

Introduction

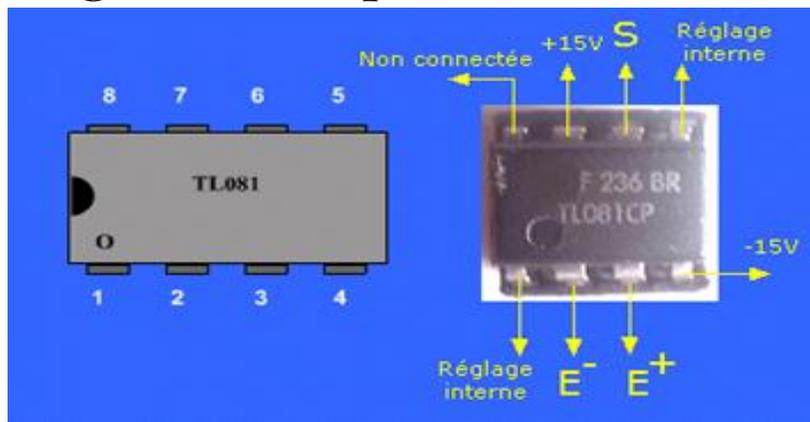
L'Amplificateur Opérationnel (abréviation AO) est un circuit intégré complexe constitué de résistances, de condensateurs, de transistors etc...

De façon beaucoup plus simple, l'AO est une « **boîte noire** » qui permet de réaliser diverses opérations mathématiques sur les signaux électriques : amplification, sommation, intégration, dérivation, comparateur...

Il peut aussi adapter des résistances pour les besoins d'un circuit.

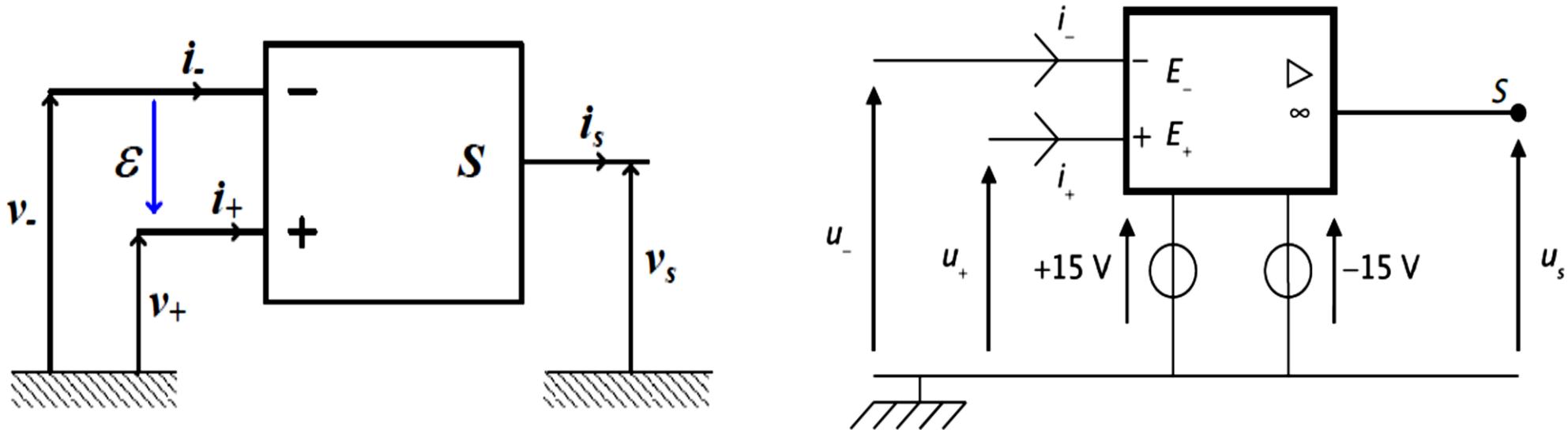
Présentation de l'AO (1)

L'amplificateur opérationnel est un composant à 8 bornes. La borne 8 n'est pas connectée. Les bornes 1 et 5 ne sont pas à connaître, elles servent à un réglage interne. L'amplificateur opérationnel doit être polarisé grâce à un générateur de tension symétrique -15 V , $+15\text{ V}$ ou ordinaire $0\text{ V}/4,5\text{ V}$. On utilise pour cela les bornes 4 et 7. **C'est la première chose à brancher. La dernière chose à faire est de déconnecter ce générateur.** Ce générateur n'est pas représenté dans les schémas des montages électriques.



- ✓ E^- : entrée inverseuse (borne 2)
- ✓ E^+ : entrée non inverseuse (borne 3)
- ✓ Une borne S appelée sortie (borne 6).

Présentation de l'AO (2)

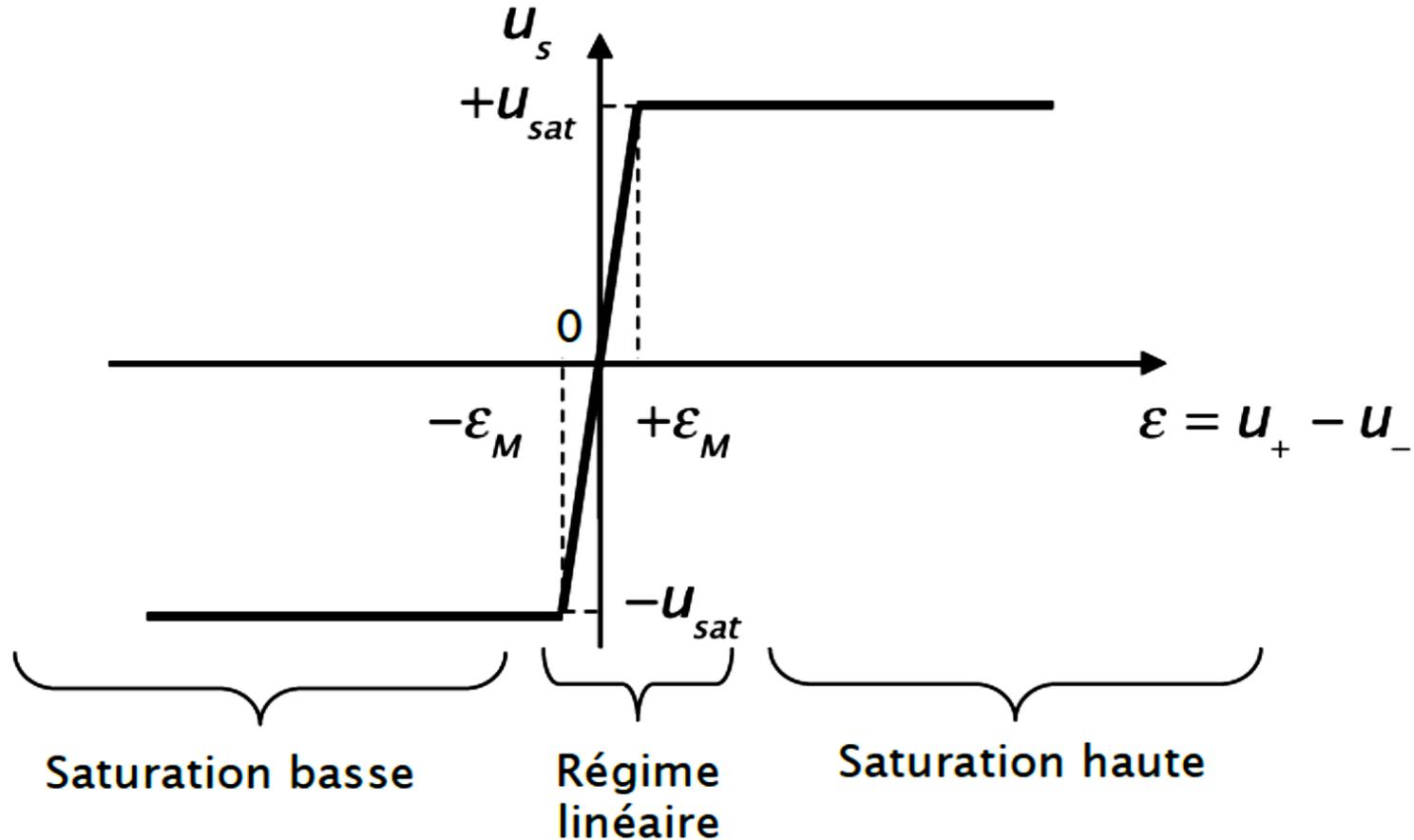


- ❑ Borne $-$: entrée inverseuse, Potentiel v_- , intensité i_- .
- ❑ Borne $+$: entrée non inverseuse, Potentiel v_+ , intensité i_+ .
- ❑ Borne S : sortie. Potentiel v_s , intensité i_s .
- ❑ $\varepsilon = v_+ - v_-$: c'est la tension différentielle d'entrée

L'amplificateur Opérationnel est donc un composant actif avec 3 bornes de sortie délivrant les tensions $-V_{CC}$; 0 ; $+V_{CC}$.

Caractéristique statique de transfert (1)

Il existe deux types de régime de fonctionnement : le régime de saturation et le régime linéaire.



Caractéristique statique de transfert (2)

- Régime linéaire \Rightarrow

$$u_s = \mu(u_+ - u_-) = \mu \varepsilon$$

$$\mu = \text{amplification différentielle} \approx 10^5$$

- Régime de saturation \Rightarrow

$$u_s = \pm u_{sat} \approx 14 \text{ V}$$

On est en régime linéaire quand $-\varepsilon_M < \varepsilon < +\varepsilon_M$ avec $\varepsilon_M = \mu_{sat}/\mu \approx 10^{-4} \text{ V}$. On constate qu'en régime linéaire $\pm \varepsilon_M$ sont très faibles.

AO idéal (1)

Un **AO idéal** est un amplificateur différentiel de tension tel que :

- gain infini $\mu \rightarrow \infty$
- courant $i_+ = i_- = 0$
- u_s est fini, $u_s = \mu \varepsilon$ donc $\varepsilon = 0$

☞ Ces trois résultats sont indispensables pour faire les exercices

AO idéal (2)

Valeur typique des caractéristiques d'un AO

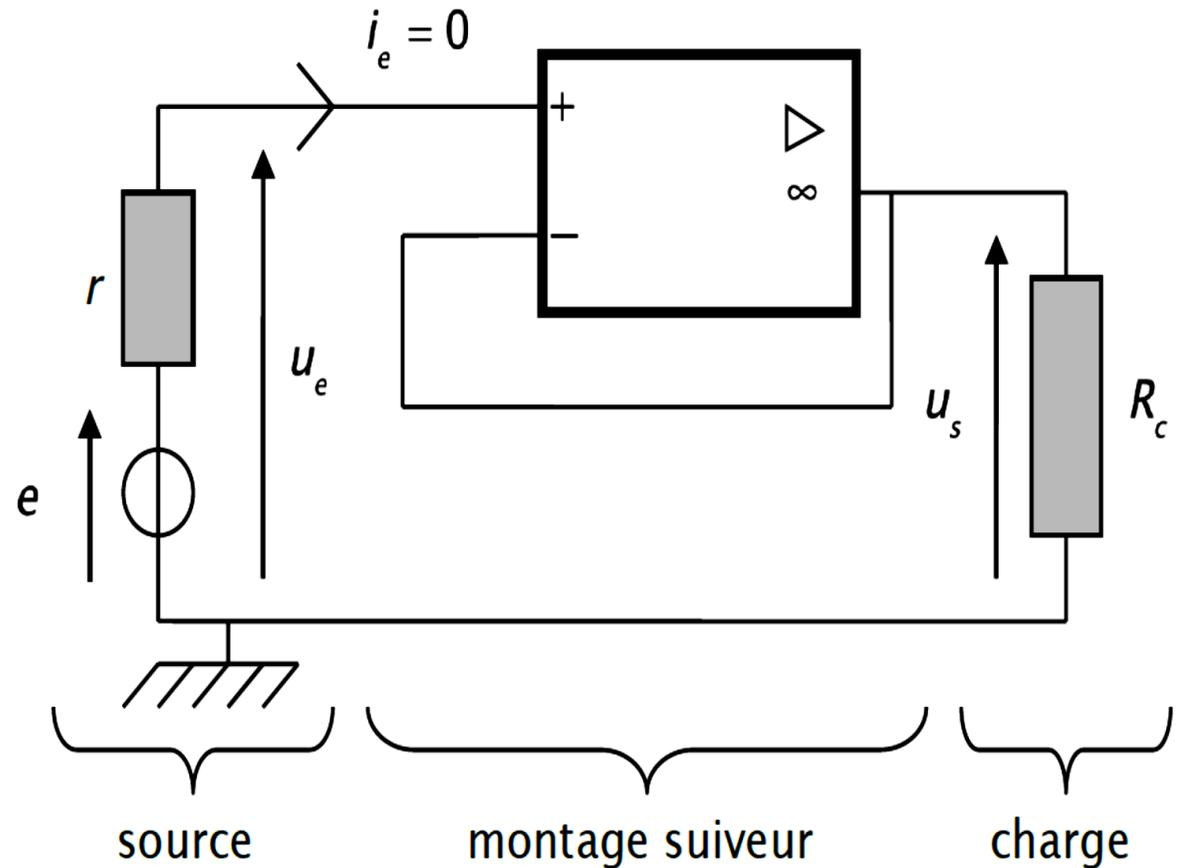
Caractéristiques	Valeur réelle	Valeur idéale
Gain μ	10^5 à 10^8	∞
Impédance de sortie $ Z_s $	10 à 100 Ω	0 Ω
Impédance d'entrée $ Z_e $	10^5 à 10^{13} Ω	∞ Ω

Montages usuels à AO idéal (1)

□ Suiveur de tension

$$i_e = i_+ = 0 \quad u_e = u_+ = u_- = u_s$$
$$u_e = e - ri_e = e \quad u_s = u_e = e$$

$$\Rightarrow \frac{u_s}{u_e} = \frac{u_s}{e} = 1$$



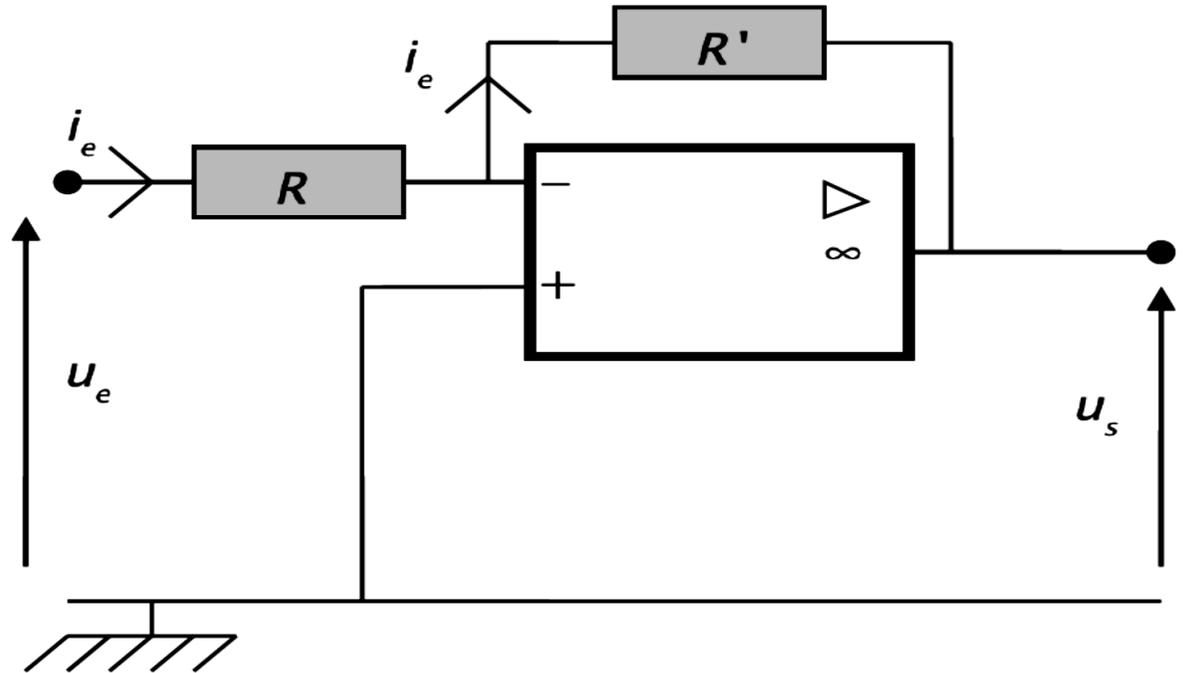
Montages usuels à AO idéal (2)

Amplificateur de tension

$$u_+ = u_- = 0 \quad u_e = Ri_e \quad u_s = -R'i_e$$

$$\Rightarrow \frac{u_s}{u_e} = -\frac{R'}{R}$$

On a un gain de $-R'/R$.



Changeur de signe

$$R = R' \Rightarrow u_s = -u_e$$

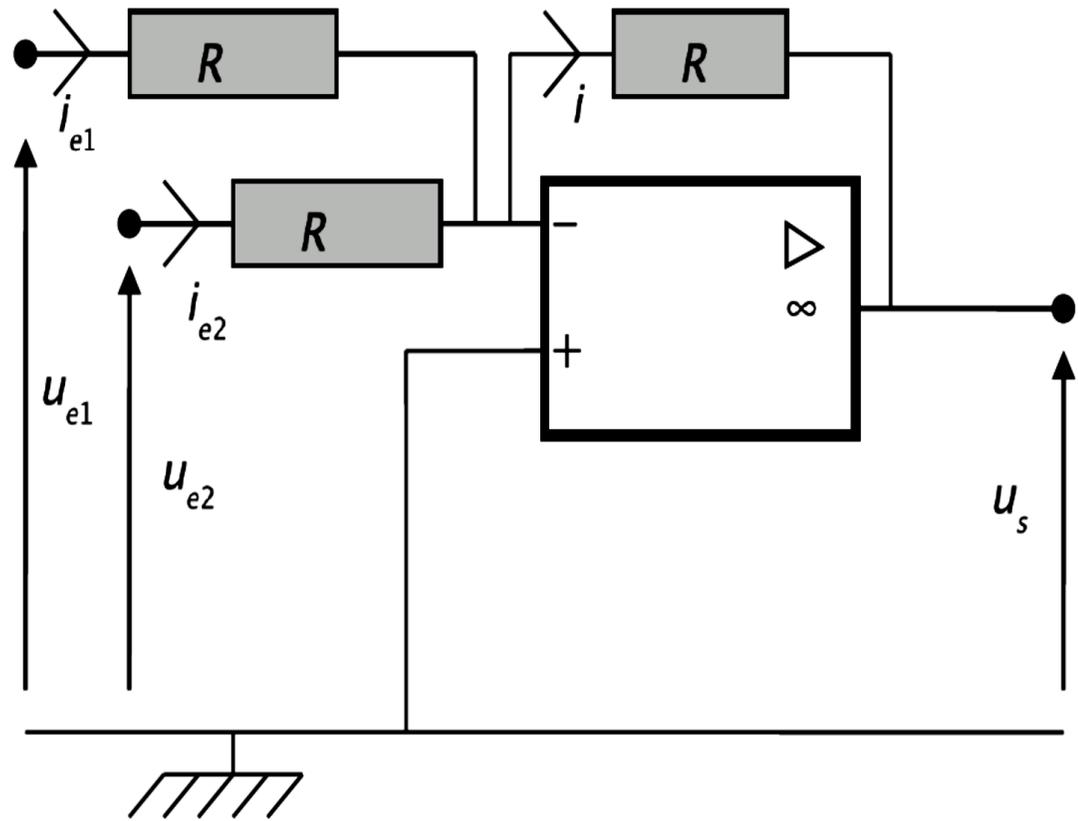
Montages usuels à AO idéal (3)

□ Sommateur de tensions

$$u_+ = u_- = 0 \quad u_s = -Ri \quad u_{e1} = Ri_{e1}$$

$$u_{e2} = Ri_{e2} \quad i = i_{e1} + i_{e2}$$

$$\Rightarrow u_s = -(u_{e1} + u_{e2})$$



Montages usuels à AO idéal (4)

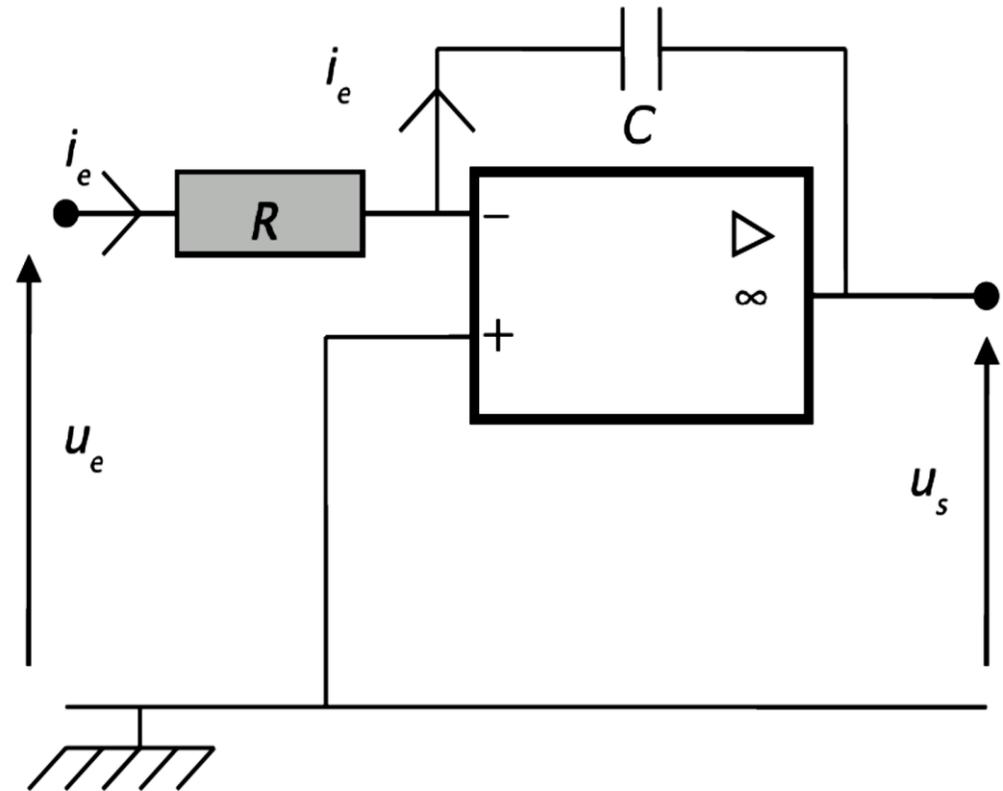
□ Intégrateur simple

$$u_e = Ri_e \quad i_e = \frac{dq}{dt} = C \frac{du_c}{dt},$$

$$u_s = -u_c \quad \text{à } t=0 \quad u_s(0) = 0,$$

$$\text{condensateur déchargé} \quad i_e = \frac{u_e}{R} = -C \frac{du_s}{dt},$$

$$\Rightarrow u_s(t) = -\frac{1}{RC} \int_0^t u_e(t) dt$$



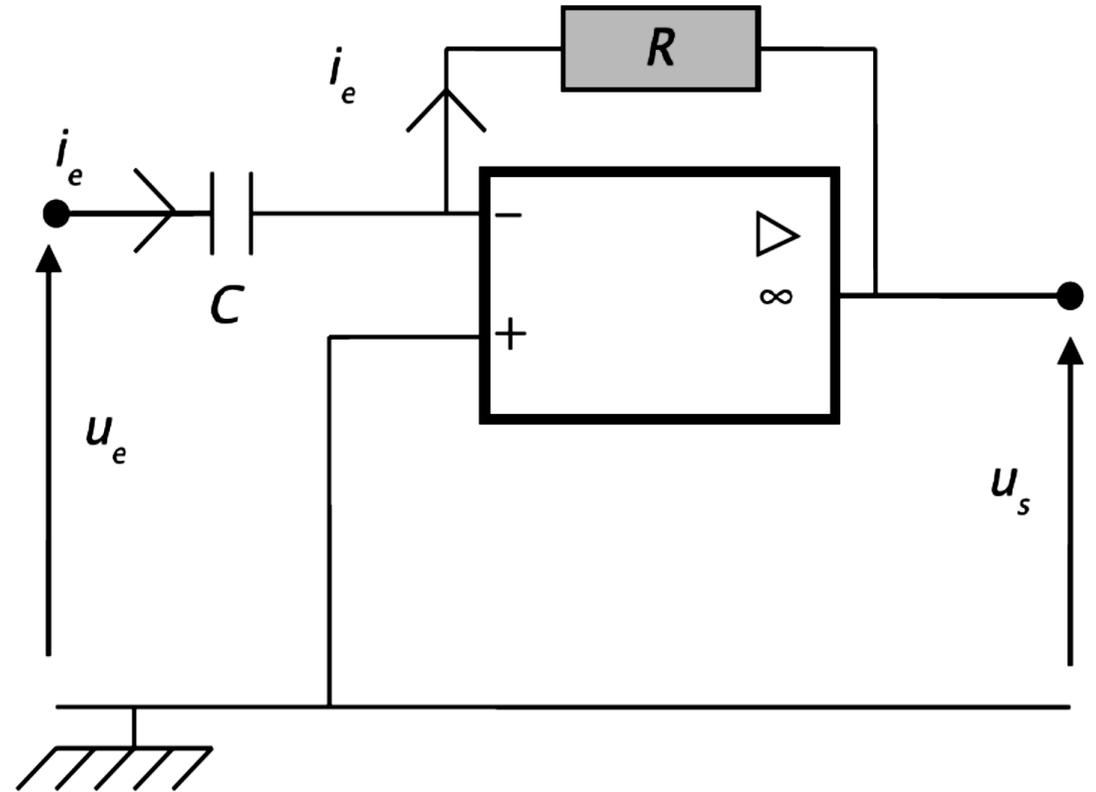
Montages usuels à AO idéal (5)

□ Dérivateur simple

On permute R et C dans le montage intégrateur.

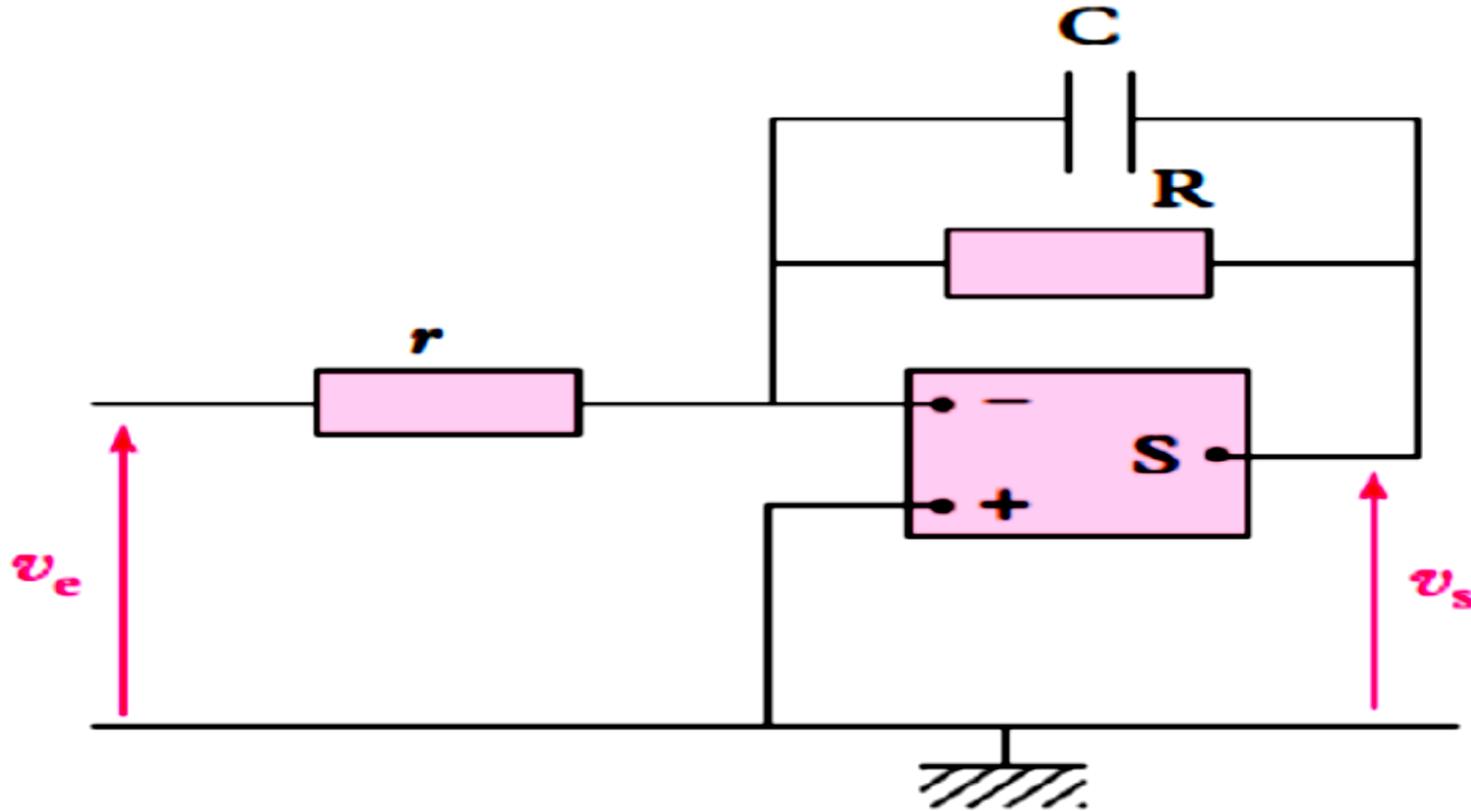
$$i_e = C \frac{du_e}{dt} = -\frac{u_s}{R},$$

$$\Rightarrow u_s(t) = -RC \frac{du_e}{dt}$$



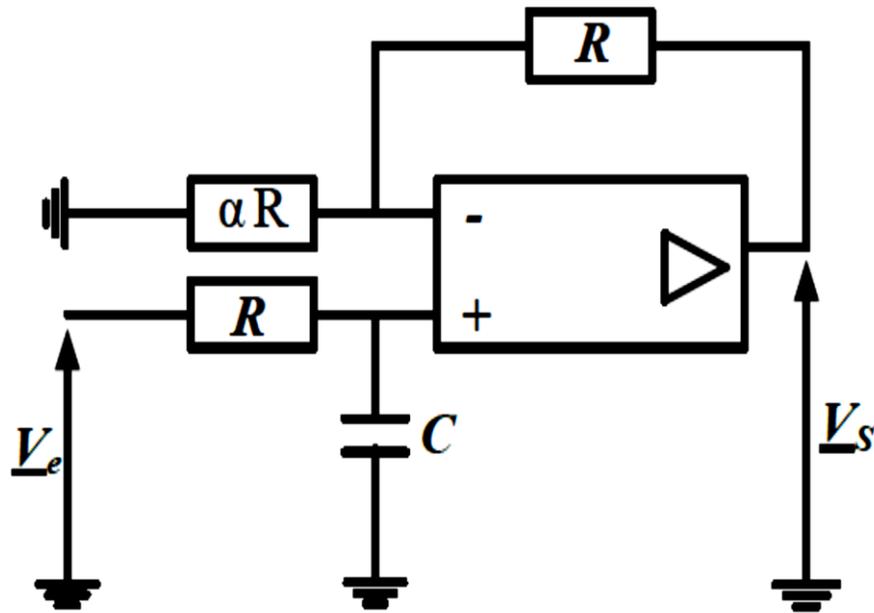
Exercices d'application (1)

Déterminer la fonction de transfert du montage suivant.
L'amplificateur opérationnel est idéal et fonctionne en régime linéaire.



Exercice d'applications (2)

Nous considérons le filtre ci-dessous alimenté par un générateur sinusoïdal de pulsation ω . L'amplificateur est idéal et en mode linéaire.



1) Déterminer la nature du filtre à partir de son comportement asymptotique.

2) Exprimer la fonction de transfert en tension en fonction de R, C, α et ω , sous la forme :

$$\underline{H} = \frac{H_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

Préciser ω_0 et H_0 .

3) Déterminer la pulsation de coupure ω_c à -3 dB . En déduire la fréquence de coupure f_c .