

MPI n°12 : Etude de l'amplificateur opérationnel

Objectifs :

- Etudier un amplificateur opérationnel en régime linéaire
- Etudier un amplificateur opérationnel en régime saturé

I. Etude de l'amplificateur opérationnel (A.O.)

1. Etude théorique

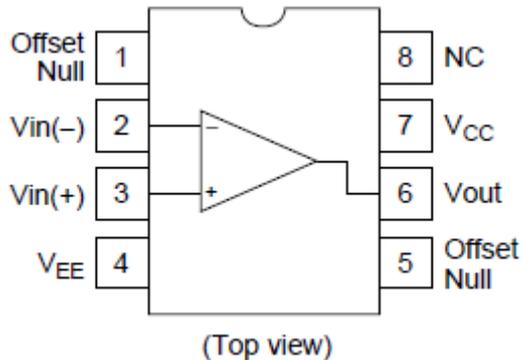


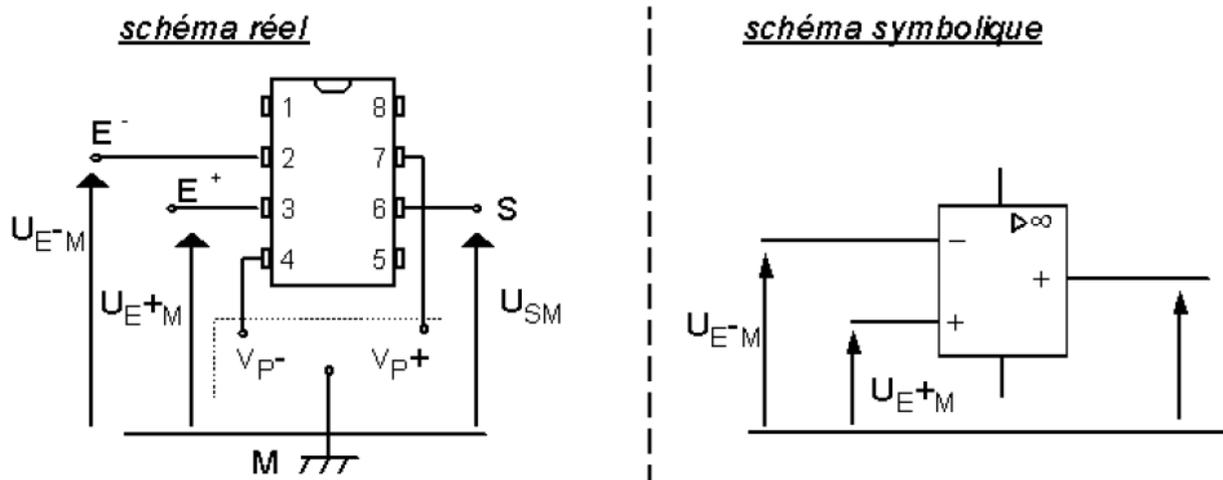
Schéma de l'AO donné sur la notice du composant

Cette «puce» comporte 8 pattes... et se schématise avec seulement 3.

L'AO est un **circuit intégré** (association d'un grand nombre de résistances, de transistors et de condensateurs) à 8 broches présenté dans un petit boîtier plastique.

Pour fonctionner, l'AO doit être alimenté par une source de tension continue symétrique. Le point milieu (de potentiel $V = 0$) définit la masse ou référence M du montage.

L'implantation de l'AO dans un circuit électrique est donnée ci-dessous. Pour le représenter, on utilisera toujours le symbole donné sur le schéma de droite.



Sur les 8 broches de l'AO, seulement 5 sont utilisées:

- broche 2 notée E - : entrée inverseuse ;
- broche 3 notée E + : entrée non inverseuse ;
- broche 4 notée VP- : reliée à la borne - de l'alimentation (en général - 15 V)
- broche 6 notée S : borne de sortie de l'AO ;
- broche 7 notée VP+ : reliée à la borne + de l'alimentation (en général + 15 V).

Remarques :

- Attention aux notations qui ne sont pas les mêmes entre le schéma du constructeur et le schéma ci-dessus.
- Les broches 1, 5 et 8 ne sont utilisées qu'en usine lors du réglage de l'AO ;
- La masse n'est reliée à aucune broche de l'A.O. (voir schéma réel) ;
- Toute manipulation doit commencer par l'alimentation de l'A.O. ;
- La différence entre les tensions U_{E+M} et U_{E-M} est appelée tension différentielle d'entrée et est notée V_d ou ϵ .
- Exprimer ϵ en fonction de U_{E+M} et U_{E-M} :
.....
- Représenter cette tension sur le schéma symbolique.

2. Régimes de fonctionnement de l'AO

Régime linéaire :

Condition nécessaire (mais non suffisante) : il peut être obtenu avec des montages comprenant une liaison entre la sortie S et l'entrée inverseuse E -.

On a alors : $\varepsilon = 0 \text{ V}$ tant que $-V_{\text{sat}} < U_s < V_{\text{sat}}$.

Régime non linéaire (ou saturé) :

Il est obtenu avec des montages ne comprenant pas de liaison entre S et E - ou comprenant une liaison entre S et l'entrée non inverseuse E +.

On a alors : $\varepsilon \neq 0$. U_s est de même signe que ε : si $\varepsilon > 0$ alors $U_s = 15 \text{ V}$; si $\varepsilon < 0$ alors $U_s = -15 \text{ V}$.

3. Montage de l'AO

Pour réaliser un circuit électrique avec un AO, nous allons utiliser une plaque d'essais. Cette plaque est constituée de nombreux emplacements dans lesquels on peut insérer l'AO ainsi que des fils de connexion. Certains de ces emplacements sont reliés les uns aux autres (on peut considérer qu'ils sont reliés par un fil électrique).

→ Comment procéder pour vérifier quels emplacements sont reliés entre eux ? Détailler la procédure et le matériel nécessaire ci-dessous :

.....

→ Représenter ci-dessous la plaque et les liaisons entre les emplacements :

→ Placer l'AO sur la plaque et l'alimenter ($V_{P-} = -15\text{V}$ et $V_{P+} = +15\text{V}$).

II. Amplificateur inverseur

1. Protocole expérimental

Pour étudier le montage amplificateur inverseur, nous allons avoir besoin d'une tension d'entrée U_e réglable.

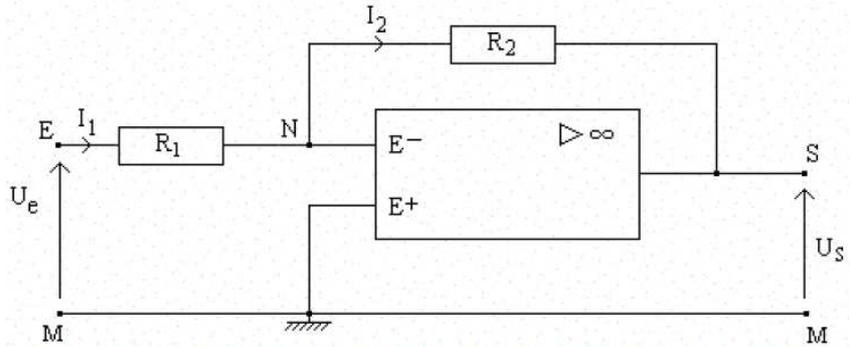
→ Pour obtenir cette tension réglable, quel montage doit-on réaliser ?

→ Réaliser le montage schématisé ci-contre :

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$
 $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

La tension d'entrée U_e est fournie par l'alimentation réglable qui vient d'être réalisée.

Les tensions U_e et U_s sont mesurées à l'aide de deux voltmètres (COM relié à la masse du montage).



→ Faire varier U_e . Mesurer U_s . Compléter le tableau suivant :

U_e (V)	-3	-2,5	-2	-1,5	-1,2	-1	-0,5	0	0,5	1	1,2	1,5	2	2,5	3
U_s (V)															

2. Traitement graphique

→ Sous Regressi, faire une acquisition manuelle. Tracer la caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$ du quadripôle. Cette courbe est constituée de trois portions rectilignes.

- Pour $< U_e < \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est
- Pour $U_e > \dots\dots\dots$ $U_s = \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est
- Pour $U_e < \dots\dots\dots$ $U_s = \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est

- Schématiser la courbe obtenue ci-dessous :

3. Traitement mathématique

Modéliser la portion de caractéristique correspondant au régime linéaire par une fonction.

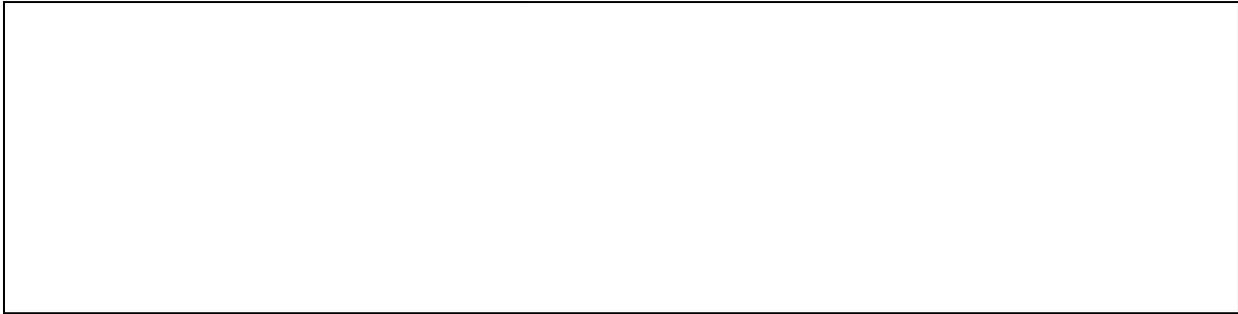
1. Quelle est l'équation de cette courbe ?

2. $A = \frac{U_s}{U_e}$ désigne le gain en tension du montage : que vaut A ? Commenter ce résultat.

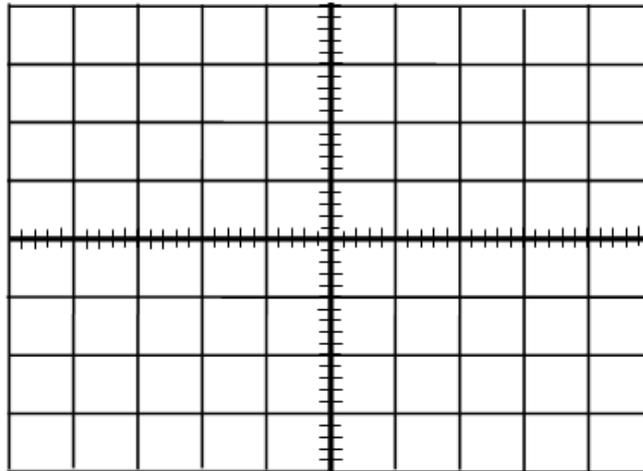
4. Etude expérimentale en régime variable

U_e est ici une tension triangulaire, symétrique, délivrée par un GBF et caractérisée par :
 $f = 200 \text{ Hz}$ et $U_e = 1,5 \text{ V}$.

- Représenter ci-dessous le montage réalisé précédemment en représentant le GBF et les branchements à réaliser pour visualiser à l'oscilloscope les tensions U_e et U_s .



- Réaliser le montage et représenter ci-dessous l'oscillogramme obtenu :



- Que peut-on dire des périodes de U_e et U_s ?
- Faire varier l'amplitude du signal et commenter les oscillogrammes obtenus :

.....

III. Amplificateur non inverseur

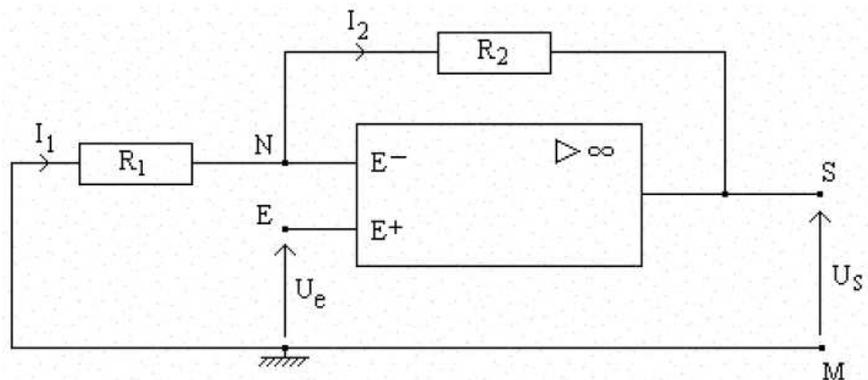
1. Protocole expérimental

- Réaliser le montage ci contre :

$R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

La tension d'entrée U_e est fournie par l'alimentation réglable qui a été réalisée précédemment.

Les tensions U_e et U_s sont mesurées à l'aide de deux voltmètres (COM relié à la masse du montage).



Faire varier U_e . Mesurer U_s . Compléter le tableau suivant :

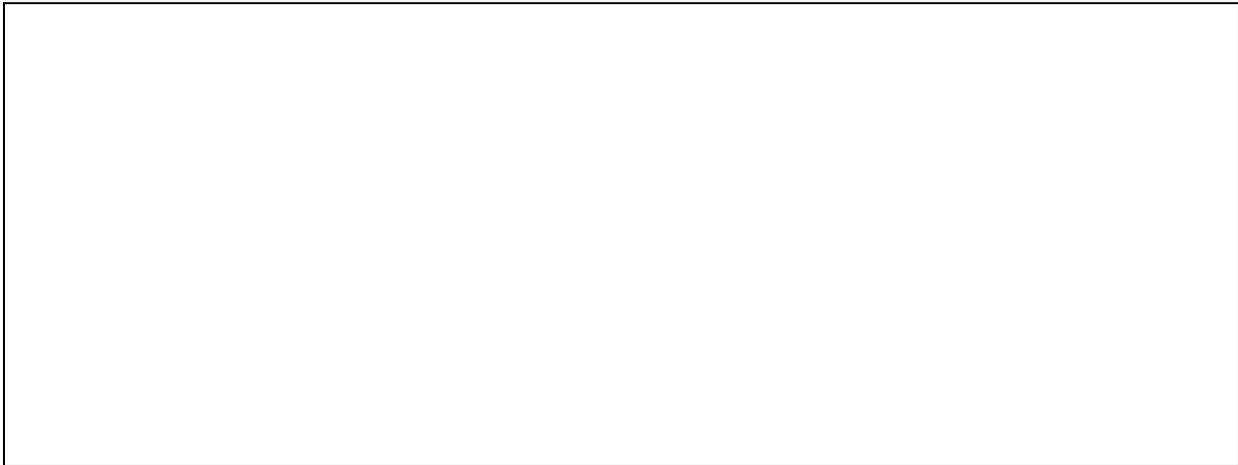
U_e (V)	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12
U_s (V)													

2. Traitement graphique

➔ Sous Regressi, faire une acquisition manuelle. Tracer la caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$ du quadripôle. Cette courbe est constituée de trois portions rectilignes.

- Pour $< U_e < \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est
- Pour $U_e > \dots\dots\dots$ $U_s = \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est
- Pour $U_e < \dots\dots\dots$ $U_s = \dots\dots\dots$: la fonction est ; le régime est

- Schématiser la courbe obtenue ci-dessous :



3. Traitement mathématique

Modéliser la portion de caractéristique correspondant au régime linéaire par une fonction.

1. Quelle est l'équation de cette courbe ?

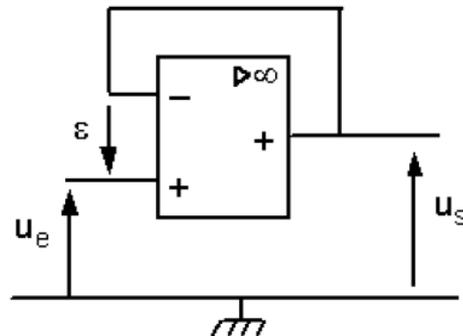
2. $A = \frac{U_s}{U_e}$ désigne le gain en tension du montage : que vaut A ? Commenter ce résultat.

IV. Montage suiveur de tension

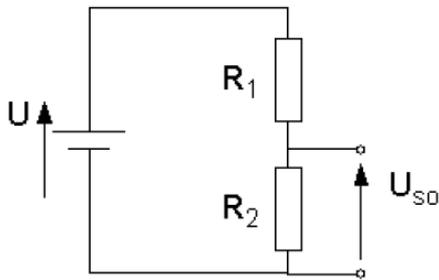
Le montage suiveur de tension est représenté ci-contre :

L'amplification en tension est $A = \frac{U_s}{U_e} = 1$.

A quoi sert alors ce montage ?



➔ Réaliser les montages suivants :



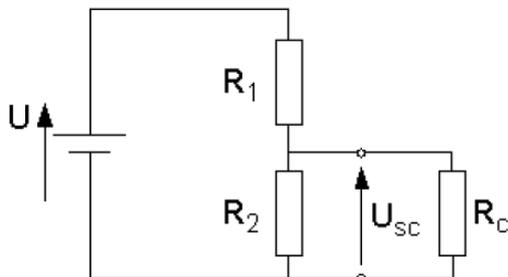
$U = 6 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$

1. Prévoir théoriquement la tension U_{S0} .

.....

2. Contrôler expérimentalement la valeur obtenue à l'aide d'un voltmètre.

.....



$U = 6 \text{ V}$, $R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_C = 1 \text{ k}\Omega$

3. Mesurer U_{SC} .

.....

4. Comparer U_{SC} et U_{S0} . Quelle a été l'influence de l'insertion de la charge R_C dans le montage diviseur de tension ?

.....

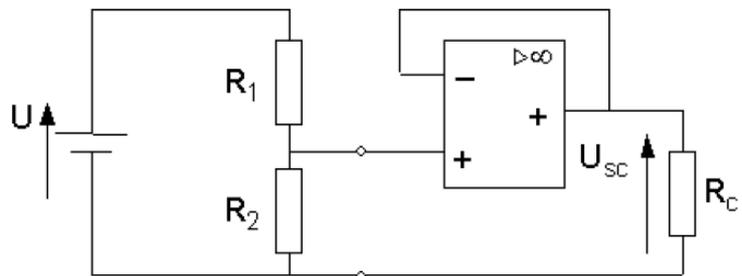
➔ Introduire le montage suiveur

5. Mesurer de nouveau U_{SC} .

.....

6. Quelle a été l'influence de l'insertion du montage suiveur sur le montage ?

.....



7. En déduire l'utilité d'un montage suiveur.

.....

Remarque : L'emploi du suiveur de tension est limité : en effet, un AO ne peut pas débiter un courant supérieur à une valeur limite.