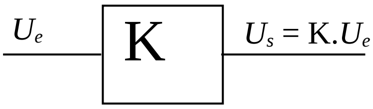
# APPLICATIONS AVEC DES AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

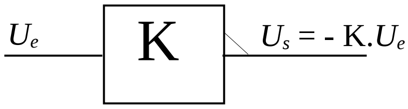
Les fonctions sont réalisées avec des AOP considérés comme idéaux.

## I. FONCTIONS MATHÉMATIQUES

### I.1. MULTIPLICATION PAR UNE CONSTANTE

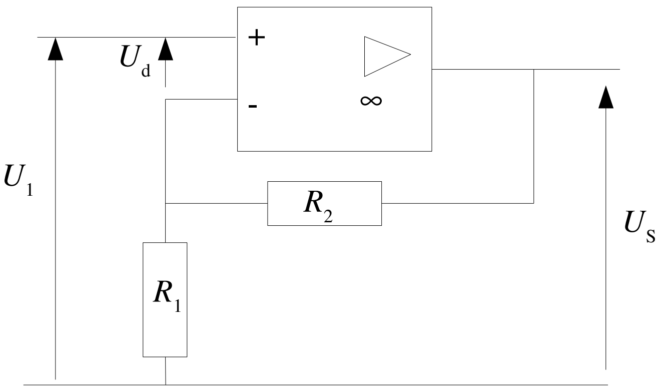



***Amplificateur non inverseur***




***Amplificateur inverseur***

#### I.1.1. AMPLIFICATEUR NON INVERSEUR.




Contre réaction $U_d = 0$, l'amplificateur est en régime linéaire.
$U_d = V^+ - V^-$
$V^+ = U_1$

Diviseur de tension: $V^- = \frac{R_1}{(R_1+R_2)}.U_S$

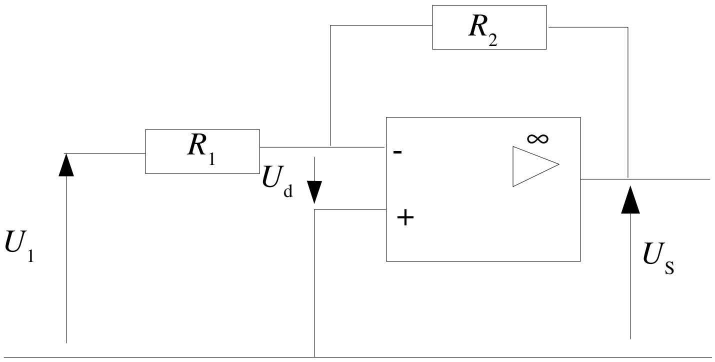
$U_d = U_1 - \frac{R_1}{(R_1+R_2)}.U_S = 0 \Rightarrow U_1 = \frac{R_1}{(R_1+R_2)}.U_S \Rightarrow$

$U_S = \frac{(R_1+R_2)}{R_1}.U_1 = \left(1+\frac{R_2}{R_1}\right).U_1 = K.\ U_1$ avec $K = 1+\frac{R_2}{R_1} \Rightarrow U_S = K.\ U_1$

*Remarque*: le courant dans $R_2$ est imposé par $U_1$ et $R_1$. Ce montage réalise une conversion tension-courant. Quelque soit le dipôle mis à la place de $R_2$, il sera traversé par un courant d'intensité $\frac{U_1}{R_1}$ si l'A.O.P. peut fournir cette intensité et s'il n'est pas saturé.

Si $R_2 = 0$, K = 1, $U_S = U_1$ : montage suiveur.

### I.1.2. AMPLIFICATEUR INVERSEUR.




Contre réaction $U_d = 0$, l'amplificateur est en régime linéaire.

$$U_1 - R_1.i + U_d = 0 \Rightarrow i = \frac{U_1}{R_1}$$

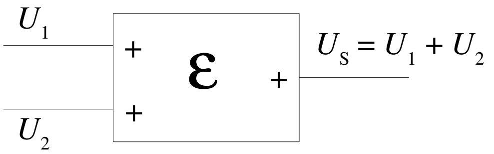
$$U_S + R_2.i + U_d = 0 \Rightarrow i = -\frac{U_S}{R_2}$$

$$\Rightarrow i = \frac{U_1}{R_1} = -\frac{U_S}{R_2} \Rightarrow U_S = -\frac{R_2}{R_1}.U_1 = K.\ U_1 \ \textit{avec}\ K = -\frac{R_2}{R_1} < 0$$

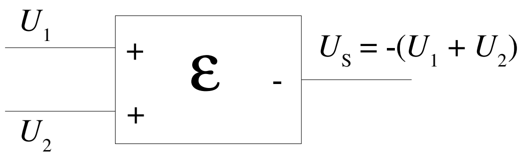
*Remarque*: le courant dans $R_2$ est imposé par $U_1$ et $R_1$. Ce montage réalise une conversion tension-courant. Quelque soit le dipôle mis à la place de $R_2$, il sera traversé par un courant d'intensité $\frac{U_1}{R_1}$ si l'A.O.P. peut fournir cette intensité et s'il n'est pas saturé.

## I.2. ADDITION ET SOUSTRACTION

### I.2.1.ADDITION

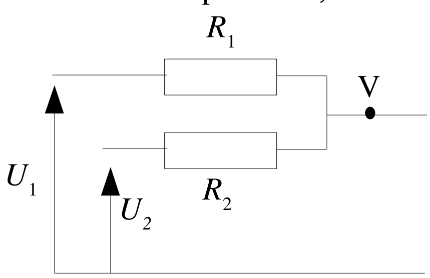



Addition non inverseur



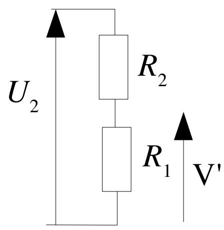

Addition inverseur

Les circuits sommateurs utilisent les diviseurs de tension à deux sources qui effectue la somme pondérée,

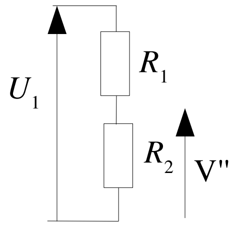



On éteint $U_1$: le schéma se réduit à

$$V' = \frac{R_1}{R_1 + R_2}.U_2$$



On éteint $U_2$: le schéma se réduit à

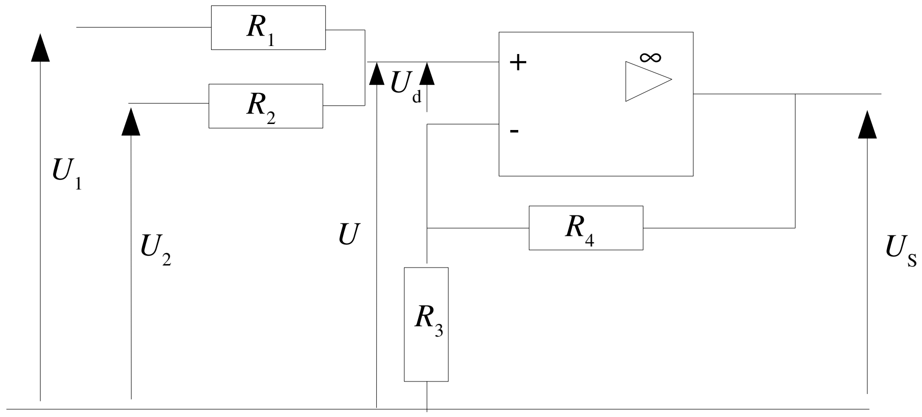



$$V'' = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1$$

$$V = V' + V'' = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_2 + \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1$$

si $R_1 = R_2 \Rightarrow V = \frac{1}{2}(U_1+U_2)$

## A. ADDITIONNEUR NON INVERSEUR




contre réaction, $U_d = 0$, l'AOP fonctionne en régime linéaire.

*diviseur de tension :* $U_S = \frac{R_3+R_4}{R_3}.U = \left(1+\frac{R_4}{R_3}\right).U$

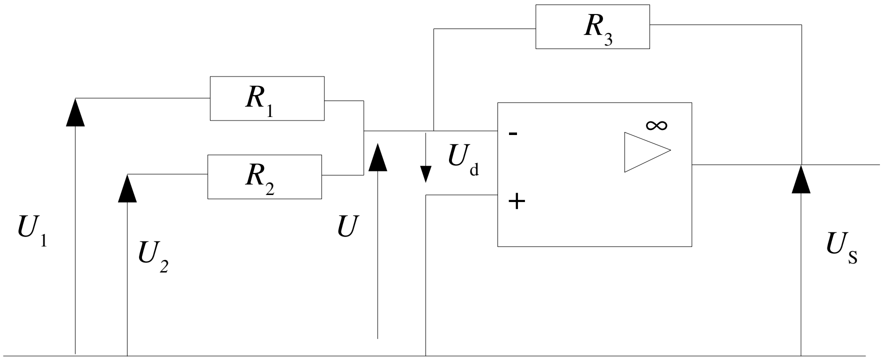
or $U = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_2 + \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1$

$\Rightarrow U_S = \left(1+\frac{R_4}{R_3}\right).\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}.U_2+\frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1\right)$

si $R_1 = R_2 \Rightarrow U_S = \frac{1}{2.}(U_1+U_2).\left(1+\frac{R_4}{R_3}\right)$

si $R_1 = R_2$ et $R_3 = R_4 \Rightarrow U_S = U_1 + U_2$

## B. ADDITIONNEUR INVERSEUR




contre réaction, $U_d = 0$, l'AOP fonctionne en régime linéaire.

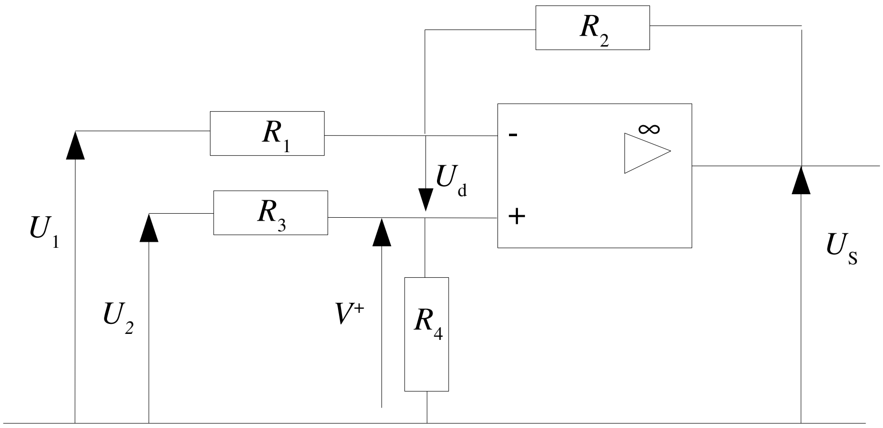
$U_1 - R_1.i_1 + U_d = 0 \Rightarrow i_1 = \frac{U_1}{R_1}$ $\quad$ $U_S + R_3.i + U_d = 0 \Rightarrow i = -\frac{U_S}{R_3}$

$U_2 - R_2.i_2 + U_d = 0 \Rightarrow i_2 = \frac{U_2}{R_2}$ $\quad$ loi des noeuds: $i = i_1 + i_2$

$$-\frac{U_S}{R_3} = \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2} \Rightarrow U_S = -R_3.\left(\frac{U_1}{R_1}+\frac{U_2}{R_2}\right)$$

Si $R_1 = R_2 = R_3$ $\quad U_S = -\left(U_1+U_2\right)$

### I.2.3.SOUSTRACTION

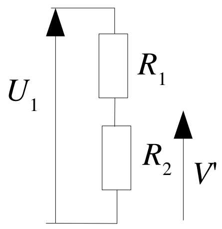



contre réaction, $U_d = 0$, l'AOP fonctionne en régime linéaire.

*diviseur de tension :* $V^+ = \frac{R_4}{R_3+R_4}.U_2$

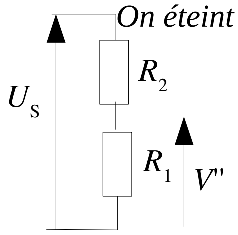
*Théorème de superposition:*

*On éteint $U_S = 0$*




$$V' = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1$$

*On éteint $U_1 = 0$*




$$V'' = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$$

$$V^- = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1 + \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$$

$$U_d = V^+ - V^- = 0 \Rightarrow V^+ = V^- \Rightarrow \frac{R_4}{R_3+R_4}.U_2 = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1 + \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$$

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S = \frac{R_4}{R_3+R_4}.U_2 - \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1$$

$$U_S = \left(\frac{R_1+R_2}{R_1}\right)\left(\frac{R_4}{R_3+R_4}.U_2 - \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_1\right)$$

si $\frac{R_2}{R_1}=\frac{R_3}{R_4}$ $\quad U_S = U_2 - U_1$

## II. FONCTION COMPARATEUR

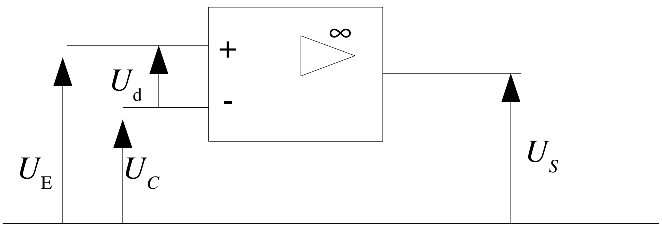
La fonction de comparaison consiste à comparer une tension d'entrée $U_E$ variable au cours du temps à une tension constante $U_C$ pour le comparateur à un seuil ou à deux tensions $U_B$ et $U_H$ pour le comparateur à deux seuils.
$U_C$ , $U_B$ et $U_H$ sont appelés tension de seuil.

A chaque passage de la tension $U_E$ par une tension de seuil, il y a basculement de la tension de sortie $U_S$.

L'alimentation des AOP est symétrique $\pm V_{CC} = \pm 15$ V

### II.1.COMPARATEUR A UN SEUIL

#### II.1.1. COMPARATEUR NON INVERSEUR



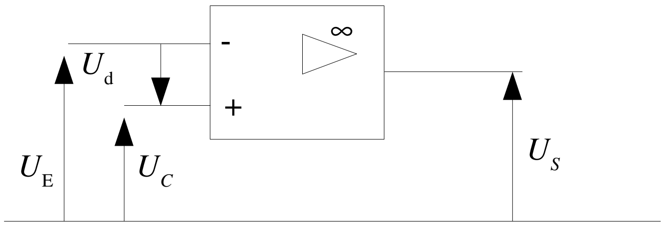

La tension d'entrée est appliquée sur l'entrée non inverseuse.
Régime de saturation $U_d \neq 0$

$U_d = U_E - U_C$
Pour $U_d > 0 \Rightarrow U_E - U_C > 0$
$U_E > U_C \Rightarrow U_S = +V_{CC} = 15$ V

Pour $U_d < 0 \Rightarrow U_E - U_C < 0$
$U_E < U_C \Rightarrow U_S = -V_{CC} = -15$ V

### II.1.2. COMPARATEUR INVERSEUR

La tension d'entrée est appliquée sur l'entrée inverseuse.
Régime de saturation $U_d \neq 0$



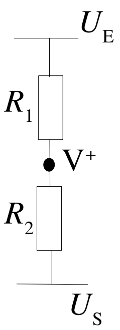

$U_d = U_C - U_E$
Pour $U_d > 0 \Rightarrow U_C - U_E > 0$
$U_C > U_E \Rightarrow U_S = +V_{CC} = 15$ V

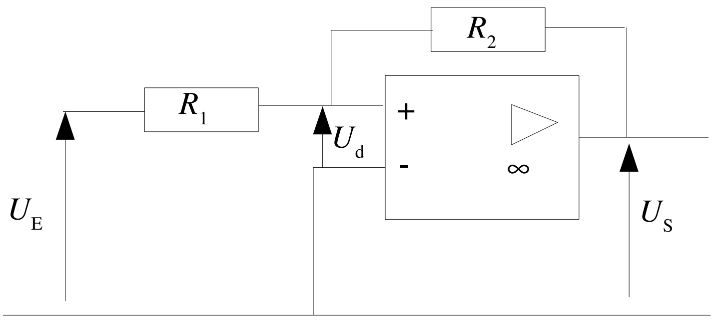
$U_C < U_E \Rightarrow U_S = -V_{CC} = -15$ V

## II.2.COMPARATEUR A DEUX SEUILS

### II.2.1. COMPARATEUR A DEUX SEUILS NON INVERSEUR SYMETRIQUE

Régime de saturation $U_d \neq 0$




En utilisant le théorème de superposition:

$U_S$ éteint: $V' = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_E$ $U_E$ éteint: $V'' = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$

On en déduit $V^+ = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_E + \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$

$V^-$ est relié à la masse $\Rightarrow V^- = 0$

$$U_d = V^+ - V^- = \frac{R_2}{R_1+R_2}.U_E + \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$$

1[er] cas: *état initial* $U_S = +V_{sat} = +V_{CC}$ Au moment du basculement $U_d = 0$

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}.U_E + \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S = 0 \Rightarrow R_2.U_E + R_1.U_S = 0 \Rightarrow R_2.U_E = -R_1.U_S$$

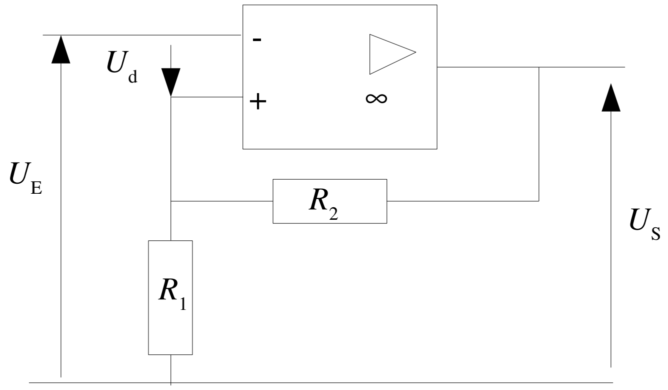
$$U_E = -\frac{R_1}{R_2}.U_S = -\frac{R_1}{R_2}.V_{sat} = -\frac{R_1}{R_2}.V_{CC} = U_B$$

2nd cas: *état initial* $U_S = -V_{sat} = -V_{CC}$ Au moment du basculement $U_d = 0$

$$\frac{R_2}{R_1+R_2}.U_E+\frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S = 0 \quad \Rightarrow R_2.U_E + R_1.U_S = 0 \Rightarrow \quad R_2.U_E = -R_1.U_S$$

$$U_E = -\frac{R_1}{R_2}.U_S = \frac{R_1}{R_2}.V_{sat} = \frac{R_1}{R_2}.V_{CC} = U_H$$

## II.2.2. COMPARATEUR A DEUX SEUILS INVERSEUR SYMETRIQUE




Régime de saturation $U_d \neq 0$

$U_d = V^+ - V^-$

$V^- = U_E$

Pour $V^+$, on utilise le diviseur de tension:

$$V^+ = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S$$

$$U_d = \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S - U_E$$

1er cas: *état initial* $U_S = -V_{sat} = -V_{CC}$ Au moment du basculement $U_d = 0$

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S - U_E = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S = U_E$$

$$U_E = -\frac{R_1}{R_1+R_2}.V_{sat} = -\frac{R_1}{R_1+R_2}.V_{CC} = U_B < 0$$

2nd cas: *état initial* $U_S = V_{sat} = V_{CC}$ Au moment du basculement $U_d = 0$

$$\frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S - U_E = 0 \quad \Rightarrow \quad \frac{R_1}{R_1+R_2}.U_S = U_E$$

$$U_E = \frac{R_1}{R_1+R_2}.V_{sat} = \frac{R_1}{R_1+R_2}.V_{CC} = U_H > 0$$