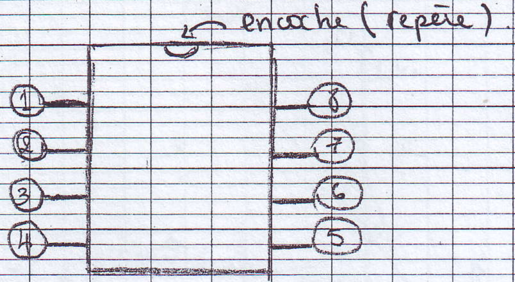
L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

I/ Caractéristique de l'ampli-op.

1. Définition de l'ampli-op.

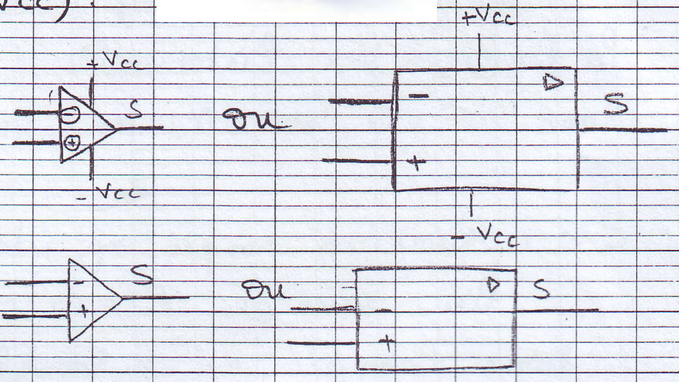
C'est un composant (circuit intégré) qui permet de réaliser des opérations arithmétiques et logiques. Il se présente souvent sous la forme d'un boitier à 8 pattes.



Ces pattes correspondent :

- ① et ⑤ → permettent de régler la tension offset (tension de décalage)
- ② → entrée inverseuse
- ③ → entrée non-inverseuse
- ④ → polarisation ($-V_{cc}$)
- ⑥ → Sortie
- ⑦ → polarisation ($+V_{cc}$).
- ⑧ → non connecté.

On le symbolise par :

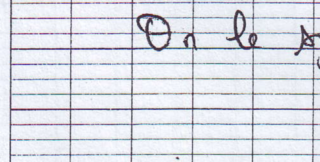


La polarisation est le fait d'apporter au circuit actif de la puissance sous forme d'un courant continu. Les ampli-op seront généralisés par des tensions symétriques (+15V, -15V)

Remarque :

De la suite, on ne va plus représenter les pattes de polarisation

2. Caractéristique de l'Ampli-op.



On a : $\varepsilon = V_{+} - V_{-}$

On note ε la différence entre V_+ et V_-.

La représentation de U_s en fonction de ε, va donner une allure :

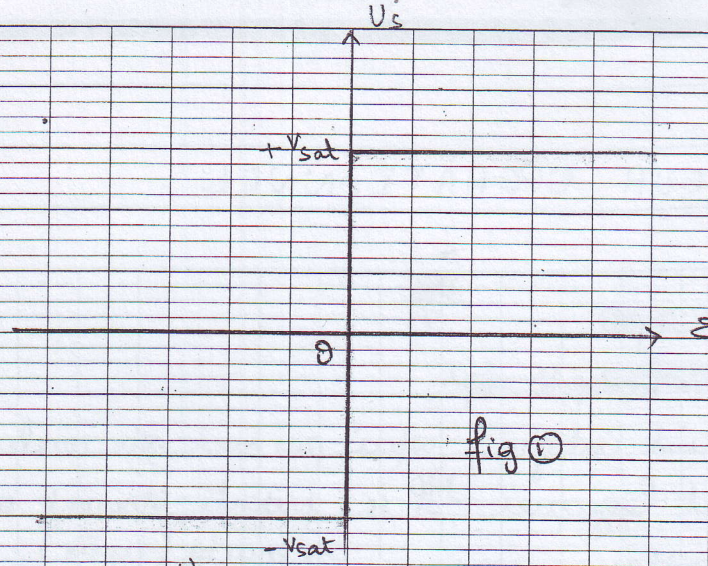
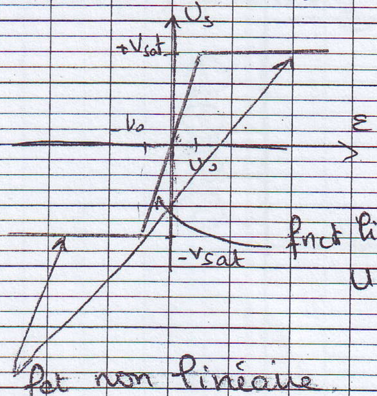


fig ①

Pour un ampli-op idéal, on remarque que la pente en 0 est infinie.



V_{sat} : tension de saturation
A_d : Amplification différentielle

fnct linéaire $U_s = A_d \cdot \varepsilon$ avec $\varepsilon \in [-V_0, +V_0]$.

fct non linéaire (régime de saturation)

Pour un ampli-op idéal, dont la caract. est celle tracée ds la fig ①, l'intervalle $[-V_0, V_0]$ de fct linéaire tend vers 0, donc $\varepsilon = 0$ et A_d tend vers ∞.

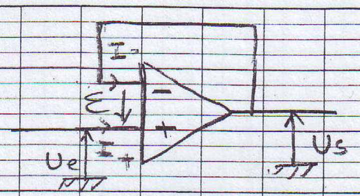
C/c : Pour un ampli-op idéal, le fct linéaire ne peut avoir lieu que pr $\varepsilon = 0$.

Donc l'ampli-op en boucle ouverte (pas de liaison entre la sortie et l'entrée) ne peut pas fonctionner de manière linéaire. Pour avoir un fonctionnement linéaire, l'ampli-op doit être bouclé. Si l'ampli-op est bouclé sur l'entrée ⊕, on aura un rég. non linéaire (réaction positive). Si l'ampli op bouclé sur l'entrée ⊖ (réaction négative ou contre-réaction), on aura la possibilité d'un fct linéaire.

II / Etude de quelques montages à Ampli-op idéal :

1 - Montage suiveur :

Considérons le circuit suivant :



On a : $\begin{cases} U_s = V_- \\ \varepsilon = V_+ - V_- = U_e - U_s \end{cases}$

En régime linéaire : $\varepsilon = 0$

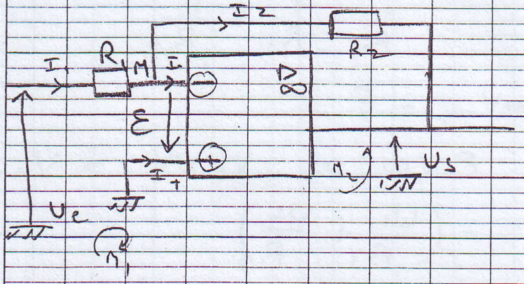
donc $U_s = U_e$.

Pour un ampli op idéal, on a : $I_+ = I_- = 0$.

Le circuit suiveur permet de réaliser une source de tension parfaite car à partir d'un gen (E, r), on réalise à la sortie du suiveur un gen. qui a pour tension $U_s = E$ quelque soit la charge branchée.

2 - Amplificateur inverseur

Considérons le circuit suivant :



1ère Méthode : lois de Kirchoff

en M_1 : $U_e - R_1 I_1 + \varepsilon = 0$

en M_2 : $U_s + R_2 I_2 + \varepsilon = 0$

en M : $I_1 = I_2 + I_-$

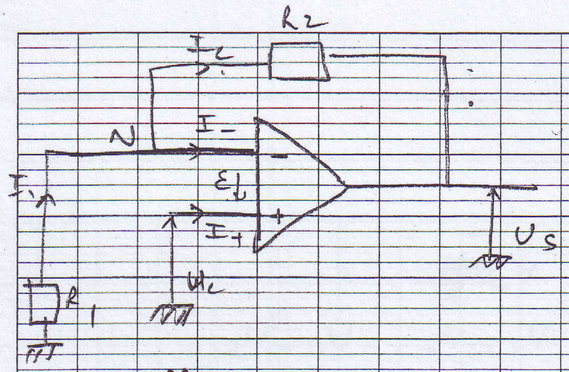
or, $\begin{cases} \varepsilon = V_+ - V_- = 0 \Rightarrow V_+ = V_- \\ I_- = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 \end{cases}$

donc $\begin{cases} U_e = R_1 I_1 \Rightarrow I_1 = \frac{U_e}{R_1} = I_2 \\ U_s = -R_2 I_2 \end{cases}$

donc $U_s = \frac{-R_2}{R_1} \cdot U_e$ ou $\frac{U_s}{U_e} = \frac{-R_2}{R_1}$ d'où le nom d'ampli-inverseur

3 - Amplificateur non inverseur.

Considérons le circuit suivant :



Millman en N : $V_n = \dfrac{\frac{U_s}{R_2} + \frac{0}{R_1}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \dfrac{U_s}{\frac{R_2}{R_1} + 1}$

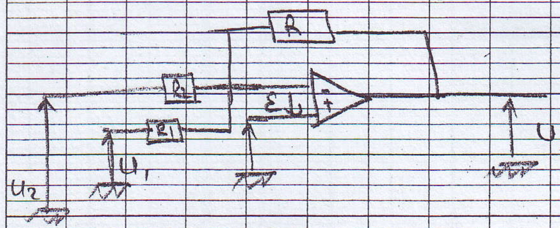
et : $\varepsilon = V_+ - V_- = U_e - V_n$

en rég. lin : $\varepsilon = 0 \Rightarrow U_e = V_n$

donc $U_s = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right) U_e$

4_ Additionneur inverseur

Considérons le circuit suivant :



En N : $V_n = \dfrac{\frac{U_s}{R} + \frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$

$V_+ - V_- = \varepsilon$

en rég lin : $\varepsilon = 0 \Rightarrow V_+ = V_- = V_n = 0$

donc $\frac{U_s}{R} = -\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$

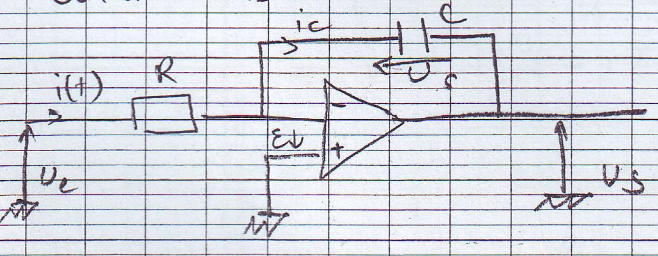
$\Rightarrow U_s = -R\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)$

Cas particulier si $R = R_1 = R_2$

on a : $U_s = -(U_1 + U_2)$

5_ Intégrateur inverseur

Considérons le circuit suivant :



donc : $U_e = RC \frac{dU_c}{dt}$

$= -RC \frac{dU_s}{dt}$

On a : $U_s + U_c + \varepsilon = 0$

en rég. lin : $\varepsilon = 0$

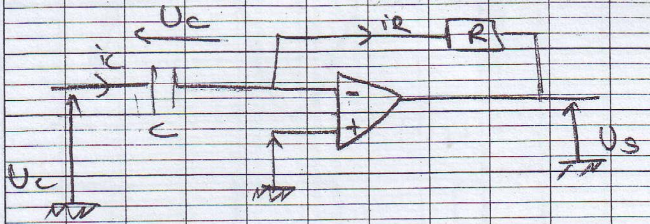
donc $U_s = -U_c$

et on a : $U_e = Ri$

or $i = i_c + i_- = i_c$ (avec $i_- = 0$)

donc $U_s = \frac{-1}{RC}\int_0 U_e\,dt$

6 _ Dérivateur inverseur :



On a, $U_e - U_c + \mathcal{E} = 0$

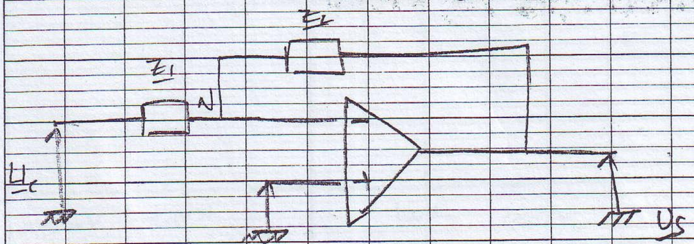
reg. lin $\mathcal{E} = 0 \Rightarrow U_e = U_c$

et on a $U_s = -U_R = -R i_R$

Or $i_R = i_c = C \dfrac{dU_c}{dt} = C \dfrac{dU_e}{dt}$

donc $U_s = -RC \dfrac{dU_e}{dt}$

7 _ Circuit en régime sinusoïdal (Exemple).



Millman en N : $\underline{V_N} = \dfrac{\dfrac{\underline{U_e}}{\underline{Z_1}} + \dfrac{\underline{U_s}}{\underline{Z_2}}}{\dfrac{1}{\underline{Z_1}} + \dfrac{1}{\underline{Z_2}}}$

or en reg. lin : $\mathcal{E} = V_+ - V_- = 0 \Rightarrow$

$V_N = V_- = V_+ = 0$

donc $\underline{U_s} = \dfrac{-\underline{Z_2}}{\underline{Z_1}} \cdot \underline{U_e}$