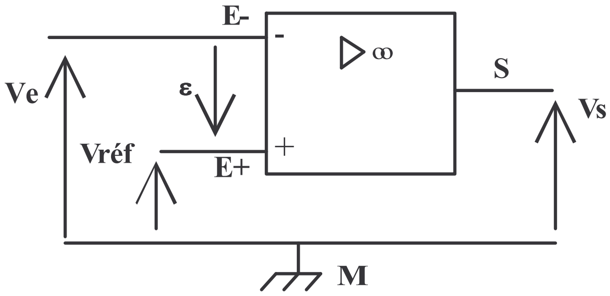
CH 5 : Fonction comparaison : l'AOP en fonctionnement non-linéaire ou en régime de saturation :

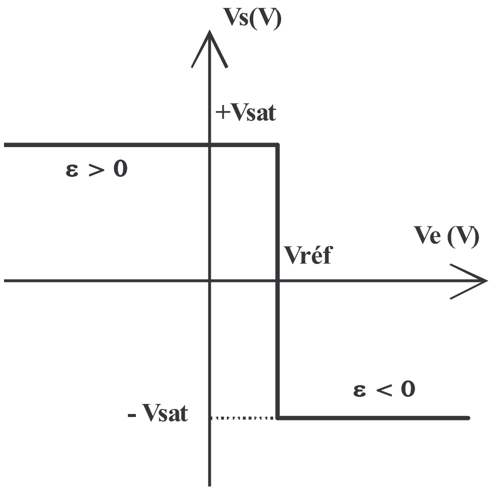
1.1. Comparateur simple :

Montage :



Dans ce montage l'AOP fonctionne **en boucle ouverte** : il n'y a aucun retour de la sortie sur l'entrée, donc **aucune réaction** .
Les propriétés de l'AOP impliquent qu'il est saturé .
Ve = tension d'entrée ; Vréf = tension de référence (fixe).
Vs = tension de sortie ;

Le signe de la tension ε donne la valeur de la tension de sortie Vs :
ε = Vréf -Ve .
Si ε est positive : **Ve < Vréf : Vs = VH = +Vsat ;**
Si ε est négative : **Ve > Vréf : Vs = VL = - Vsat .**
Le passage par zéro de ε implique un basculement de la tension de sortie Vs :
Si ε s'annule par valeurs croissantes : (ε = 0 ↗) , Vs bascule de VL (-Vsat) à VH (+Vsat) .
Si ε s'annule par valeurs décroissantes :(ε = 0 ↘) ,Vs bascule de VH (+Vsat) à VL (-Vsat) .La fonction de transfert Vs = f (Ve) du montage se présente ainsi :

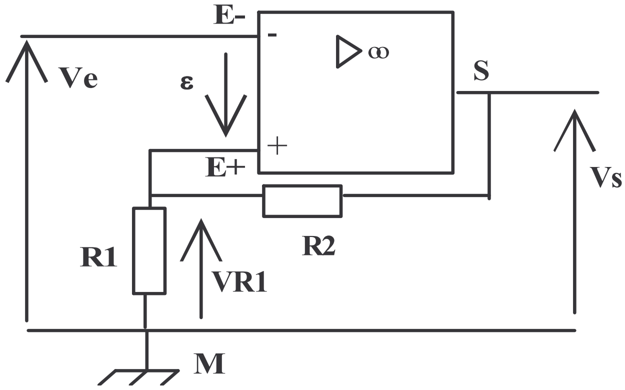


On utilise ce type de montages chaque fois que l'on veut *comparer* une tension Ve avec une tension de référence Vréf .

Le montage assure une *fonction logique* la fonction de *comparaison* .

1.2 Comparateur à hystérésis : (ou comparateur à deux seuils ou trigger de Schmitt):

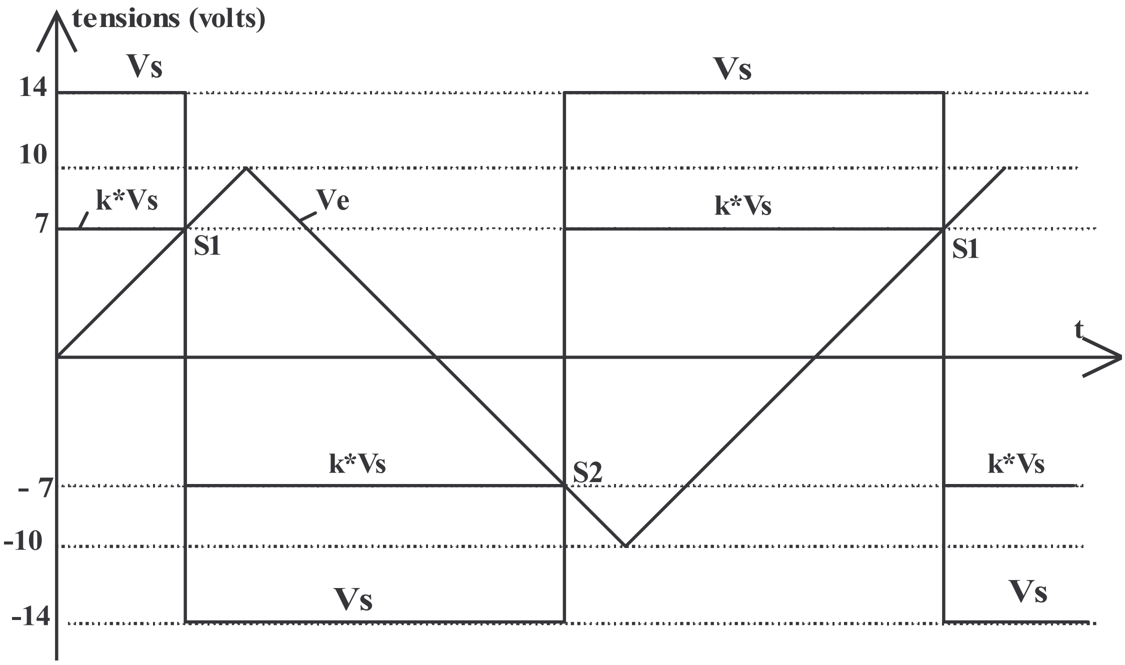
1.2.1. Montage inverseur symétrique :

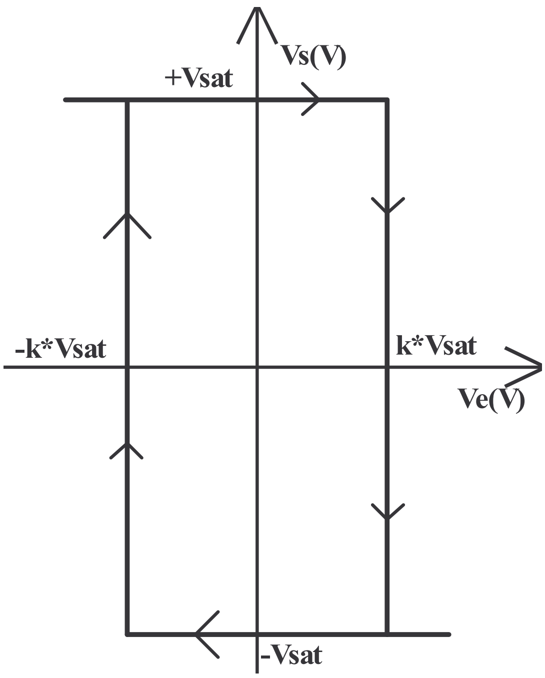


Le montage fonctionne **en régime de saturation** à cause de la **réaction positive** (retour de la sortie sur l'entrée E+) .

La valeur de la tension de sortie dépend du signe de ε :
ε > 0 : Vs = +Vsat .
ε < 0 : Vs = - Vsat .

Les basculements se produisent lorsque ε change de signe .
La particularité ;de ce montage c'est que ε dépend de Vs .
ε = VR1 - Ve , avec VR1 = R1/(R1+R2) * Vs .
Posons **k = R1 / (R1+R2)** ; k< 1 . VR1 = k * Vs .
ε = k * Vs - Ve .
Lorsque ε est positive : **Ve < k*Vs : Vs = VH = + Vsat** .
Lorsque ε est négative : **Ve > k*Vs : Vs = VL = - Vsat** .
Ex : Supposons que Ve soit une tension triangulaire d'amplitude 10V .
Supposons que R1 = R2 ; k = 0,5 .
Supposons qu'à l'instant t = 0 , Ve = 0 et Vs = VH = + Vsat = + 14V .
On a bien alors : ε = 0,5 * 14 - 0 = 7V > 0 . Donc Vs = + 14 V .Suivons sur les courbes ci-dessous l'évolution des différentes tensions :



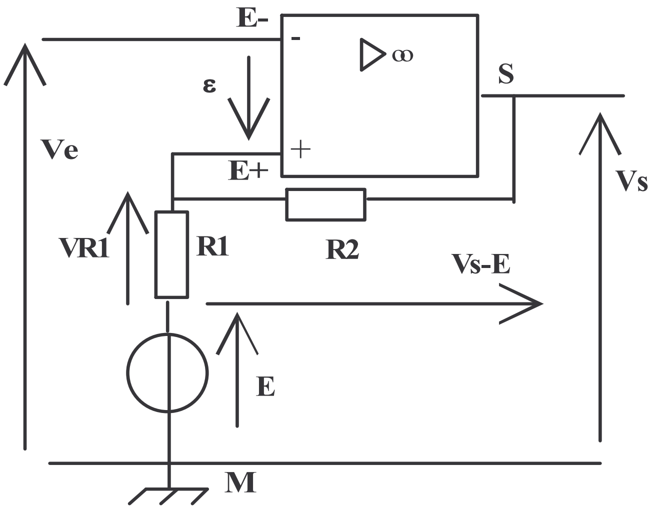


L'évolution des tensions résulte des conditions énoncés plus haut : Vs bascule lorsque la tension ε change de signe .
On constate qu'il existe deux seuils de basculements pour la tension vs :

S1 : lorsque Ve atteint k*Vsat par valeurs croissantes : Vs bascule de Vsat vers - Vsat .

S2 : lorsque Ve atteint -k*Vsat par valeurs décroissantes : Vs bascule de Vsat vers - Vsat .

1.2.2 Montage inverseur dissymétrique :



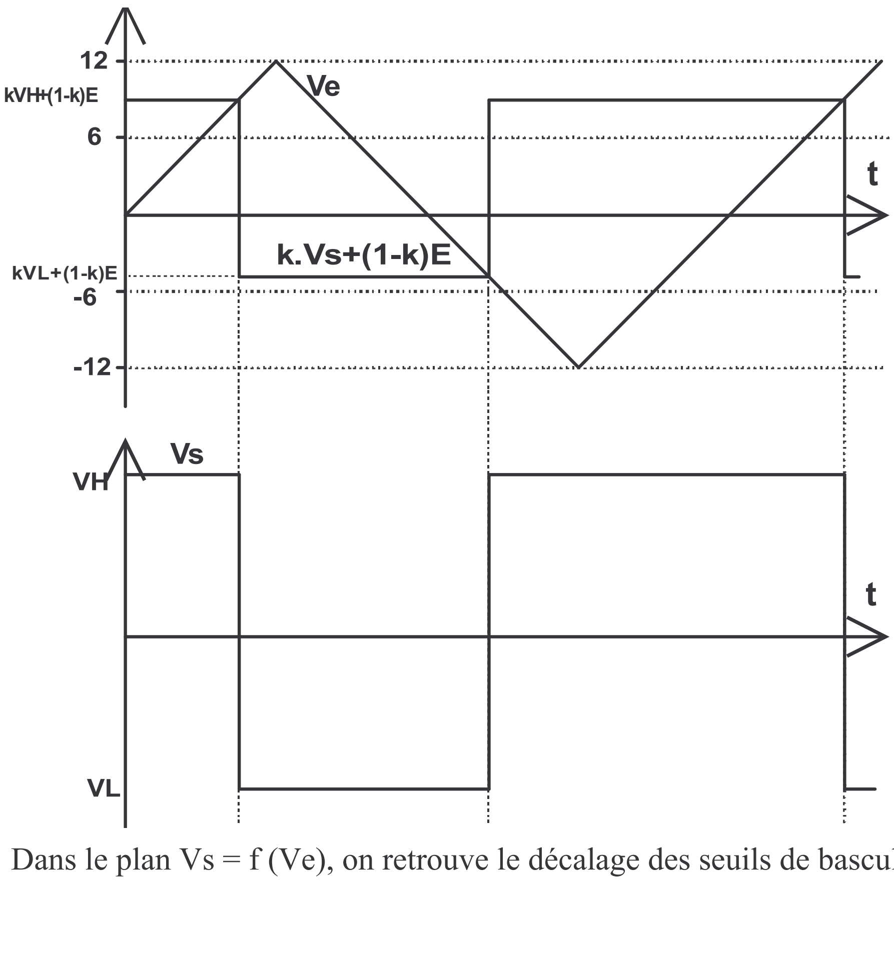
Par rapport au montage précédent, on introduit une source de tension E comme indiqué ci-contre. Cela a pour effet de modifier les seuils de basculement du comparateur.
En effet la tension différentielle d'entrée ε est égale à :

$$\varepsilon = E + VR1 - Ve = E + \frac{R1}{R1 + R2}(Vs - E) - Ve.$$

Si on pose k=R1/(R1+R2), cela donne:

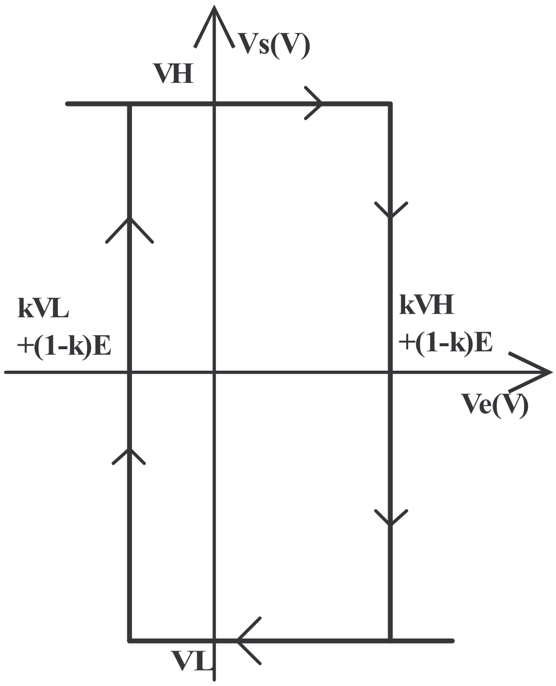
$$\varepsilon = E + k.(Vs - E) - Ve = k.Vs + (1-k).E - Ve.$$

Les seuils de basculement sont obtenus aux passages par zéro de ε.
Ex: Supposons que k=0,5 , que E=4V et que Ve soit une tension triangulaire d'amplitude 12volts. Voici l'évolution des différentes tensions en fonction du temps:



On voit que les tensions de basculement sont décalées vers le haut de (1-k).E .
Les seuils de basculement deviennent:
S1: lorsque Ve atteint kVH+(1-k)E par valeurs croissantes: Vs bascule de VH vers VL.
S2: lorsque Ve atteint kVL+(1-k)E par valeurs décroissantes: Vs bascule de VL vers VH.

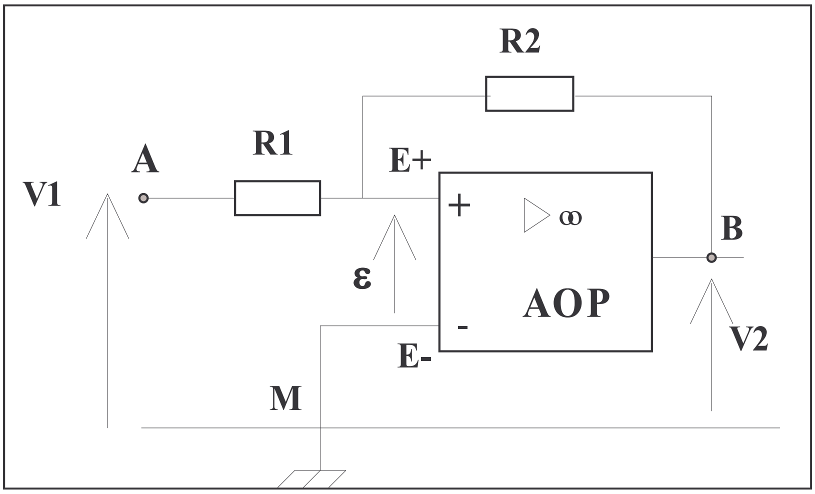
Dans le plan Vs = f (Ve), on retrouve le décalage des seuils de basculement.



Remarque: En jouant sur les valeurs de k et de E, on peut fixer à volonté les valeurs des seuils de basculement.

Exercice: Proposer des valeurs de R1, R2 et E qui permettent d'avoir comme seuils de basculement 4V et 2V, en prenant VH = +14V et VL = -14V.

1.2.3. Montage non-inverseur symétrique :



Là encore, le montage fonctionne **en régime de saturation** à cause de la **réaction positive** (retour de la sortie sur l'entrée E+) .

La valeur de la tension de sortie dépend du signe de ε :
ε > 0 : Vs = +Vsat .
ε < 0 : Vs = - Vsat .

En observant ce montage, on constate que **ε = V+-V- = V+** car E- est reliée à la masse.
En appliquant le théorème de Millman, on peut calculer ε :

$$\varepsilon = \frac{\frac{V1}{R1} + \frac{V2}{R2}}{\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2}} = \frac{V1.R2 + V2.R1}{R1 + R2}$$

ε est positive si la condition V1.R2 + V2.R1 > 0 est réalisée ,. ou encore si :

$$V1 > -\frac{R1}{R2}.V2$$

ε est négative si la condition V1.R2 + V2.R1 < 0 est réalisée ,. ou encore si :

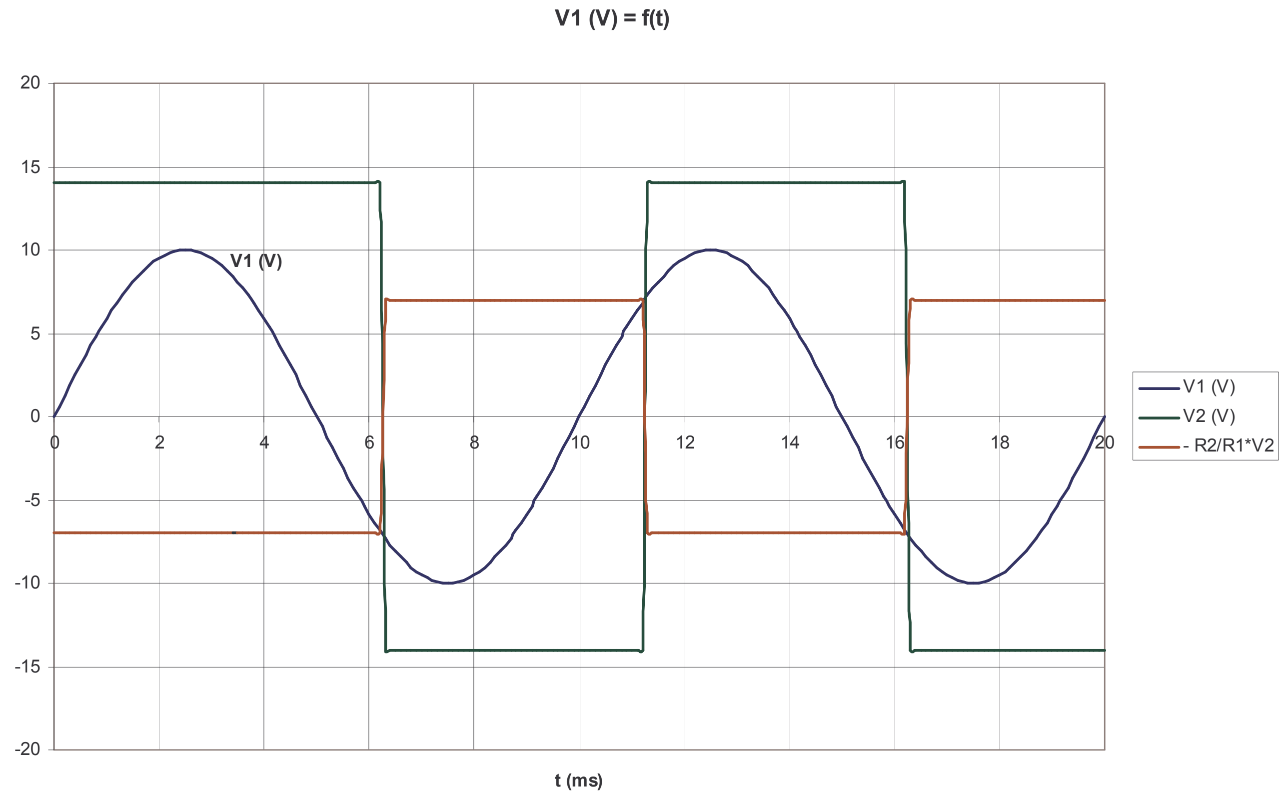
$$V1 < -\frac{R1}{R2}.V2$$

Supposons que la tension d'entrée V1 soit une tension sinusoïdale, d'amplitude 10V.
Nous allons tracer sur le même graphique V1, V2 et - (R2/R1) . V2 : **voir page 6**
Nous prenons dans cet exemple : R1 = R2 = 10 kΩ .
On voit que les basculements se produisent pour deux valeurs différentes de V1:

Seuil n°1 :
V2 passe de VH à VL lorsque V1 atteint - R2/R1 . VH par valeurs décroissantes.

Seuil n°2 :
V2 passe de VL à VH lorsque V1 atteint - R2/R1 . VL par valeurs croissantes.

Ch5 : Fonction comparaison ; Amplificateur opérationnel en régime non-linéaire:



Ci-dessous : V2 = f (V1)