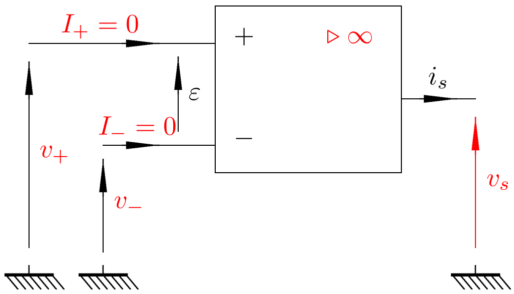
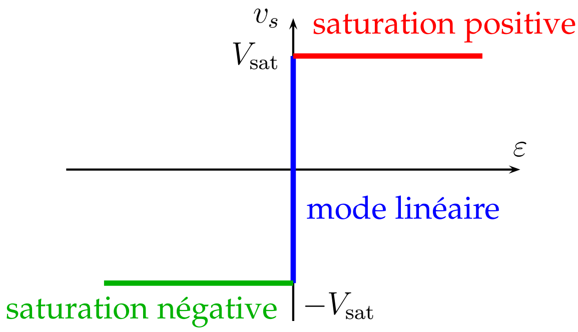
# $EC_8$ Amplificateur linéaire intégré (ALI)

PCSI 2024 – 2025

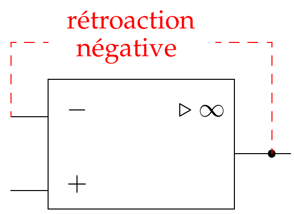
## I Amplificateur linéaire intégré, le composant

Il s'agit d'un composant avec 8 broches. Deux de celles-ci servent à l'alimentation et ne seront pas représentée sur le schéma électrique, deux servent à corriger des défauts mais nous ne les utiliseront pas, une ne sert pas du tout et il en reste trois.
Ces trois bornes qui seront représentées sur les schémas sont : une entrée non inverseuse (+ ); une entrée inverseuse (− ); et une sortie.




- Si l'ALI est idéal alors $I_+ = 0$ et $I_- = 0$
- Si l'ALI est idéal et en régime linéaire alors $\varepsilon = v_+ - v_- = 0$
  $-V_{\text{sat}} < v_s < V_{\text{sat}}$ est déterminé par le reste du circuit.
- Si l'ALI est idéal et en mode saturé alors $v_s = \pm V_{\text{sat}}$ selon le signe de $\varepsilon$.
- $i_s$ est a priori inconnu, déterminé par le reste du circuit.
  D'un point de vue énergétique, on peut avoir $i_s \neq 0$ car l'ALI est un composant alimenté par une source de tension extérieure. $i_s$ est limité par construction, typiquement $|i_s| < 40$ mA. Au delà, on a saturation.




L'ALI ne peut fonctionner en régime linéaire que s'il existe une liaison entre la borne $v_s$ et l'entrée inverseuse : boucle de rétroaction négative.

C'est une condition nécessaire mais pas suffisante.

Lorsque l'on fera nos calculs, on vérifiera la présence d'une rétroaction négative , puis on supposera que l'ALI fonctionne en régime linéaire. Si lors des calculs on trouve que :
— $|v_s| > V_{\text{sat}}$ , alors c'est qu'en fait il fonctionne en régime saturé ;
— sinon, c'est qu'il est en effet en régime linéaire.

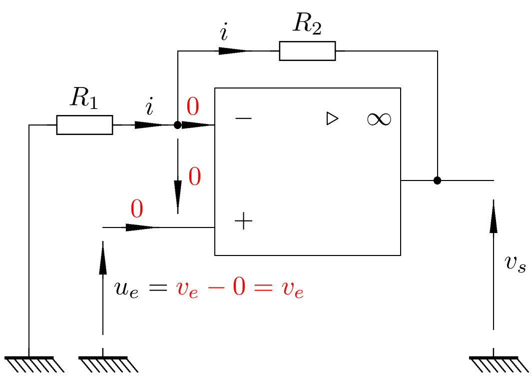
## II Montages classiques utilisant des ALI

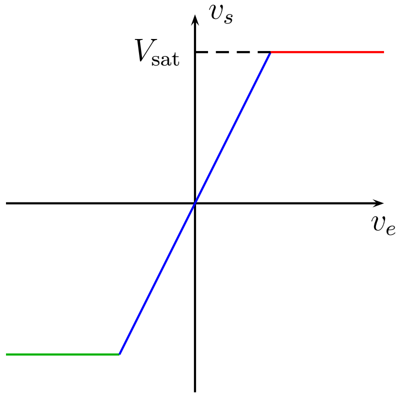
La loi des nœuds en terme de potentiels se révèle très utile dans des montages comportant des ALI parfaits en régime linéaire : on l'applique aux entrées car on sait que $I_+ = I_- = 0$ (et non à la sortie car $i_s$ inconnue) et on utilise $v_+ = v_-$.
Dans certains cas, on peut aussi obtenir rapidement des résultats grâce à des ponts diviseurs de tensions bien appliqués.

# 1. Montages amplificateurs

## 1.a. Amplificateur non inverseur

Relation liant $v_s$ à $v_e$ :



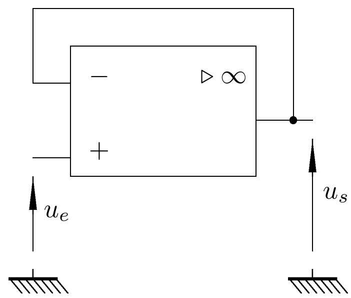

Loi des nœuds en terme de potentiel à l'entrée inverseuse :

$$\frac{0 - v_-}{R_1} + \frac{v_s - v_-}{R_2} + 0 = 0 \text{ et } v_- = v_+ = v_e$$

$$\Rightarrow \frac{v_s}{R_2} = (\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}).v_e \Rightarrow \frac{v_s}{v_e} = (1 + \frac{R_2}{R_1}) = A \geqslant 1$$

On a toujours $v_s \leqslant V_{\text{sat}}$ d'où saturation si $v_e > \frac{V_{\text{sat}}}{A}$, $v_s(t)$ est écrêté.

## 1.b. Suiveur




On se retrouve dans le cas précédent mais avec $R_1$ infini et $R_2 = 0$.
On a alors simplement $v_s = v_e$ à tout instant.

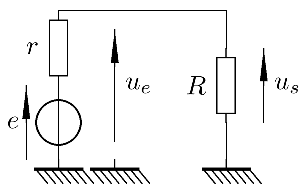
L'utilité du montage réside dans le fait qu'il isole la charge de la source.

**Exemple :**

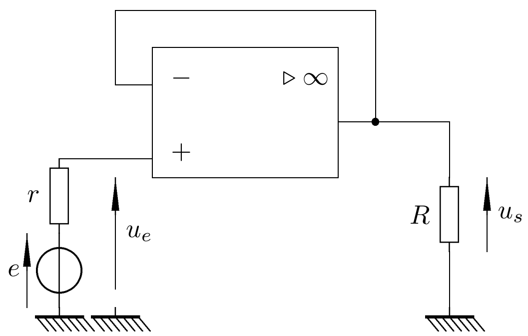
- dans le montage 1,

$$u_s = u_e = e - ri = \frac{R}{R + r} e$$

  dépend de $R$ alors que
- pour le montage 2, $u_s = u_e = e - rI_+ = e$ pour tout $R$.

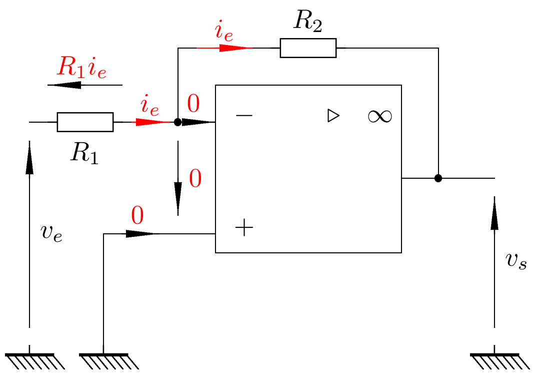



Montage 1




Montage 2

### 1.c. Amplificateur inverseur



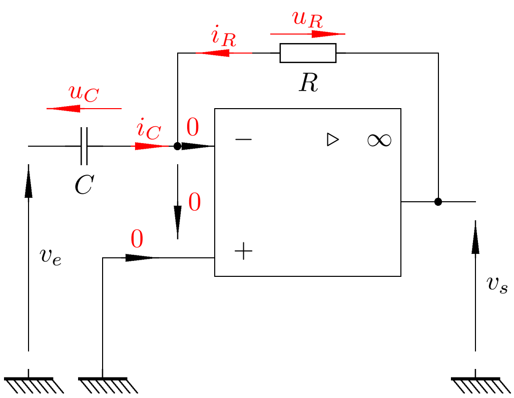

$v_+ = v_- = 0$ et loi des nœuds en terme de potentiel à l'entrée inverseuse $-$ :

$$\frac{v_e - v_-}{R_1} + \frac{v_s - v_-}{R_2} + 0 = 0$$

$$\Rightarrow \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1} < 0$$

## 2. Dérivateur et intégrateur

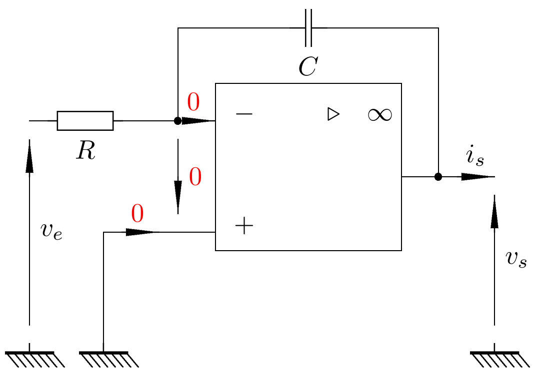
### 2.a. Dérivateur




$v_+ = 0$ et AO idéal en mode linéaire d'où $v_- = 0$ puis loi des nœuds à l'entrée inverseuse $-$ :
$i_C + i_R + 0 = 0$ soit $C\frac{du_C}{dt} + \frac{u_R}{R} + 0 = 0$

$$C\frac{d(v_e - v_-)}{dt} + \frac{(v_s - v_-)}{R} + 0 = 0 \Rightarrow v_s = -RC\frac{dv_e}{dt}$$

### 2.b. Intégrateur



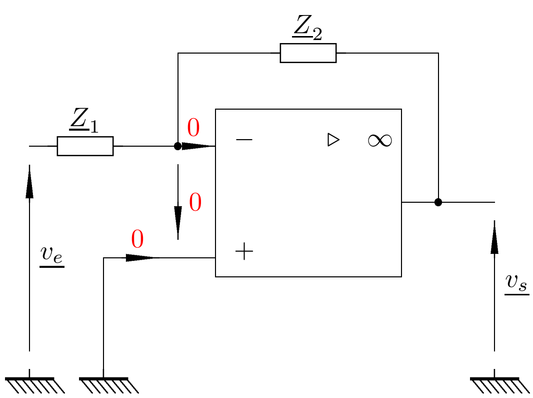

$v_+ = 0$ et AO idéal en mode linéaire d'où $v_- = 0$ puis loi des nœuds à l'entrée inverseuse $-$ :

$$C\frac{d(v_s - v_-)}{dt} + \frac{(v_e - v_-)}{R} + 0 = 0 \Rightarrow \frac{dv_s}{dt} = -\frac{1}{RC}v_e$$

$$\Rightarrow v_s = -\frac{1}{RC}\int v_e dt$$

**Remarque :** On verra en TP que ces deux montages présentent des défauts et comment les corriger.

## 3. Étude en RSF



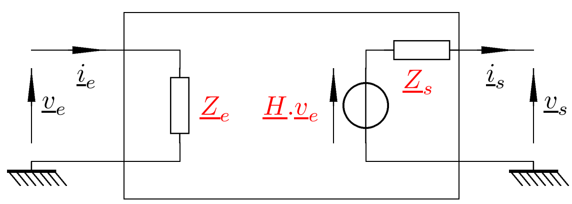

On peut généraliser les trois montages précédents.
Par utilisation de la loi des nœuds en terme de potentiels ou du thm de Millman en RSF à l'entrée inverseuse,

$$\underline{v}_- = \underline{v}_+ = 0 \iff 0 = \frac{\frac{\underline{v}_e}{\underline{Z}_1} + \frac{\underline{v}_s}{\underline{Z}_2} + 0}{\frac{1}{\underline{Z}_1} + \frac{1}{\underline{Z}_2}} = 0 \Rightarrow \underline{v}_s = -\frac{\underline{Z}_2}{\underline{Z}_1}\underline{v}_e$$

**Exemple :** pour le dérivateur, $\underline{Z}_1 = \underline{Z}_C = \frac{1}{jC\omega}$ et $\underline{Z}_2 = R$ d'où $\underline{v}_s = -jRC\omega.\underline{v}_e \Rightarrow v_s(t) = -RC\frac{dv_e(t)}{dt}$.

## 4. Impédance d'entrée, de sortie

On peut modéliser les montages précédents de la façon suivante.
On a alors $\underline{Z}_e = \frac{\underline{v}_e}{\underline{i}_e}$
et $\underline{Z}_s$ telle que $v_s = \underline{H}\underline{v}_e - \underline{Z}_s.\underline{i}_s$




**Exemples :**

- Amplificateur non inverseur et suiveur :
  $i_e = I_+ = 0$ donc $\underline{Z}_e \to \infty$. Isole la charge de la source.
- Autres montages, $\underline{Z}_e = \frac{\underline{v}_e}{\underline{i}_e} = \frac{\underline{Z}_1.\underline{i}_e}{\underline{i}_e} = \underline{Z}_1$ non infini.
- Dans tous les cas, $v_s$ est indépendant de $i_s$ ce qui correspond à $\underline{Z}_s = 0$.

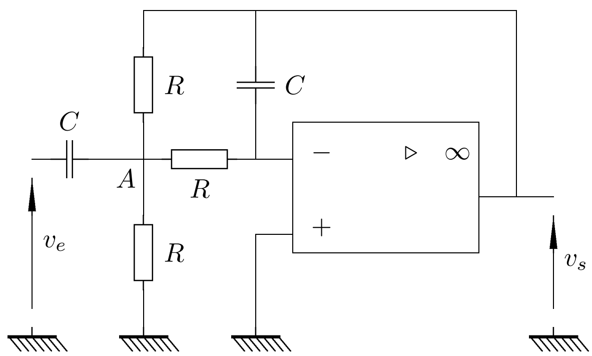
## 5. Filtres actifs

Dans ce type de filtre, figure un composant actif , souvent un ALI en régime linéaire.
On peut alors avoir un gain en puissance supérieur à un.

### 5.a. Exemple

Soit le filtre représenté ci-dessous et pour lequel $R = 1\ \mathrm{k\Omega}$, $C = 10^{-9}$ F et l'amplificateur opérationnel est parfait et fonctionne en régime linéaire.

1. Quelle est la nature de ce filtre ?
2. Déterminer sa fonction de transfert $\underline{H}(jx)$, où $x = RC\omega$.
3. Déterminer la fréquence $f_0$ pour laquelle le gain est maximum. Quel est le déphasage $\varphi$ correspondant ?
4. Calculer le gain maximum en dB.
5. Tracer le diagramme de Bode.



# Table des matières