



# AMPLIFICATION D'UN SIGNAL

## Objectifs / Compétences

- Appréhender la structure matérielle de la chaîne d'acquisition : amplification
- Analyser le besoin en terme de conditionnement de signal

### Savoirs

Je connais:

- La mise en forme d'un signal ( trigger)
- L'amplification d'un signal

### Savoir Faire

Je sais faire:

- Analyser le besoin et proposer une amplification de signal
- Choisir une structure de mise en forme du signal

## Sommaire

<b>I. GENERALITES</b> .....	<b>2</b>
<b>II. AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL IDEAL:</b> .....	<b>3</b>
II.1. CARACTÉRISTIQUES IDÉALES: .....	3
II.2. IDENTIFICATION DU MODE DE FONCTIONNEMENT: .....	3
II.3. AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL IDÉAL FONCTIONNANT EN MODE LINÉAIRE: .....	3
II.4. MONTAGE SANS CONTRE RÉACTION OU À RÉACTION POSITIVE: RÉGIME SATURÉ OU NON LINÉAIRE. ....	6
<b>III. AMPLIFICATEUR NUMERIQUE:</b> .....	<b>7</b>

Souvent, les signaux électriques notamment issus de capteurs ont besoin d'être amplifiés pour être correctement traités par l'organe de traitement de la chaîne d'information. Nous étudions en premier lieu dans ce chapitre les ALI ( amplificateurs linéaires intégrés ) qui s'appelaient à l'origine "amplificateurs opérationnels". Ils étaient en effet incorporés dans des circuits de calcul pour effectuer des opérations telles que : addition, soustraction, dérivation, intégration, obtention de fonctions logarithmiques, quadratiques, fonction sinus, etc., mais actuellement leur emploi s'est étendu à d'autres domaines. Ils sont maintenant utilisés pour d'autres fonctions telles que : les mesures, les procédés de contrôle, les asservissements (même si les asservissements numériques sont maintenant développés) et autres applications scientifiques.

Les principaux schémas de montages à ALI sont :

- les amplificateurs inverseurs et non inverseurs d'une tension,
- les amplificateurs différentiels,
- les opérateurs de calcul : additionneurs, soustracteurs, intégrateurs, ..
- les filtres : passe-bas, passe-haut, passe-bande, réjecteur de bande, ...

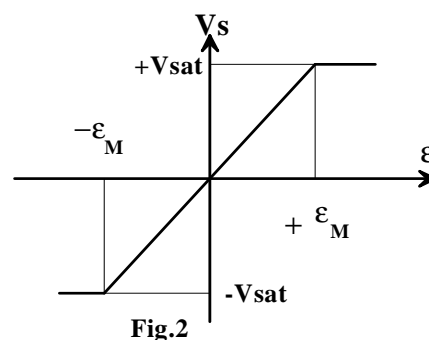
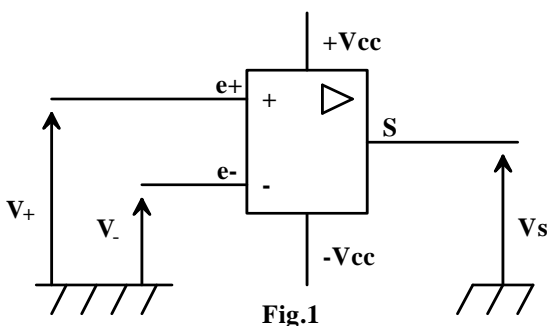
Ensuite, nous définirons l'amplification numérique, qui est actuellement très utilisée.

## I. GENERALITES

Un amplificateur opérationnel (A.Op.) ou amplificateur linéaire intégré (ALI), est un amplificateur de différence sous forme de circuit intégré.

Il est généralement alimenté par une alimentation symétrique ( $\pm V_{cc} = \pm 15V$ ) par rapport à la masse, et il présente (Fig. 1):

- **Deux bornes d'entrées:** une entrée non inverseuse  $e^+$ , et une entrée inverseuse  $e^-$ , portées respectivement aux potentiels  $V_+$  et  $V_-$  par rapport à la masse.
- **Une borne de sortie S**, dont la tension par rapport à la masse est notée  $V_s$ , elle est comprise entre  $-V_{cc}$  et  $+V_{cc}$ .



Ce composant électronique est caractérisé par sa réponse en tension  $V_s = f(\epsilon)$ .

$\epsilon = V_+ - V_-$  est la tension différentielle d'entrée.

La caractéristique  $V_s = f(\epsilon)$ , fait apparaître 3 zones (Fig. 2)

\* Si  $\epsilon > \epsilon_M$ ,  $V_s = +V_{sat}$  : **zone de saturation positive**

\* Si  $\epsilon < -\epsilon_M$ ,  $V_s = -V_{sat}$  : **zone de saturation négative**

\* Si  $-\epsilon_M < \epsilon < \epsilon_M$ , **zone de fonctionnement linéaire de largeur  $2\epsilon_M$**

**dans ce dernier cas, on a :**  $V_s = \mu \cdot \epsilon$  Avec  $\mu$  gain différentiel en boucle ouverte de l'amplificateur.

**Remarques :**

- La tension de saturation **V<sub>sat</sub>** est un peu inférieure à la tension d'alimentation **V<sub>cc</sub>**.
- Le coefficient de proportionnalité  **$\mu$  est de** l'ordre de  $10^4$  à  $10^6$  en continu.
- Le gain  **$\mu$**  diminue fortement lorsque la fréquence du signal d'entrée croît.

**II. AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL IDEAL:****II.1. Caractéristiques idéales:**

Un amplificateur opérationnel idéal possède les caractéristiques suivantes:

- Un gain différentiel  **$\mu$  infini et indépendant de la fréquence.**
- Une impédance d'entrée **Z<sub>e</sub> infinie** soit des courants d'entrées **I<sub>+</sub>** et **I<sub>-</sub>** nuls.
- Une impédance de sortie **Z<sub>s</sub> nulle**, c'est à dire un comportement en source de tension parfaite.

**II.2. Identification du mode de fonctionnement:****Important:**

Quand on étudie un montage à amplificateur différentiel, la première chose à déterminer est le mode de fonctionnement. Deux cas se présentent habituellement.

- S'il existe une liaison entre la sortie **S** et la borne d'entrée inverseuse **e-** par un ou des composants de type R, C on dit qu'il y a une **contre réaction** (ou réaction négative). L'amplificateur opérationnel fonctionne alors en **mode linéaire**.
- En l'**absence de contre réaction**, ou s'il existe une **réaction positive** ( de la sortie S vers l'entrée non inverseuse e+), le fonctionnement est en **mode saturé**.

**II.3. Amplificateur opérationnel idéal fonctionnant en mode linéaire:**

Comme  **$V_s = \mu \cdot \varepsilon$**  avec  **$\varepsilon = V_+ - V_-$** , et  **$\mu$  infini**, on remarque que  **$\varepsilon = V_s / \mu = 0$**  puisque **V<sub>s</sub>** a une valeur finie .

On déduit alors  **$V_+ = V_-$** .

**On retiendra:**

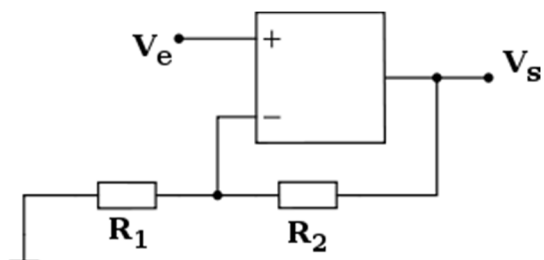
**Si un montage à A Op possède une contre réaction, le mode de fonctionnement est linéaire et si d'autre part le composant est supposé idéal (gain infini), la tension différentielle d'entrée  $\varepsilon$  est nulle.**

$$\varepsilon = V_+ - V_- = 0$$

**Méthode de calcul en régime linéaire:**

On détermine individuellement les tensions **V<sub>+</sub>** et **V<sub>-</sub>** appliquées sur les entrées avec **I<sub>+</sub> = I<sub>-</sub> = 0**, puis de l'égalité **V<sub>+</sub> = V<sub>-</sub>** on déduit la relation entre la ou les variables d'entrées et la sortie.

### Amplificateur non-inverseur



**Exemple :** Ici une contre réaction est réalisée par la résistance **R2**, le mode de fonctionnement est linéaire, si de plus l'amplificateur opérationnel est idéal, on écrit:  $V_+ = V_-$

$$V_+ = V_e \text{ et } I_- = I_+ = 0$$

Par l'application de la loi du pont diviseur de tension on obtient:

$$V_- = V_s \cdot R_1 / (R_1 + R_2)$$

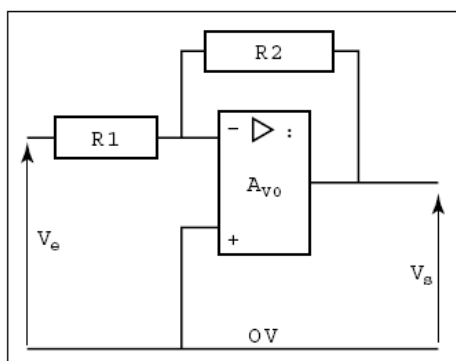
On déduit alors la relation entre  $V_s$  et  $V_e$

$$V_s = V_e \cdot (R_1 + R_2) / R_1$$

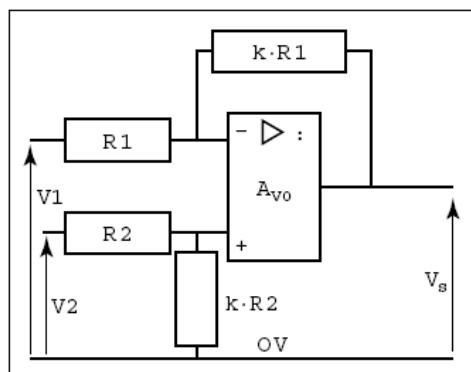
Cette relation est valable seulement si  $V_s$  est dans le domaine  $\pm V_{cc}$ .

### Travail demandé:

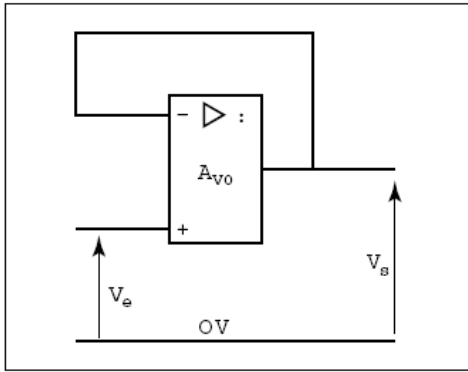
Pour l'ensemble des montages suivants, déterminer la relation entre la grandeur de sortie et la ou les grandeurs d'entrées. Les tensions d'alimentation sont considérées égales à  $\pm 15V$



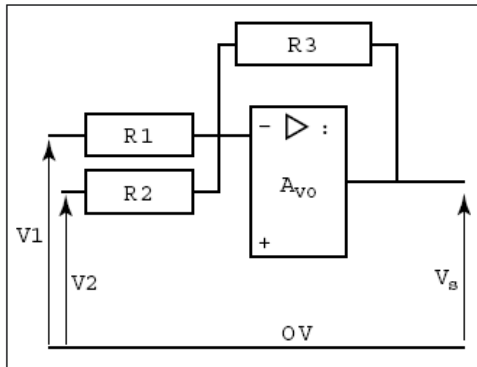
**Montage inverseur**



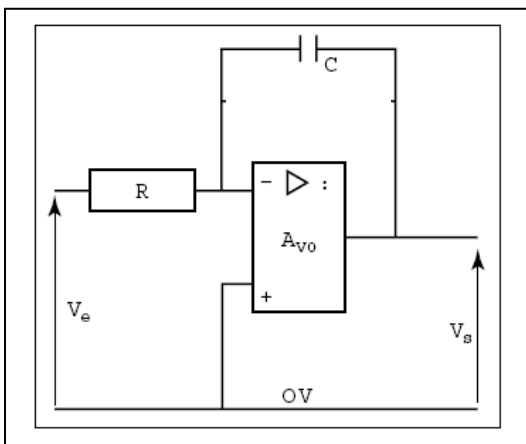
**Montage soustracteur**



**Montage suiveur de tension**



**Montage sommateur inverseur**



**Montage intégrateur**

**Montage dérivateur :**

## II.4. Montage sans contre réaction ou à réaction positive: Régime saturé ou non linéaire.

En régime saturé ou non linéaire la contre réaction n'existant pas, la sortie se bloque dans un état saturé selon le signe de  $\varepsilon$ .

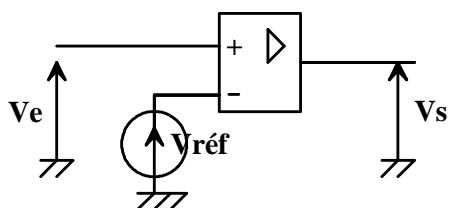
Si  $\varepsilon > 0$ ,  $V_s = +V_{sat} = +V_{cc}$ ,

si  $\varepsilon < 0$ ,  $V_s = -V_{sat} = -V_{cc}$ .

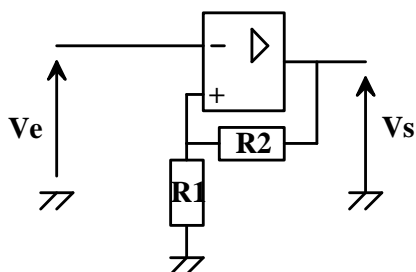
Dans ce cas on détermine le ou les conditions de changement d'état de la sortie et on établit le graphe  $V_s = f(V_e)$ .

**Exemples :**

**Comparateur à seuil**



**Comparateur à hystérésis ou trigger de schmitt**



### III. AMPLIFICATEUR NUMERIQUE:

Si on dispose directement d'une image numérique d'un signal et qu'on veut l'amplifier, il suffit de multiplier numériquement par la valeur souhaitée. Mais pour avoir une bonne image, la fréquence d'échantillonnage doit être suffisamment rapide et les CAN et CNA suffisamment précis (nombre de bits élevé) pour éviter des erreurs de codage trop importantes.

