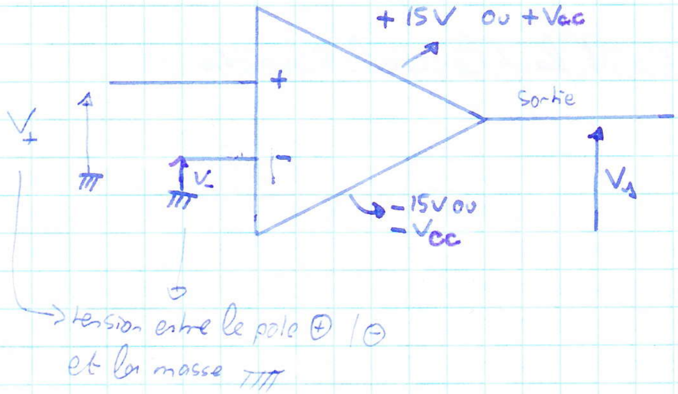
L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

⊛ Introduction : C'est un circuit integré, amplificateur de difference (AO, AOP pour parfait, ALI : amplificateur linéaire integré)

I. Presentation generale de l'O.A

1. Description - Schema conventionnel

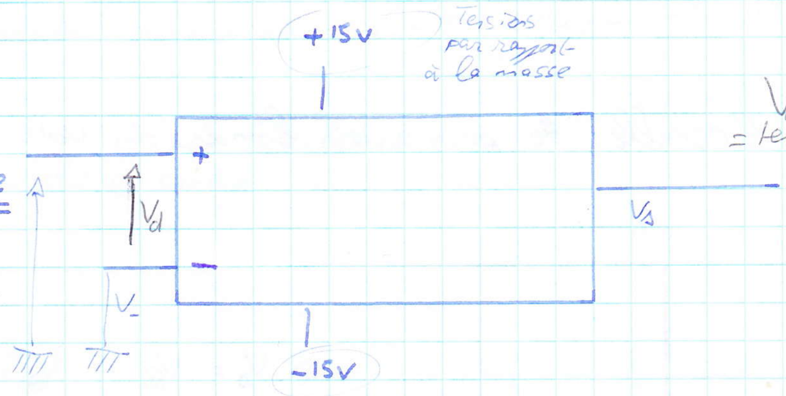


V_+ entrée non inverseuse ou positive

V_- entrée inverseuse ou négative

V_s tension en sortie

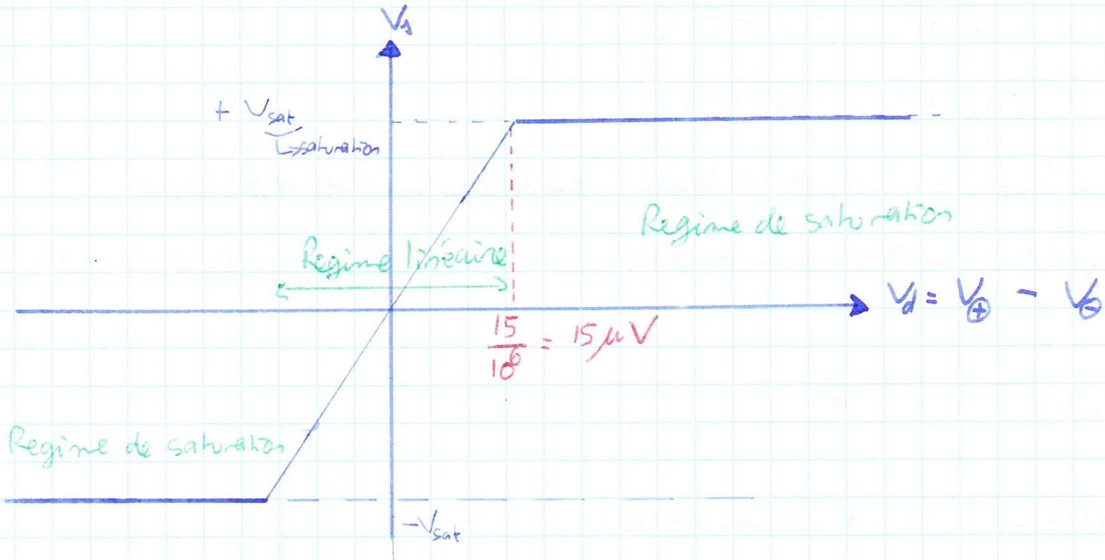
Autre symbole



V_d : tension differentielle = tension entre les 2 bornes

$$V_d = V_+ - V_-$$

2) Caracteristique de transfert



⊗ V_s proportionnelle à V_d ⇒ Droite ⇒ il faut le coef. directeur

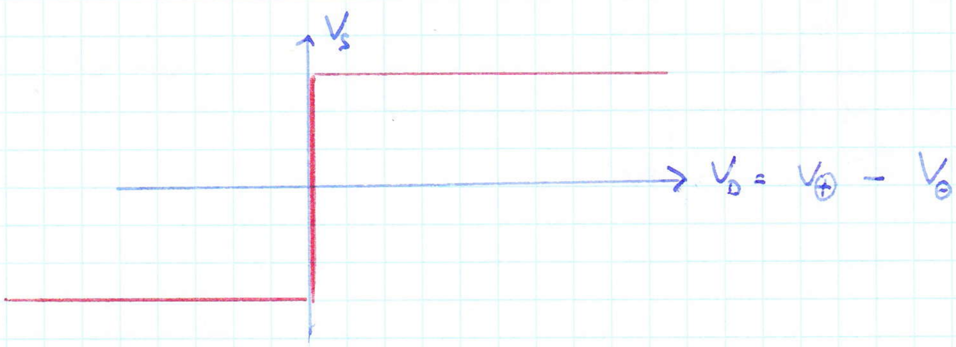
$V_s = A_d \times V_d$

V_d → tension differentielle

A_d → Amplification en boucle ouverte

$A_d \approx 10^6$ → coef directeur

↳ on change d'echelle pour avoir l'ordre du volt



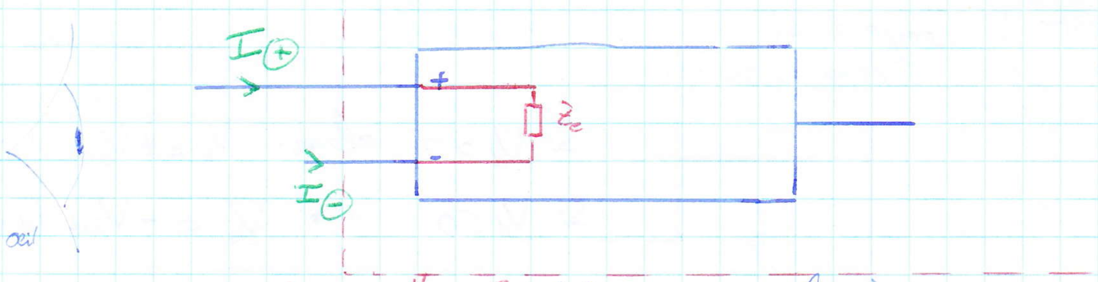
3) Modelisation de l'AO

a) Modelisation de sa caracteristique de transfert

Si l'AO travaille en regime linéaire : $\boxed{V_d = 0 \quad V_{\oplus} - V_{\ominus} = 0 \iff V_{\oplus} = V_{\ominus}}$

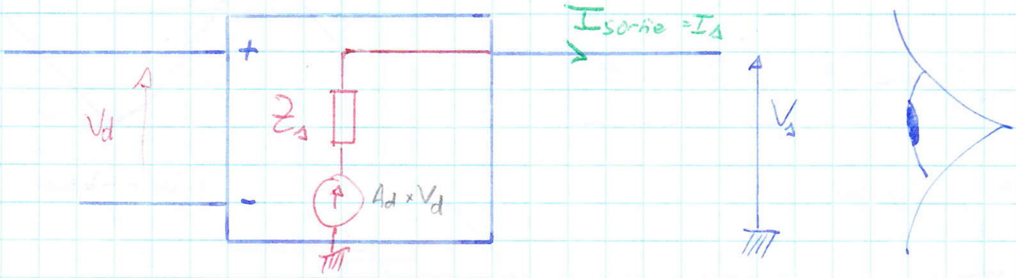
b) Modelisation des caracteristiques électriques

$I_{\oplus} = I_{\ominus} = 0$ car il y a derrière une Resistance infiniment grande.



rouge : impédence d'entrée (elle doit être infinie)

● Schema équivalent vu de la sortie

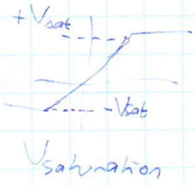


Z_s : impedence de sortie $Z_s = 0$

Bilan sur les critères d'idéalité (ou ampli parfait)

- Amplification différentielle en boucle ouverte A_d infinie
- Impédence d'entrée (Z_e) infinie $\Rightarrow$ $I_+ = I_- = 0$
- Impédence de sortie (Z_s) = 0

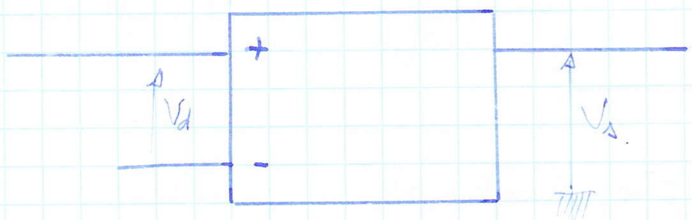
⚠ Le courant de sortie dépend de ce que l'on met sur la borne de sortie. On ne sait rien sur I_s (= courant de sortie)



II- Utilisation de l'AO

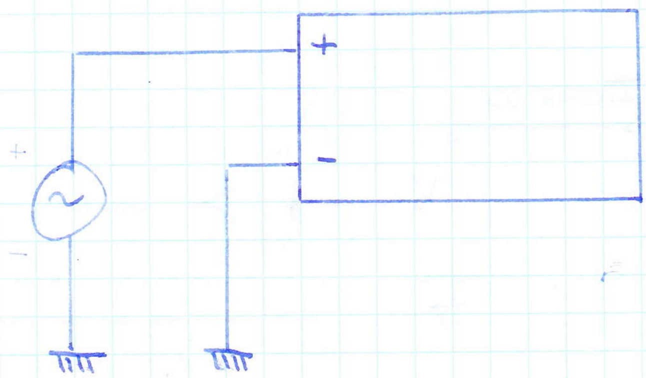
1) En boucle ouverte : Comparateur

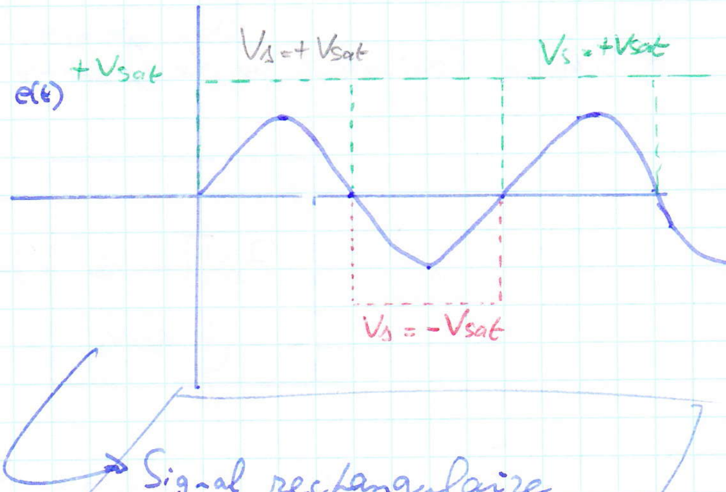
L'ampli est tout seul. Ø éléments autour



Si $V_d > 0$ alors : $V_s = +V_{sat}$ $(V_+ > V_-)$

Si $V_d < 0$ $\longrightarrow$ $V_s = -V_{sat}$ $(V_+ < V_-)$





Signal rectangulaire

Pas en régime linéaire.

Un signal aussi petit soit-il sera amplifié énormement.

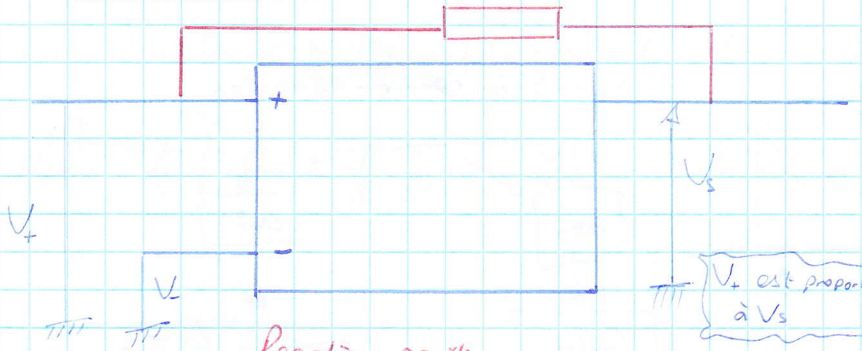
Il faut diminuer le signal de sortie.

1) Fonctionnement en boucle fermée (ou réaction)

Pour limiter l'amplification de l'A.O, on ajoute des composants generalement passifs (qui ne genere pas de courant) entre la sortie et une des entrées

➡ 2 possibilités

a) Reaction positive



Reaction positive

Hypothèse: $t=0$: $V_d=0$ $V_s=0$

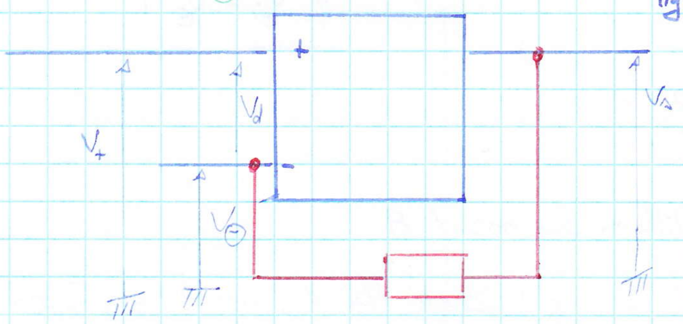
Si $V_+ \nearrow$: $V_d = V_{(+)} - V_{(-)} \rightarrow V_d \nearrow$

car

$V_+ = \alpha V_s \rightarrow V_s \nearrow$

V_+ est proportionnel à V_s

b) Reaction négative (ou contre-Réaction)



Hypothèse: $t=0$: $V_d=0$ $V_s=0$

Si $V_+ \nearrow \rightarrow V_d \nearrow \rightarrow V_s \nearrow$

$V_- = \alpha V_s \nearrow$

$V_d \searrow$

$\boxed{\text{Equilibre Stable}}$

Conclusion

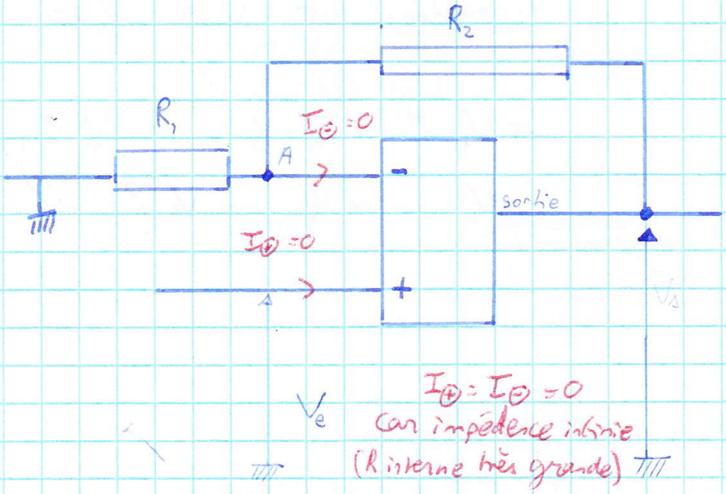
Face à un montage, on regarde la nature de la réaction

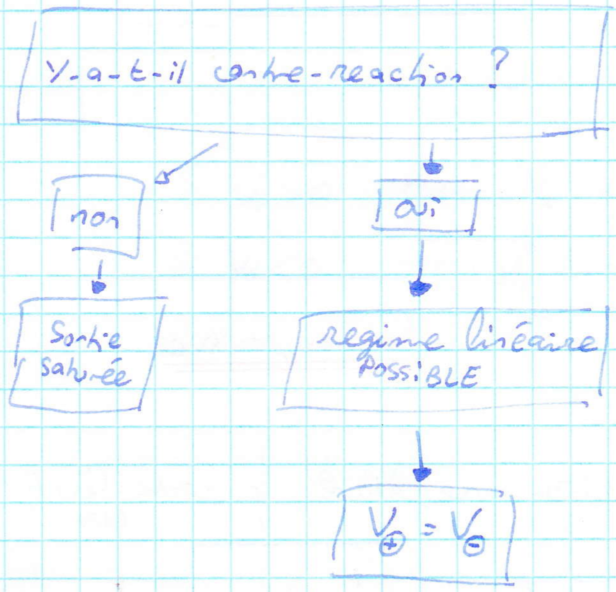
- Si la sortie est reliée à l'entrée ⊕ alors $V_s = \pm V_{sat}$
- Si la réaction est ⊖ alors on dit que le régime linéaire est possible. (cela n'exclut pas la saturation)

conséquence $V_d = 0 = V_+ - V_- \Rightarrow V_+ = V_-$

III - Montages fondamentaux en régime linéaire

a) Montage amplificateur non-inverseur





$\boxed{\text{Ici : } V_+ = V_-}$ → Que vaut V_- ?

→ Th de Millman au noeud A.

→ C'est une sorte de loi des noeuds en tension

⇒ Pour déterminer la tension $V_{\ominus}$ on applique le th. de Millman

Au noeud A

1) On compte le nb de branches accrochées au noeud : 3 branches

Tension de l'autre pole de R_1 (=0 car relié à la masse)

Tension de l'autre pole de R_2

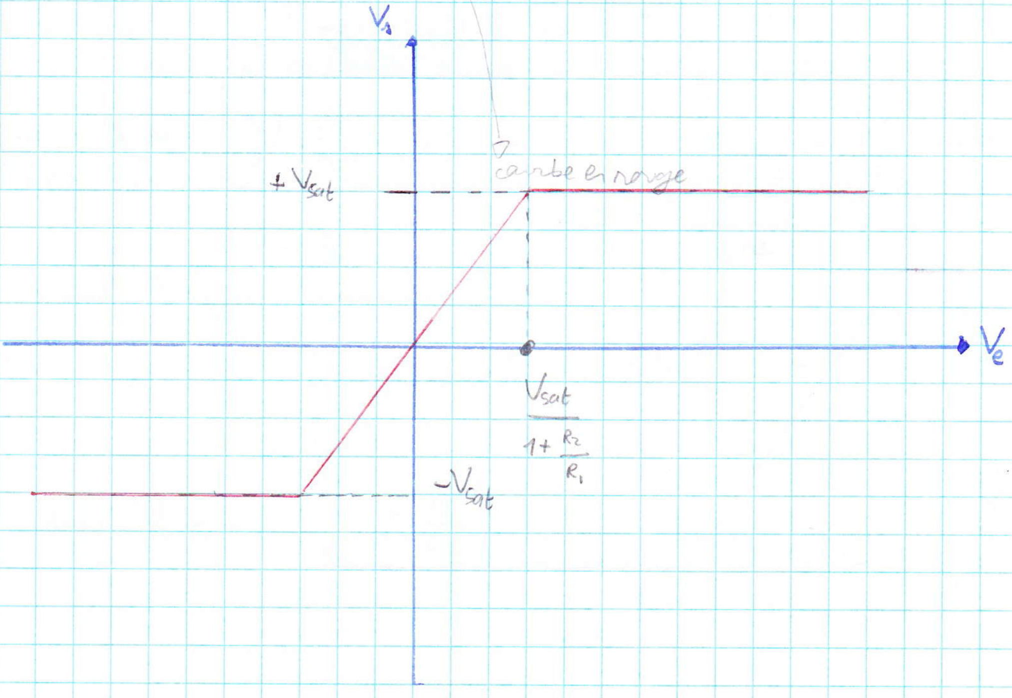
$$V_A\left(\underbrace{\frac{1}{R_1}}_{\text{conductance 1ère branche}} + \underbrace{\frac{1}{R_2}}_{\text{conductance 2e branche}} + \underbrace{\frac{1}{\text{impédence entrée}}}_{=0 \text{ car impédence infinie}}\right) = \frac{0}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}$$

$V_A = V_{\ominus} = V_{\oplus}$ car regime linéaire.

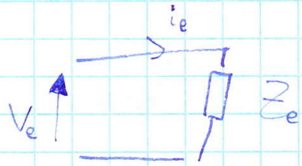
Comme en regime linéaire $V_+ = V_-$ (avec $V_+ = V_e$)

donc $V_E\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = \frac{V_s}{R_2}$ $\Rightarrow$ $\boxed{V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)V_E}$

$$\boxed{\text{Amplification: } A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}}$$



Impédance d'entrée (Z_e)

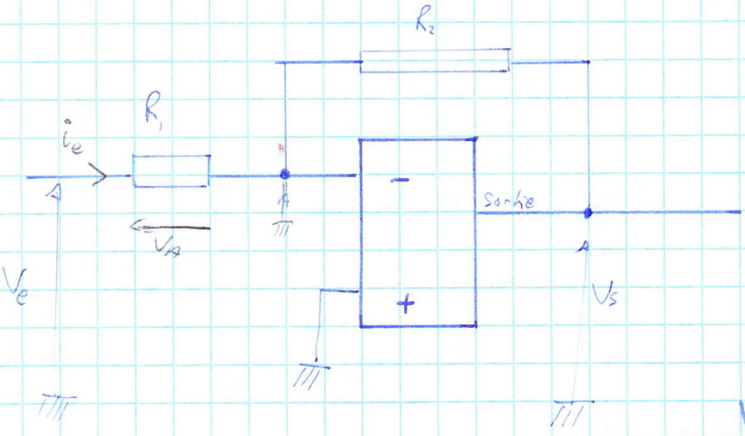


$$V_e = Z_e I_e$$

$$\Rightarrow Z_e = \frac{V_e}{I_e}$$

$i_e = i_+ = 0 \rightarrow$ Z_e infini

b) Montage amplificateur inverseur



régime linéaire possible

Contre réaction $\rightarrow V_+ = V_-$

- $V_+ = 0$ car relié à la masse

- Th de Millman en V_- (= noeud A)

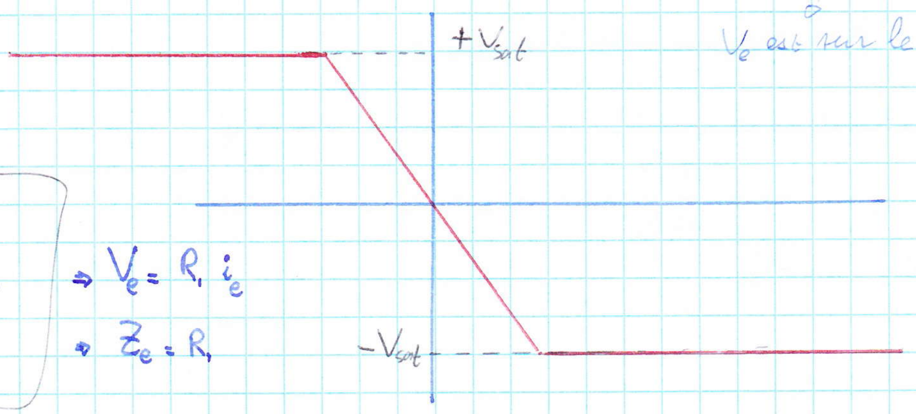
$$\cancel{V_A\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)}_{=0} = \frac{V_e}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}$$

$V_A = V_-$ et $V_+ = V_- = 0$ (car $V_+ = 0$ car relié à la masse)

donc $\frac{V_e}{R_1} + \frac{V_s}{R_2} = 0$

$$\boxed{\Rightarrow V_s = -\frac{R_2}{R_1} V_e} \Rightarrow A_v = -\frac{R_2}{R_1}$$

V_e est sur le pole ⊖



$$\boxed{Z_e = \frac{V_e}{i_e}}$$

$\Rightarrow V_e = R_1 i_e$

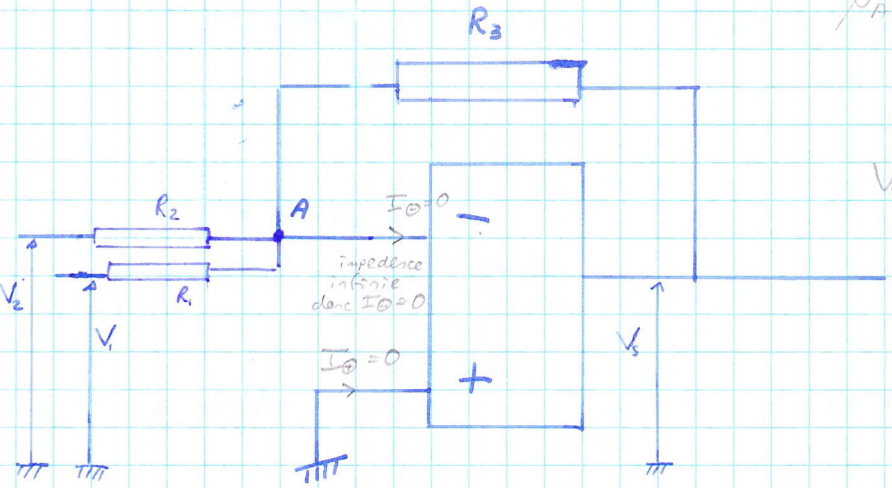
$\Rightarrow Z_e = R_1$

Vocabulaire - rappels : régime linéaire :

Forme du signal de sortie = forme du signal d'entrée avec coef de proportionnalité

3. Montage additionneur

$$V_A\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{V_S}{R_3}$$



$$V_S=-\frac{R_3}{R_1}V_1-\frac{R_3}{R_2}V_2$$

$$=-R_3\left(\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}\right)$$

Contre réaction (= sortie sur l'entrée ⊖) $\xRightarrow{\text{conséquence}}$ régime linéaire possible

- Si Régime linéaire : $V_0=0 \Rightarrow V_{\oplus}=V_{\ominus}$

On veut la relation entre V_s et les entrée

- $V_+=0$ car relié à la masse (donc $V_{\ominus}=0$). On cherche à exprimer $V_{\ominus}$ d'une autre manière.

- Au noeud A (th Millman) :

→ 4 branches dont une impedence infinie $\underbrace{V_A}_{\text{tension de l'entrée }\ominus\ =V_{\ominus}}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}\right)=\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}+\frac{V_S}{R_3}$ $=0$

Or $V_{\oplus}=V_{\ominus}=0$

donc $V_S=-R_3\left(\frac{V_1}{R_1}+\frac{V_2}{R_2}\right)$

Si $R_1=R_2$ alors $V_S=-\frac{R_3}{R_1}(V_1+V_2)$ → montage sommateur inverseur

car les 2 tensions V_1 et V_2 sont reliées à l'entrée ⊖