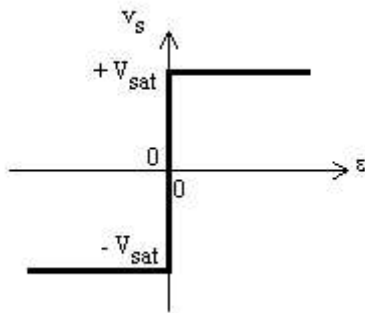


TP n°30 : l'amplificateur opérationnel, 2^{ème} partie
fonctionnement en amplificateur de tension
Objectifs du TP :

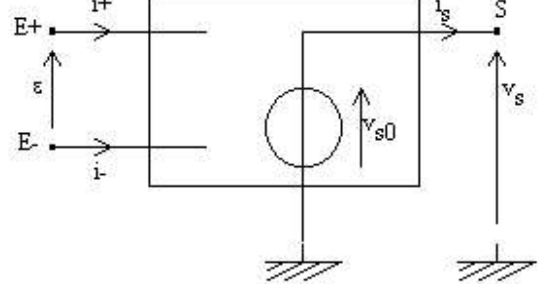
- déterminer la condition nécessaire pour qu'un montage à AO fonctionne en régime linéaire ;
- déterminer un coefficient d'amplification à partir d'une lecture d'oscillogrammes, ou à partir de la caractéristique de transfert d'un amplificateur de tension ;
- établir la relation entre tension d'entrée et tension de sortie, d'après un schéma de montage.

Résumé de l'épisode précédent

Au TP précédent, nous avons établi les propriétés suivantes, pour l'amplificateur opérationnel idéal :

Caractéristique de transfert de l'AO idéal :


soit : si $\varepsilon = 0$, l'AO est en **régime linéaire**
 si $\varepsilon \neq 0$, l'AO est en **régime non linéaire**
 $\varepsilon > 0$, $v_s = +V_{sat}$
 $\varepsilon < 0$, $v_s = -V_{sat}$

Modèle équivalent de l'AO idéal :


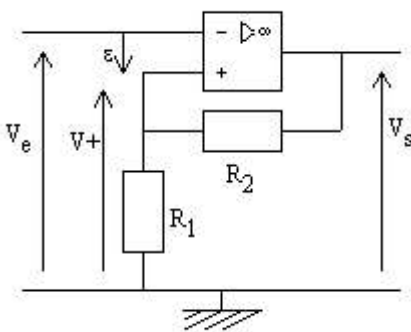
et donc, en particulier, $i^+ = i^- = 0$.

I – Condition nécessaire pour un fonctionnement linéaire

On appelle **réaction** toute action obtenue en reliant la sortie à une des entrées.

Lorsque la sortie est reliée à l'entrée E^+ , on parle de **réaction positive** ;

Lorsque la sortie est reliée à l'entrée E^- , on parle de **réaction négative** ou **contre- réaction**.

1.1 Exemple de réaction positive


a- En identifiant un diviseur de tension, **exprimez** V^+ en fonction de V_s , R_2 et R_1 :

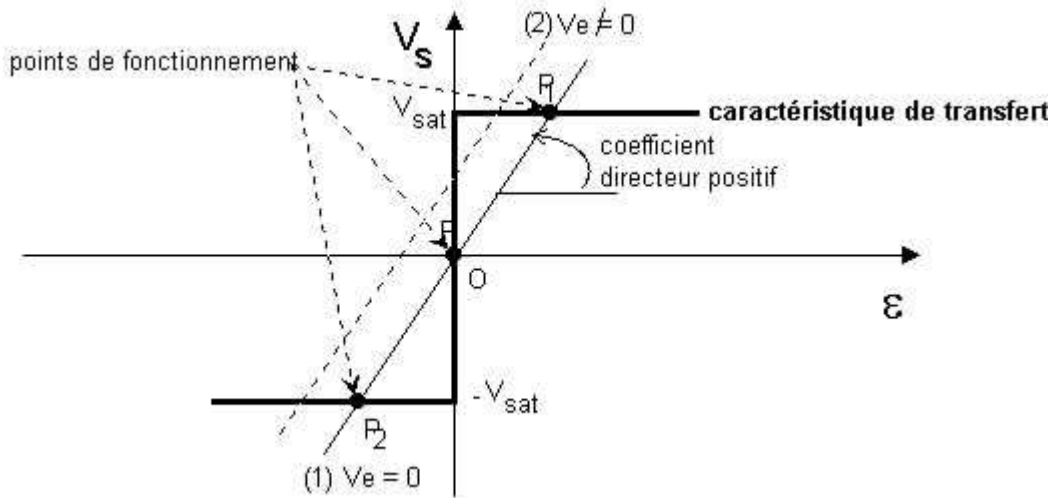
b- **Exprimez** V^- en fonction de V_e :

D'où l'expression de ε : $\varepsilon = V^+ - V^- = \dots\dots\dots$

c- **En déduire** l'expression de V_s en fonction de V_e , ε , R_2 et R_1 :

Remarquons que, pour une tension V_e fixée, la caractéristique $V_s(\varepsilon)$ du montage est une droite, de coefficient directeur positif.

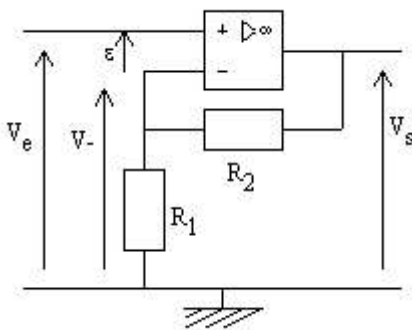
On peut tracer cette caractéristique sur le tracé de la caractéristique de transfert intrinsèque de l'AO : le point de fonctionnement du montage est alors le point d'intersection entre les deux caractéristiques :



Pour $V_e = 0V$ (caractéristique (1)) : il y a **trois points de fonctionnement** P, P_1 et P_2 . Seul le point P correspond au régime linéaire. Si ϵ n'est pas absolument nul (ce qui est le cas la plupart du temps), le point de fonctionnement saute de P à P_1 ou à P_2 et sort de la zone linéaire : **le montage est instable dans la zone linéaire**.

Si $V_e \neq 0V$ (caractéristique (2)), le point de fonctionnement passe aussi facilement de P à P_1 ou à P_2 .

1.2 Exemple de réaction négative



a- Exprimez ϵ en fonction de V_s , V_e , R_2 et R_1 :

.....

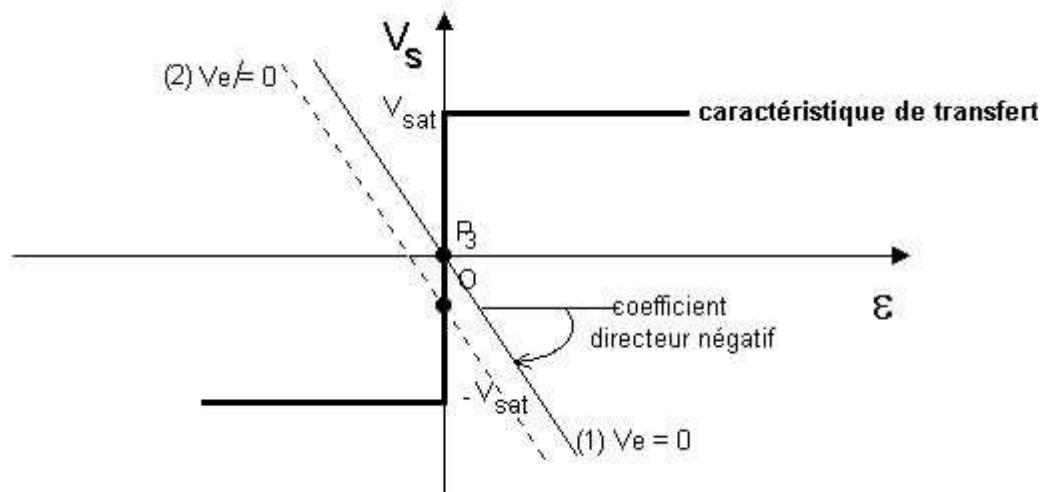
.....

b- En déduire V_s en fonction de V_e , ϵ , R_2 et R_1 :

.....

.....

Dans ce cas, la caractéristique $V_s(\epsilon)$ du montage (pour une tension V_e fixée) est une droite, de coefficient directeur négatif :



Cette fois, pour $V_e = 0V$, il y a **un seul point de fonctionnement** P_3 . **Le montage est stable dans la zone linéaire**.

Et si $V_e \neq 0$ V, le point de fonctionnement reste dans la zone linéaire.

1.3 En conclusion (à compléter)

S'il n'y a aucune réaction (cf TP n° 29, partie IV fonctionnement en boucle ouverte), ou s'il y a juste une réaction , l'amplificateur opérationnel fonctionne en régime
 S'il y a seulement une réaction , il fonctionne en régime
 .

1.4 Vérification pratique

a- **Faites** les montages précédents successivement, en alimentant l'AO en +15 V et -15 V, et en prenant $R_2 = 2.2$ k Ω , $R_1 = 1$ k Ω et V_e une tension continue de 3 V.

Remarque : les mises sous tensions des alimentations se font dans l'ordre suivant : d'abord les tensions d'alimentations de l'AO (+15V et -15V pour nous aujourd'hui), et ensuite l'alimentation de V_e . Pour les mises hors tensions, c'est l'inverse : d'abord V_e , puis le (+15V ; -15V).

Pour chacun des montage, vous **mesurerez** V_s et ε .

b- **Quel montage** fonctionne en **régime linéaire** ? Quel montage fonctionne en **régime non linéaire** ? La **théorie** vue précédemment **est-elle vérifiée** ?

II– Montage amplificateur de tension

Reprenez le montage fonctionnant en régime linéaire.

2.1 Montage avec une tension d'entrée continue

La tension V_e est la tension de sortie d'une alimentation continue réglable.

a- **Faites varier** la tension V_e de 0 V à +10V, puis de 0 V à -10V. **Relevez** les valeurs de V_e et de V_s dans un tableau.

On appelle **caractéristique de transfert** d'un montage, la courbe $V_s(V_e)$ représentant les variations de la tension de sortie V_s en fonction de la tension d'entrée V_e .

b- **Tracez** la caractéristique de transfert $V_s(V_e)$.

c- **Commentez** la courbe obtenue :

- **distinguez** la zone de fonctionnement linéaire de la zone de saturation ;
- dans la zone linéaire, **déterminez** le coefficient de proportionnalité $A_v =$, appelé **amplification en tension** du montage.

d- D'après l'étude théorique faite au I), **donnez** l'expression de A_v en fonction de R_1 et R_2 , sachant qu'en fonctionnement linéaire, $\varepsilon = 0$.

e- **Comparez** les valeurs de A_v déterminées expérimentalement et théoriquement.

2.2 Montage avec une tension d'entrée variable

A présent, la tension V_e est obtenue à l'aide d'un GBF. C'est une tension alternative, de forme triangulaire, de fréquence 1 kHz, et d'amplitude 2 V.

a- **Relevez** en concordance de temps les oscillogrammes de $V_e(t)$ (sur la voie I) et $V_s(t)$ (sur la voie II).

b- **Mesurez** les amplitudes de V_e et V_s . En déduire les coefficient d'amplification A_v .

c- **Augmentez** l'amplitude de V_e à 5 V. **Relevez** de nouveau les oscillogrammes de $V_e(t)$ et de $V_s(t)$.

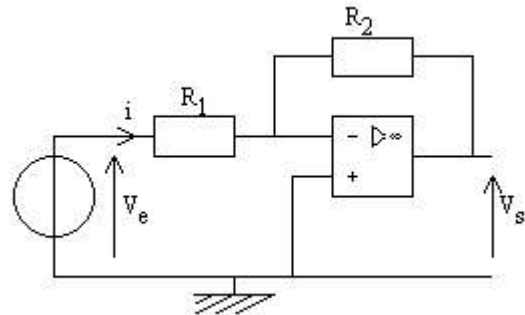
- d- **Que constate-t-on** à présent ? **Indiquez** comment faire pour déterminer A_v .
 e- **Placez** l'oscilloscope en mode XY, après avoir réglé les deux niveaux 0 V de chacune des voies bien au centre de l'écran. **Relevez** l'oscillogramme obtenu. **Que vous rappelle-t-il** ?

III– Montage amplificateur inverseur

Soit le montage ci-contre :

$$R_2 = 2.2 \text{ k}\Omega, R_1 = 1 \text{ k}\Omega$$

V_e est une tension triangulaire, de $f = 1 \text{ kHz}$, et d'amplitude 5 V.



3.1 Etude pratique

- a- **Relevez** en concordance de temps les oscillogrammes de $V_e(t)$ (sur la voie I) et $V_s(t)$ (sur la voie II).
 b- **Placez** l'oscilloscope en mode XY, après avoir réglé les deux niveaux 0 V de chacune des voies bien au centre de l'écran. Relevez l'oscillogramme obtenu.
 c- **En déduire** le coefficient A_v .
 d- **Justifiez** le terme « inverseur » pour qualifier ce montage.

3.2 Etude théorique

- a- **Quel est** le régime de fonctionnement de l'amplificateur opérationnel ? **Justifiez**.
 b- **En déduire** la valeur de la tension différentielle d'entrée de l'amplificateur opérationnel.
 c- **Quelle intensité** traverse R_2 ? **Justifiez**.
 d- **Choisissez** convenablement une maille pour établir l'expression de i en fonction de V_e et R_1 .
 e- **Choisissez** convenablement une maille pour établir une relation entre V_e , V_s , i , R_1 et R_2 .
 f- **Déduire** des deux questions précédentes la relation entre V_e , R_2 , R_1 et V_s .
 g- **Etablissez** le coefficient d'amplification en tension A_v de ce montage.
 h- **Faites** l'application numérique, et **comparez** ce résultat avec celui déterminé expérimentalement.