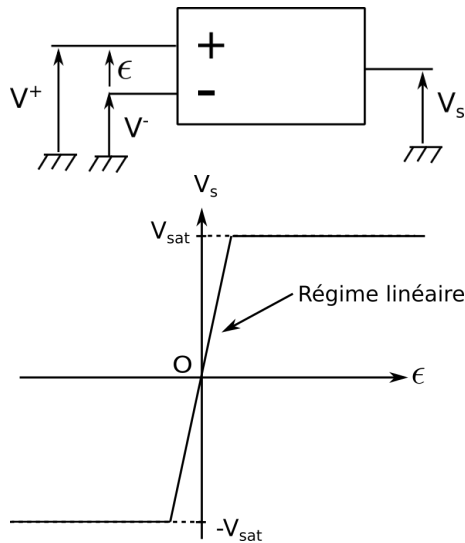


ALI et oscillateurs

Modèle en boucle ouverte



En boucle ouverte, le fonctionnement en **régime linéaire** est modélisé par une fonction de transfert d'ordre 1 :

$$\frac{V_s}{\epsilon} = \frac{A_0}{1 + j\omega\tau}$$

Ordres de grandeur : $\tau \approx 20 \text{ ms}$ et $A_0 \approx 10^5$.

Modèle de l'ALI idéal : les courants d'entrée sont nuls (impédance d'entrée infinie), et le gain statique en boucle ouverte $A_0 \rightarrow +\infty$.

Conséquence : pour un ALI idéal, la pente de la zone de régime linéaire tend vers l'infini. Le régime linéaire n'est alors possible que pour de très faibles valeurs de ϵ . On a donc $\epsilon \approx 0$ en régime linéaire.

Saturations :

- en tension : $|V_s|$ ne peut dépasser $V_{sat} \approx 15 \text{ V}$.
- en courant : le courant de sortie ne peut dépasser un courant limite $i_{sat} \approx 20 \text{ mA}$.
- en pente : $|\frac{dV_s}{dt}|$ ne peut dépasser une certaine valeur, appelée **Slew-rate $\approx 10 \text{ V}/\mu\text{s}$** .

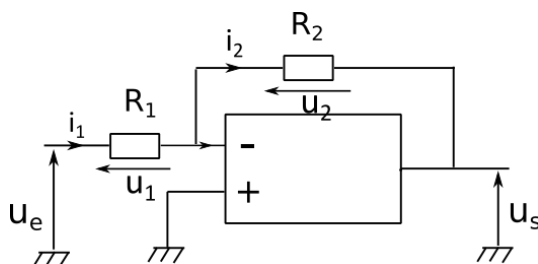
Rétroaction négative

Les circuits à rétroaction négative peuvent fonctionner en régime linéaire : on considère que $\epsilon = 0$. Il faut donc exprimer V^+ et V^- en fonction des tensions d'entrée et de sortie, puis on les égalise.

Pour exprimer V^+ et V^- , il y a plusieurs situations :

- ils sont directement connus par une liaison directe.
- on les obtient par un diviseur de tension (voir exemple du montage non inverseur)
- on écrit une ou plusieurs loi des noeuds, puis on exprime les courants en fonctions des potentiels avec la loi d'ohm (voir exemple du montage inverseur).

Montage inverseur



Liaison directe de la borne + à la masse : $V^+ = 0$.

Loi des noeuds à l'entrée - :

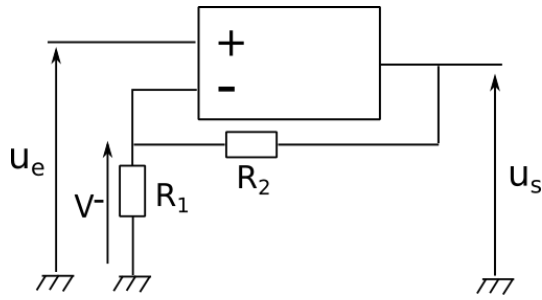
$$i_1 = i_2 + i^- \text{ et } i^- = 0 \text{ car ALI idéal, donc } \frac{u_1}{R_1} = \frac{u_2}{R_2}$$

$$\frac{u_e - V^-}{R_1} = \frac{V^- - u_s}{R_2}$$

ALI idéal en régime linéaire, donc $V^- = V^+ = 0$.

$$\frac{u_e}{R_1} = -\frac{u_s}{R_2} \Rightarrow u_s = -\frac{R_2}{R_1} u_e$$

Montage non-inverseur



Liaison directe de la borne + à la tension d'entrée :
 $V^+ = u_e$.

Diviseur de tension : $V^- = \frac{R_1}{R_1 + R_2} u_s$.

On en déduit : $u_s = \frac{R_1 + R_2}{R_1} u_e$.

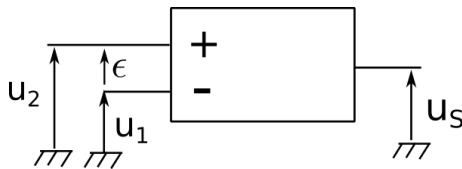
Absence de rétroaction, ou rétroaction positive

Ces circuits fonctionnent en régime saturé :

$$\epsilon > 0 \Leftrightarrow V_s = V_{sat}$$

$$\epsilon < 0 \Leftrightarrow V_s = -V_{sat}$$

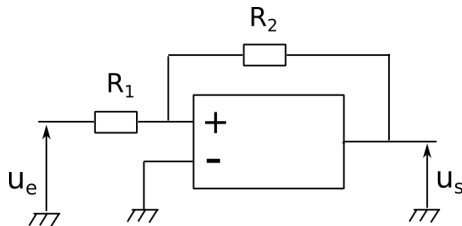
Deux exemples fondamentaux :



Le comparateur simple :

si $u_2 > u_1$, $u_s = +V_{sat}$.

si $u_2 < u_1$, $u_s = -V_{sat}$.



Les comparateur à hystérésis :

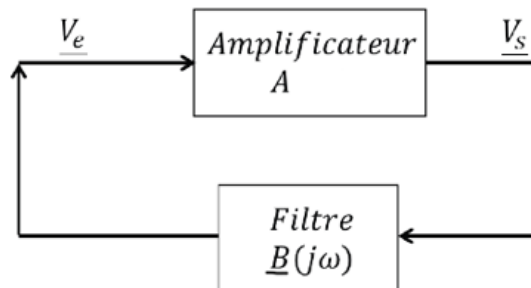
Il faut déterminer sa tension de seuil et construire son cycle.

Pour construire un cycle d'hystérésis :

- exprimer ϵ en fonction de v_e et v_s
- se placer dans le cas $\epsilon > 0$, remplacer v_s par $+V_{sat}$, en déduire une inégalité sur v_e .
- se placer dans le cas $\epsilon < 0$, remplacer v_s par $-V_{sat}$, en déduire une inégalité sur v_e .
- représenter ces inégalités par des traits horizontaux sur la courbe v_s en fonction de v_e .
- ajouter les basculements, qui se produisent lorsqu'on sort du domaine de validité d'une inégalité.

Oscillateur quasi-sinusoïdal

Il est composé en général d'un montage amplificateur de gain A et d'un filtre de fonction de transfert $\underline{B}(j\omega)$, bouclés.



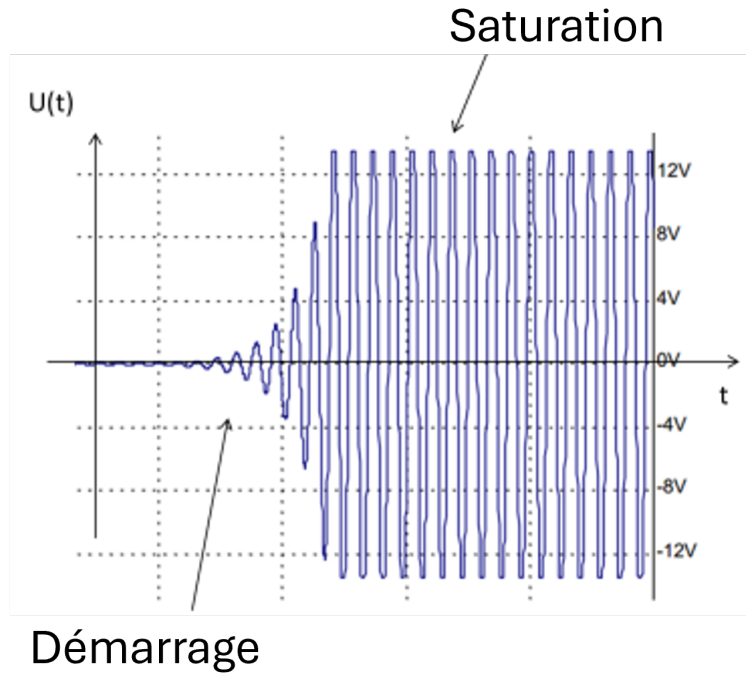
En supposant des oscillations sinusoïdales établies, et l'amplificateur non saturé, on a $A = \frac{u_s}{u_e}$ et $\underline{B}(j\omega) = \frac{u_e}{u_s}$, d'où $\underline{AB}(j\omega) = 1$.

- En prenant l'argument de cette relation : $\arg(A) + \arg(\underline{B}(j\omega)) = \arg(1) = 0$, on détermine la pulsation des oscillations ω_{osc} .
- En remplaçant dans $A\underline{B}(j\omega_{osc}) = 1$, on détermine la valeur de A qu'il faut régler pour obtenir ces oscillations sinusoïdales.

Pour cette valeur de A , u_e vérifie une équation différentielle d'oscillateur harmonique

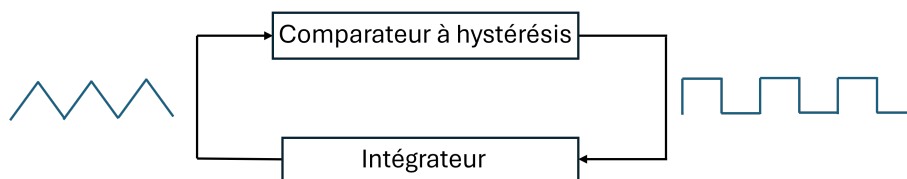
$$\frac{d^2 u_e}{dt^2} + \omega_{osc}^2 u_e = 0$$

Expérimentalement ou numériquement, il faut régler A un tout petit peu au dessus pour observer le démarrage pseudopériodique des oscillations. L'amplitude des oscillations quasi-sinusoïdales est fixée par la saturation de l'ALI.



Oscillateur à relaxation

Il est composé en général d'un comparateur à hystérésis et d'un intégrateur (ou pseudo-intégrateur), bouclés.



En sortie du comparateur à hystérésis, seulement deux valeurs possibles $\pm V_{sat}$, donc signal carré.

En sortie de l'intégrateur pur, le signal est parfaitement triangulaire.

S'il s'agit d'un pseudo-intégrateur (circuit RC par exemple), le signal est constitué de branches d'exponentielles (charges et décharges du circuit RC).

Pour déterminer les signaux en fonction du temps, on sépare en deux demi-oscillations, qui démarrent juste après une bascule. La tension de sortie du comparateur à hystérésis est constante pendant chaque demi-oscillation. On résout l'équation différentielle associée à l'intégrateur. La demi-oscillation prend fin lorsque le comparateur à hystérésis bascule (ϵ s'annule).