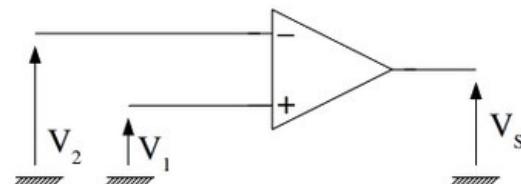


Sommaire**I- L'amplificateur opérationnel****1-1/ Définition et symbole****1-2/ Description****1-3/ Caractéristique de transfert  $U_s = f(U_e)$** **1-4/ Modèle en régime linéaire****1-5/ Amplificateur opérationnel idéal****II- Montages de base de l'amplificateur opérationnel****2-1/ Montage suiveur****2-2/ 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 :



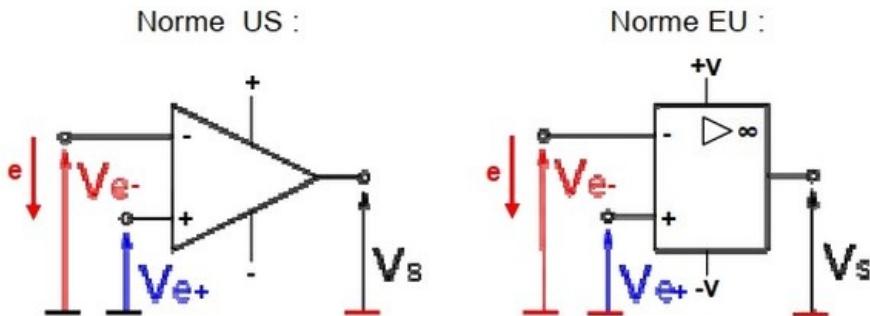
Amplificateur différentiel idéal :  $V_S = A_d (V_1 - V_2)$

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

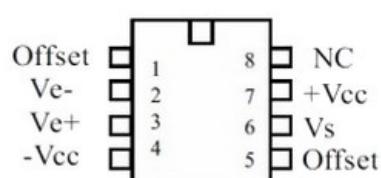
L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré à huit broches présenté dans un boîtier en plastique.

Les broches sont numérotées de 1 à 8.

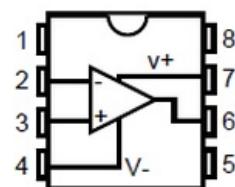
Pour fonctionner, l'amplificateur opérationnel doit être alimenté par une alimentation symétrique ( $-15V$ ;  $0V$ ;  $+15V$ ), via les broches (4) et (7)

- 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.

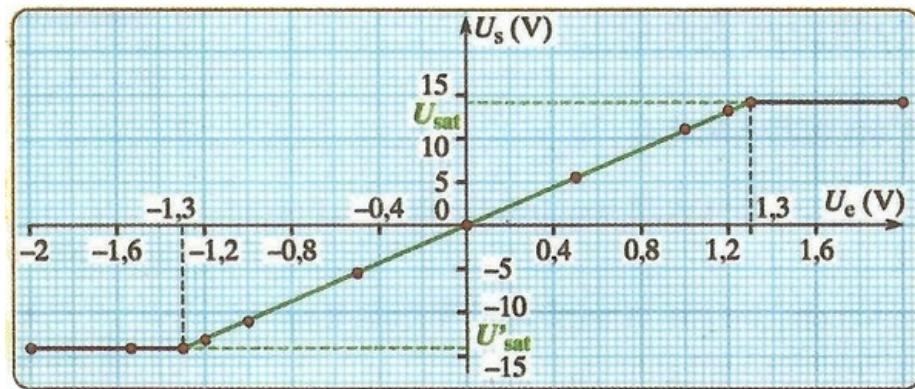
Brochage du LM 741CN :



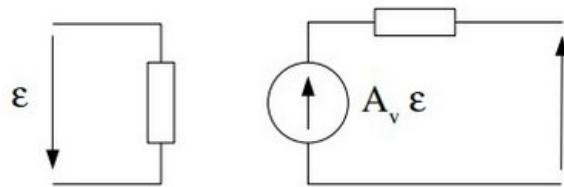
- 1 : Réglage Offset
- 2 : Entrée inverseuse
- 3 : Entrée non inverseuse
- 4 : Alimentation (-)
- 5 : Réglage Offset
- 6 : Sortie
- 7 : Alimentation (+)
- 8 : Non Connecté



### 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.

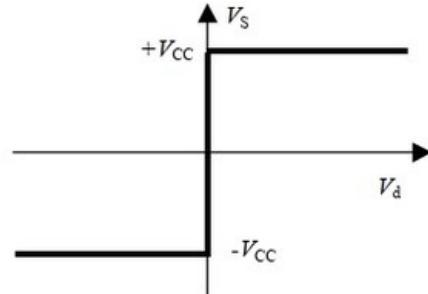
### 1-5/ Amplificateur opérationnel idéal

#### Caractéristiques

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

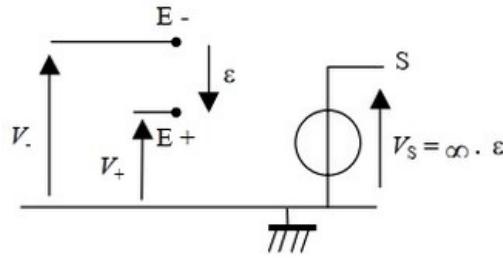
La sortie  $S$  doit être considérée comme un pôle d'une source de tension placée entre la masse et  $S$ . C'est une source de tension liée à la tension différentielle d'entrée. La source étant idéale, l'impédance série est nulle.

#### Caractéristique de transfert



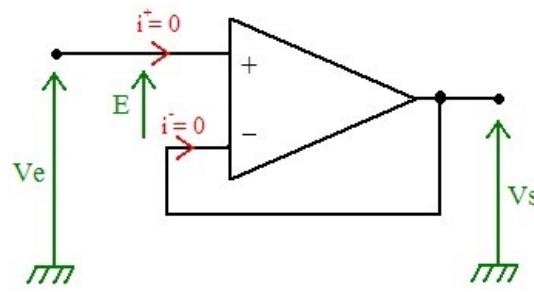
#### Modèle équivalent

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.

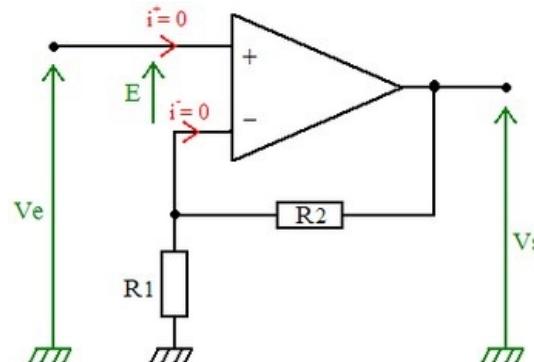
Il s'utilise aussi dans les appareils de mesure de pH.

### 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")

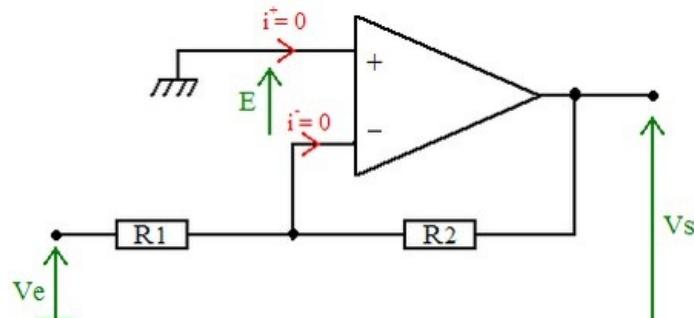
La résistance en entrée du montage est infinie. Donc le courant d'entrée est nul.

## 2-3/ Montage amplificateur inverseur

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

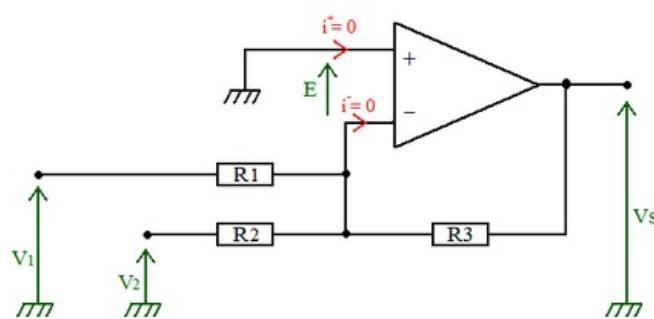
L'entrée non inverseuse  $E^+$  est reliée directement à la masse.

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



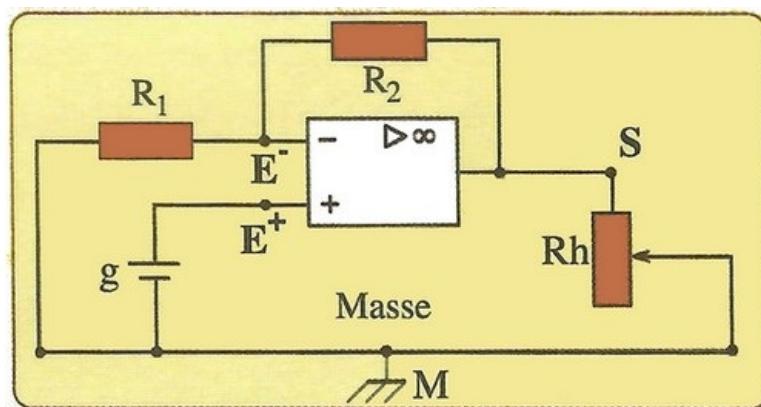
$$V_s = -R_3 \times \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right)$$

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 :



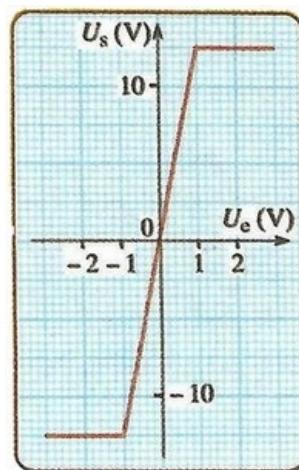
1. Préciser les bornes d'entrée et celles de sortie de cet amplificateur.

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

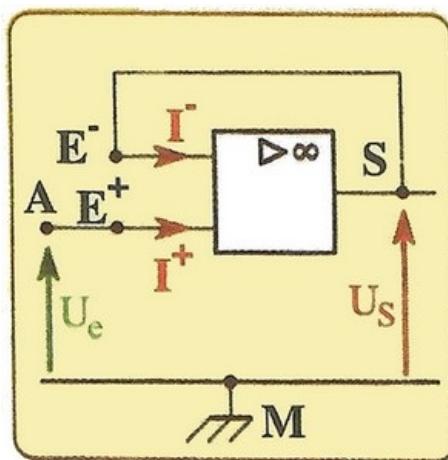
La courbe suivante représente la caractéristique de transfert d'un montage amplificateur contenant un A.Op :



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  $r = 15\Omega$ .

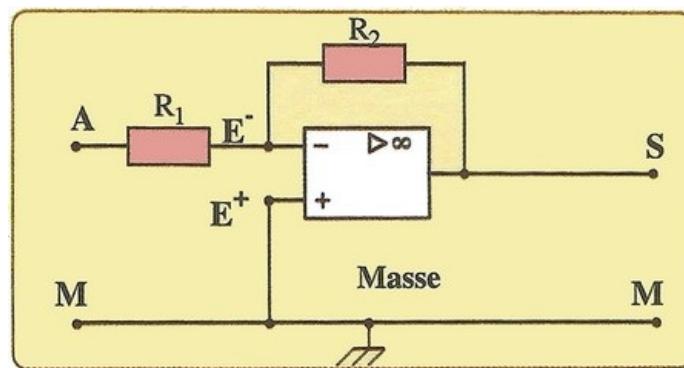
On branche en sortie entre S et M un conducteur ohmique de résistance  $R = 220\Omega$ .

3. Quelle est l'intensité du courant délivrée par la pile ? »

4. Calculer la tension de sortie  $U_s$ . Dépend-t-elle de  $R$  ?

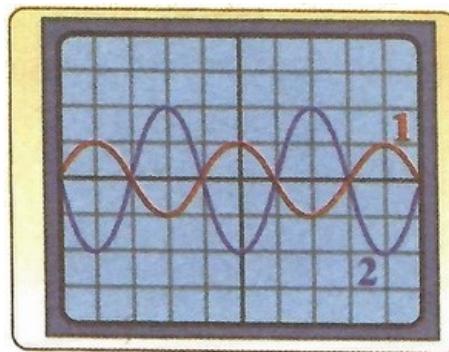
### 3-4/ Exercice 4

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 sinusoïdale, 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'oscilloscopogramme 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  $R_2 = 10k\Omega$ .