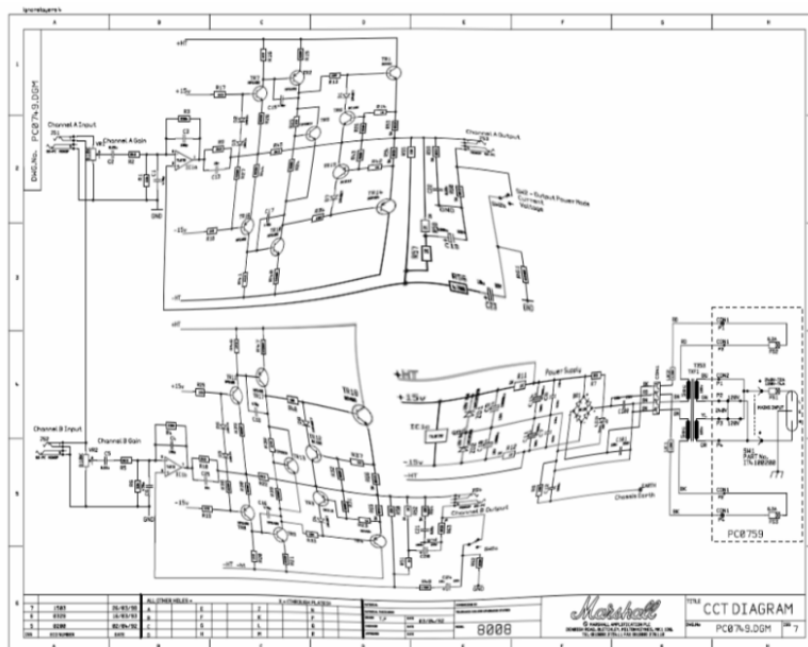


# TRAITEMENT DE L'INFORMATION : TRAITEMENT ANALOGIQUE



## Références au programme de formation

- Traitement de l'information (ET 3.1.4)

## I/ Objectifs et prérequis



### Objectifs

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable

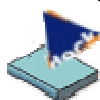
- de distinguer une information logique d'une information analogique
- de distinguer une opération d'addition, de soustraction ou de multiplication
- d'identifier, d'expliquer et de justifier un phénomène de saturation



### Pré-requis

- ET 2.2.2 Représentation : Schémas électroniques
- ET 2.3.6 Caractérisation de l'information analogique et logique

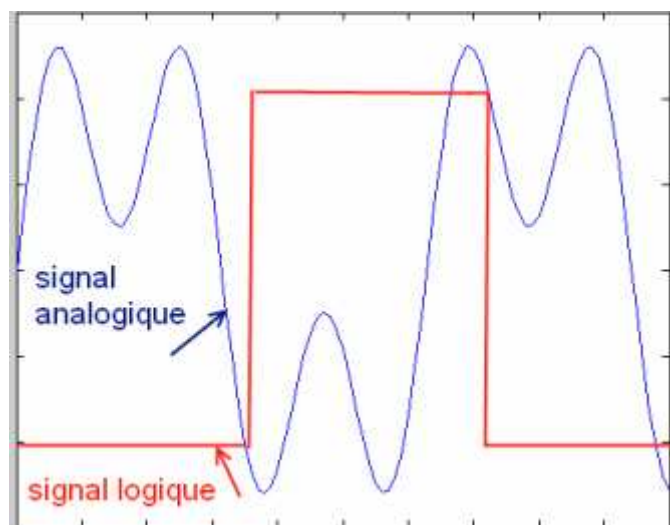
## II/ Signal analogique



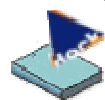
### Signal analogique

Un signal est analogique lorsque son information est représentée par la variation d'une grandeur physique.

Par opposition un signal logique n'a que deux valeurs distinctes.



### III/ Opérations sur les signaux analogiques : Multiplication



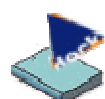
#### **Multiplication - Amplification**

L'amplification d'un signal électrique consiste à augmenter une ou certaines de ses grandeurs électriques :

- le courant : amplification de courant
- la tension : amplification de tension
- la puissance : amplification de puissance

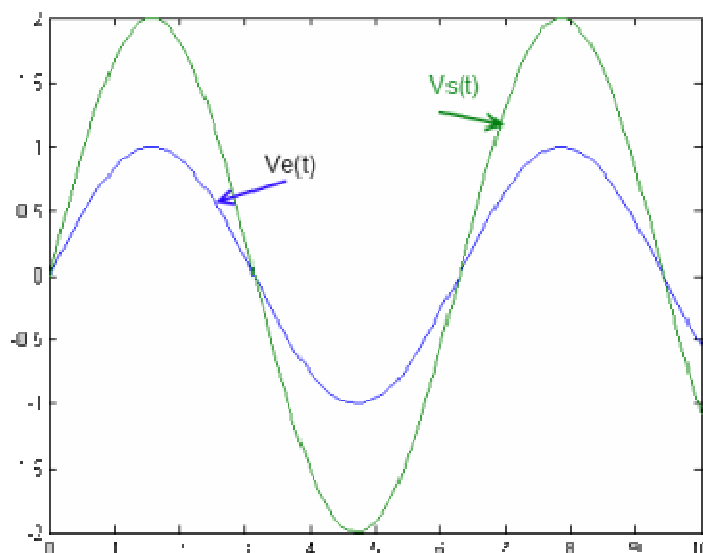
L'amplification de puissance étant à la fois une amplification de courant et une amplification de tension.

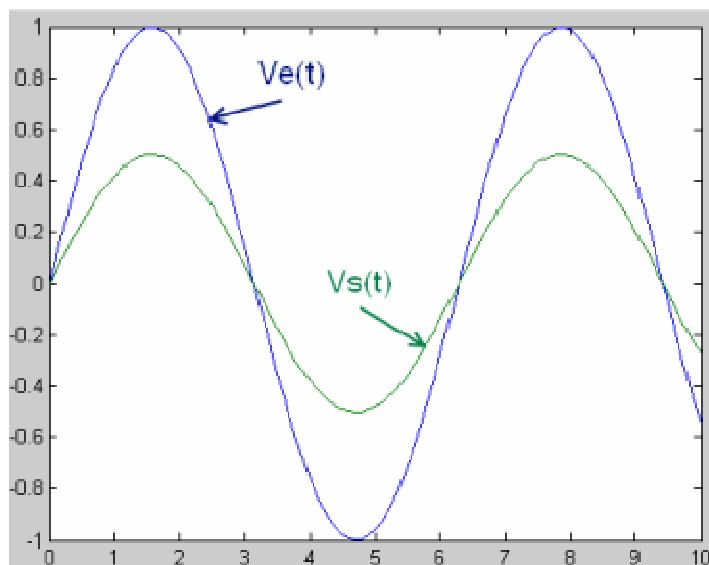
**Une opération d'amplification est donc une opération de multiplication par une constante supérieure à 1.**



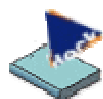
#### **Atténuation**

L'opération inverse de l'amplification est l'atténuation. L'atténuation est une opération de division par une constante supérieure à 1 (ou une opération de multiplication par un nombre compris entre 0 et 1).





#### IV/ Opérations sur les signaux analogiques : Addition - Soustraction



##### **Définition**

Il est fréquent d'ajouter des signaux analogiques pour répondre à un besoin spécifique d'une fonction.

$$V_s(t) = V_1(t) + V_2(t)$$

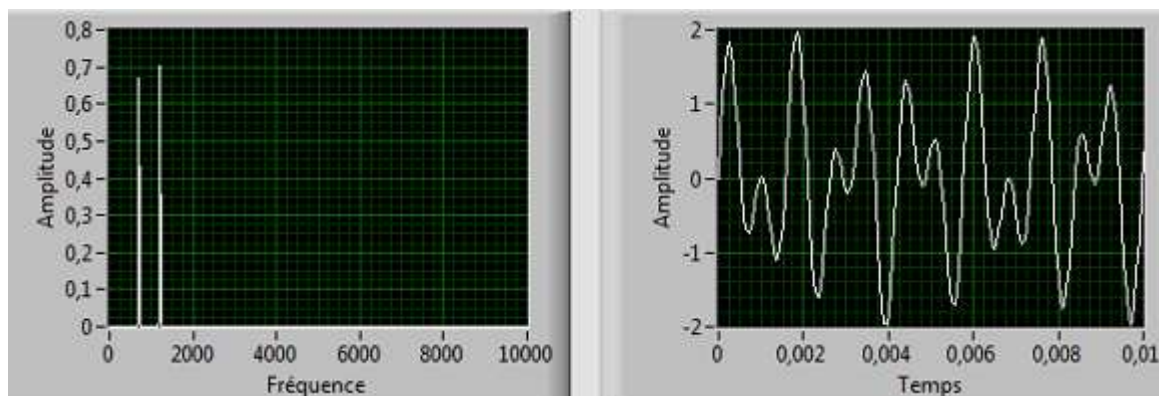


##### **Exemple : Signal DTMF**

Somme de deux signaux sinusoïdaux de fréquence 500Hz et 1250Hz :

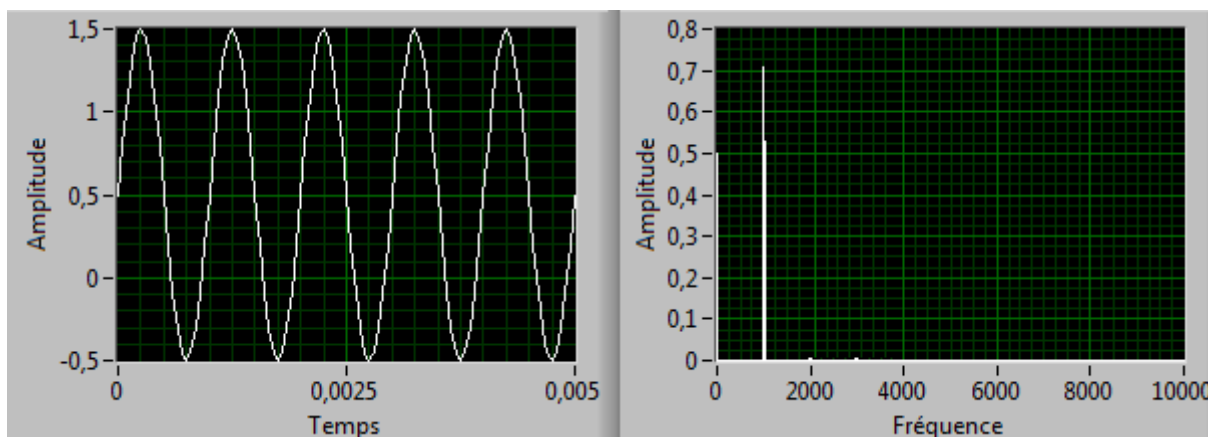
$$V_s(t) = 0,65.\sin(\omega_1.t) + 0,7.\sin(\omega_2.t)$$

$$\text{avec } \omega_1 = 2.\pi.500 \text{ et } \omega_2 = 2.\pi.1250$$

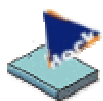


### Exemple : Ajout d'une composante continue

Signal ayant pour équation :  $V_s(t) = 0,5 + \sin(\omega.t)$



## V/ Opérations sur les signaux analogiques : Comparaison - Saturation

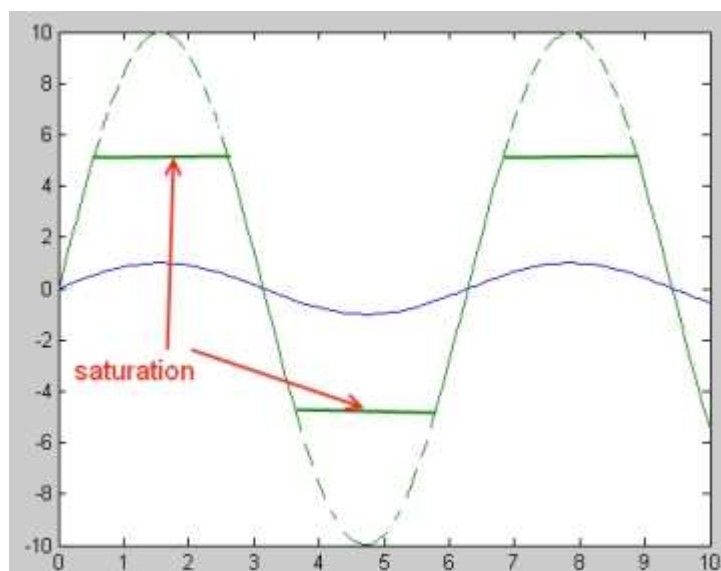


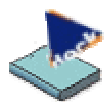
### **Saturation**

Les structures de traitement des signaux analogiques sont réalisés avec des amplificateurs. Ces derniers ne peuvent restituer, au maximum que la tension maximum qui les alimente.

Si théoriquement ils doivent restituer plus, la tension de sortie ne dépassera pas cette tension d'alimentation. On dit qu'ils saturent.

### Exemple d'un signal amplifié par un amplificateur alimenté en +5V et -5V :



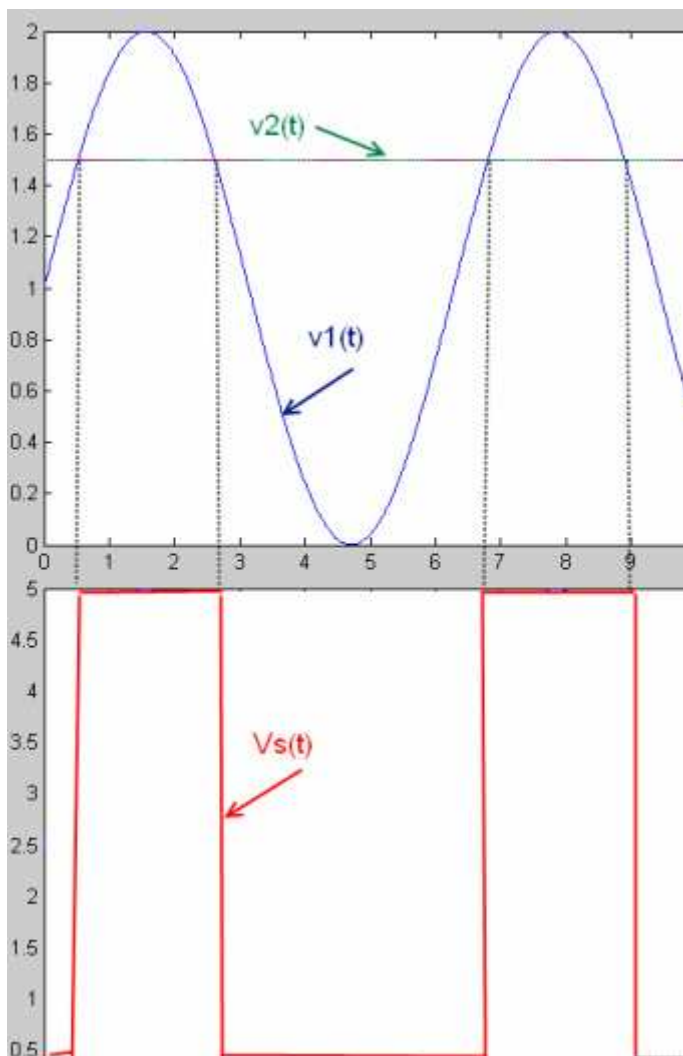


## Comparaison

En soustrayant un signal à un autre et en l'amplifiant très fortement - au point de saturer l'amplificateur - on réalise une structure capable de comparer une tension à une autre et de restituer un signal logique.

On l'appelle **comparateur**.

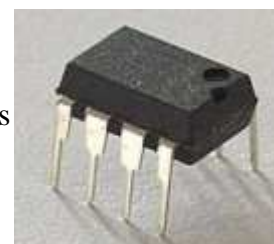
L'amplificateur est alimenté entre 0V et 5V.

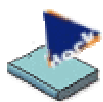


- Si  $v_1(t) > v_2(t)$  la tension de sortie est à 5V (NL1)
- Si  $v_1(t) < v_2(t)$  le tension de sortie est à 0V (NL0).

## VI/ Solutions constructives

Les structures de traitement des informations analogiques sont centrées le plus souvent autour de structures appelées *Amplificateur Opérationnel*.



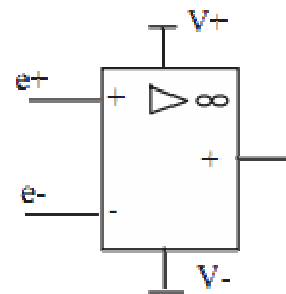


## Amplificateur opérationnel

Un *amplificateur linéaire intégré* (ALI) appelé encore *amplificateur opérationnel* (AOP) est une structure que l'on trouve intégrée dans un circuit intégré.

Elle dispose :

- d'une amplification en boucle ouverte<sup>1</sup> infinie
- d'une large bande passante<sup>2</sup>
- d'une impédance d'entrée infinie (courants d'entrées nuls)
- d'une impédance de sortie nulle.



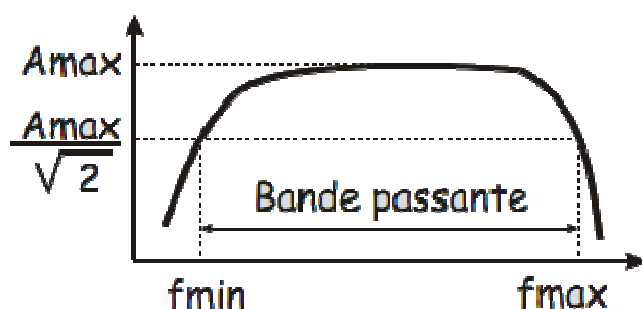
Son alimentation se fait souvent par deux tensions symétriques ( $V+$  et  $V-$ ) mais certains sont alimentés aussi en monotension.

Les deux entrées sont souvent appelées  $e+$  et  $e-$  et la différence de tension entre les deux est :

$$\varepsilon = e^+ - e^-$$

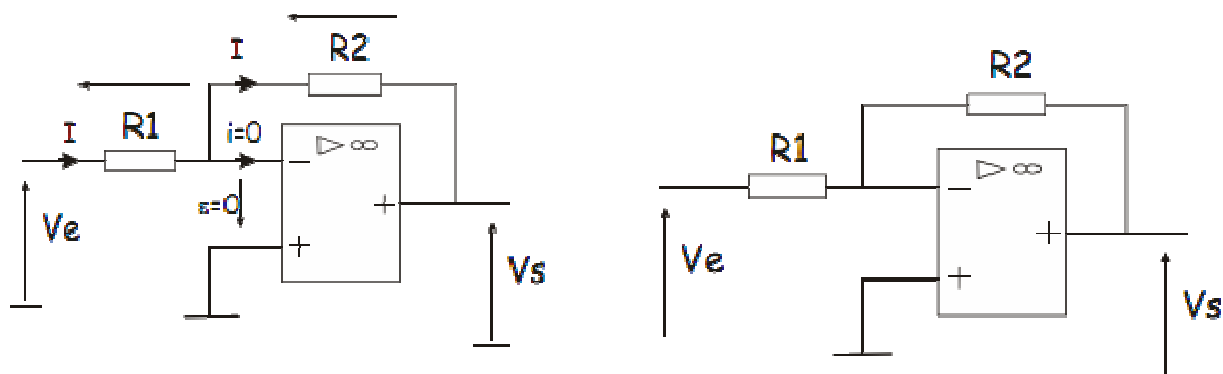
1 : **Boucle ouverte** : on dit qu'un circuit est en boucle ouverte lorsque le signal de sortie n'est pas utilisé intégralement ou partiellement en entrée. On dit également dans ce cas qu'il n'y a pas de *rétroaction*

2 : **Bande passante** : c'est la différence entre une fréquence haute et une fréquence basse. Les deux fréquences sont prises pour une atténuation par rapport au maximum de  $1/\sqrt{2}$  (-3dB).



## Calcul des fonctions de transfert

Soit le montage suivant pour lequel on souhaite calculer la fonction de transfert  $V_s/V_e$  :



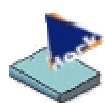
### Méthodologie de calcul :

- La contre-réaction existe, dans ce cas  $\varepsilon = e^+ - e^-$  est nul.
- On place les courants et les tensions.
- On cherche  $V_s/V_e$ . On prendra donc une maille dans laquelle se trouve  $V_s$  ou  $V_e$ . La première maille donne :  $V_s + R_2 \cdot I + \varepsilon = 0$  soit  $V_s = -R_2 \cdot I$
- Pour éliminer  $I$  qui est une variable inconnue, il faut utiliser une deuxième équation trouvée grâce à une nouvelle maille (elle comportera de préférence  $V_e$ ) :  $V_e - R_1 \cdot I + \varepsilon = 0$  donc  $I = V_e / R_1$
- En remplaçant  $I$  dans la première équation on trouve

$$V_s/V_e = -R_2/R_1.$$

**Conclusion :** L'amplification dépend uniquement des deux résistances.

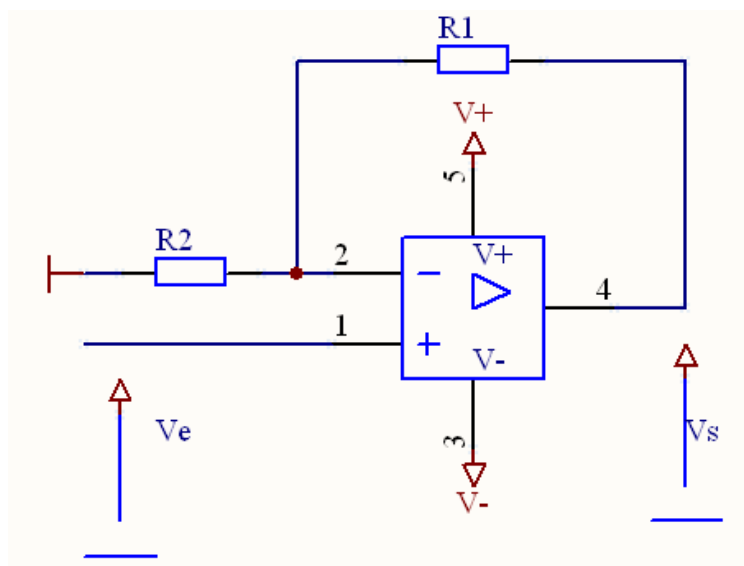
## Amplificateur

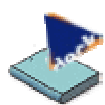


### Amplificateur non-inverseur

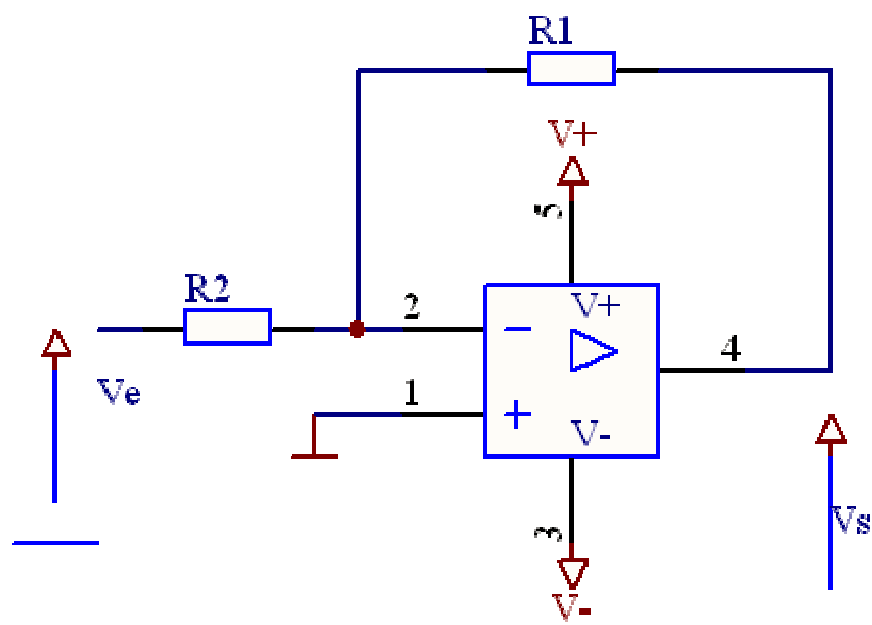
Pour ce montage la fonction de transfert donne :

$$V_s/V_e = 1 + R_1/R_2 = (R_1 + R_2)/R_2$$





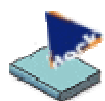
## Amplificateur inverseur



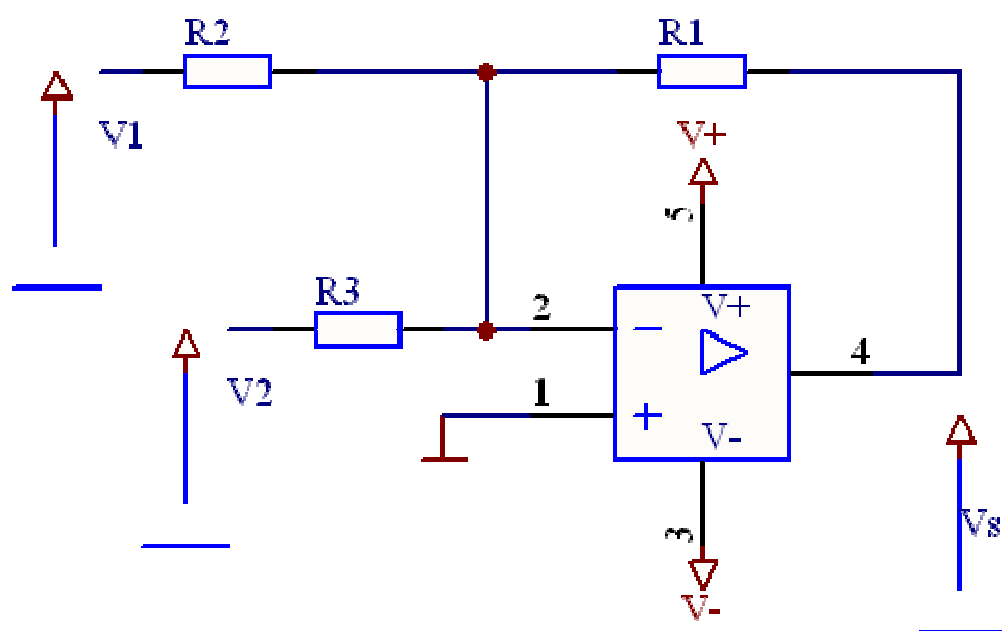
Le calcul de la fonction de transfert est détaillé dans la [page précédente](#).

$$V_s/V_e = -R_1/R_2$$

Le signal de sortie est déphasé de  $180^\circ$  par rapport au signal d'entrée. L'amplification dépend de  $R_1$  et  $R_2$ . Cette structure peut aussi atténuer.



## Sommeur

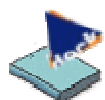




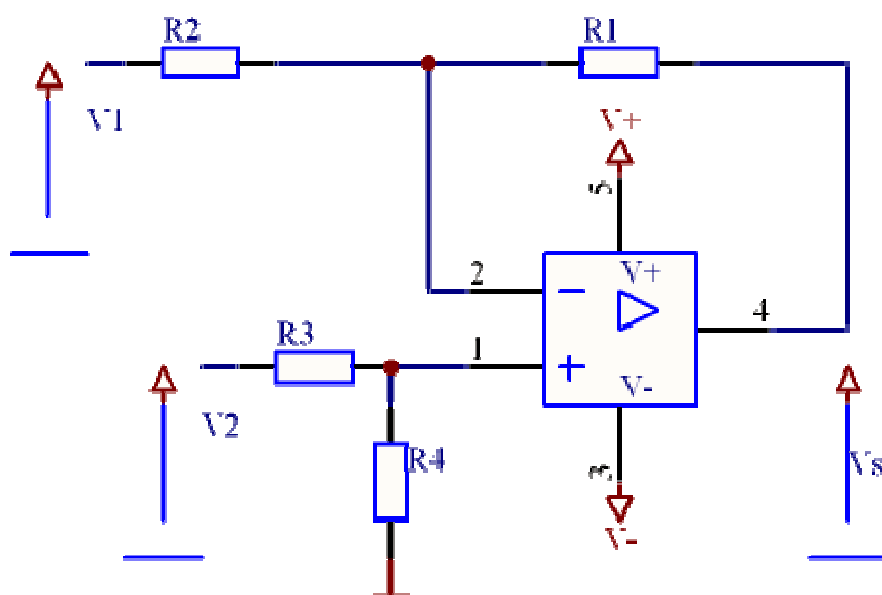
Il s'agit d'un sommateur inverseur qui réalise donc un déphasage de 180°.

Sa tension de sortie est :

$$V_s(t) = -[V_1(t) \cdot \left(\frac{R_3}{R_1}\right) + V_2(t) \cdot \left(\frac{R_3}{R_1}\right)]$$



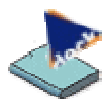
### Soustracteur



$$V_s(t) = -\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right) \cdot \left[ V_1(t) \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2} - V_2(t) \cdot \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right) \right]$$

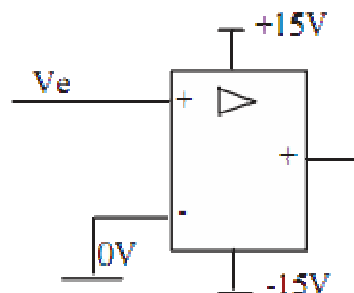
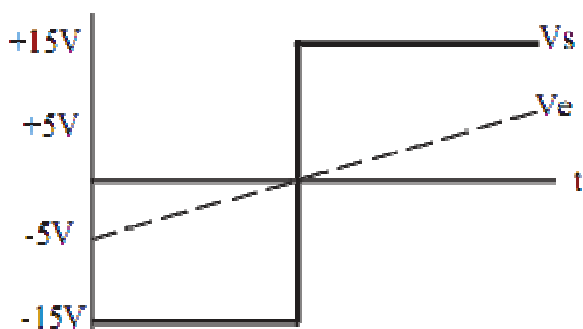
Si toutes les résistances sont identiques :

$$V_s(t) = V_2(t) - V_1(t)$$



### Comparateur en boucle ouverte

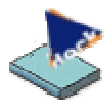
Dans ce montage, il n'y a pas de [rétroaction](#).



Pour ce montage, si  $e+ > e-$  alors  $V_s = +15V$

sinon  $V_s = -15V$

Dans l'exemple ci-dessus, la comparaison du signal d'entrée se fait avec 0V.



## Comparteur à deux seuils - Trigger de Schmitt

Pour ce montage, deux seuils assurent la commutation :

- $V_{th+} = V_+ \cdot R2/R1$
- $V_{th-} = V_- \cdot R2/R1$

La caractéristique de transfert se présente sous forme de courbe en hystérésis.

Cette structure est préférée à la précédente si le signal est susceptible d'être très parasité.

