

TP n°29 : l'Amplificateur Opérationnel, 1^{ère} partie (TP découverte)

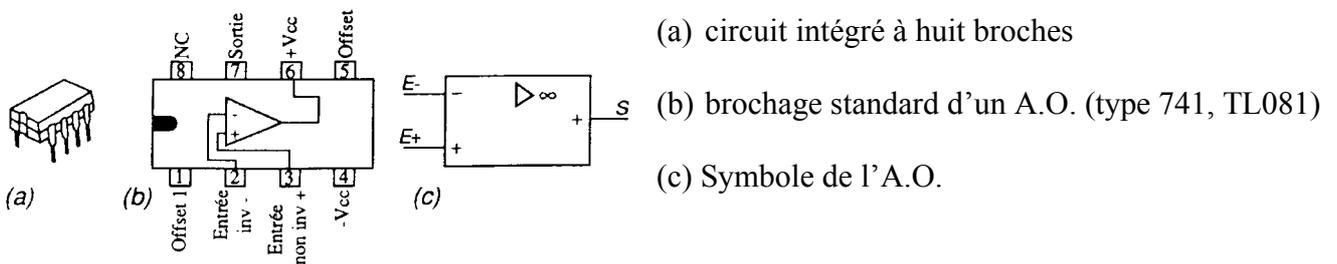
Objectifs du TP : - découvrir l'amplificateur opérationnel ;
 - établir les principales propriétés d'un amplificateur opérationnel supposé idéal.

I – Un peu de théorie ... (à lire)

1.1 Présentation de l'amplificateur opérationnel

L'Amplificateur Opérationnel (A.O.) est un composant de base de l'électronique, que ce soit comme amplificateur linéaire ou comme organe de commutation.

C'est un circuit intégré comportant de nombreux étages à transistors. Il se présente le plus souvent sous la forme d'un boîtier plastique à huit broches.



Il comporte cinq ou sept bornes actives à savoir :

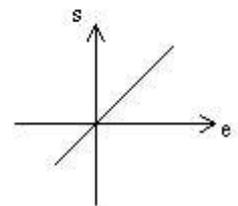
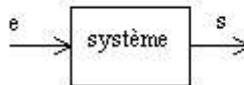
- trois bornes principales correspondant aux deux entrées E^+ (dite non inverseuse) et E^- (dite inverseuse) ainsi qu'à la sortie S ;
- deux bornes secondaires destinées aux alimentations V_{cc} et $-V_{cc}$ en courant continu ;
- et parfois deux bornes dites «offset» qui, alimentées par un montage en potentiomètre, corrigent l'éventuelle dissymétrie de l'A.O.

Dans les schémas, on ne représente que les trois bornes principales.

En général l'A.O. fonctionne avec deux alimentations de même valeur ($+V_{cc}$ et $-V_{cc}$) qui possèdent une masse commune.

1.2 Notion d'amplification de tension

Soit un système avec une grandeur d'entrée e et une grandeur de sortie s .



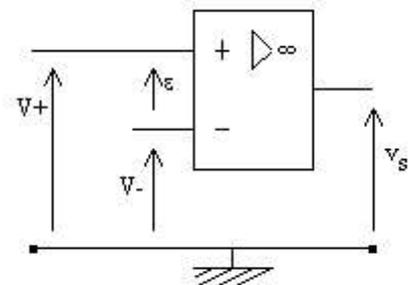
Si le transfert entre s et e est linéaire (c'est-à-dire si la sortie s est proportionnelle à l'entrée e , soit $s = A * e$), on parle d'« **amplification, de coefficient A** ».

L'AO a deux entrées E^+ et E^- ayant chacune un certain potentiel (V^+ et V^-) par rapport à la masse.

La grandeur d'entrée pour l'AO sera la différence de potentiel $V^+ - V^-$, appelée **tension différentielle d'entrée**, et notée v_d ou ϵ .

La grandeur de sortie est la tension v_s entre la masse et la borne de sortie.

On a donc pour l'AO : , et



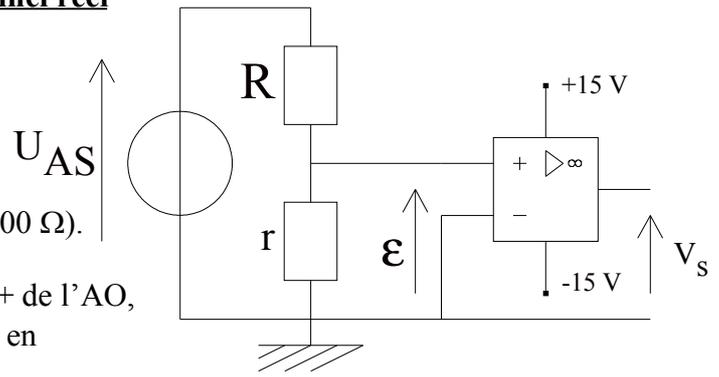
II- Caractéristiques de l'amplificateur opérationnel réel

2.1 Caractéristique de transfert $v_s(\epsilon)$

Soit le montage :

U_{AS} : tension continue, réglée à 10 V ; $R = 1\text{ M}\Omega$

r : résistance variable (boîtes AOIP $\times 1\Omega$, $\times 10\Omega$, $\times 100\Omega$).



1- a) En négligeant le courant entrant dans l'entrée + de l'AO, **établissez** l'expression de la tension différentielle ϵ en fonction de U_{AS} , R et r .

b) **Montrez** qu'avec les valeurs numériques de R , r et U_{AS} , on arrive à $\epsilon = 10*r$, avec ϵ en μV

2- a) **Réalisez** le montage. Vous mesurerez uniquement V_s à l'aide d'un voltmètre (en position DC), et déterminerez ϵ avec la relation donnée ci- dessus.

b) **Relevez** V_s et ϵ pour différentes valeurs de r (faites quatre ou cinq mesures ... intelligentes !)

c) **Inversez** les branchements de l'alimentation stabilisée de manière à avoir $\epsilon = - 10*r$ et **relevez** V_s et ϵ (également 4 ou 5 mesures).

3- a) **Tracez** la caractéristique de transfert $v_s(\epsilon)$ de cet AO.

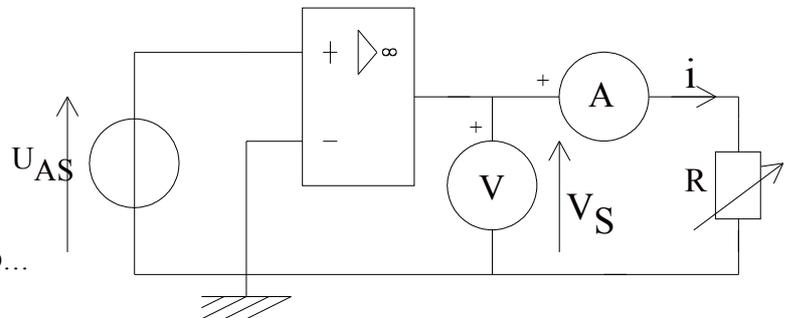
b) **En déduire** le coefficient d'amplification A et l'intervalle de ϵ pour lequel ce transfert est linéaire.

c) Cette amplification (énorme) vous paraît-elle très utilisable pratiquement ?

2.2 Résistance de sortie d'un amplificateur opérationnel

1- **Réalisez** le montage suivant, en prenant toujours $U_{AS} = 10\text{ V}$, et pour résistance R la résistance variable de précision ($\times 1\Omega$, $\times 10\Omega$, $\times 100\Omega$, ...).

(Remarque : par souci d'alléger les schémas, on ne note plus les tensions d'alimentations +15V et -15V de l'AO... Mais il ne faudra pas les oublier dans vos montages !)



2- **Relevez** V_s et i (précisément : prenez 4 chiffres significatifs exceptionnellement ici), pour différentes valeurs de R telles que i varie de 0 à 20 mA environ (6 mesures).

3- **Tracez** la caractéristique de sortie de ce montage $V_s(i)$

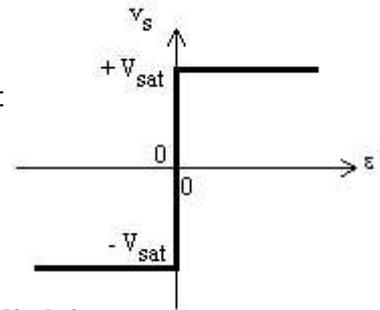
4- **Linéarisez** la, et déduisez-en le modèle équivalent de Thévenin (V_{s0} , R_s) de ce montage.

5- **Discutez** la valeur de R_s , résistance de sortie de l'amplificateur opérationnel.

III l'amplificateur opérationnel idéal (à compléter avec votre CHER (!) professeur ... et à retenir !!)

3.1 Caractéristique de transfert de l'AO idéal (ou parfait)

Si l'on considère l'AO idéal, sa caractéristique de transfert est la suivante :



- D'après la caractéristique, combien vaut A ? $A = \dots\dots\dots$
(en TP, on a trouvé $A = \dots\dots\dots$)

• Complétez :

si $\epsilon = \dots$, le transfert est linéaire : on dit que l'AO fonctionne en **régime linéaire** et $\dots < v_s < \dots$

si $\epsilon \neq \dots$, le transfert n'est plus linéaire : l'AO fonctionne en **régime non linéaire ou saturé**.

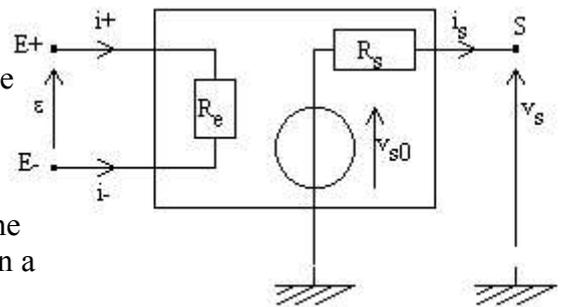
si $\epsilon > 0$, $v_s = \dots$

si $\epsilon < 0$, $v_s = \dots$

Remarques : V_{sat} et $-V_{sat}$ prennent des valeurs voisines des tensions d'alimentation de l'AO (+/- 14 V si l'AO est alimenté en +/- 15 V).

3.2 Modèles équivalents de l'AO

l'AO *réel* vu de l'entrée, est équivalent à une résistance d'entrée R_e .



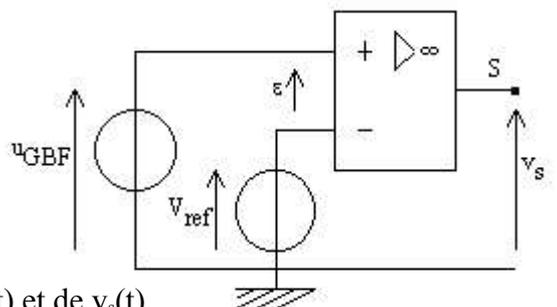
l'AO *réel*, vu de la sortie, admet un modèle de Thévenin classique : un générateur de tension parfait v_{s0} , en série avec une résistance de sortie R_s . En pratique, v_{s0} dépend du montage et on a trouvé pour R_s : $\dots\dots\dots$

Approximation de l'AO *idéal* : on considère R_e **infini** , et $R_s = 0$.

- Si R_e est infini, combien valent les courants i^+ et i^- ? $i^+ = \dots\dots$ et $i^- = \dots\dots$

IV Fonctionnement en boucle ouverte

1- **Faites** le montage suivant : u_{GBF} est une tension triangulaire, de fréquence 1 kHz et de valeur maximale 10 V. V_{ref} est une tension continue, égale à 5V. Vous visualiserez à l'oscillo $u_{GBF}(t)$ sur la voie 1 et $v_s(t)$ sur la voie 2.



2- **Relevez** en concordance de temps les oscillogrammes de $u_{GBF}(t)$ et de $v_s(t)$.

3- **Placez** l'oscilloscope en position XY, en ayant bien pris soin préalablement de régler les niveaux 0 V de chaque voie au milieu de l'écran. Quelle tension est sur l'axe horizontal ? et sur l'axe vertical ?

4- On dit que le montage fonctionne en **comparateur** : **justifiez** ce nom en déterminant le signe de ϵ sur les différents intervalles.