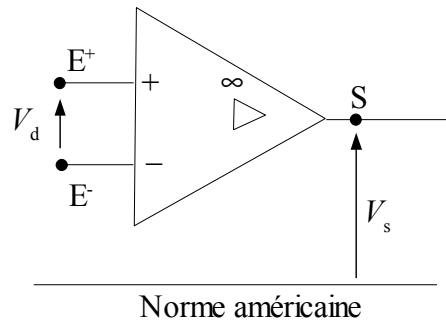
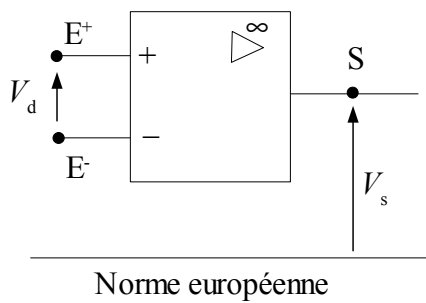


AMPLIFICATEUR OPÉRATIONNEL

I. PRESENTATION

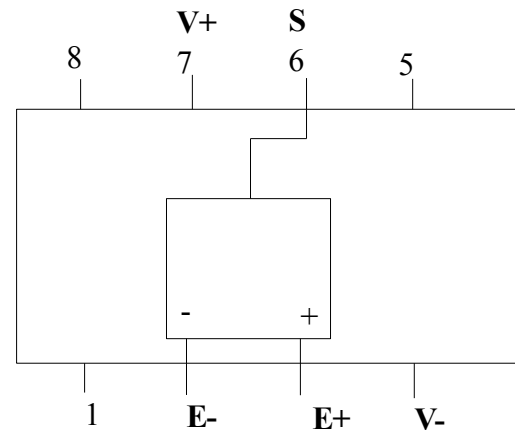
1.1. SYMBOLES ET FONCTION

L'amplificateur intégré linéaire (AIL ou ALI) est un composant électronique de structure interne complexe, appelé aussi amplificateur opérationnel (AOP) ou amplificateur différentiel intégré (ADI).



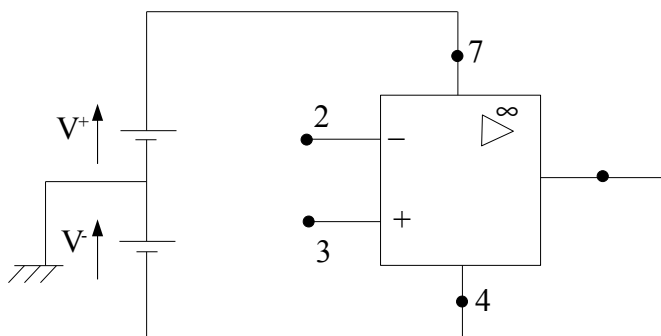
1.2. EXEMPLE DE BROCHAGE

- (2): entrée inverseuse (E⁻)
- (3): entrée non inverseuse (E⁺)
- (6): sortie ou (S)
- (4): tension de polarisation V⁻ (-15 V)
- (7): tension de polarisation V⁺ (15 V)

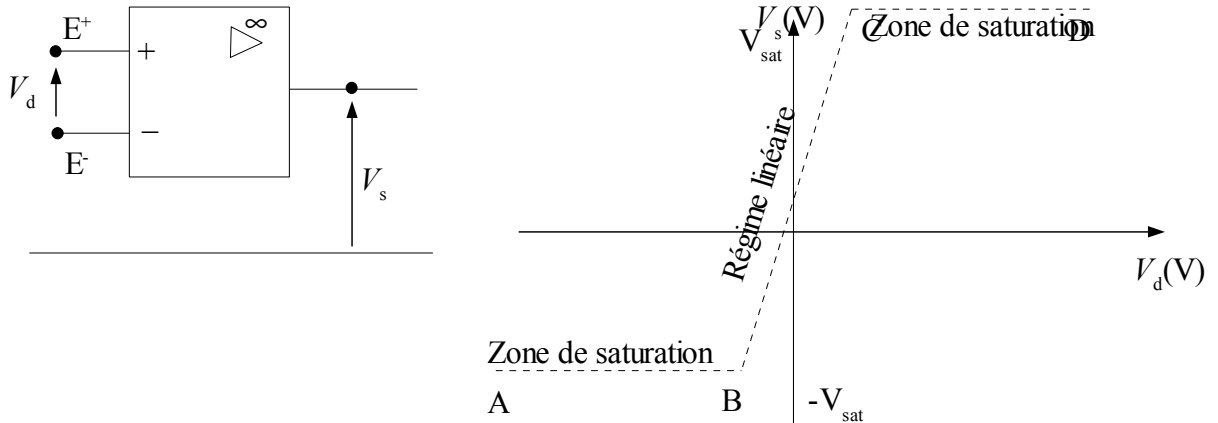


Les tensions de polarisation sont fournies par une alimentation extérieure. L'alimentation comporte un point milieu. Ce point milieu doit être relié à la masse du montage.

Pour simplifier les schémas, on ne représentera plus le circuit d'alimentation.



1.3. CARACTÉRISTIQUE DE TRANSFERT EN TENSION DE L'ALI



Deux régimes de fonctionnement:

- entre B et C $-\varepsilon_0 \leq V_d \leq \varepsilon_0$ V_s est proportionnelle à $V_d \Rightarrow V_s = A_d \cdot V_d$

A_d : coefficient d'amplification différentielle en boucle ouverte.

A_d : très grand $\approx 10^5$ $A_d \rightarrow \infty$

Dans les anciens ouvrages $A_d = \mu$

Nous sommes en régime amplificateur de tension dit encore régime linéaire.

- entre [AB] et [CD] $V_s = \text{constant}$ $|V_s| = |V_{sat}|$ l'amplificateur est saturé

$V_d < -\varepsilon_0$ et $V_d > \varepsilon_0$

1.4. MODÈLE ÉQUIVALENT DE L'AMPLIFICATEUR INTÉGRÉ

1.4.1.A.L.I. Réel

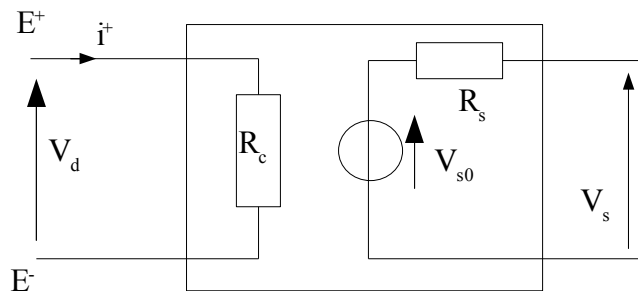
A_d étant très grand, le domaine de linéarité ($\Delta \varepsilon = \Delta V_d$) est très réduit.

Exemple: $|V_{sat}| = 15 \text{ V} \Rightarrow \frac{|V_{sat}|}{A_d} = \frac{15}{10^5} = 0,15 \text{ mV}$

$R_e \geq 1 \text{ M}\Omega$

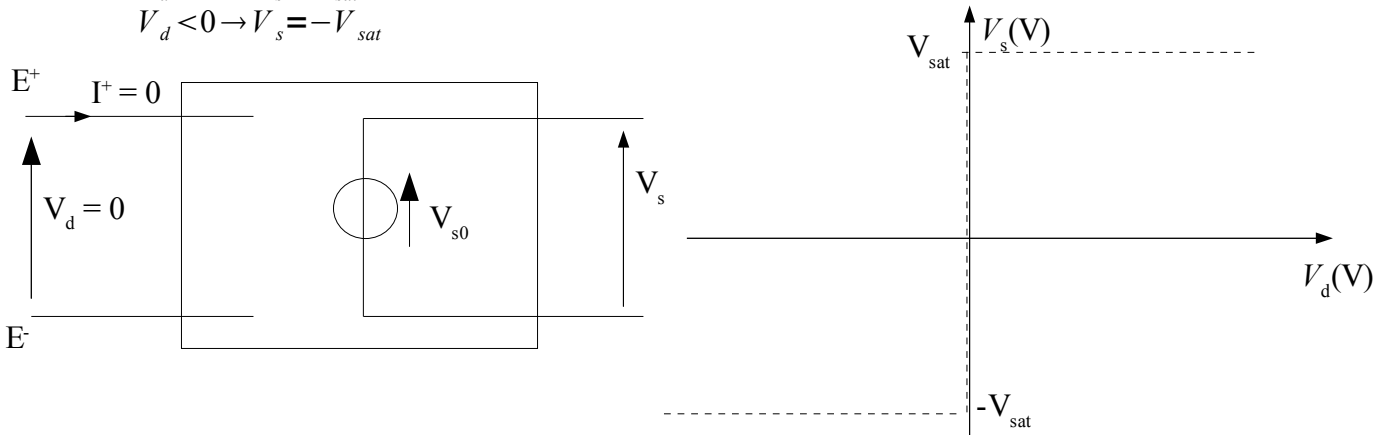
i^+ et i^- de l'ordre du nA (négligeable devant les autres courants)

$R_s \leq 100 \Omega$



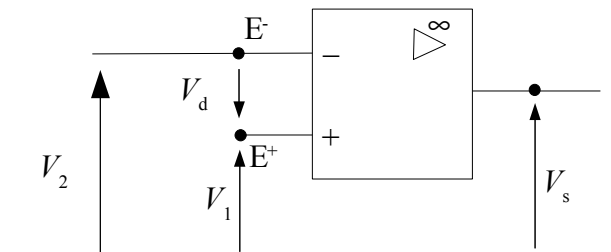
1.4.2.A.L.I. Idéal

- $R_e \neq \infty$ implique $i^+ = i^- = 0$ A
- $R_s \neq 0$ implique $V_s \approx V_{s0}$
- $V_d \neq 0 \quad -V_{sat} \leq V_s \leq V_{sat}$
- $V_d > 0 \rightarrow V_s = V_{sat}$
- $V_d < 0 \rightarrow V_s = -V_{sat}$



II. ETUDE EN BOUCLE OUVERTE

2.1. MONTAGE ET FONCTIONNEMENT



sortie saturée dès que $V_d \neq 0$
 $V_1 > V_2 \Rightarrow V_d > 0 \Rightarrow V_s = V_{sat}$
 $V_1 < V_2 \Rightarrow V_d < 0 \Rightarrow V_s = -V_{sat}$

La valeur de la tension de sortie V_s permet de comparer les valeurs des tensions V_1 et V_2 .
 Le montage fonctionne en comparateur de tension.

2.2. CONCLUSION

V_1 étant différent de $V_2 \Rightarrow A_d$ grand, ALI ne peut fonctionner en régime linéaire.

3.FONCTIONNEMENT EN BOUCLE FERME

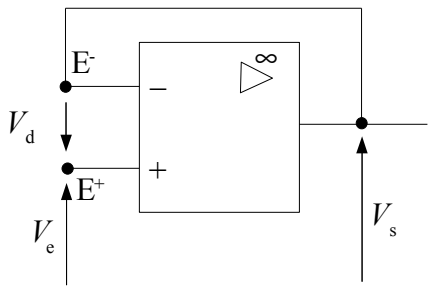
3.1.PRINCIPE

On réalise une liaison, appelé réaction entre la sortie et l'une des entrées. Pour faciliter l'étude, on suppose que la tension de sortie est totalement ramené sur l'entrée.

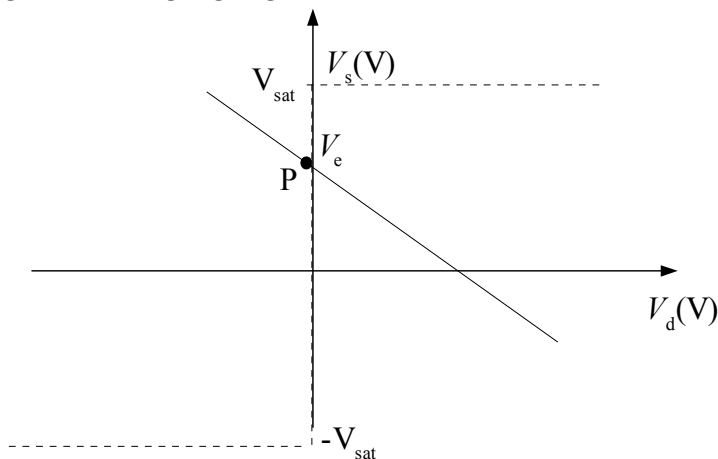
3.2.RÉACTION SUR L'ENTRÉE NÉGATIVE

3.2.1.MONTAGE

La sortie est reliée à l'entrée inverseuse: c'est une contre-réaction, encore appelé rétroaction.



3.2.2.POINT DE FONCTIONNEMENT



Loi des mailles: $V_s + V_d = V_e \Rightarrow V_s = V_e - V_d$ (2)

Le point de fonctionnement P du montage se situe à l'intersection de ces 2 courbes et donc $V_s \neq V_e$.

On remarque que P se trouve dans la zone de fonctionnement linéaire. Le fonctionnement est stable car si, V_d augmente alors $V_s = A_d \cdot V_d$ augmente et $V_d = V_e - V_s$ décroît. Lorsque V_e varie, la droite (2) se déplace parallèlement à elle-même.

P reste dans la zone linéaire tant que $-\hat{V}_e < V_e < \hat{V}_e$ sinon $V_s = \pm V_{sat}$

3.2.3.CONCLUSION

Avec une réaction sur l'entrée négative:

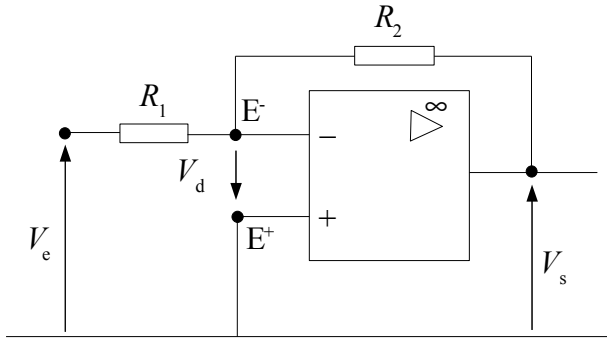
- fonctionnement stable;
- domaine de linéarité du montage beaucoup plus grande que celui de l'A.L.I. Seul (V_d

négligeable).

- A_v diminue (ici $\frac{V_s}{V_e} = 1$)

La zone de fonctionnement linéaire dépend du courant de sortie i_s . Si celui-ci devient trop important, un écrêtage se produit pour des valeurs $|V_s| = |V_{sat}|$

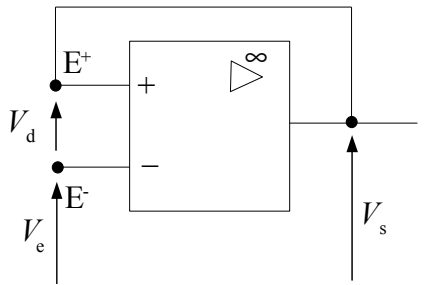
3.2.4. EXEMPLES: l'amplificateur inverseur.



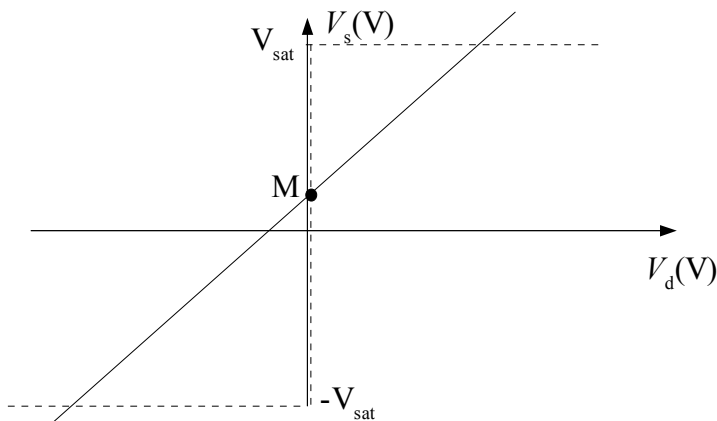
$$V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e \Rightarrow A_v = \frac{V_s}{V_e} = -\frac{R_2}{R_1} \quad A_v : \text{coefficient d'amplification}$$

3.3. RÉACTION SUR L'ENTRÉE POSITIVE

3.3.1. Montage



3.3.2. Point de fonctionnement



V_s est lié à V_d par deux caractéristiques:

- la caractéristique de transfert $V_s = f(V_d)$ de l'A.L.I. (1)
- La loi des mailles: $V_s = V_e + V_d$ (2)

Supposons le point de fonctionnement en M.

Si V_d augmente alors $V_s = A_d \cdot V_d$ croît aussi et $V_d = V_s - V_e$ augmente. Ainsi le point de fonctionnement se déplace jusqu'en A.

Si V_d diminue, le point de fonctionnement se déplace jusqu'en B.

Le fonctionnement est donc instable en M.

3.3.3. Conclusion

La tension de sortie ne peut prendre que deux valeurs: $\pm V_{sat}$, le fonctionnement en régime linéaire est impossible.

Remarque: Il faut cette fois tenir compte de V_d . $V_s = \pm V_{sat}$ et le signe de V_s est celui de V_d .