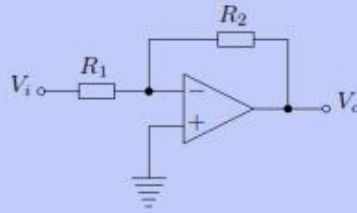


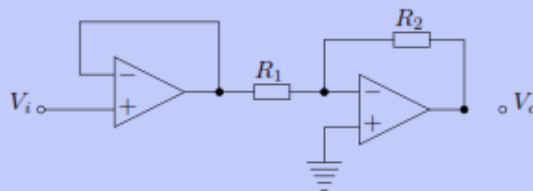
Serie 3_ Amplificateur Operationnel

Exercice 1 Sachant que $R_1 = 2.5k\Omega$ et $R_2 = 45k\Omega$, trouvez le gain de l'ampli-op suivant :



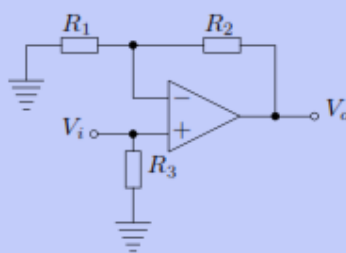
Réponse : Amplificateur Inverseur

Exercice 2 Sachant que $R_1 = 2.5k\Omega$ et $R_2 = 25k\Omega$, trouvez le gain de l'ampli-op suivant :



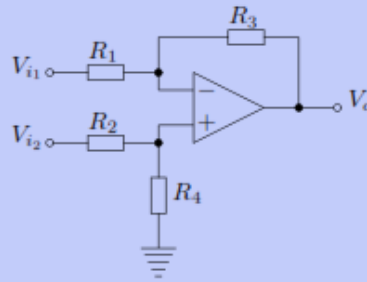
Réponse : Amplificateur suiveur suivi d'un Amplificateur Inverseur

Exercice 3 Sachant que $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 20k\Omega$ et $R_3 = 100k\Omega$, trouvez le gain de l'ampli-op suivant :



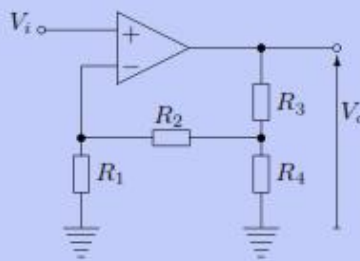
Réponse : Amplificateur non Inverseur

Exercice 4 Sachant que $R_1 = 1k\Omega$, $R_2 = 1k\Omega$, $R_3 = 12k\Omega$, $R_4 = 15k\Omega$, $V_1 = 3V$ et $V_2 = 1.5V$, trouvez la sortie V_o de l'ampli-op suivant :



Réponse : Amplificateur soustracteur

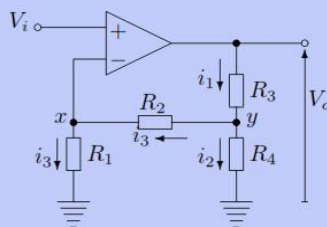
Exercice 5 Soit un amplificateur de tension non inverseur. Trouvez le gain de l'amplificateur en fonction des résistances. En déduire le comportement du circuit pour $R_1 = \infty$ et $R_2 = 0$.



===== **Corrigé EXO 5** =====

Solution de l'exercice 5 :

Pour calculer le gain de l'ampli-op, on va se baser sur la figure suivante :



En observant la figure et en se basant sur les équations de base d'un ampli-op, on peut écrire :

$$V^+ = V^-$$

Comme $V^+ = V_i$ et $V_x = V^-$, alors on en déduit que : $V^+ = V^- = V_i = V_x$.
De plus, le courant entrant dans la borne + et la borne - est nul.

Maintenant, en se basant sur la figure, on peut écrire les équations suivantes :

$$\begin{aligned} V_x &= V_i \\ i_1 &= i_2 + i_3 \end{aligned} \quad (1a)$$

$$V_y - V_x = V_y - V_i = R_2 i_3 \Rightarrow V_y = R_2 i_3 + V_i \quad (1b)$$

$$V_o - V_y = R_3 i_1 \Rightarrow V_o = R_3 i_1 + V_y \quad (1c)$$

$$V_y = R_4 i_2 \Rightarrow i_2 = \frac{V_y}{R_4} \quad (1d)$$

$$V_x = V_i = R_1 i_3 \Rightarrow i_3 = \frac{V_i}{R_1} \quad (1e)$$

En utilisant 1d, 1e et 1b, l'équation 1a devient :

$$\begin{aligned} i_1 &= i_2 + i_3 = \frac{V_y}{R_4} + \frac{V_i}{R_1} \\ i_1 &= \frac{R_2 i_3 + V_i}{R_4} + \frac{V_i}{R_1} = \frac{R_2(\frac{V_i}{R_1}) + V_i}{R_4} + \frac{V_i}{R_1} = V_i \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_4} + \frac{1}{R_1} \right] \end{aligned} \quad (2a)$$

En utilisant 1b, 1e et 2a, l'équation 1c devient :

$$\begin{aligned} V_o - V_y &= R_3 i_1 \\ V_o - (R_2 i_3 + V_i) &= R_3 i_1 \\ V_o - (R_2(\frac{V_i}{R_1}) + V_i) &= R_3 \left(V_i \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_4} + \frac{1}{R_1} \right] \right) \\ V_o &= V_i \left[\frac{R_2}{R_1} + 1 + R_3 \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_4} + \frac{1}{R_1} \right] \right] \end{aligned} \quad (3a)$$

Enfin, l'équation cherchée est :

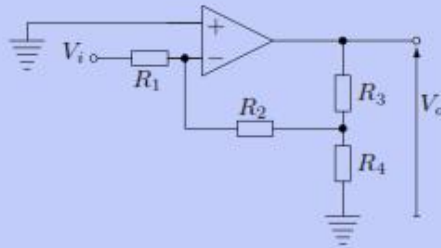
$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{R_2}{R_1} + 1 + R_3 \left[\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_4} + \frac{1}{R_1} \right]$$

et le gain est :

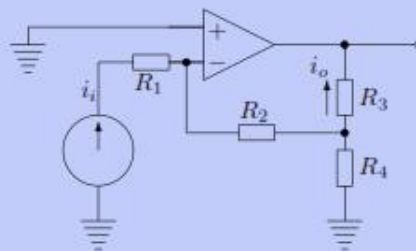
$$\begin{aligned} \text{gain} &= \frac{R_2}{R_1} + 1 + \frac{R_3}{R_4} + \frac{R_2 R_3}{R_1 R_4} + \frac{R_3}{R_1} = \frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) + R_3 R_4}{R_1 R_4} \\ \text{si } R_1 &\rightarrow \infty \Rightarrow \text{gain} = 1 + \frac{R_3}{R_4} \\ \text{si } R_2 &\rightarrow 0 \Rightarrow \text{gain} = 1 + \frac{R_3(R_1 + R_4)}{R_1 R_4} \end{aligned}$$

===== Fin =====

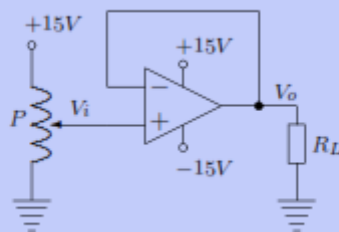
Exercice 6 Soit un amplificateur de tension inverseur. Trouvez le gain de l'amplificateur en fonction des résistances. En déduire le comportement du circuit pour $R_4 = \infty$ et $R_3 = 0$.



Exercice 7 Soit un amplificateur de courant. Trouvez le gain en courant $\frac{i_o}{i_i}$ de l'amplificateur en fonction des résistances.



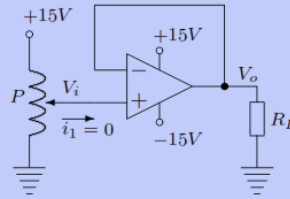
Exercice 8 L'amplificateur opérationnel suiveur a une impédance d'entrée presque infinie et une impédance de sortie presque nulle. Calculez la tension de sortie V_o si le potentiomètre P à l'entrée du circuit est ajusté à $+5V$. Calculez la tension de sortie V_o si on élimine l'amplificateur opérationnel suiveur tout en gardant la même charge $R_L = 1k\Omega$.



===== Corrigé EXO 8 =====

Solution de l'exercice 8 :

1. Avec le circuit suiveur, on a le schéma suivant :



L'ampli-op ne tire aucun courant ($i_1 = 0$) et la variation de la tension V_i est directement reliée à la position du potentiomètre. En effet, dans l'ampli-op suiveur, on a :

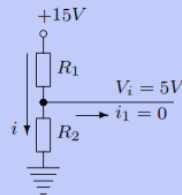
$$\left. \begin{array}{l} V_o = V_i \\ V^+ = V_i \\ V^- = V_o \end{array} \right\} \begin{array}{l} V_o = A(V^+ - V^-) \\ V_o = A(V_i - V_o) \end{array} \implies V_o(1 + A) = AV_i$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{A}{1 + A} \quad \text{et avec } A \text{ très grand, on obtient } \implies V_o = V_i$$

Ainsi, si le potentiomètre est réglé à $+5V$, alors on a :

$$V_o = V_i = +5V$$

Le schéma équivalent du circuit est :

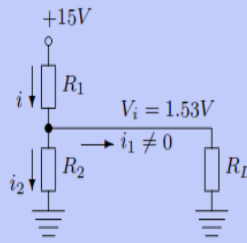


$$i = \frac{15V}{R_1 + R_2} = \frac{15V}{10k\Omega} = 1.5mA$$

$$R_2 = \frac{V_i}{i} = \frac{5V}{1.5mA} = 3.33k\Omega$$

$$R_1 = 10k\Omega - R_2 = 10k\Omega - 3.33k\Omega = 6.66k\Omega$$

2. Le circuit sans le suiveur est représenté par le schéma équivalent suivant :



Le courant i à travers R_1 est :

$$i = \frac{15V}{R_1 + \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L}} = \frac{(15V)}{(6.66k\Omega) + \frac{(3.33k\Omega)(1k\Omega)}{(3.33k\Omega) + (1k\Omega)}} \approx 2mA$$

La tension V_i est :

$$i = i_1 + i_2 = 2mA$$

$$i = \frac{V_i}{R_2} + \frac{V_i}{R_L} = V_i \left[\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L} \right] = 2mA$$

$$V_i = \frac{2mA}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_L}} = \frac{2mA}{\frac{1}{(3.33k\Omega)} + \frac{1}{(1k\Omega)}} = 1.53V$$

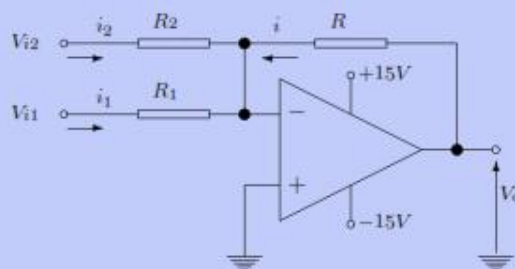
On voit bien que V_i a changé et que, par conséquent, la charge ne reçoit plus les 5 volts nécessaires. Sans le suiveur, la charge tire un courant i_1 qui modifie la tension V_i . Cette dernière dépend du potentiomètre et de l'impédance de charge.

===== FIN =====

Exercice 9 Sachant que $R_1 = 10k\Omega$, $R_2 = 20k\Omega$ et $R = 20k\Omega$, calculez la tension de sortie V_o dans les deux cas suivants :

cas 1 : $V_{i1} = +5V$ et $V_{i2} = +1V$.

cas 2 : $V_{i1} = +12V$ et $V_{i2} = +3V$.



Exercice 10 Un capteur délivre une tension de sortie qui varie de $0V$ jusqu'à $100mV$ lorsque la variable mesurée varie de sa valeur minimale à sa valeur maximale. Faites le design d'un amplificateur opérationnel inverseur dont l'entrée est la sortie du capteur et la sortie une tension variant de $0V$ à $5V$.

===== Corrigé EXO 10 =====

Solution de l'exercice 10 :

La sortie du capteur varie de 0V à 100mV=0.1V. Ainsi, les tensions de 0V à 0.1V sont aussi les entrées de l'ampli-op.

L'équation de l'ampli-op inverseur est :

$$V_o = -\frac{R_2}{R_1}V_i$$

et son gain est :

$$A = \frac{R_2}{R_1} = \frac{V_o}{V_i} = \frac{5V}{0.1V} = 50$$

Si on choisit $R_1 = 1k\Omega$ alors $R_2 = 50(1k\Omega) = 50k\Omega$.

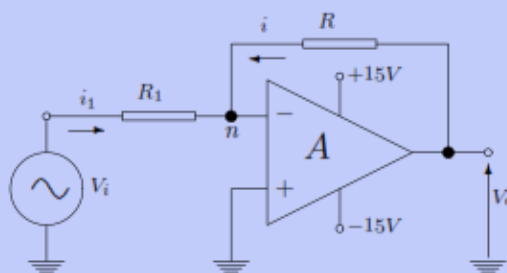
En effet :

V_i	gain A	V_o
0V	50	-0V
0.1V	50	-5V

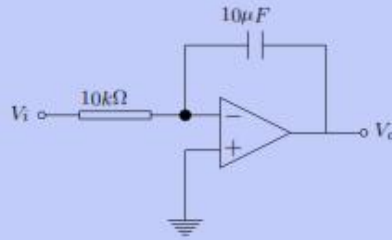
===== Fin =====

Exercice 11 Reprendre l'exercice précédent en utilisant un amplificateur opérationnel non inverseur.

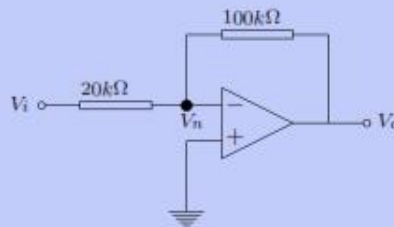
Exercice 12 Déterminez le gain $\frac{V_o}{V_i}$ de l'amplificateur opérationnel suivant :



Exercice 13 En supposant que le condensateur ne soit pas initialement chargé et que la tension d'entrée est $V_i = 5 \sin 100t$, écrivez l'équation de la tension de sortie V_o de l'ampli-op intégrateur suivant :



Exercice 14 Le gain d'un ampli-op est généralement considéré comme infiniment grand. Dans la figure ci-dessous, le gain est limité à 50,000. On demande de comparer les tensions de sortie dans les deux cas (gain infini et gain limité) lorsque la tension d'entrée est de 1V.



===== Corrigé EXO 14 =====

Solution de l'exercice 14 :

Un ampli-op a une grande impédance d'entrée et donc aucun courant n'y entre. Ainsi, le courant dans les deux résistances est le même et on peut déduire :

$$\frac{V_n - V_i}{20k\Omega} = \frac{V_o - V_i}{120k\Omega}$$

De même, pour l'ampli-op, on a :

$$V_o = -KV_n = -(50,000)V_n$$

En combinant les deux équations précédentes, on obtient :

$$V_o = \frac{-(100k\Omega)V_i(50,000)}{20k\Omega(50,000) + 120k\Omega}$$

$$V_o = \frac{-(100k\Omega)(1V)(50,000)}{20k\Omega(50,000) + 120k\Omega}$$

$$V_o = -4.9994V$$

Lorsque l'ampli-op est idéal, alors $K = \infty$ et on a :

$$V_o = -\frac{100k\Omega}{20k\Omega} = -5V$$

L'erreur est :

$$\text{erreur} = 5V - 4.9994V = 0.0006V \text{ donc très faible}$$

=====