

III.) Etude de l'amplificateur opérationnel.

3.1) Introduction :

C'est un composant électronique analogique. Il constitue une brique de base dans un circuit électronique. Il peut réaliser diverses opérations sur un signal électrique: amplification, comparaisons, soustractions, additions, déphasages (décalages dans le temps), filtrages, etc... Les différentes fonctions à réaliser par le composant sont définies par les résistances, condensateurs, diodes, etc... auxquels il est branché ainsi que de la topologie du circuit externe.

3.2) Matériel :

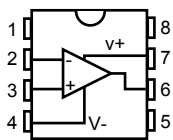


Fig.1 Vue de dessus.
Ampli op dans un
boîtier à 8 broches

Le composant se présente sous forme d'un boîtier plastique ou métallique muni de bornes de raccordement.

C'est un circuit intégré, c'est à dire qu'il est formé d'une multitude de composants électroniques élémentaires (résistances, transistors, condensateurs, diodes, etc...) formant un circuit complexe et intégrés dans un boîtier. Ce circuit est connecté à l'extérieur par des bornes de raccordement : 3 bornes fonctionnelles et 2 bornes d'alimentation, par exemple de +15V et -15V.

Prix indicatif : réf. UA741CP : 1,-€ (bas de gamme). Réf. LT1028 : 16,-€ (haute précision).

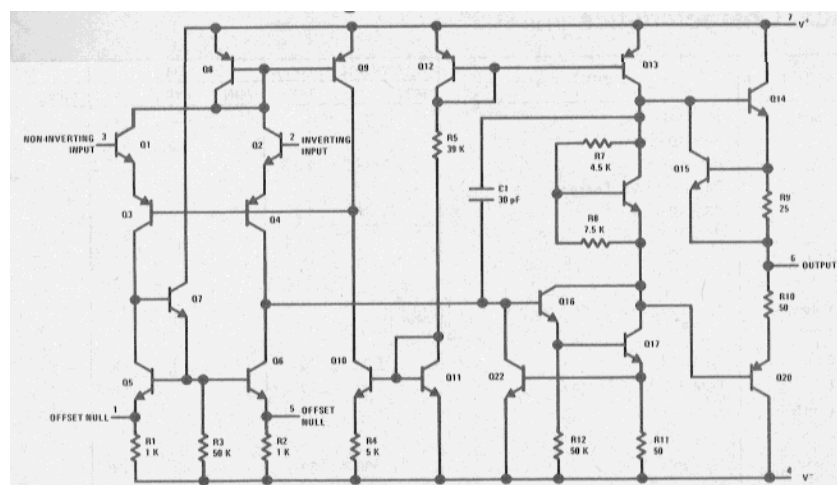


Fig.2. Schéma interne du LM741 (document National Semiconductor Inc.)

3.3) Représentation schématique et caractéristiques:

C'est un composant muni de 3 bornes de raccordements fonctionnelles: deux entrées + et - et une sortie. Il possède 2 bornes d'alimentation dont la tension est en général symétrique $\pm 5V$, $\pm 10V$, $\pm 12V$, $\pm 15V$... Dans certains cas l'alimentation peut aussi être dissymétrique, par exemple : $0V-5V$.

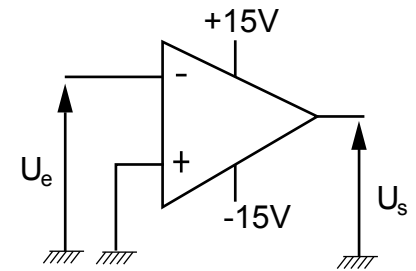



Fig.3 Représentation schématique


Caractéristiques:

 Le gain: avec $G \rightarrow \infty$, en réalité de $6 \cdot 10^5$ à 10^7 environ.

Le gain est donc le facteur d'amplification de la tension d'entrée u du composant.

En prenant comme exemple un gain de 600000, alors si $u=1V$, U_s devrait être de 600000 V, ce qui est impossible vu que la tension d'alimentation ne dépasse guère $\pm 15 V$. ! On dit que l'ampli. est saturé, son fonctionnement est non-linéaire.

Par contre, en fonctionnement "normal", linéaire, si G est très grand c.a.d. tend vers ∞ , alors u tend vers 0.

 Résistance d'entrée: $R_e \rightarrow \infty$, en réalité 1000000Ω , ou $10 M\Omega \Rightarrow I_e \rightarrow 0$

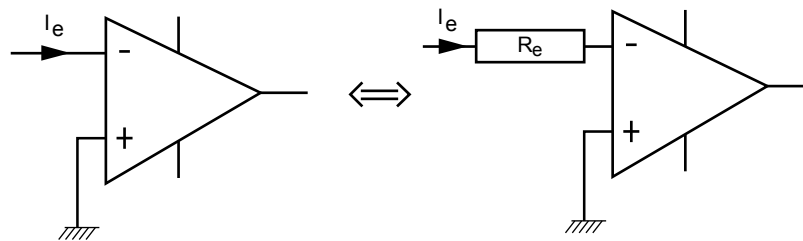


Fig.4 Résistance d'entrée

 Résistance de sortie: $R_s \rightarrow 0$, en réalité $0,001\Omega$ avec

$$I_s = \frac{U_s}{R_s + R_{charge}} = \frac{U_s}{R_{charge}}$$

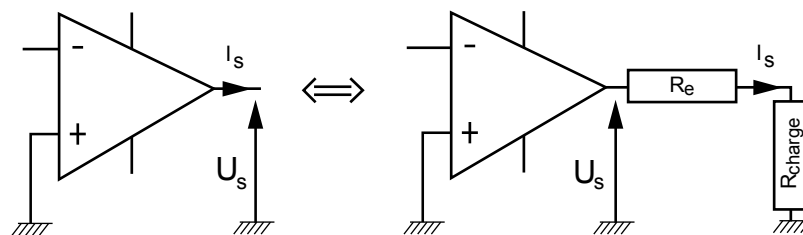


Fig.5 Résistance de sortie



Bande passante: BP --> ∞ :

en réalité quelques centaines de kilohertz ou megahertz pour l'ampli. op. C'est la capacité de l'ampli. à répondre linéairement à une variation rapide du signal d'entrée. De manière générale, la bande passante est définie comme étant la bande de fréquences pour laquelle le gain ne change pas.

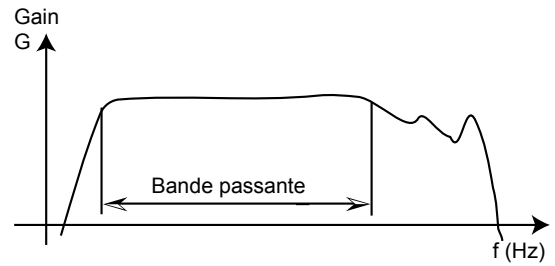


Fig6 Réponse en fréquences d'un amplificateur.

3.4) Etude en mode amplificateur inverseur:

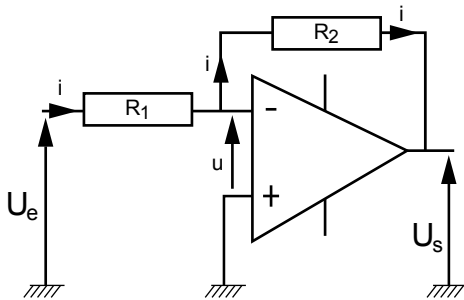


Fig.7 Inverseur

En utilisant les caractéristiques propres de l'amplificateur opérationnel définis précédemment:

- résistance d'entrée infinie signifie que le courant qui traverse R_1 et R_2 est le même.
- le gain de l'ampli. op. en fonctionnement linéaire est infini, ce qui entraîne que la différence de potentiel u est nulle.

Cela signifie que l'on pourra obtenir le gain que l'on désire par le choix d'un rapport de 2 résistances, ce qui est commode parce que les résistances sont des composants très bon marché, de bonne qualité et de valeurs extrêmement variées.

$$\left. \begin{aligned} i &= \frac{U_e - u}{R_1} = \frac{U_e}{R_1} \\ i &= -\frac{U_s - u}{R_2} = -\frac{U_s}{R_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{U_s}{U_e} = G = -\frac{R_2}{R_1}$$

3.5) D'autres montages à base d'amplificateur opérationnel :



non-inverseur

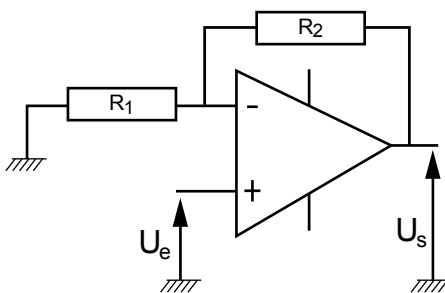


Fig.8 Non-inverseur

Dans ce montage, il faut se souvenir que la différence de potentiel entre la borne d'entrée + et - de l'ampli. est nulle, ce qui signifie que la tension aux bornes de R_1 est égale à U_e , celle aux bornes de R_2 est égale à $U_s - U_e$, on peut alors poser les équations donnant le courant i traversant R_1 et R_2 et montrer que :

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

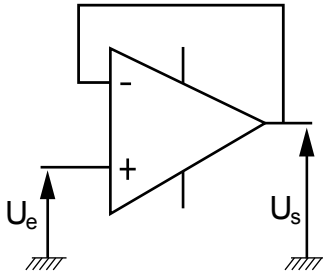
 **suiveur**


Fig.9 Suiveur

le suiveur est un montage à **gain = 1**, $U_s = U_e$.

Il ne réalise pas d'amplification, son utilisation se justifie pour bénéficier des avantages de résistance d'entrée très élevée et de résistance de sortie nulle.

On l'appelle aussi un étage tampon; en effet il assure la séparation entre 2 montages successifs. A l'entrée, le montage ne consomme pas de courant, mais transmet le signal U_e vers le montage suivant. A la sortie, le suiveur agit comme un générateur de tension U_s , de résistance interne nulle, dont le courant i ne dépend que de la résistance de charge.

 **comparateur**

Le comparateur compare les niveaux de tensions U_1 et U_2 .

Si $U_1 > U_2$ alors $U_s = -U_a$

Si $U_2 > U_1$ alors $U_s = +U_a$

Ce montage présente un gain $\rightarrow \infty$ (voir 3.3), la moindre différence de potentiel entre les bornes d'entrée fait basculer la sortie à la tension d'alimentation maximale. Ce montage fonctionne toujours en saturation.

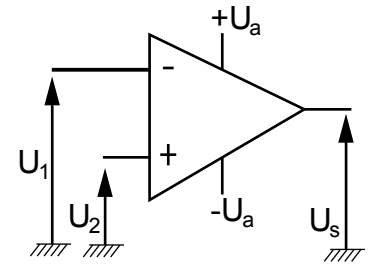


Fig.10 Comparateur

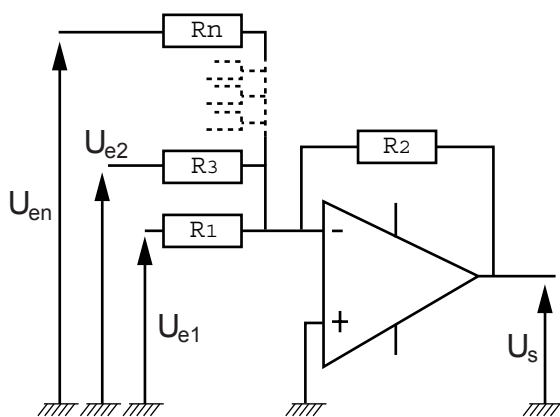
 **sommateur**


Fig.11 Sommateur

Le sommateur effectue la somme algébrique des tensions U_{e1} à U_{en} .

$$U_s = -\left(\frac{R_2}{R_1}U_{e1} + \frac{R_2}{R_3}U_{e2} + \dots + \frac{R_2}{R_n}U_{en}\right)$$



convertisseur courant/tension

Dans ce montage on utilise une photodiode. Ce composant fonctionne comme une diode ordinaire sauf qu'elle est capable de produire un courant inverse I_d en présence de lumière. Ce courant est proportionnel à l'énergie lumineuse reçue et peut donc servir à la mesure de celle-ci. La mesure d'un courant faible et dont la valeur ne doit pas être influencée par autre chose que la lumière se remplace avantageusement par une mesure de tension. Le montage ci-contre effectue une conversion courant / tension doublée d'une amplification.

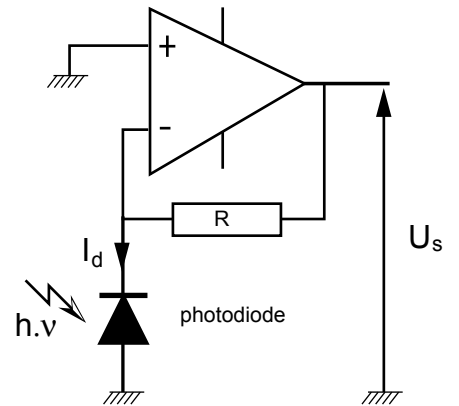


Fig.12 Convertisseur courant-tension



filtre, ou intégrateur

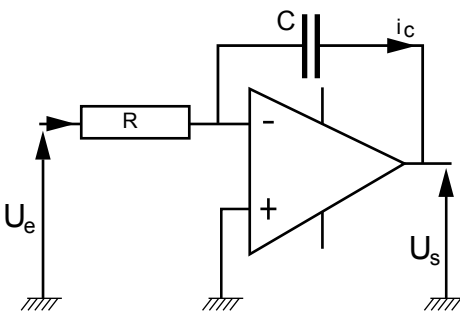


Fig.13 Intégrateur

Le courant i_c circulant dans un condensateur est donné par la relation :

$$I_c = C \frac{dU_c}{dt}$$

Dans le montage ci-contre, le courant i_c circule dans la résistance R et dans le condensateur C, donc :

$$\left. \begin{aligned} I_c &= -C \frac{dU_c}{dt} \\ I_c &= \frac{U_e}{R} \end{aligned} \right\} U_s(t) = -\frac{1}{RC} \int U(t).dt$$

Le signal de sortie du montage U_s est l'intégrale du signal d'entrée à une constante près. C'est aussi un filtre passe-bas : filtre les fréquences basses.

ooo



ooo