

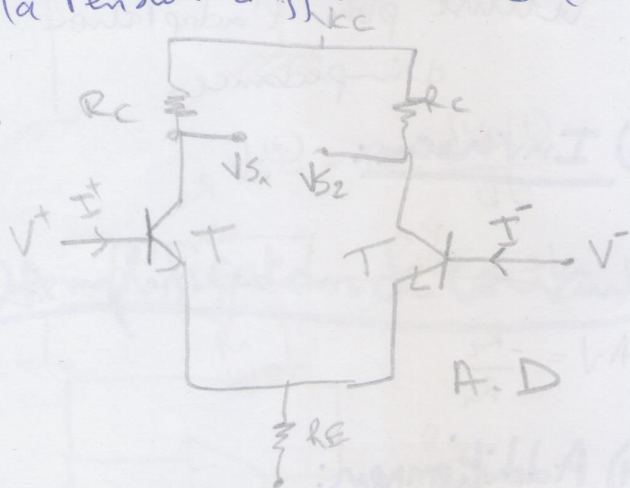
Amplificateurs Opérationnels

Caractéristiques:

- *) Grande Z_e
- *) Gain en sortie élevé A_{vd}
- *) Très faible impédance de sortie Z_s

A.O à Transistors bipolaires: differential

Objectif principal : Amplifier la tension différentielle $V_d = (V^+ - V^-)$

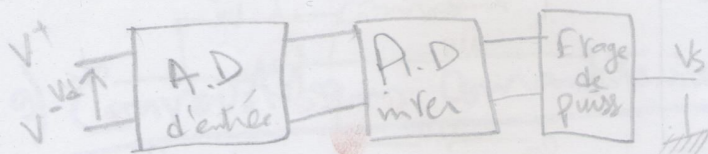


$$V_s = V_{s1} - V_{s2} = A_{vd}(V^+ - V^-) + A_{mc}(V^+ + V^-)/2$$

A_{vd} Gain différentiel ($V^+ \neq V^-$)

A_{mc} Gain en mode commun ($V^+ = V^-$)

En gros: Un A.O est constitué de :
Structure interne



- *) A.D d'entrée est caractérisé par Z_e élevé
- *) A.D inter augmente le gain
- *) Etage de puissance (Ade) venant avec faible Z_s

$$V_d = V^+ - V^- \text{ (Tension d'entrée diff)}$$

$$V_s = A_{vd} \times V_d \text{ (en l'absence de charge)}$$

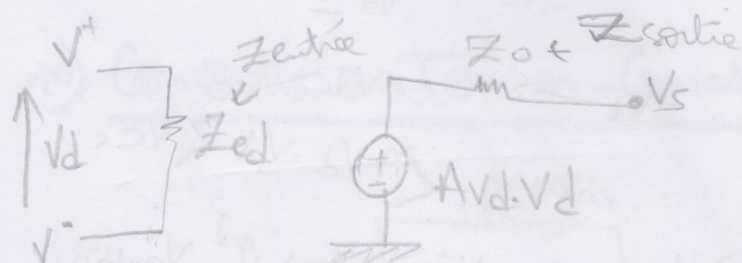
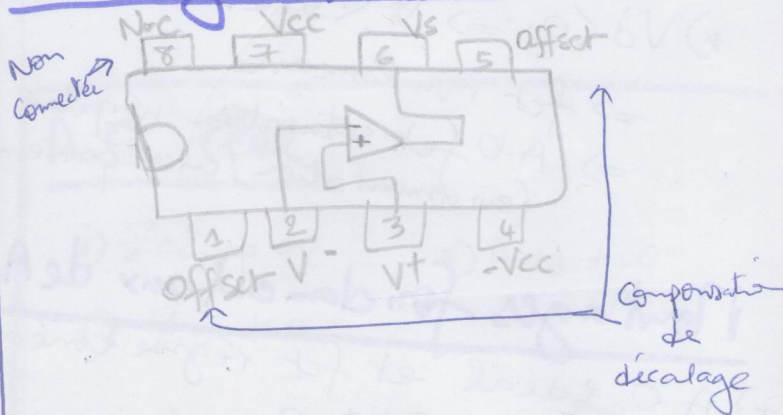


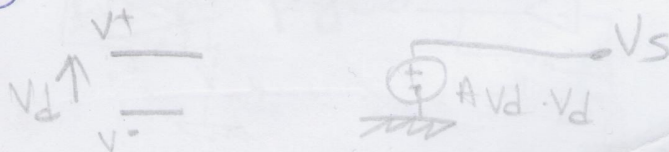
schéma équivalent A.O en basses fréquences

Brochage de $\mu A741$:

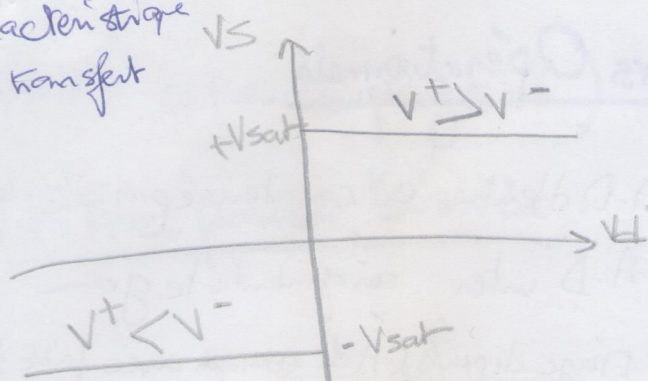


A.O idéal:

- *) $Z_e = \infty$
- *) $A_{vd} = \infty$
- *) $Z_s = 0$
- *) large bande passante



Caractéristique de transfert



* $V_d = 0 \Rightarrow V^+ = V^- \Rightarrow$ fct linéaire
 \Rightarrow A.O. fct en amplificateur
 $\Rightarrow V_s = A_{vd} V_d$ avec $V_s < V_{sat}$
 $V_s \approx 0,9 \times V_{cc}$

$A_{vd} \rightarrow \infty$ $V_d \rightarrow 0$
 mais $V_{cc} < A_{vd} \cdot V_d < V_{cc}$

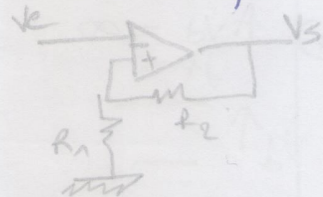
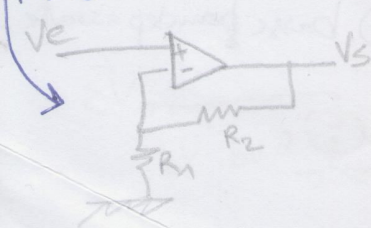
* $V_d > 0 \Rightarrow V^+ > V^- \Rightarrow V_s = V_{sat}$
 \Rightarrow fct non linéaire
 \Rightarrow A.O. fct en saturation positive (en commutation / en comparateur)

* $V_d < 0 \Rightarrow V^+ < V^- \Rightarrow V_s = -V_{sat}$
 \Rightarrow fct non linéaire
 \Rightarrow A.O. fct en saturation négative (en commutation / en comparateur)

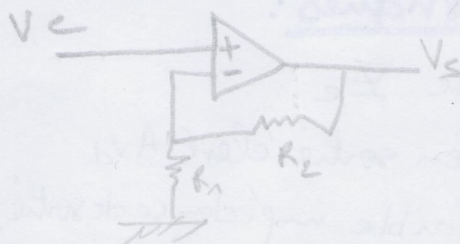
Montages fondamentaux de A.O

* A.O idéal et fct régime linéaire
 $V_d = 0$ $I^- = I^+ = 0$

A.O + réaction négative : Amplificateur
 A.O + réaction positive : Saturation

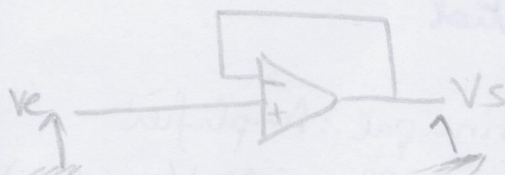


1) Non inverseur :



$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

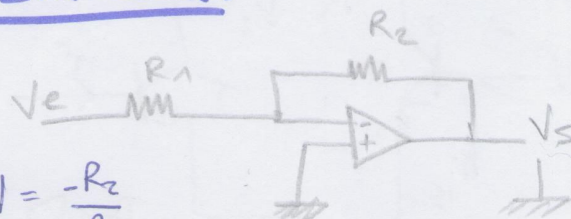
2) Suiveur :



$$A_v = \frac{V_s}{V_e} = 1$$

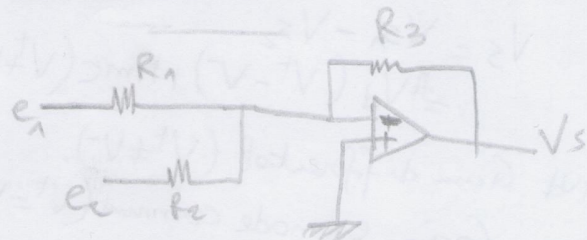
utilisé pour l'adaptation d'impédance.

3) Inverseur :



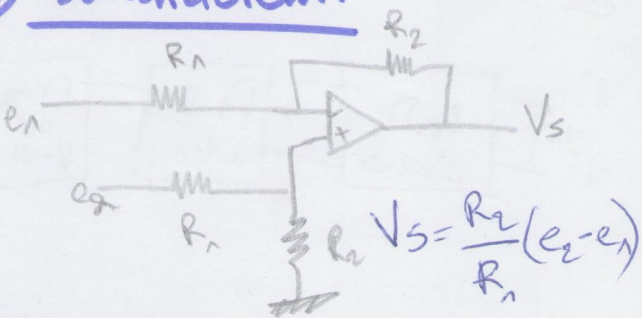
$$A_v = -\frac{R_2}{R_1}$$

4) Additionneur :



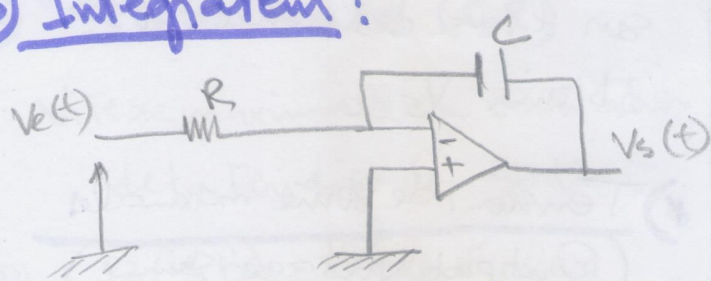
$$V_s = -R_3 \left(\frac{e_1}{R_1} + \frac{e_2}{R_2} \right)$$

5) Soustracteur :



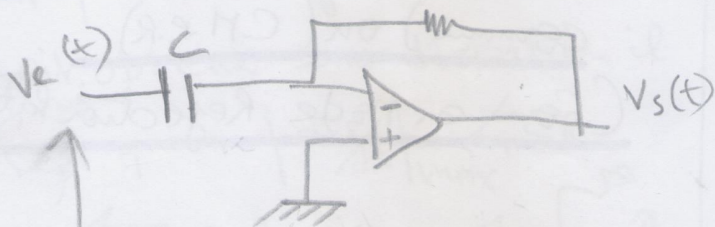
$$V_s = \frac{R_2}{R_1} (e_2 - e_1)$$

6) Intégrateur :



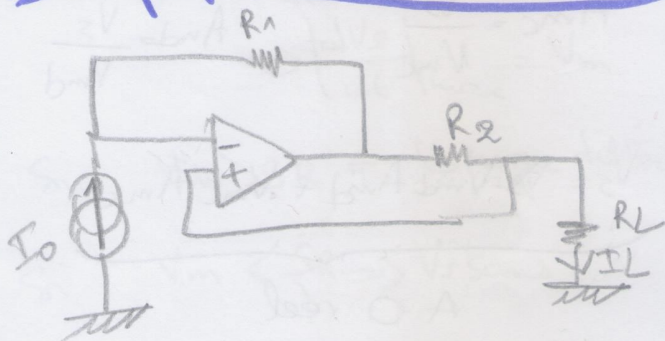
$$V_s(t) = -\frac{1}{RC} \int V_e(t) dt$$

7) Dérivateur (différentiateur)



$$V_s(t) = -RC \frac{dV_e(t)}{dt}$$

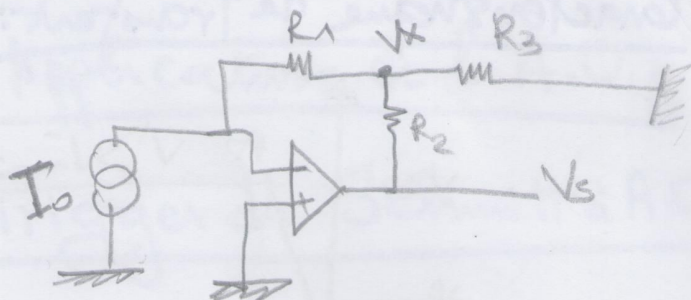
8) Amplificateur de courant :



$$I_L = -\frac{R_1}{R_2} I_0$$

(utilisé quand l'information est utilisée donnée sous forme de courant)

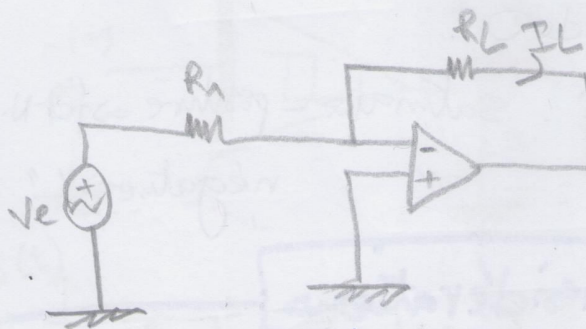
9) Convertisseur courant-tension :



$$V_s = -\left(\frac{R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3}{R_3} \right) I_0$$

Gain de Conversion
 $= \frac{\Delta V}{\Delta I}$

10) Convertisseur Tension - Courant :



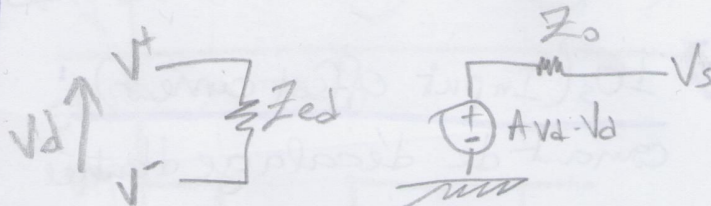
$$I_L = \frac{V_e}{R_1}$$

A.O réel :

$$*) Z_{ed} \neq \infty$$

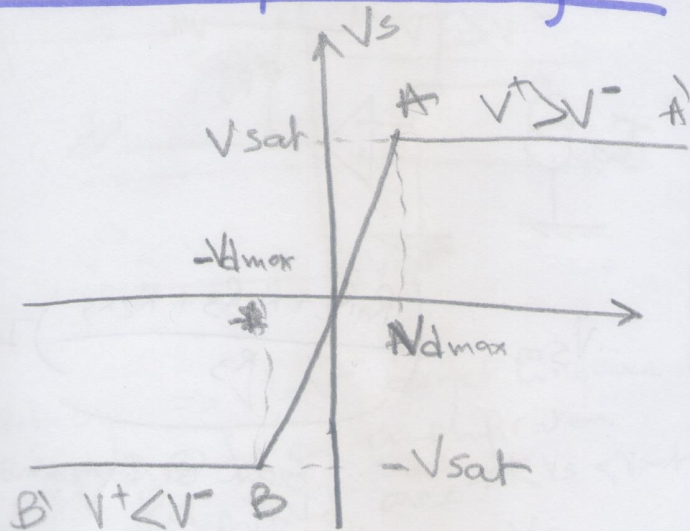
$$*) A_{vd} \neq \infty$$

$$*) Z_s \neq 0$$



Exemple : page 8

Caractéristique de transfert:



Zone AB : fonctionnement linéaire
 V_d varie de quelques μV autour de 0.

AA' : saturation positive \Rightarrow fct N.l.

BB' : " négative \Rightarrow " " "

Considérations

Le A.O est alimenté par une tension $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$.

I_p : courant de polarisation:

$$I_p = (I^- + I^+)/2$$

(Input bias current)

More details page 9

I_{os} (Input offset current):
 courant de décalage d'entrée

$$I_{os} = |I^- - I^+|$$

(Input offset Voltage) V
 c'est la tension à appliquer

(l'active etait à la masse)

sur l'une des entrées pour obtenir $V_s = 0$

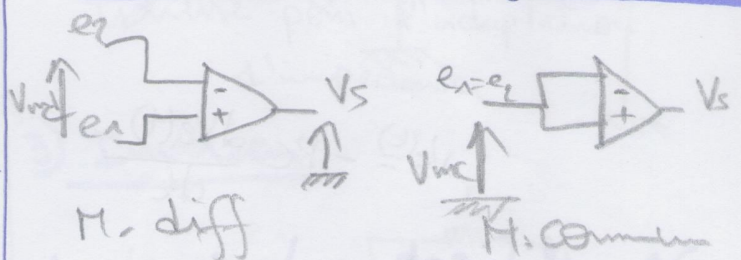
Tension de sortie maximale
 (Output voltage swing)

$$V_{smax} = V_{sat} \approx 0.9 V_{cc}$$

T.R.M.C

(Taux de Rejection en mode commun) ou (C.M.R.R)

(Common Mode Rejection Ratio)



$$A_{mc} = \frac{V_s}{V_{mc}}$$

$$A_{md} = \frac{V_s}{V_{md}}$$

$$V_s = V_{md} A_{md} + V_{mc} A_{mc}$$

A.O réel

$TRMC = \frac{A_{md}}{A_{mc}}$ il s'exprime en db.

$$T.R.M.C_{db} = 20 \log \left| \frac{A_{md}}{A_{mc}} \right|$$

c'est la capacité de l'A.D à rejeter toute variation de tension en mode commun.

* "Slew Rate" (SR)

Vitesse maximale de variation de la tension de sortie :

Plus le (SR) est élevé plus le A.O peut travailler avec des signaux rapides. (fr. élevée)

Quand le signal de sortie soit obtenu sans distortion il faut que $\left| \frac{dV_s}{dt} \right|_{\max} < SR$.

Exemple : (sinus)

$$V_e = V_m \sin \omega t$$

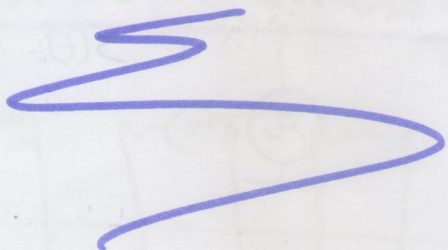
$$V_s = V_e \Rightarrow \frac{dV_s}{dt} = V_m \cos(\omega t)$$

$$\Rightarrow \left| \frac{dV_s}{dt} \right|_{\max} = V_m$$

Si $V_m > SR \Rightarrow V_s$ avec distortion

Si $V_m < SR \Rightarrow V_s$ sans //

$$V_m \omega \leq SR \Rightarrow f_{\max} = \frac{SR}{2\pi V_m}$$



Applications de l'A.O :

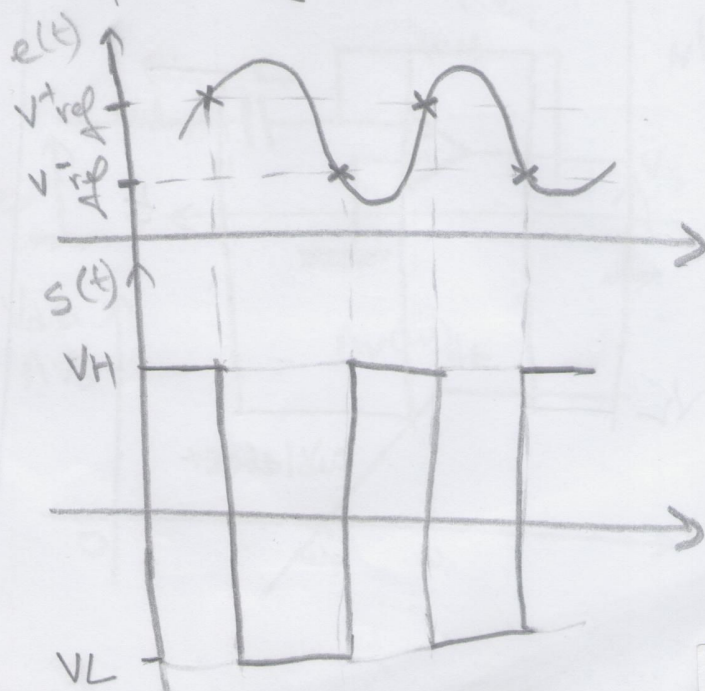
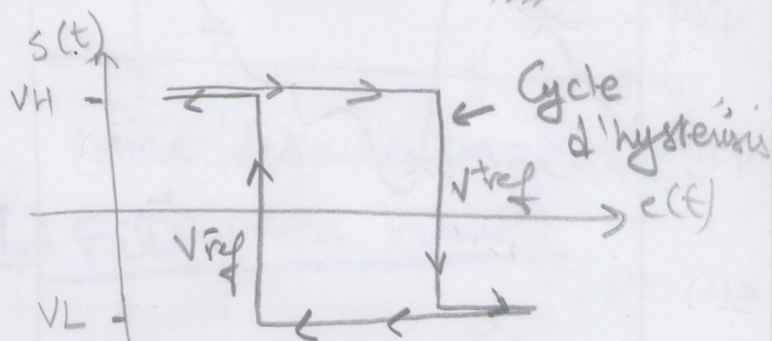
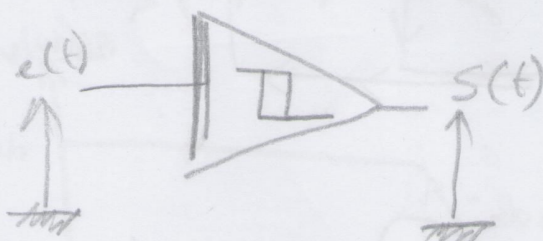
Trigger de Schmitt à A.O :

C'est un comparateur à hystérésis

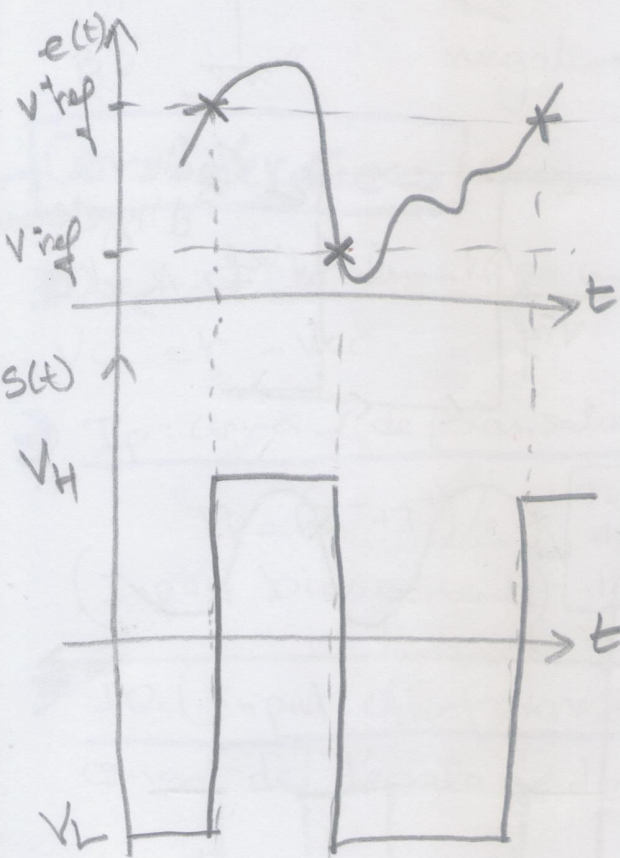
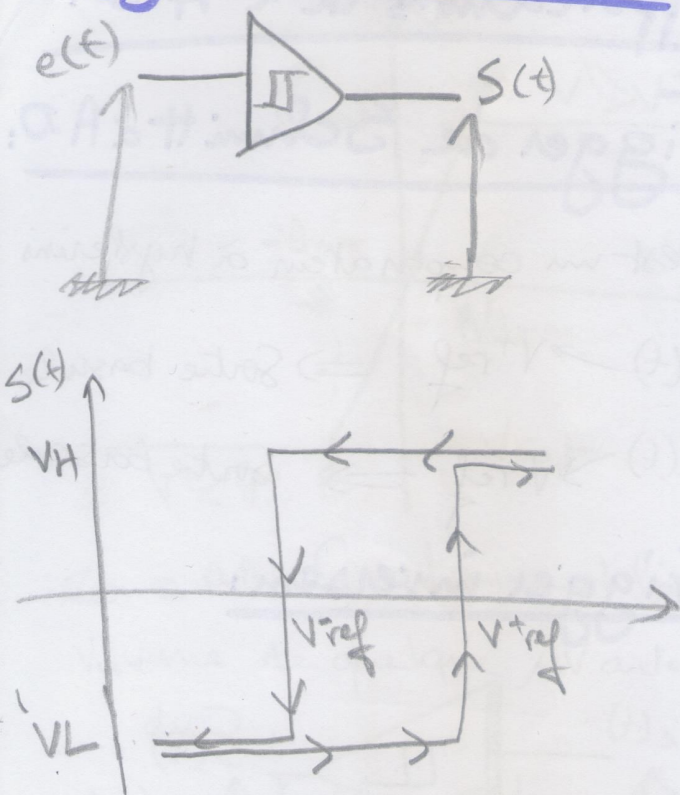
$e(t) \rightarrow V^{+ref} \Rightarrow$ Sortie bascule

$e(t) \rightarrow V^{-ref} \Rightarrow$ Sortie bascule

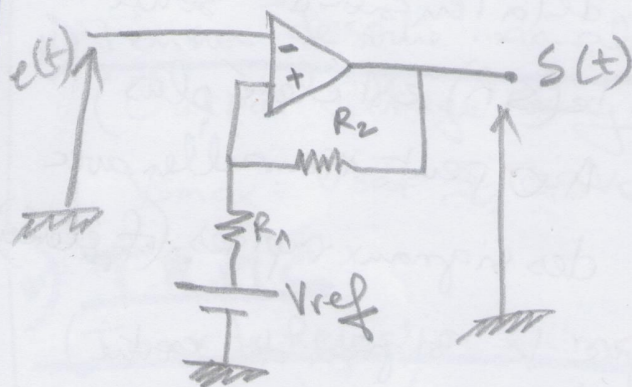
Trigger inverseur :



Trigger non inversé :



Montage trigger inversé :



$$V_{ref}^+ = V^+ |_{V_S = V_H}$$

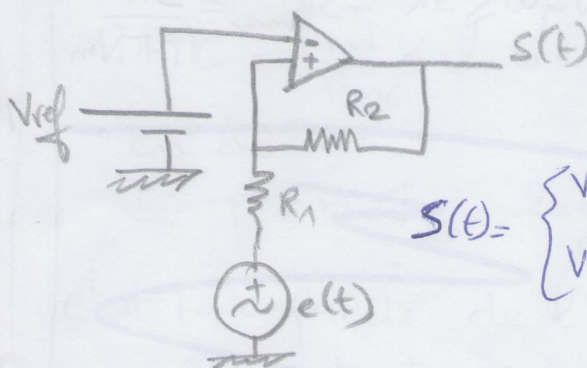
$$V_{ref}^- = V^+ |_{V_S = V_L}$$

1) Largeur de l'hystérésis $\Delta V = V_{ref}^+ - V_{ref}^-$

2) Tension au centre de l'hystérésis

$$V_C = \frac{V_{ref}^+ + V_{ref}^-}{2}$$

Montage trigger non inversé :



$$S(t) = \begin{cases} V_H = V_{sat}, & V^+ > V^- \\ V_L = -V_{sat}, & V^+ < V^- \end{cases}$$

$$V^+ \mid \begin{matrix} V^{+ref} \\ S(t) = V_L \end{matrix} = \frac{e(t) = V^{+ref}}{R_1} + \frac{S(t) = V_L}{R_2} = V^- = V_{ref}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\Rightarrow V^{+ref} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ref} - \frac{R_1}{R_2} V_L$$

$$V^- \mid \begin{matrix} V^- \\ S(t) = V_H \end{matrix} = \frac{e(t) = V^-}{R_1} + \frac{S(t) = V_H}{R_2} = V^+ = V_{ref}$$

$$\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$V^- = \frac{R_1 + R_2}{R_2} V_{ref} - \frac{R_1}{R_2} V_H$$

App du trigger de Schmitt:

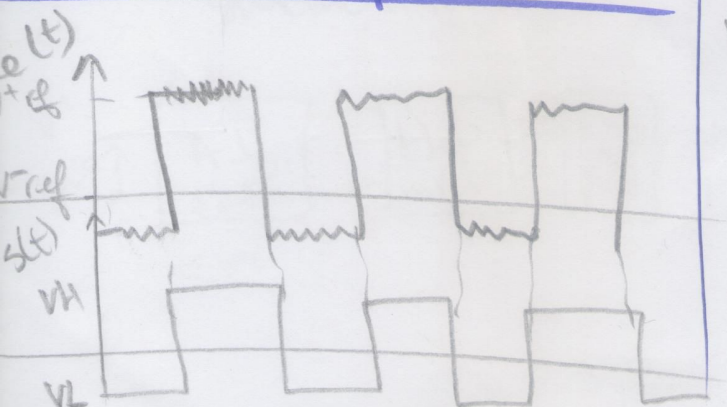
1) Prod signaux \square et \square :

$$R_{cy} = \frac{t_2 - t_1}{T} \leftarrow \text{durée état haut}$$

Période T

Condition à satisfaire ayant un rapport cyclique $R_{cy} = 0.5$
(Signal carré): $V_c = V_{emoy} = \frac{1}{T} \int_0^T V(t) dt$

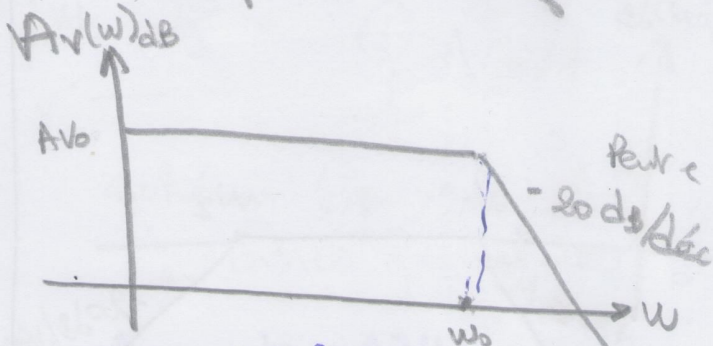
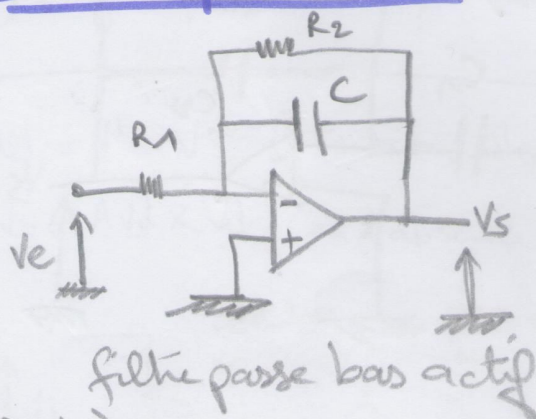
2) Eliminer les parasites:



3) Prod des signaux retardés

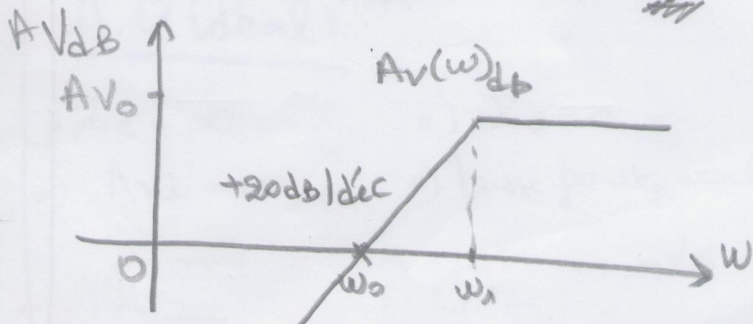
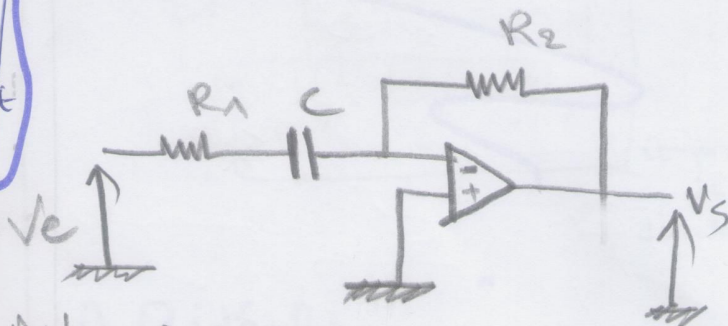
Filtres actifs du 1^{er} ordre

1) Filtre passe bas:



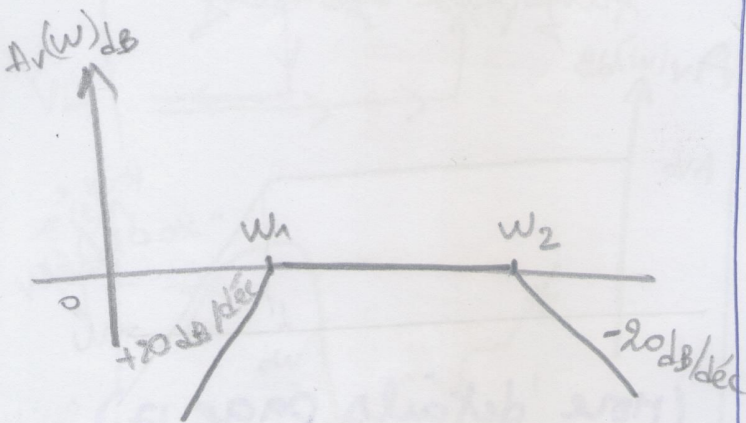
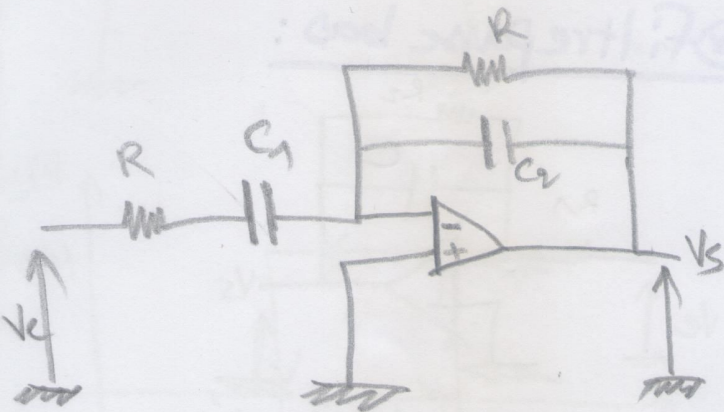
(More details page 17)

2) Filtre passe haut:



(More details page 18)

* Filtre passe bande :



App du triage de fréquence
 1. Filtre passe bande
 2. Filtre passe bas
 3. Filtre passe haut
 4. Filtre coupe bande

Caractéristiques de la réponse en fréquence
 - Bande passante
 - Gain de bande
 - Atténuation hors bande

Éliminer les parasites