

# Rétroaction

Amplificateur Linéaire Intégré : **ALI** ou **AO**

---

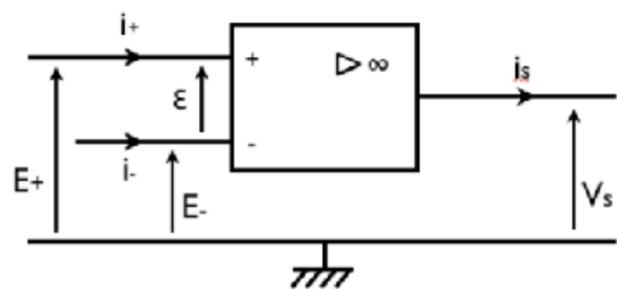
## Objectifs :

- Amplificateur Opérationnel (AO = ALI)
- Montages de bases
- Ses limites
- Régime Non Linéaire (NL)

## Révision 1ère année :

- EC IV Suiveur avec AO
- Adaptation d'impédance
- DM AO à chercher.

# I Présentation générale



L'AO possède deux entrées et une sortie :

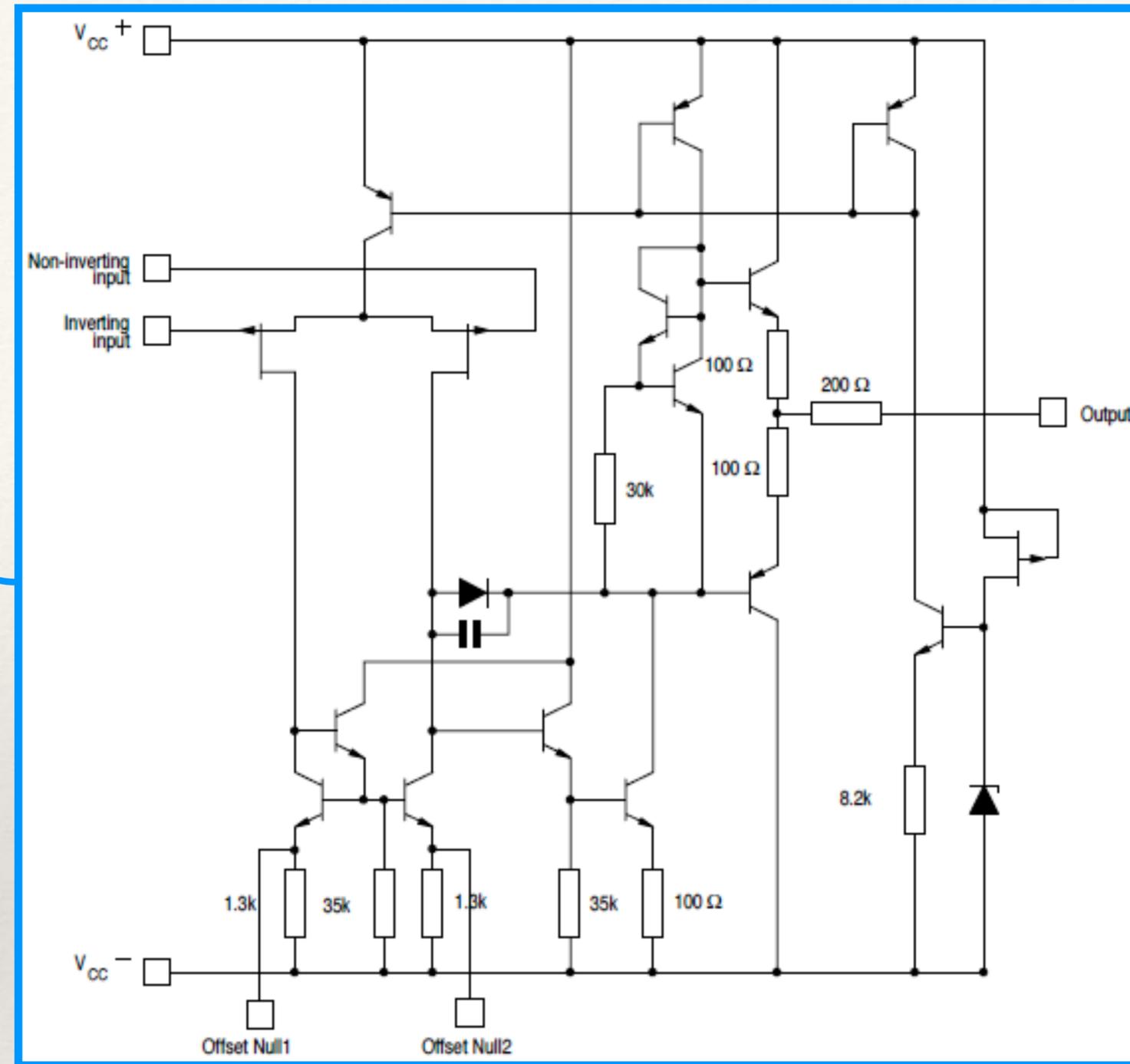
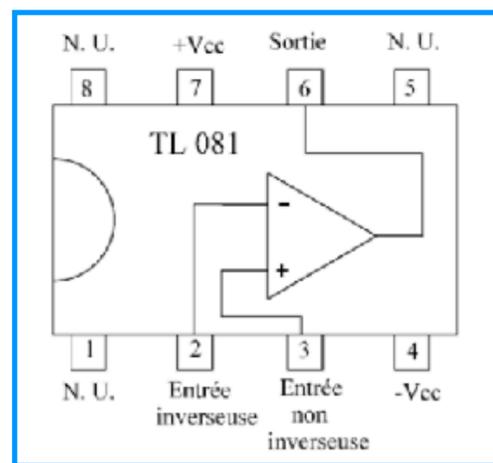
- E- entrée dite inverseuse
- E+ entrée non inverseuse
- S sortie.

On l'utilisera sur les plaquettes d'électronique.  
L'AO se présente sous la forme d'une puce à 8 pattes :

- Entrées E- et E+ en 2 et 3.
- Sortie en 6
- Alimentation continues en 4 et 7 (+/- 15 V)

Observer la puce et en particulier son sens : repérer les différentes pattes vis-à-vis du schéma.

RQ : la masse n'y apparaît pas mais correspond au 0V de l'échelle définie par 4 et 7 (+/- 15 V)



## 1 - Caractéristiques :

$$i_+ = 0$$

$$i_- = 0$$

Impédance  
d'entrée  
infinie

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

Entrée différentielle

$$i_s \neq 0$$

⚠ Courant de sortie non nul ⚠

Notre modèle d'AO : le fameux TL 081 et ses 16 transistors !

Gain en boucle ouverte :  $A_0 \sim 10^5$

Impédance d'entrée :  $Z_e \sim 10^{12} \Omega$  (quasi infini)

Impédance de sortie :  $Z_s \sim 1 \Omega$  (quasi nulle)

**Saturation en courant :**  $I_s \sim 30mA$

**Vitesse de balayage :** le slew rate atteint  $16V / \mu s$ .

**Limitations**

## 2 - Fonction de transfert

C'est un passe bas du 1er ordre en régime linéaire

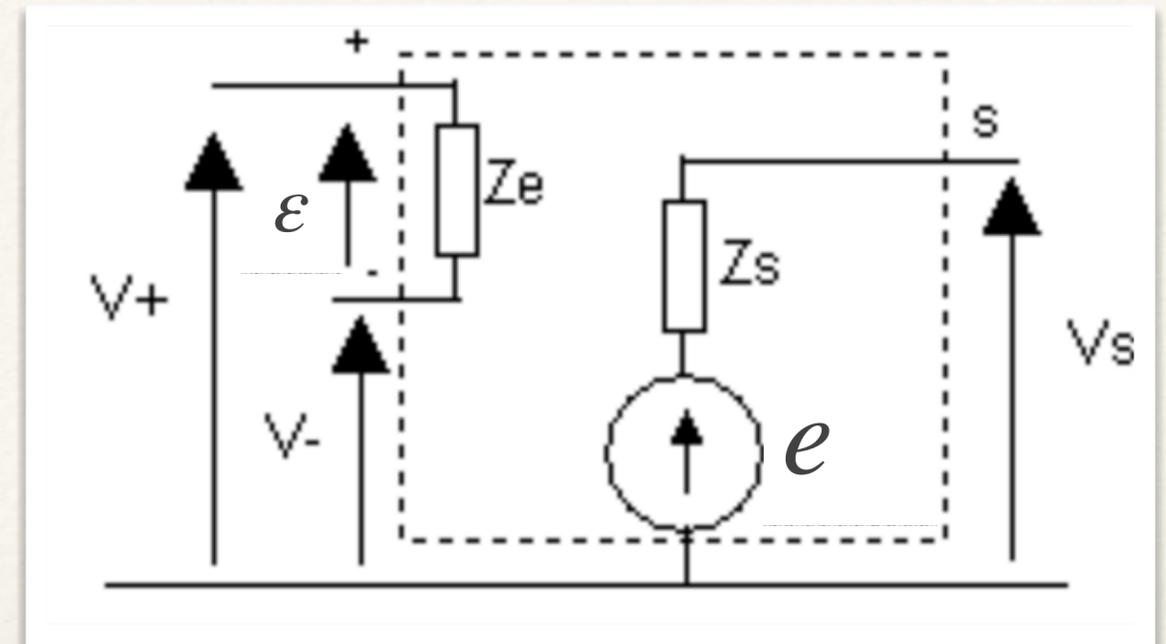
On note aussi :

$$H_{AO}(j\omega) = \frac{A_0}{1 + \frac{j\omega}{\omega_c}}$$

En déduire  $\omega_c$

$$H_{AO}(p) = \frac{A_0}{1 + p\tau}$$

Avec  $A_0 \sim 10^5$   
 $\tau \sim 10^{-2}s$



Avec  $e = A_0\varepsilon$

Equation différentielle :

## 3 - Limitations

La tension de sortie ne peut excéder la tension de saturation  $V_{sat} \simeq 15V$  et ce quel que soit le montage ou régime amplificateur.

$$V_s \in [-V_{sat}, +V_{sat}]$$

Saturation en courant : le courant en sortie ne peut excéder  $I_s \sim 30mA$ . Ce qui induit une saturation de la tension en sortie

**Slew rate : vitesse de balayage.**

L'AO ne peut suivre des signaux trop rapides comme un échelon de tension. Il tolère des variations  $\sim 16V/\mu s$

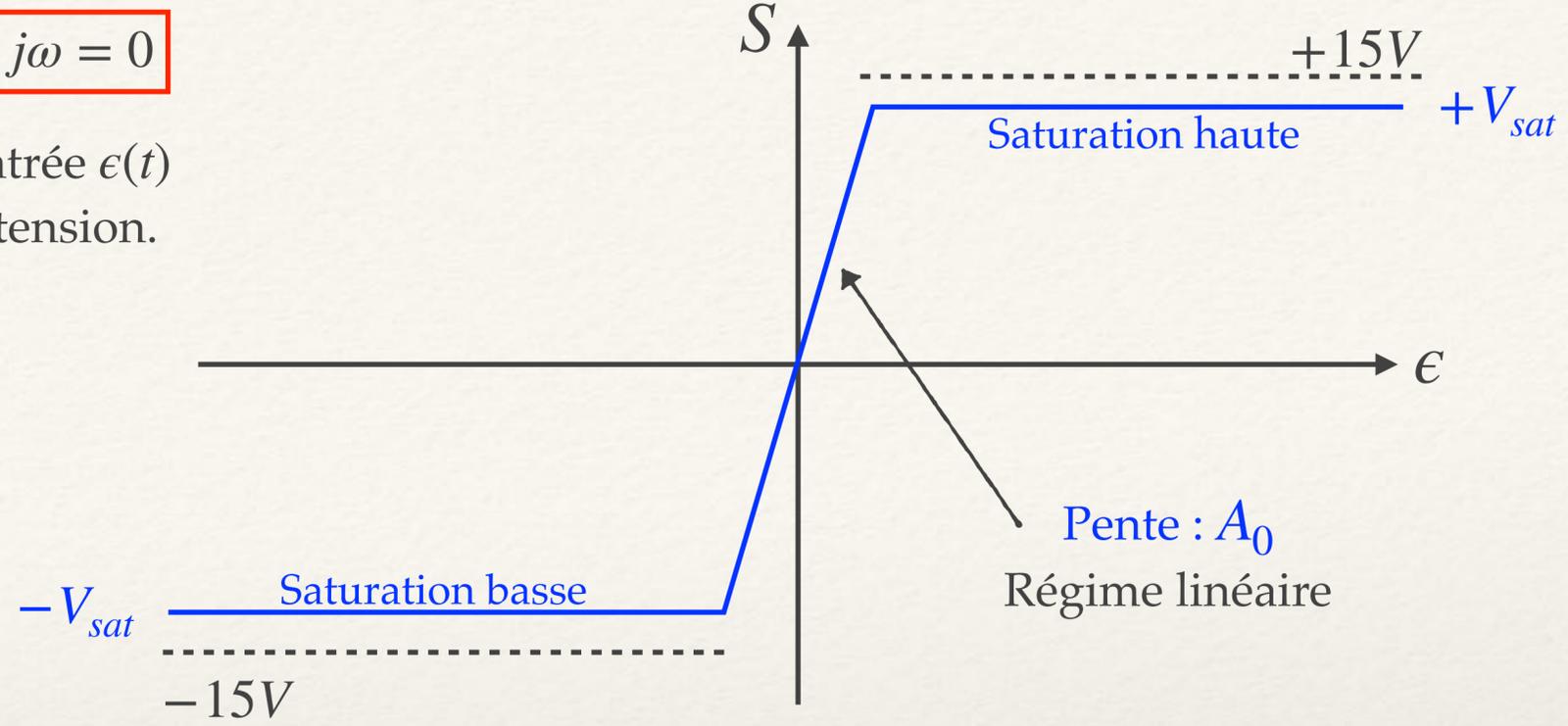
Cette limitation est liée à son caractère passe bas d'ordre I.

# 4 - Caractéristique statique de transfert $\longrightarrow p = j\omega = 0$

La tension de sortie  $S(t)$  s'obtient en fonction de la tension différentielle d'entrée  $\epsilon(t)$   
 La sortie ne peut excéder  $\pm V_{sat}$  et on constate alors un effet de saturation en tension.

Il existe ainsi deux régimes de fonctionnement :

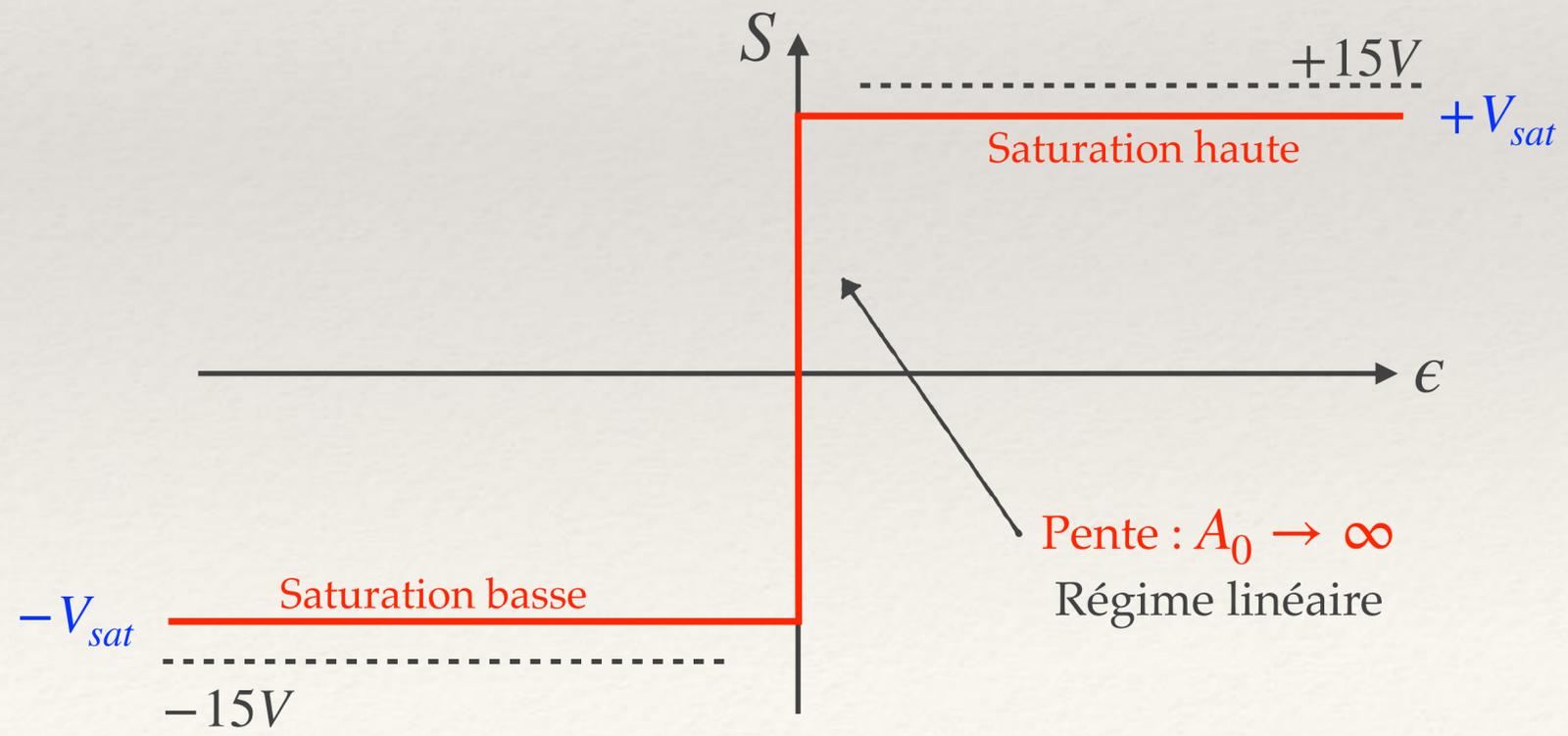
- Régime Linéaire :  $S(t) = A_0 \epsilon$  la pente est le « gain statique »
- Régime NL de saturation :  $S(t) = \pm V_{sat}$



# 5 - ALI idéal

Le gain étant important on l'assimile souvent à un gain infini (ci-contre)  
 D'où les propriétés simples qui en découlent :

- Régime Linéaire :  $\epsilon = V_+ - V_- = 0$
- Régime NL de saturation :  $S(t) = \pm V_{sat}$

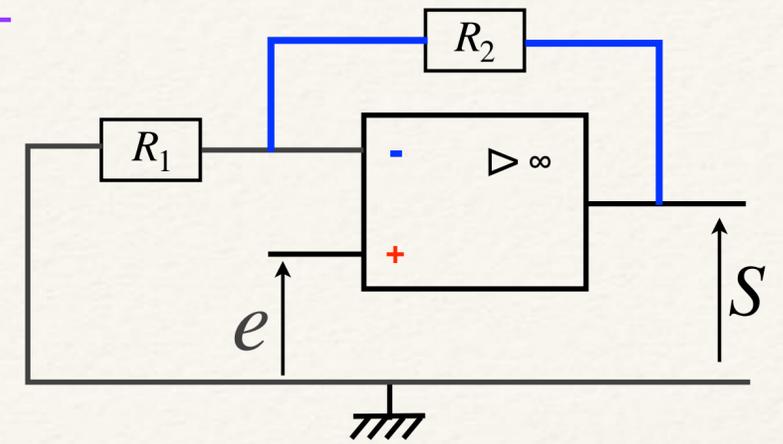
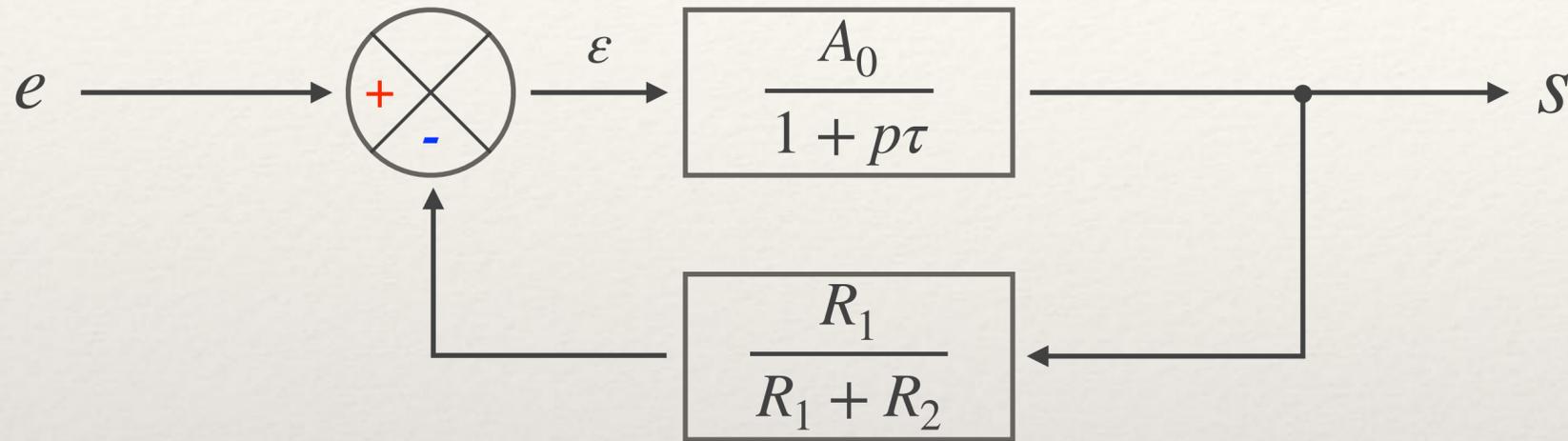


# II Montage amplificateur Non Inverseur

— Prise de notes —  
sur copie double

On considère le montage ci-contre :

On note la **boucle de rétroaction** de la sortie sur l'entrée inverseuse qui permet de construire le **schéma bloc** suivant :



## Etude du montage :

- Fonction de transfert & stabilité générale
- Gain
- Fréquence de coupure
- Produit gain x bande passante
- Diagramme de Bode
- Stabilité (fréquentielle & temporelle)
- Et si on inverse les entrées ???

- Fonction de transfert & stabilité générale
- Gain
- Fréquence de coupure
- Produit gain x bande passante
- **Diagramme de Bode**
- **AO idéal**
- Stabilité (fréquentielle & temporelle)
- Et si on inverse les entrées ???

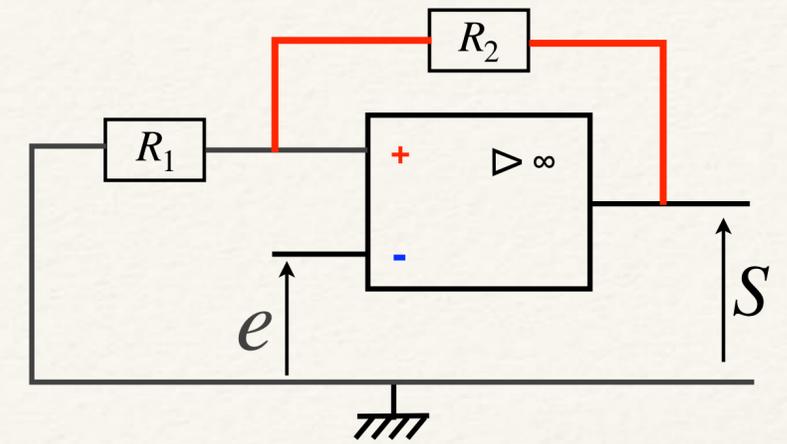
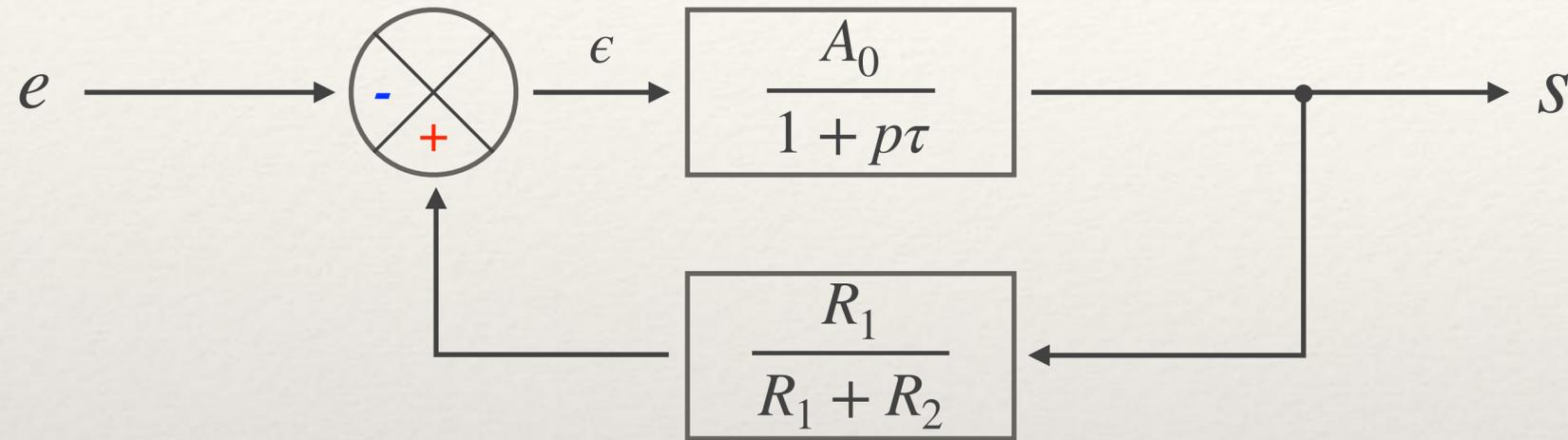
## **Stabilité du montage NI :**

- Celle-ci se déduit immédiatement de la fonction de transfert [Coeff. tous positifs au dénominateur].
- De façon générale le bouclage sur l'entrée inverseuse sera toujours stabilisatrice.

# III Montage comparateur à Hystérésis

On considère le montage ci-contre :

On note que cette fois-ci la **boucle de rétroaction de la sortie se fait sur l'entrée non inverseuse** ce qui impose on le verra un fonctionnement Non Linéaire (NL).



- 1 - Fonction de transfert
- 2 - Instabilité & saturation
- 3 - Etude du comparateur à Hystérésis
- 4 - Réponses temporelle et fréquentielle
- 5 - Conclusion sur la stabilité de l'AO

## Hystérésis :

Phénomène qui consiste en ce que **la conséquence persiste alors même que sa propre cause a cessé d'agir.**

**C'est un effet mémoire**, qui permet d'ailleurs de fabriquer une mémoire électronique.

**Etymologie :** formé à partir du grec tardif husterêsis, dérivé de hustereîn, « être en retard ».

- 1 - Fonction de transfert
- 2 - Instabilité & saturation
- 3 - Etude du comparateur à Hystérésis
- 4 - Réponses temporelle et fréquentielle
- 5 - Conclusion sur la stabilité de l'AO

## 6 - Conclusion sur la stabilité de l'AO

Bien que chaque montage doivent être étudié sur la base d'un schéma bloc et de la fonction de transfert qui s'en déduit, on constate généralement que :

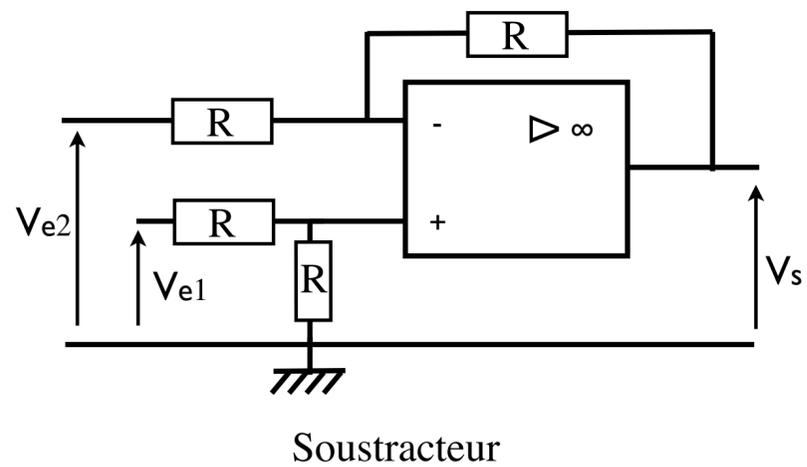
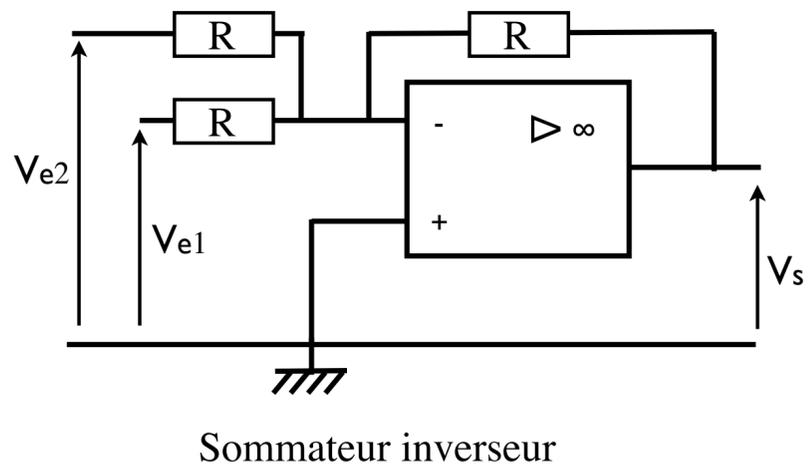
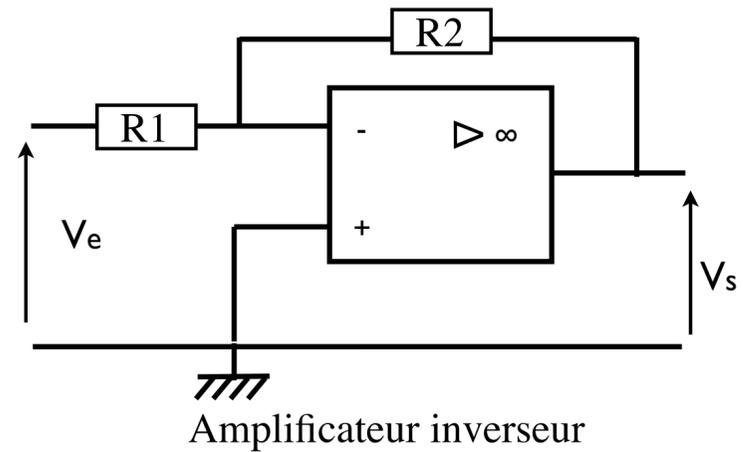
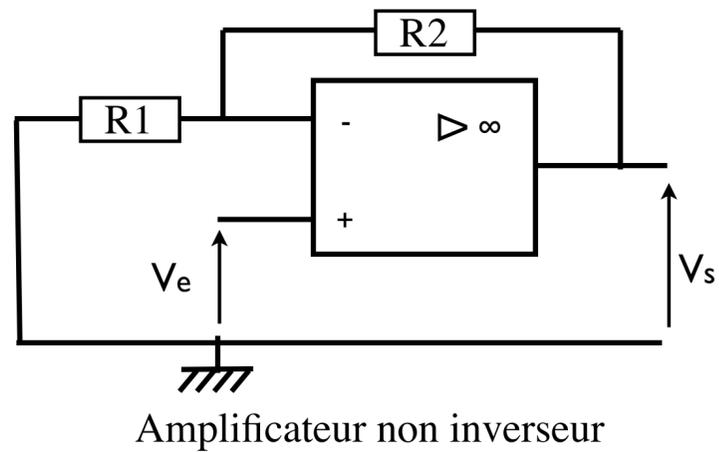
- **Un bouclage sur l'entrée inverseuse est stabilisante** et permet donc de maintenir le régime linéaire
- **Un bouclage sur l'entrée non inverseuse (ou simplement l'absence de rétroaction) est déstabilisante**, et conduit à la saturation.

# IV Mise en cascade de filtres et adaptation d'impédance

— Révision 1ère année —

(Cours en ligne)

# V Les montages de base avec un AO $\rightarrow$ A chercher en DM



Voir aussi l'intégrateur, et la correction de la dérive en BF .....

