AlloSchool

Physique et Chimie : Tronc Commun

Séance 23 (L'amplificateur opérationnel)

Professeur : Mr EL GOUFIFA Jihad

Sommaire

I- L'amplificateur opérationnel

1-1/ Définition et symbole

1-2/ Description

1-3/ Caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$

1-4/ Modèle en régime linéaire

1-5/ Amplificateur opérationnel idéal

II- Montages de base de l'amplificateur opérationnel

2-1/ Montage suiveur

2-2/ Montage amplificateur non inverseur

2-3/ Montage amplificateur inverseur

2-4/ Montage additionneur de tension

III- Exercices

3-1/ Exercice 1

3-2/ Exercice 2

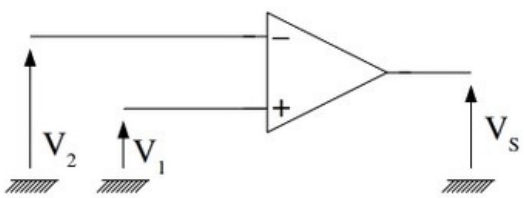
3-3/ Exercice 3

3-4/ Exercice 4

I- L'amplificateur opérationnel

1-1/ Définition et symbole

Un amplificateur différentiel doit fournir en sortie un signal proportionnel à la différence des deux signaux appliqués en entrée :



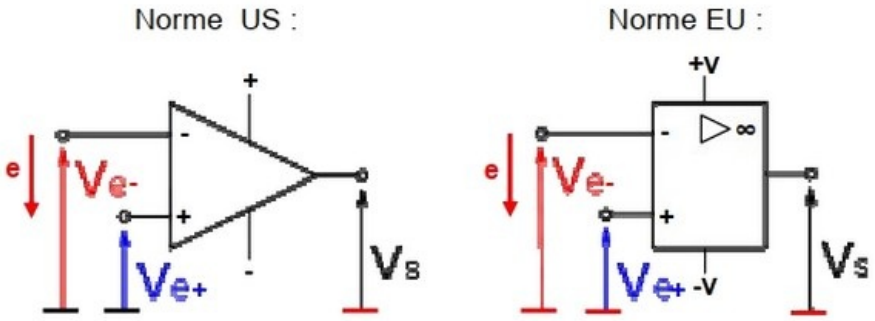
Amplificateur différentiel idéal : $V_S = A_d\,(V_1 - V_2)$

Amplificateur différentiel réel : $V_S = A_d\,(V_1 - V_2) + A_c\left(\frac{V_1+V_2}{2}\right)$

Avec :

- A_d : gain différentiel
- A_c : gain en mode commun

Les symboles normalisés utilisés pour sa représentation en schéma sont les suivants :



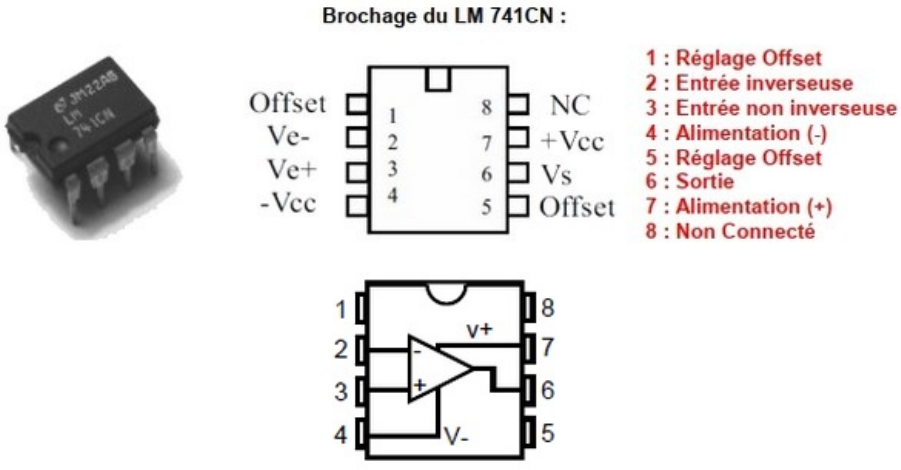
1-2/ Description

L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré à huit broches présenté dans un boîtier en plastique.

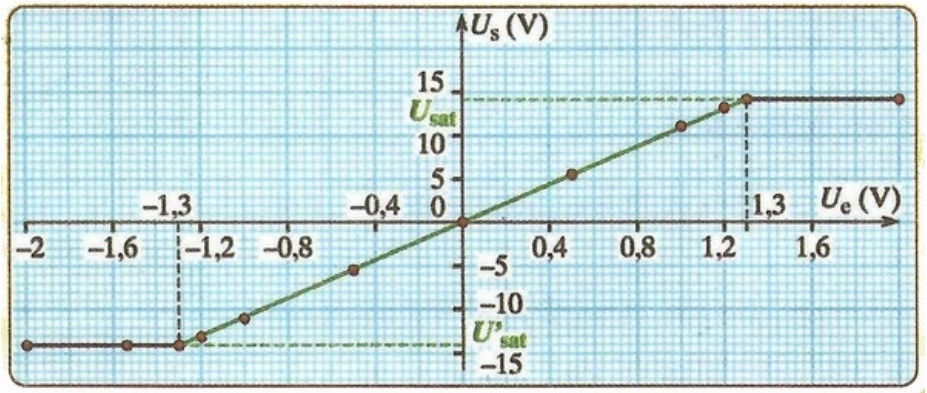
Les broches sont numérotées de 1 à 8.

Pour fonctionner, l'amplificateur opérationnel doit être alimenté par une alimentation symétrique $(-15V; 0V; +15V)$, via les broches (4) et (7)

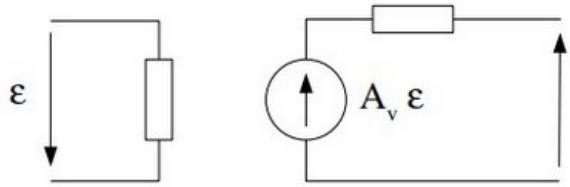
- La broche (4) doit être connectée à la borne $-VCC = -15V$ de l'alimentation.
- La broche (7) doit être connectée à la borne $+VCC = +15V$ de l'alimentation.
- Les broches (2) et (3) sont respectivement Ve^- l'entrée inverseuse et Ve^+ l'entrée non inverseuse.
- La broche (6) est la borne de sortie V_s de l'amplificateur opérationnel.



1-3/ Caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$



1-4/ Modèle en régime linéaire



- R_e : résistance d'entrée différentielle.
- R_s : résistance de sortie.
- A_v : gain différentiel de l'AOP.

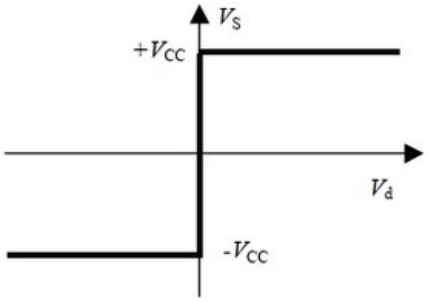
1-5/ Amplificateur opérationnel idéal

Caractéristiques

L'impédance d'entrée est infinie. La conséquence en est qu'aucun courant n'entre ou ne sort des bornes E^+ et E^-.

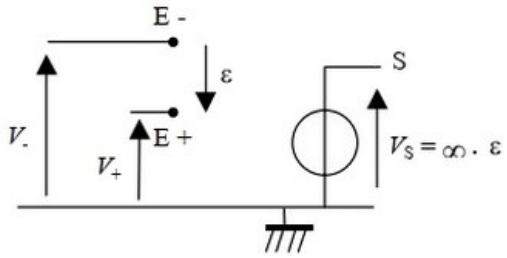
La sortie S doit être considérée comme un pôle d'une source de tension placée entre la masse et S. C'est une source de tension liée à la tension différentielle d'entrée. La source étant idéale, l'impédance série est nulle.

Caractéristique de transfert



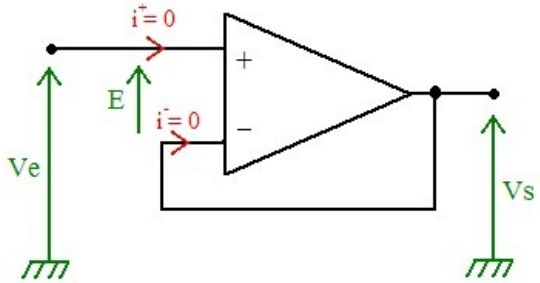
Modèle équivalent

On peut donc remplacer l'AOP par le schéma équivalent suivant :



II- Montages de base de l'amplificateur opérationnel

2-1/ Montage suiveur



$$V_s = V_e$$

Dans un montage suiveur, la tension de sortie est toujours égale à la tension d'entrée : $V_s = V_e$.

Le montage suiveur possède une résistance d'entrée très grande $(R_e = 1M\Omega)$, et une faible résistance de sortie $(R_s = 10\Omega)$.

C'est pour ces deux raisons qu'il s'utilise avec les voltmètres numériques pour mesurer des tensions faibles de l'ordre du microvolt.

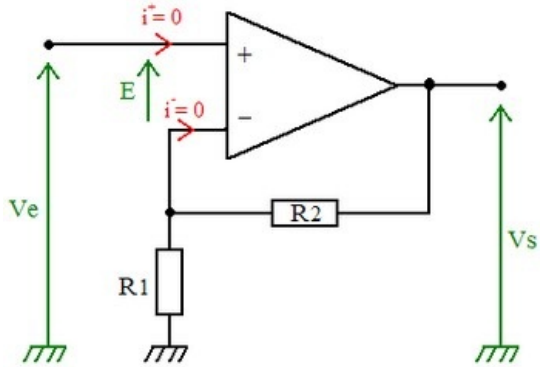
Il s'utilise aussi dans les appareils de mesure de pH.

2-2/ Montage amplificateur non inverseur

La tension d'entrée V_e est directement appliquée à l'entrée non inverseuse E^+.

L'entrée inverseuse E^- est reliée à la masse à travers la résistance R_1.

L'A.Op est bouclé par une résistance R_2.



$$V_s = V_e \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

L'amplitude de V_s est supérieur à celle de V_e (c'est pour cela qu'il est "non-inverseur")

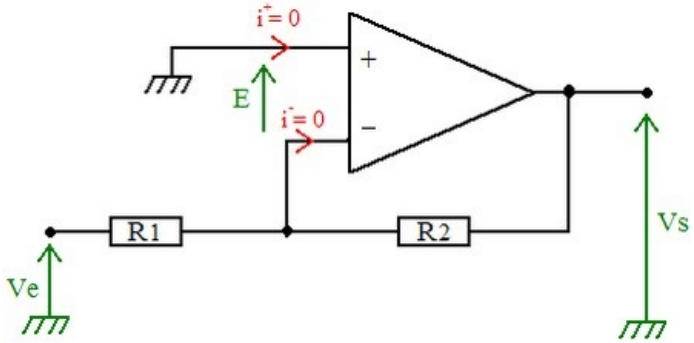
La résistance en entrée du montage est infinie. Donc le courant d'entré est nul.

2-3/ Montage amplificateur inverseur

La tension d'entrée V_e est appliquée sur l'entrée inverseuse E^- à travers une résistance R_1.

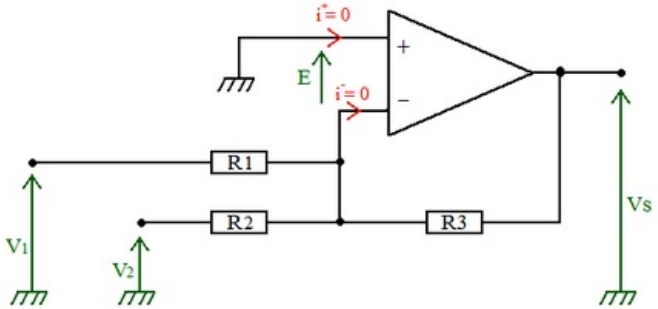
L'entée non inverseuse E^+ est reliée directement à la masse.

L'A.Op est bouclé par une résistance R_2.



$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

2-4/ Montage additionneur de tension



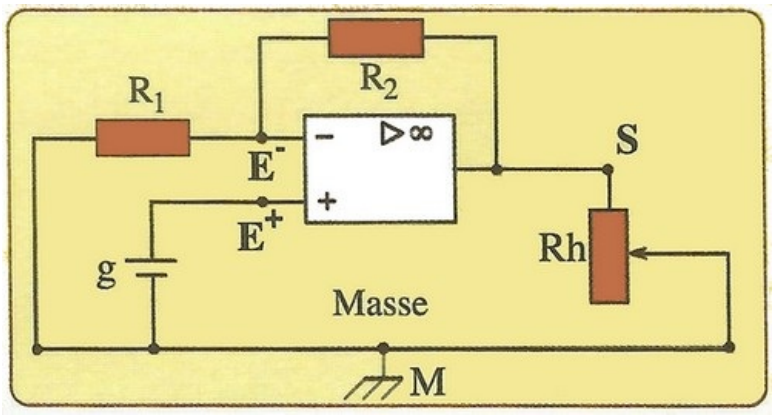
$$V_s = -R_3 \times \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right)$$

Si $R_1 = R_2 = R_3$, alors : $V_s = (V_1 + V_2)$

III- Exercices

3-1/ Exercice 1

On réalise le montage suivant :



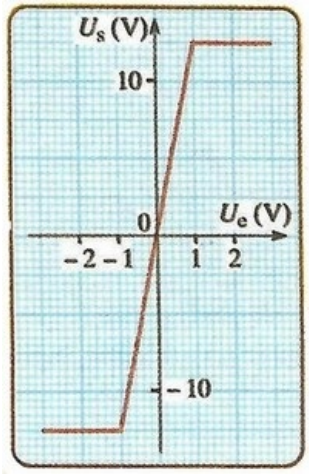
1. Préciser les bornes d'entrée et celles de sortie de cet amplificateur.

2. Montrer sur le schéma, comment brancher deux voltmètres pour mesurer la tension d'entrée V_e et celle de sortie V_s.
3. Quelle est l'intensité du courant délivré par le générateur g ?
4. Quelle est la valeur de la tension $U_{E^+E^-}$ en régime linéaire?
5. Montrer que le gain de ce montage est : $G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$. Calculer G.

On donne : $R_1 = 4,7k\Omega$ et $R_2 = 8,2k\Omega$

3-2/ Exercice 2

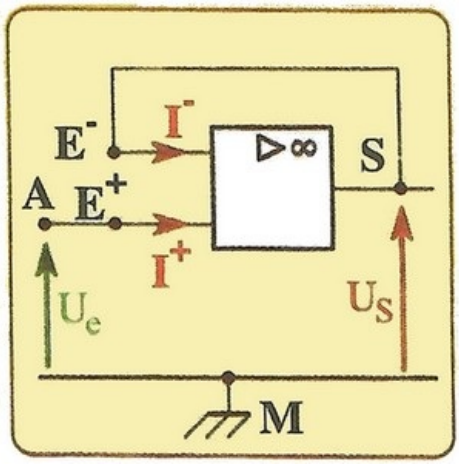
La courbe suivante représente la caractéristique de transfert d'un montage amplificateur contenant un A.Op :



1. Déterminer selon les valeurs de V_e, les régimes de fonctionnement de ce montage amplificateur.
2. Calculer le gain d'amplification G en régime linéaire.
3. Quelles sont les tensions de saturation obtenues à la sortie?
4. Quel est le rôle de ce montage ?

3-3/ Exercice 3

On considère le montage suivant :



L'A.Op est idéal et fonctionne en régime linéaire.

1. Exprimer la tension de sortie U_s en fonction de la tension d'entrée U_e.

2. Pourquoi, appelle-t-on ce montage, suiveur ?

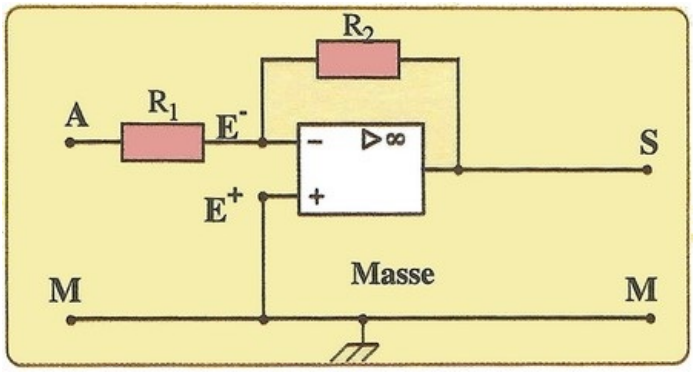
On branche entre les points A et la masse M une pile de force électromotrice $E = 4,1V$ et de résistance interne $r = 15\Omega$.

On branche en sortie entre S et M un conducteur ohmique de résistance $R = 220\Omega$.

3. Quelle est l'intensité du courant délivrée par la pile ? »
4. Calculer la tension de sortie U_s. Dépend-t-elle de R ?

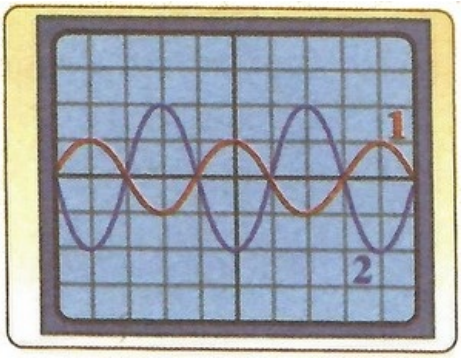
3-4/ Exercice 4

On applique une tension alternative sinusoïdale à l'entrée d'un montage amplificateur inverseur, contenant un A.Op idéal fonctionnant en régime linéaire, et deux résistances R_1 et R_2 :



1. Reprendre le schéma et ajouter au montage le générateur basse fréquence GBF qui applique la tension alternative sinusoïdales, et les deux entrées y_1 qui visualise la tension d'entrée U_e, et y_2 qui visualise la tension de sortie U_s .

On obtient l'oscillogramme suivant :



Sensibilité verticale sur la voie y_1 : $1V/div$
ensibilité verticale sur la voie y_2 : $5V/div$

2. Déterminer les tensions maximales U_{em} et U_{sm}.
3. En déduire la valeur du gain G.
4. Calculer la valeur de R_1 sachant que $R_2 = 10k\Omega$.