

# **TD 3EE200 : Électronique Analogique**

Sorbonne Université - Sciences et Ingénierie  
3e année de licence Électronique, Énergie Électrique, et Automatique

## TABLE DE MATIERES

1 TD N°1 : L'AOP En Mono-Alimentation .....	1
2. Exercice n° 2 : Inverseur et filtre .....	2
3. Exercice n° 3 : Amplificateur non inverseur.....	3
2 TD N°2 : Comportement de l'AOP en fonction de la fréquence.....	5
1. Exercice n° 1 : Conservation du produit Gain Bande.....	5
2. Exercice n° 2 : Traçage .....	6
3. Exercice n°3 : Faut monter les étages à pieds.....	6

## TD N°1 :

### L'AOP En Mono-Alimentation

#### 1. Exercice n° 1 : Amplificateur inverseur

On considère le montage amplificateur inverseur suivant, l'AOP étant parfait et alimenté en  $+10V/0V$  :

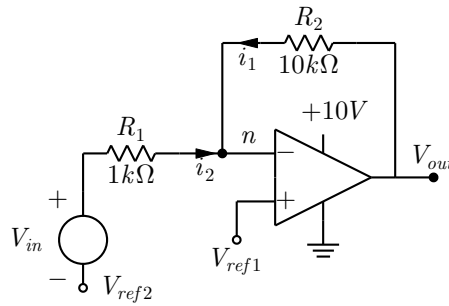


Figure 1.

- 1) Etablir l'expression de  $V_{out}$  en fonction de  $A$ ,  $V_{in}$ ,  $V_{ref1}$ ,  $V_{ref2}$  et des éléments du montage :  
 Soit  $V^+$  et  $V^-$ ,  $i^+$ , et  $i^-$  les tensions et courants aux port  $+$  et  $-$  de l'AOP,  $V_{out}$  est défini comme:

$$V_{out} = A(V^+ - V^-)$$

l'AOP étant parfait, donc  $A \rightarrow +\infty$ , on sait que  $V^+ = V^-$ , aussi  $i^+ = i^- = 0$ . En appliquant la loi des nœud au nœud "n", on obtient :

$$i_1 + i_2 = i^- = 0$$

$$\frac{V_{out} - V^-}{R_2} + \frac{V_{in} + V_{ref2} - V^-}{R_1} = 0$$

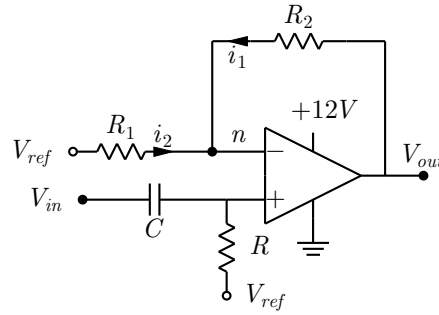
$$\frac{V_{out} - V^-}{R_2} = -\frac{V_{in}}{R_1} - \frac{V_{ref2}}{R_1} + \frac{V^-}{R_1}$$

Or  $V^- = V^+ = V_{ref1}$ , alors :

$$\frac{V_{out}}{R_2} = -\frac{V_{in}}{R_1} - \frac{V_{ref2}}{R_1} + V_{ref1}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)$$

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1}(V_{in} + V_{ref2}) + \frac{R_1 + R_2}{R_1}V_{ref1} = \begin{cases} -\frac{R_2}{R_1}V_{in} & \text{En régime alternatif} \\ -\frac{R_2}{R_1}V_{ref2} + \frac{R_1 + R_2}{R_1}V_{ref1} & \text{En régime continue} \end{cases}$$

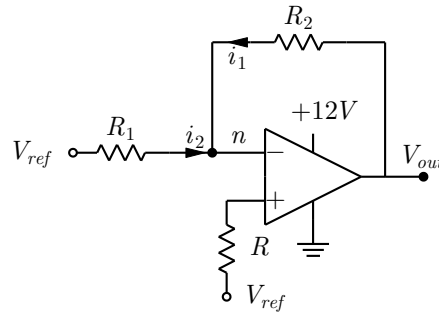
## 2. Exercice n° 2 : Inverseur et filtre



**Figure 2.**

1) Analyse en courant continu :

En courant continu, le schéma équivalent est le suivant :



**Figure 3.**

On pourra déterminer l'expression de  $V_{out}$  de la même manière qu'à l'exercice 1, on retrouve :

$$i_1 + i_2 = 0$$

$$\frac{V_{out} - V^-}{R_2} = -\frac{1}{R_1} (V_{ref} - V^-)$$

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} V_{ref} + R_2 V^- \left( \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_1} \right) = -\frac{R_2}{R_1} V_{ref} + \frac{R_1 + R_2}{R_1} V^-$$

Or  $V^+ = V^- = V_{ref}$ , alors :

$$V_{out} = V_{ref}$$

2) Analyse en courant alternatif :

Le schéma

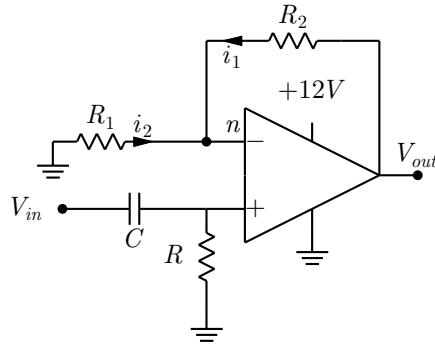


Figure 4.

De la même façon qu'à la question précédente :

$$i_1 + i_2 = 0$$

$$\frac{V_{out} - V^-}{R_2} + \frac{0 - V^-}{R_1} = 0$$

$$\frac{V_{out}}{R_2} = V^- \left( \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)$$

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} V^-$$

Or  $V^- = V^+$  avec :

$$V^+ = \frac{R}{R + \frac{1}{j\omega C}} V_{in} = \frac{j\omega RC}{j\omega RC + 1} V_{in}$$

On en déduit :

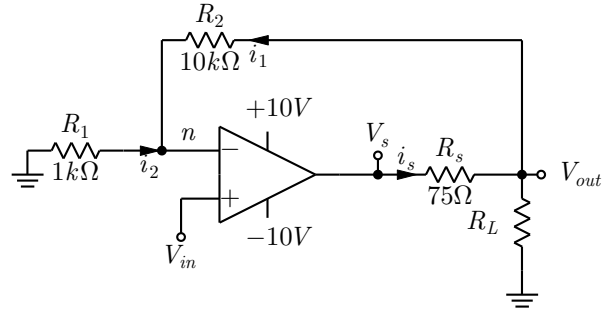
$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC} V_{in}$$

La fonction de transfert du système sera alors :

$$H(\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \frac{j\omega RC}{1 + j\omega RC}$$

### 3. Exercice n° 3 : Amplificateur non inverseur

On considère le montage de la figure suivante, l'AOP étant parfait, possédant un gain différentiel fini  $A = 2 \times 10^5$  et alimenté en  $+10V / -10V$



**Figure 5.**

On commence par calculer  $V^+$  et  $V^-$  :

$$\begin{cases} V^+ = V_{in} \\ V^- = V_{R_1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out} \end{cases}$$

On sait que :

$$V_s = A(V^+ - V^-) = A(V_{in} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out})$$

Et on sait que :

$$V_{out} = \frac{(R_2 + R_1) // R_L}{(R_2 + R_1) // R_L + R_s} V_s$$

Il suffit ensuite de remplacer  $V_s$  par son expression et faire l'application numérique

## TD N°2 :

### Comportement de l'AOP en fonction de la fréquence

On considère que tous les AOP de ce TD sont alimentés en  $12V/0V$

#### 1. Exercice n° 1 : Conservation du produit Gain Bande

On se propose de vérifier la conservation du produit gain-bande passante avec un AOP qui possède un gain différentiel statique  $A_0 = 105$  et une fréquence de coupure  $f_0 = 10$  Hz. On pourra considérer que les courants d'entrée de l'AOP,  $i^+$  et  $i^-$ , sont négligeables, mais le gain différentiel étant fini on ne peut plus poser  $V^+ = V^-$

- 1) Le produit gain bande passante de l'AOP

$$GB = A_0 f_0 = 10^5 \times 10 = 10^6$$

- 2) On considère le montage amplificateur non inverseur suivant :

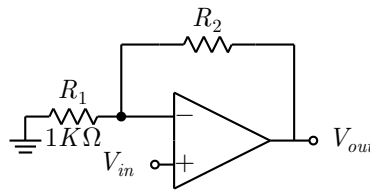


Figure 1.

On calcule  $\frac{V_{out}}{V_{in}}$

$$\begin{aligned} V_{out} &= A(V^+ - V^-) \\ &= A\left(V_{in} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{out}\right) \end{aligned}$$

Alors :

$$\begin{aligned} V_{out}\left(1 + A \frac{R_1}{R_1 + R_2}\right) &= A V_{in} \\ \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{A}{1 + A \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \end{aligned}$$

Or  $A = \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}$ , alors :

$$\begin{aligned}
 \frac{V_{out}}{V_{in}} &= \frac{\frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}}}{1 + \frac{A_0}{1 + j \frac{f}{f_0}} \frac{R_1}{R_1 + R_2}} \\
 &= \frac{A_0}{1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} + j \frac{f}{f_0}} \\
 &= \frac{A_0}{1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2}} \times \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_0} \frac{R_1 + R_2}{R_1 + R_2 + A_0 R_1}}
 \end{aligned}$$

Sous la forme  $\frac{K}{1 + j \frac{f}{f_c}}$  avec :

$$\begin{cases} K = \frac{A_0}{1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2}} \\ f_c = f_0 \left( 1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} \right) \end{cases}$$

Comparons maintenant le produit Gain Bande de ce montage au produit Gain Bande de l'AOP :

$$K \times f_c = \frac{A_0}{1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2}} f_0 \left( 1 + \frac{A_0 R_1}{R_1 + R_2} \right) = A_0 f_0$$

C'est égal peu importe la valeur de  $R_1$  et  $R_2$ .

## 2. Exercice n° 2 : Traçage

Trivial quand même, à toi de dessiner.

## 3. Exercice n°3 : Faut monter les étages à pieds

En utilisant le même AOP qu'à l'exercice n°1 ( $A_0 = 10^5$ ,  $f_0 = 10$  Hz), on souhaite réaliser un montage respectant le cahier de charges suivant :

- Gain en tension : +400
- Impédance d'entrée :  $\geq 100K\Omega$
- Bande passante :  $\geq 20K$  Hz