

# M.P.I. 1 COMMENT MAINTENIR UNE TENSION CONSTANTE ?

## LE MONTAGE SUIVEUR.

### 1. COMMENT OBTENIR UNE TENSION REGLABLE ?

#### 1.1. LE MONTAGE DIVISEUR DE TENSION.

Ce montage est obtenu à l'aide de deux conducteurs ohmiques montés en série, l'ensemble étant alimenté sous une tension  $U$ .

Dans le cas de deux résistances  $R_1$  et  $R_2$ , la tension  $U_2$  est donnée par la relation:

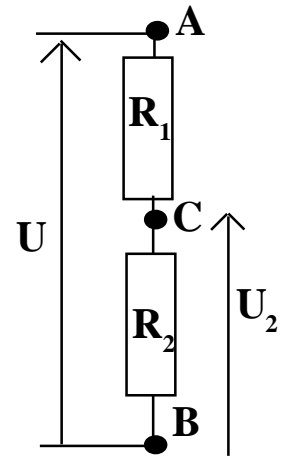
$$U_2 = x U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Comme cette tension  $U_2$  est inférieure à  $U$ , on dit que le montage est diviseur de tension.

Dans le cas où les deux résistances sont identiques, la tension est alors divisée par 2.

Ce dispositif est souvent utilisé en électronique.

R3	100	220	470	1000	2200	4700	10000	100000
U		0,93	1,62	2,54	3,48	4,17	4,6	5



#### 1.2. LE MONTAGE POTENTIOMETRIQUE.

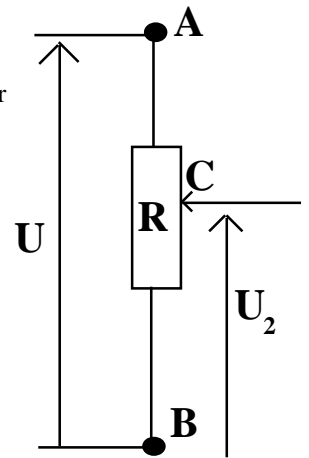
Un potentiomètre est constitué d'un conducteur ohmique, de résistance  $R$  (piste en carbone ou conducteur filiforme), sur lequel se déplace un curseur qui permet d'accéder à un point compris entre les deux extrémités. Ce potentiomètre est défini par sa résistance totale  $R$ .

Il existe des potentiomètres à déplacement du curseur par translation ou rotation.

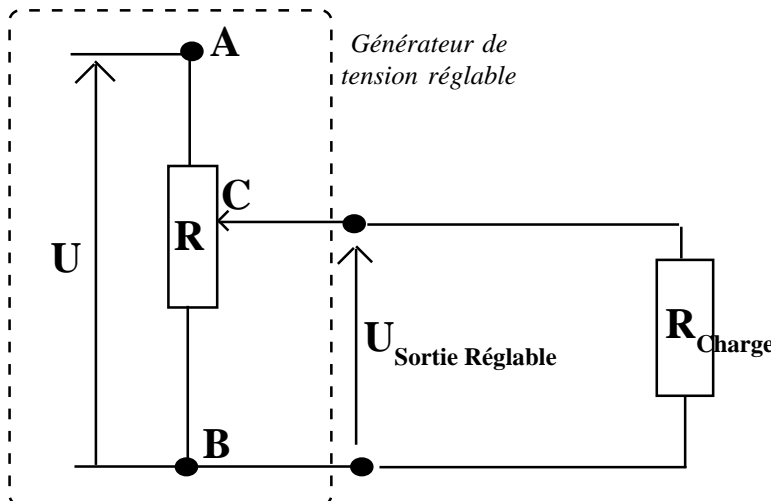
La tension entre le curseur et une des extrémités dépend de la position de ce curseur.

Ci-contre, la tension  $U_2$  est donnée par la relation:  $U_2 = \frac{R_2}{R} \times U = \frac{R_{CB}}{R} \times U$

*La tension disponible entre le curseur C et l'extrémité B peut varier de 0 à U.*



#### 1.3. LE DIVISEUR DE TENSION EST UNE SOURCE DE TENSION REGLABLE LIMITEE.



Lorsqu'on branche un conducteur ohmique entre la sortie C et le point B du montage, la relation précédente donnant la tension de sortie  $U_2$  n'est plus valable en toute rigueur, car elle dépend de la résistance de ce conducteur (appelée "résistance de charge").

Cependant, cette relation permet encore de calculer la tension de sortie avec une bonne approximation, lorsque le diviseur de tension débite par sa borne centrale C un courant d'intensité négligeable dans le conducteur ohmique branché entre C et B, ce qui correspond à une grande résistance de charge par rapport à la résistance  $R_2$ .

Si on ne respecte pas cette condition, la tension  $U_{Sortie}$  dépend de la résistance de charge.

Pour éviter cet inconvénient et pour pouvoir disposer d'une tension indépendante de la résistance de charge, il est nécessaire d'intercaler, entre le montage potentiométrique et le circuit alimenté, un montage adapté à ce circuit.

Nous allons étudier dans le paragraphe suivant un montage (montage suiveur) parmi tant d'autres, permettant de remédier à cette dépendance de la tension de sortie avec la valeur de la résistance de charge.

## 2. COMMENT MAINTENIR UNE TENSION CONTINUE DANS LE MONTAGE DIVISEUR DE TENSION: LE MONTAGE SUIVEUR.

Nous savons qu'un capteur délivre un signal électrique. La tension électrique de ce signal est en relation avec le phénomène physique observé. Avant d'envoyer ce signal vers l'ordinateur, il faut souvent l'adapter à la carte d'acquisition.

L'amplificateur opérationnel apporte des solutions simples et élégantes à de nombreux problèmes de l'Electronique moderne.



Jack St Clair Kilby

Ingénieur américain, il dépose, en 1959, le brevet d'invention d'un assemblage complexe de quelques composants électroniques sur un support unique: le circuit intégré est né !  
Il collabore avec J.D. Merryman et J.H. Van Tassel à la réalisation de la première calculatrice de poche (Texas Instruments); le brevet est déposé en 1972.

Il permet:

- soit d'amplifier des tensions avec un gain positif ou négatif;
- soit de réaliser l'addition, la soustraction et les multiplications de signaux électriques à partir de la tension mesurée aux bornes du capteur.

Il doit d'ailleurs son nom à ses deux utilisations premières dans les circuits effectuant des opérations mathématiques discrètes ou continues telles que des opérations logiques, des intégrations, des dérivations, etc...

Aujourd'hui, le champ de son utilisation est si étendu qu'il est devenu tout simplement composant.

### 2.1. PRESENTATION DE L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL (A.O.)

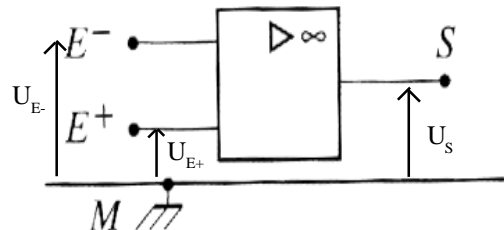
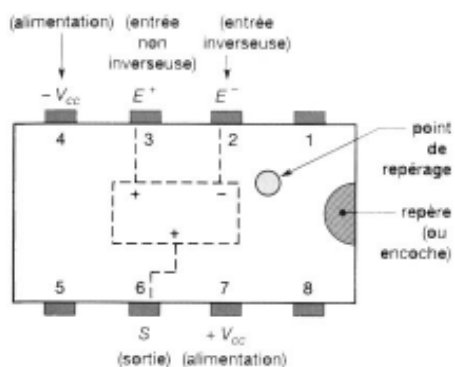
L'amplificateur opérationnel, en abrégé A.Op ou A.O, est le plus simple des circuits intégrés. C'est un composant électronique contenu dans un boîtier présentant 8 bornes. Seules 5 bornes sont essentielles.

On le représente par un rectangle sur lequel ne figurent que ces cinq bornes.

Il ne peut fonctionner qu'à l'aide d'une source d'énergie annexe branchée sur les bornes  $A^+$  et  $A^-$ . Cette alimentation peut être constituée par exemple, par des alimentations stabilisées  $+15V / -15V$  dont le point milieu  $M$  constitue la masse du montage. Dans ces conditions:

$$U_{A+M} = +15V \text{ et } U_{A-M} = -15V.$$

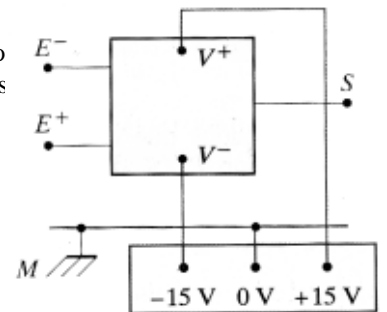
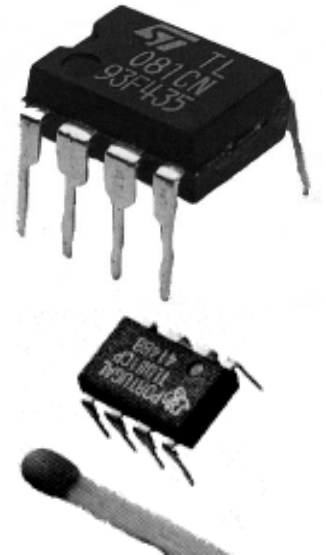
Par la suite, pour simplifier et ne pas surcharger les schémas, le dispositif d'alimentation et les bornes  $A^+$  et  $A^-$  ne seront plus représentés. Seules deux pattes d'entrées et la patte de sortie sont présentes dans le dessin du symbole.



On ne représente donc que les bornes  $E^+$ ,  $E^-$  et  $S$ :

- 2 bornes d'entrée  $E^+$  et  $E^-$ : elles ne sont pas identiques, appelées respectivement entrée non inverseuse et entrée inverseuse

- une borne de sortie  $S$ : la tension de sortie est obtenue entre cette borne  $S$  et la masse  $M$ .

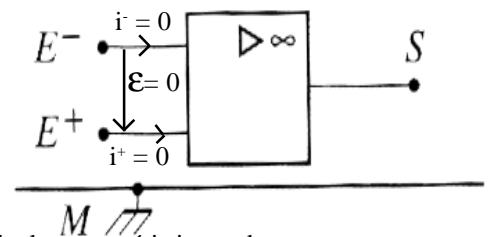


### 2.2. AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS PARFAIT (THEORIQUE) ET REEL.

Un amplificateur opérationnel A.O. est un composant théorique caractérisé par des courants d'entrée nuls et par une différence de potentiel nulle entre ses deux entrées en régime linéaire.

Les amplificateurs opérationnels rassemblent sur une surface de quelques millimètres de silicium une dizaine de transistors, de résistances et de condensateurs. L'amplificateur opérationnel réel est un composant dont les caractéristiques sont proches de celles de l'A.Op idéal.

Nous nous proposons d'étudier divers montages de bases à amplificateurs opérationnels: les caractéristiques de ces montages nous permettront de modéliser le fonctionnement d'A.Op réel.

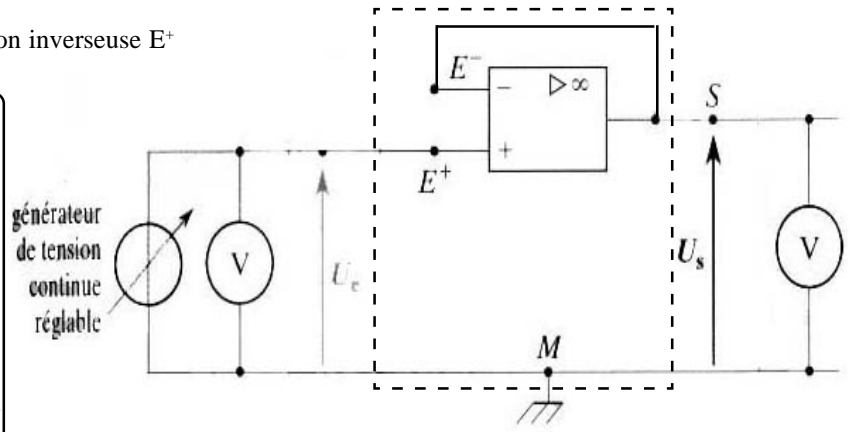


## 2.3. ETUDE EXPERIMENTALE DU MONTAGE AMPLIFICATEUR SUIVEUR.

### Dispositif.

La tension  $U_E$  est appliquée directement sur l'entrée non inverseuse  $E^+$  l'A.Op est bouclé par un court-circuit.

Si la sortie A.Op est reliée à l'une des deux entrées, en fait à l'entrée inverseuse  $E^-$ , soit directement soit par l'intermédiaire d'un conducteur ohmique, on dit qu'une **contre réaction** a été établie sur l'A.Op. S et  $E^-$  sont reliés par une portion de circuit qui s'appelle la **boucle** et un A.Op de ce type est dit bouclé. La boucle peut être un simple fil métallique ou un conducteur ohmique  
Le terme **contre-réaction ou rétroaction** signifie que la sortie S a une action, de nature électrique, sur l'entrée à laquelle elle est reliée.



L'amplificateur est figuré par le carré pointillé. Les bornes  $E^+$  et M constituent l'entrée du montage amplificateur; S et M sont les bornes de la sortie.

Pour comprendre le rôle de l'amplificateur opérationnel, appliquons à l'entrée une tension  $U_E$  continue, de valeur réglable.

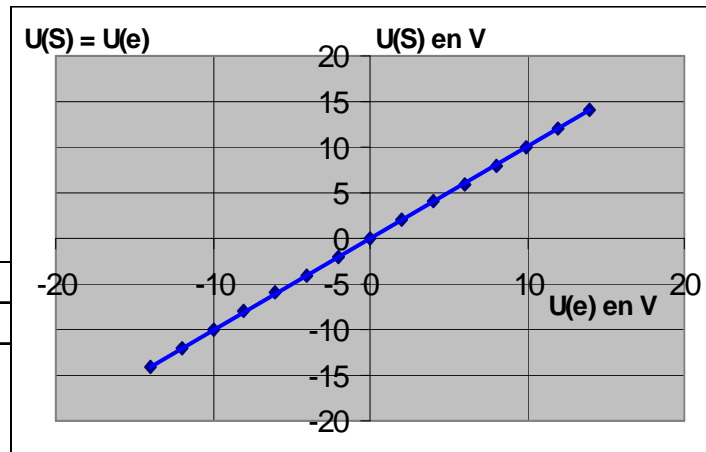
On mesure les tensions d'entrée  $U_E$  et de sortie  $U_S$  avec des voltmètres.

### Résultats.

On obtient les résultats suivants:

Représentons  $U_S$  en fonction de  $U_E$ .

<b>U(e) V</b>	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2
<b>U(S) V</b>	-14	-12	-10	-8	-6	-4	-2



La tension de sortie  $U_S$  est une fonction linéaire de la tension d'entrée  $U_E$ , où A est le coefficient directeur de la portion de droite passant par l'origine: sa valeur est égale à 1 dans le cadre particulier de ce montage, soit

$$U_S = U_E$$

### Approche Théorique.

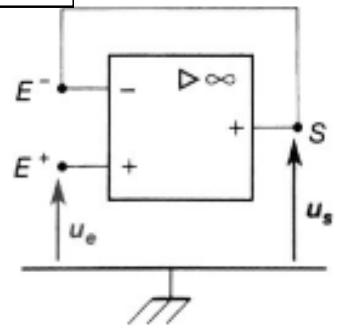
La valeur de l'entrée non inverseuse  $E^+$  est égale à la tension d'entrée:  $U_{E^+} = U_E$

La tension de sortie est égale à la tension de l'entrée inverseuse  $E^-$  puisque les points S et  $E^-$  sont en court-circuit:  $U_{E^-} = U_S$

Les tensions des deux entrées sont égales (propriété de l'A.Op), de sorte que  $U_{E^+} = U_{E^-} = U_E = U_S$  ....on trouve bien le résultat prévu.

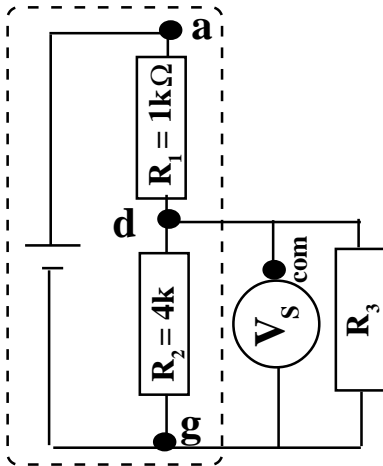
### Conclusion.

Le montage suiveur réalise  $U_S = U_E$ ; obtenir, en sortie une tension égale à la tension d'entrée ne semble pas, à priori, très intéressant. Mais il faut comprendre que cette tension  $U_S$  est, en général, utilisé dans un montage placé à la suite de l'A.Op.



### 3. UTILISER UN MONTAGE SUIVEUR: STABILISER LA TENSION DU MONTAGE DIVISEUR.

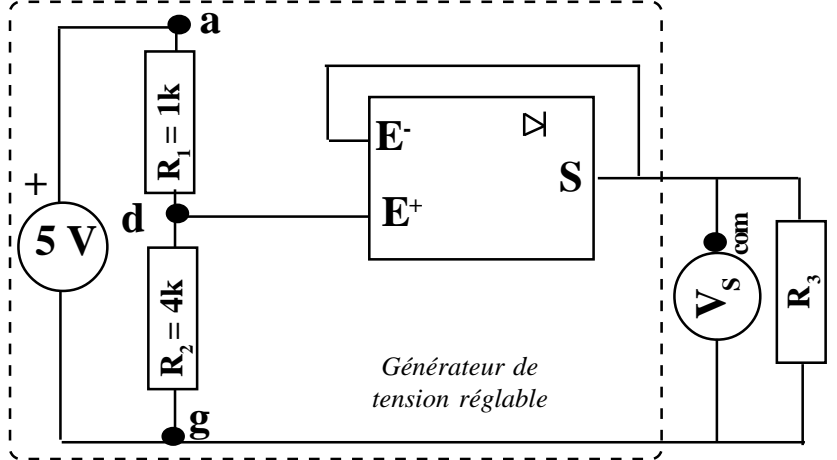
#### Dispositif.



Sur le second montage, on intercale entre le diviseur de tension et la résistance de charge  $R_3$ , un Ampli Op suiveur.

Le nouveau générateur "amélioré" est symbolisé en pointillé. On place à la suite de ce générateur, la même résistance que précédemment.

Au cours de la séance précédente, nous avons fait connaissance avec un montage diviseur de tension qui présente l'inconvénient d'avoir une tension de sortie  $U_{\text{Sortie}}$  qui dépend de la résistance placée entre ses bornes, la résistance dite de charge. En pointillé, on symbolise ce générateur. On relève à la sortie la tension de ce générateur. Dès qu'on place aux bornes de ce générateur, une résistance de 10 k, on constate une chute de tension... le générateur est mis en défaut, il ne peut répondre à la demande extérieure.



Force est de constater que la tension ne chute pas. Là est tout l'intérêt du montage suiveur....

#### Conclusion.

En quelque sorte, le montage suiveur isole ainsi le circuit d'utilisation du montage potentiométrique fournissant la tension.

Le circuit diviseur de tension ne débite plus de courant et la tension qu'il fournit reste indépendante de la résistance de charge. L'alimentation de l'amplificateur fournit le courant nécessaire au bon fonctionnement du circuit alimenté (appelé "circuit de charge").

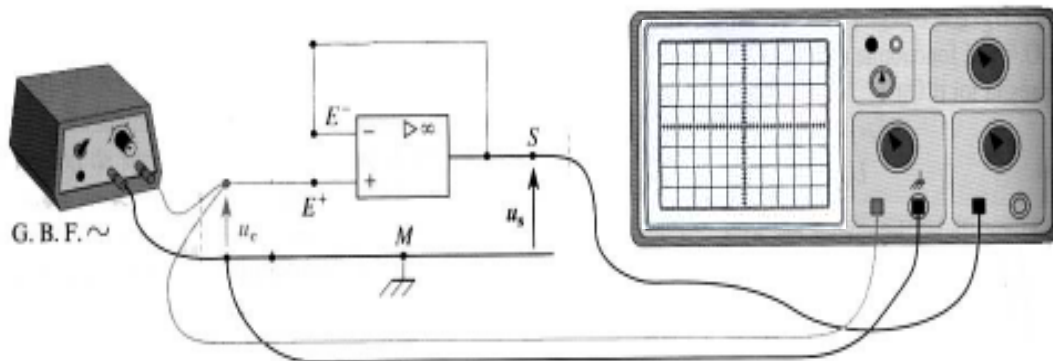
#### Remarque.

L'utilisation d'un montage suiveur est satisfaisante tant que l'intensité du courant débité par ce montage suiveur dans le circuit ne dépasse pas l'intensité limitée de l'ordre de 20 mA, que peut fournir le suiveur.

Pour pouvoir disposer d'un courant plus intense et donc d'une puissance plus grande à la sortie, on utilise un autre montage: le transistor.

### 4. MONTAGE AMPLIFICATEUR SUIVEUR SOUMIS A UNE TENSION VARIABLE.

#### Dispositif.



Appliquons une tension sinusoïdale délivrée par un G.B.F. entre l'entrée et la masse du montage amplificateur étudié.

Visualisons la tension d'entrée  $U_E$  sur la voie 1 d'un oscilloscope et la tension de sortie  $U_S$  sur la voie 2.

#### Observations.

Nous observons que:

- les tensions  $U_S$  et  $U_E$  sont sinusoïdales, de même période;
- les tensions  $U_S$  et  $U_E$  sont de même signe;
- la tension de sortie est identique à la tension d'entrée.

