

# EC<sub>8</sub> Amplificateur linéaire intégré (ALI)

PCSI 2025 – 2026

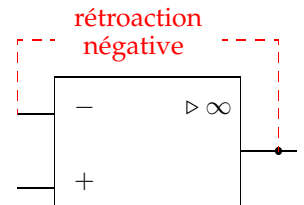
## I Amplificateur linéaire intégré, le composant

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  $\varepsilon = v_+ - v_- = 0$   
 $-V_{sat} < v_s < V_{sat}$  est déterminé par le reste du circuit.
- Si l'ALI est idéal et en mode saturé alors  $v_s = \pm V_{sat}$  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 :

- $|v_s| > V_{sat}$ , 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

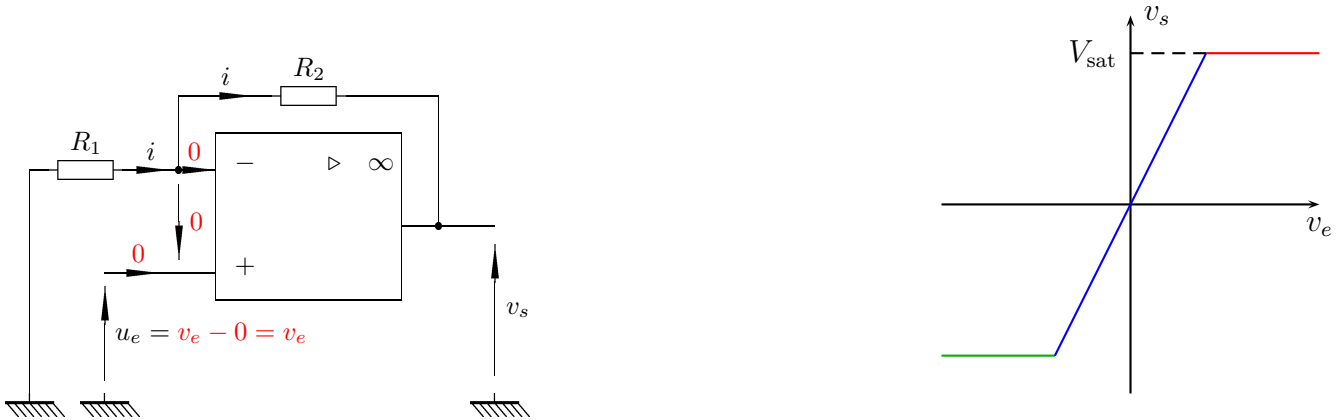
La loi des nœuds en terme de potentiels se révèle très utile dans des montages comportant des ALI parfaits en régime linéaire : **on l'applique aux entrées car on sait que  $I_+ = I_- = 0$  (et non à la sortie car  $i_s$  inconnue) et on utilise  $v_+ = v_-$ .**

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 :

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

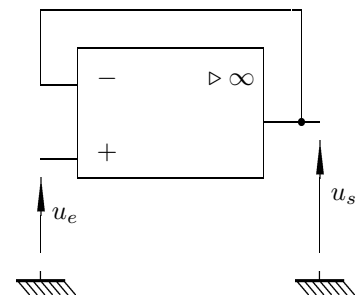
$$\Rightarrow \frac{v_s}{R_2} = \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) \cdot v_e \Rightarrow \frac{v_s}{v_e} = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) = A \geq 1$$

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



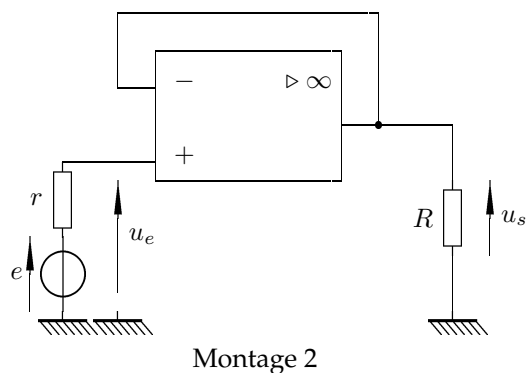
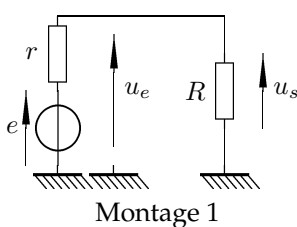
Exemple :

- 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  $R$ .

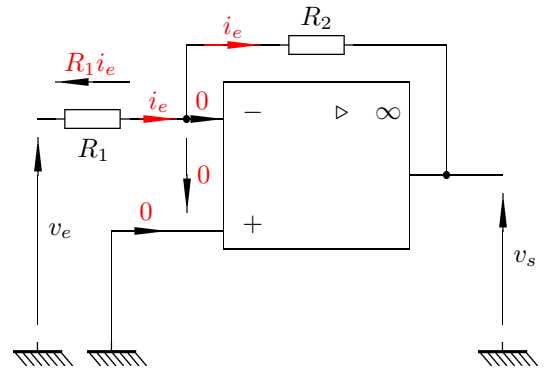


**1.c. Amplificateur inverseur**

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

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

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



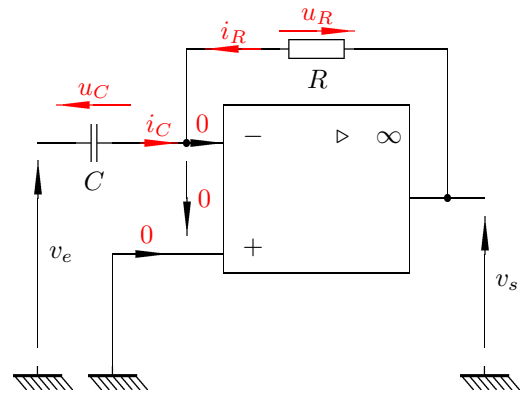
**2. Dérivateur et intégrateur**

**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  $C \frac{dv_C}{dt} + \frac{u_R}{R} + 0 = 0$

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

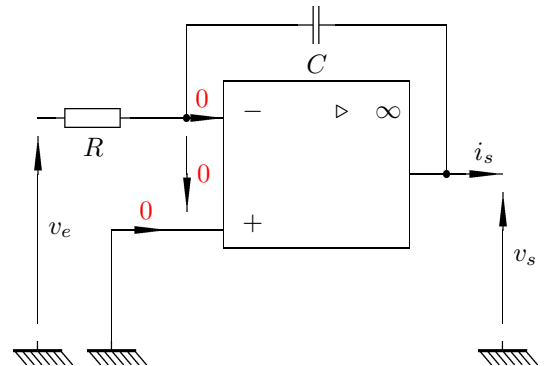


**2.b. Intégrateur**

$v_+ = 0$  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.

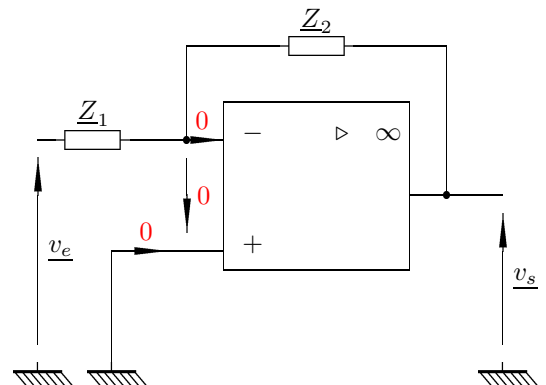
**3. Étude en RSF**

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,

$$v_- = v_+ = 0 \iff 0 = \frac{\frac{v_e}{Z_1} + \frac{v_s}{Z_2} + 0}{\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2}} = 0 \Rightarrow v_s = -\frac{Z_2}{Z_1} v_e$$

**Exemple :** pour le dérivateur,  $Z_1 = Z_C = \frac{1}{jC\omega}$  et  $Z_2 = R$  d'où  $v_s = -jRC\omega \cdot v_e \Rightarrow v_s(t) = -RC \frac{dv_e(t)}{dt}$ .



## 4. Impédance d'entrée, de sortie

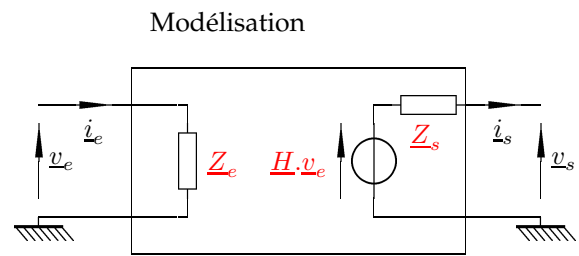
On peut modéliser les montages précédents de la façon suivante.

On a alors  $Z_e = \frac{v_e}{i_e}$

et  $Z_s$  telle que  $v_s = H v_e - Z_s \cdot i_s$

**Exemples :**

- Amplificateur non inverseur et suiveur :  
 $i_e = I_+ = 0$  donc  $Z_e \rightarrow \infty$ . Isole la charge de la source.
- Autres montages,  $Z_e = \frac{v_e}{i_e} = \frac{Z_1 \cdot i_e}{i_e} = Z_1$  non infini.
- Dans tous les cas,  $v_s$  est indépendant de  $i_s$  ce qui correspond à  $Z_s = 0$ .



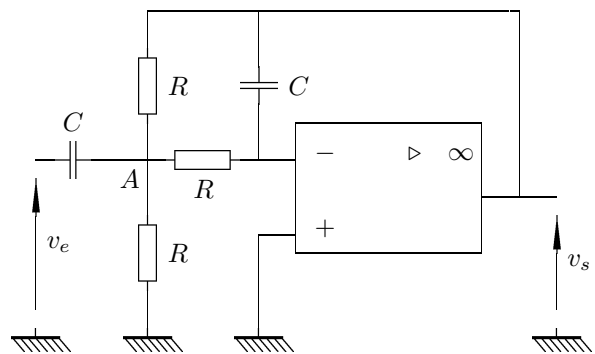
## 5. Filtres actifs

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  $R = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = 10^{-9} \text{ F}$  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  $H(jx)$ , 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

## I Amplificateur linéaire intégré, le composant

## II Montages classiques utilisant des ALI

1. Montages amplificateurs
  - 1.a. Amplificateur non inverseur
  - 1.b. Suiveur
  - 1.c. Amplificateur inverseur
2. Dérivateur et intégrateur
  - 2.a. Dérivateur
  - 2.b. Intégrateur
3. Étude en RSF
4. Impédance d'entrée, de sortie
5. Filtres actifs
  - 5.a. Exemple