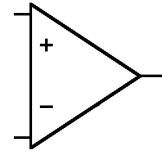
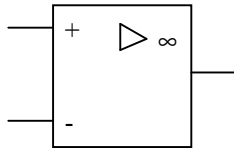


Présentation de l'amplificateur opérationnel

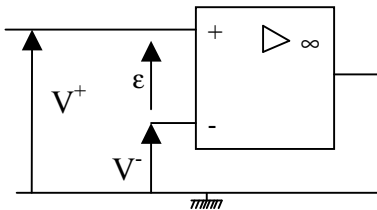
1. Symboles



On peut voir que le composant possède :

- deux entrées
+ : entrée non inverseuse
- : entrée inverseuse
- une sortie.

Les bornes d'alimentation ne sont en général pas représentées.

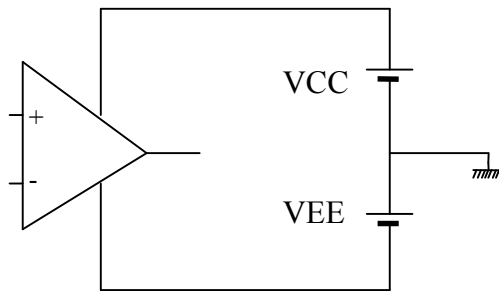


Dans ce document, les tensions d'entrée seront notées :

- V^- pour l'entrée inverseuse,
- V^+ pour l'entrée non inverseuse,
- ϵ pour la tension d'entrée différentielle : $\epsilon = V^+ - V^-$

2. Alimentation

Les amplificateurs opérationnels fonctionnent en général avec une alimentation double.



Le point commun des alimentations n'est pas connecté au circuit intégré, mais constitue la référence des potentiels du montage.

V_{CC} et V_{EE} sont , en général identiques (ce n'est pas obligatoire) mais doivent rester dans des limites imposées (par exemple : 2,5 V à 18 V pour un 741 ou un TL 081).

Généralement, les alimentations ne sont pas représentées sur les schémas.

3. Les amplificateurs opérationnels parfaits (A.O.P.)

3.1.Définitions:

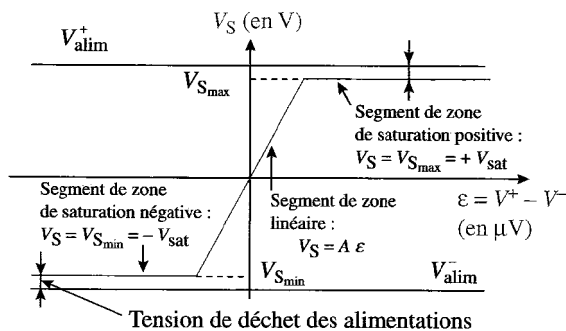
1. Les courants d'entrées sont nuls: $I^+ = I^- = 0$.

On peut aussi dire que les impédances d'entrées sont infinies : $R_e \rightarrow \infty$

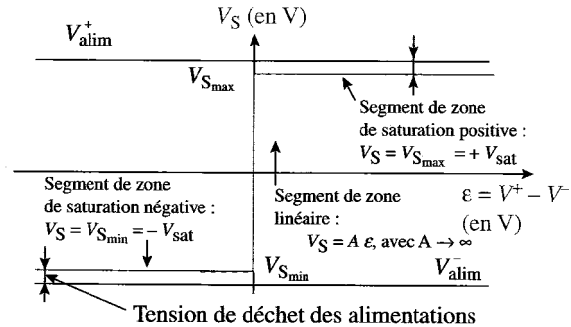
2. La sortie est équivalente à une source de tension.

- On peut aussi dire que la résistance de sortie est nulle : $R_s \rightarrow 0$
- La bande passante est infinie (on peut travailler en continu et à fréquence infinie).
 - L'amplification est infinie ($V_S = A \times \varepsilon$; avec $A \rightarrow \infty$)

Caractéristique de transfert : $V_S = f(\varepsilon)$:



A étant très grand, la zone linéaire est une droite verticale:



V_S ne dépend que de l'écart ε entre V^+ et V^- et non de leurs valeurs propres.

Pour un amplificateur opérationnel strictement idéal, les tensions de saturation sont égales aux tensions d'alimentation ; on a donc : $+V_{sat} = V_{CC}$ et $-V_{sat} = V_{EE}$.

En pratique, les tensions d'alimentation ne sont pas atteintes, on pourra avoir, par exemple, avec $V_{CC} = 15 \text{ V}$ et $V_{EE} = -15 \text{ V}$: $+V_{sat} = 13,5 \text{ V}$ et $-V_{sat} = -13,5 \text{ V}$. On note cet écart $V_{déchet}$, donnée par le constructeur. Donc : $+V_{sat} = V_{CC} - V_{déchet}$ et $-V_{sat} = V_{EE} + V_{déchet}$.

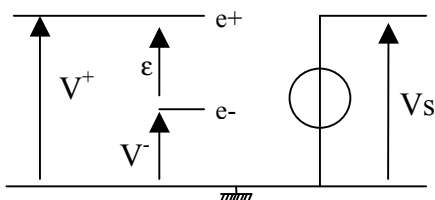
3.2. Régimes de fonctionnement.

Régime linéaire :	Régime non-linéaire:
L'entrée V^- est reliée (directement ou indirectement) à la sortie.	L'entrée V^+ est reliée (directement ou indirectement) à la sortie ou aucune liaison entre sortie et entrées.
$I^+ = I^- = 0$; $R_e \rightarrow \infty$; $R_s \rightarrow 0$ et $A \rightarrow \infty$	
$V^+ = V^-$ donc $\varepsilon = 0$	$V^+ \neq V^-$ donc $\varepsilon \neq 0$
$V_S = A \times \varepsilon$ $V_S \neq 0$ bien que $\varepsilon = 0$ car A très grand. En réalité, $\varepsilon \rightarrow 0$ et $A \rightarrow \infty$ $-V_{sat} < V_S < +V_{sat}$	$V_S = -V_{sat}$ si $\varepsilon < 0$ ou $V_S = +V_{sat}$ si $\varepsilon > 0$

La zone linéaire est bien entendu limitée par les zones de saturation.

3.3. Résumé.

On peut considérer que l'amplificateur opérationnel idéal vérifie le schéma équivalent suivant:



Ce schéma résume les courants d'entrée et la résistance de sortie, pour être complet, il faut ajouter la caractéristique de transfert.

4. Les amplificateurs opérationnels réels (A.O.)

Dans un amplificateur linéaire réel on devra tenir compte de :

4.1.La tension de décalage d'entrée (Input Offset Voltage)

En régime non linéaire, si on impose $V^+ = V^- = 0$, alors $\varepsilon = 0$ et donc en théorie $V_S = 0$. En réalité, V_S peut valoir quelques millivolts (tension indésirable). Sur certain ALI, cette tension est compensable à l'aide de composants externes.

4.2.Les courants de décalage d'entrée (Input Offset Current)

En théorie, $I^+ = I^- = 0$. En réalité, ces courants ne sont pas nuls et peuvent créer des chutes de tension. Les constructeurs notent ce courant $I_{bias} = (I^+ + I^-)/2$.

4.3.Les résistances d'entrée et de sortie

Sur un ALI réel, les résistances d'entrées ne sont pas infiniment grandes et la résistance de sortie n'est pas nulle.

4.4.Le courant de sortie

En plus de la résistance de sortie, on ne peut considérer le courant de sortie infiniment grand. Un courant maximum de sortie est indiqué par le constructeur.

4.5.Les tensions d'alimentation

Une plage d'alimentation est à respecter pour obtenir un fonctionnement optimal de l'ALI.

4.6.La tension de déchet

En théorie, V_S peut varier entre V_{EE} et V_{CC} . En réalité, une tension dite de déchet ($V_{déchet}$) vient limiter cette variation.

Ainsi : $-V_{sat} < V_S < +V_{sat}$ c'est à dire $V_{EE} + V_{déchet} < V_S < V_{CC} - V_{déchet}$

4.7.La vitesse de variation du signal de sortie (slew rate)

Ceci limite la vitesse de montée ou de descente du signal. Elle s'exprime en V/s ou V/ μ s. Un ALI avec un slew rate de 0,5V/ μ s mettra 30 μ s pour passer de 0 à 15V (15/0,5).

4.8.La bande passante

En pratique, plus on utilise l'ALI à fréquence élevée, moins son gain "A" sera grand. On définit le produit Gain Bande qui est en pratique une constante. Ce produit se fait entre la gain A et la fréquence de coupure de l'ALI. Il peut varier de quelques centaines de kHz à plusieurs centaines de MHz.

Pour résumer :

Les courants d'entrées sont non nuls mais peuvent être négligés dans le plupart des cas.

La sortie a une résistance interne (environ 100 Ω) et est limitée en courant (quelques mA).

L'amplification est de l'ordre de 100.000 et la bande passante va dépendre de cette amplification.