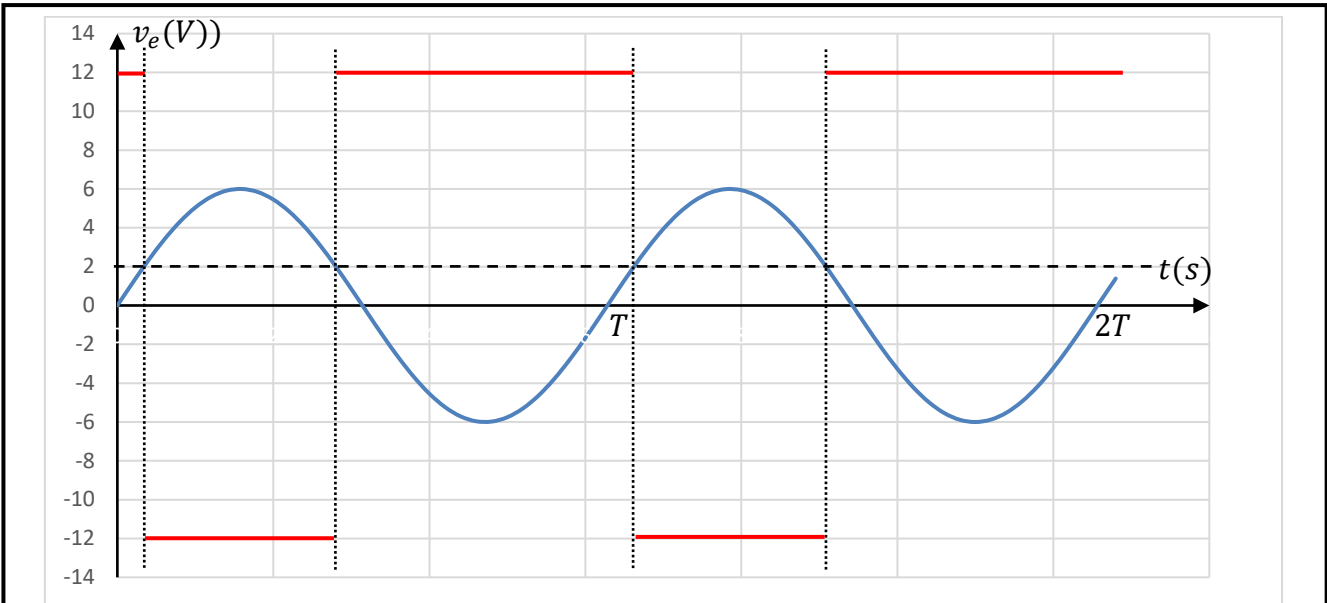
On donne  $E_0 = 10\text{ V}$ ,  $V_{sat} = 12\text{ V}$ ,  $R_1 = 64\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 16\text{ k}\Omega$ .



- 1) L'amplificateur peut-il fonctionner en mode linéaire ? Pourquoi ?

Il n'y a pas de rétroaction. L'AOP ne peut donc pas fonctionner en mode linéaire.

- 2) La tension  $v_e$  est un signal sinusoïdal de période  $T$  et d'amplitude  $6\text{ V}$ .  
Après avoir donné les expressions de  $V^+$  et de  $V^-$ , représentez, en la justifiant, la courbe  $v_s = f(t)$  pour  $0 \leq t \leq 2T$  sur le graphe ci-dessous représentant la tension  $v_e(t)$ .



Comme les courants d'entrée  $i^+$  et  $i^-$  d'un AOP sont nuls, le théorème de Millman donne :

$$V^- = v_e$$

$$V^+ = \frac{\frac{E_0}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot E_0 = \frac{16}{80} \cdot 10 = 2\text{ V}$$

Comme l'AOP fonctionne en mode saturé, on sait que  $v_s = \pm V_{sat}$  selon le signe de  $\epsilon (= V^+ - V^-)$ .  
On obtient donc :

$$\begin{cases} v_s = +V_{sat} & \text{si } v_e < 2\text{ V} \\ v_s = -V_{sat} & \text{si } v_e > 2\text{ V} \end{cases}$$

