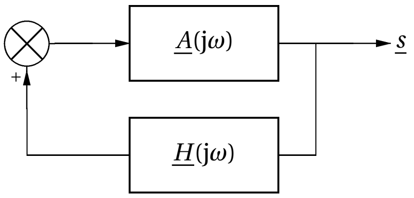
Électronique — III — Oscillateurs

Un oscillateur (électronique) est un montage capable de générer un signal périodique stable à partir d'une alimentation continue.

Oscillateur quasi-sinusoïdal

Conditions théoriques d'auto-oscillation sinusoïdale



chaîne directe amplificateur de gain $\underline{H}(\mathrm{j}\omega)$

chaîne de retour filtre passe-bande d'ordre 2 de fonction de transfert

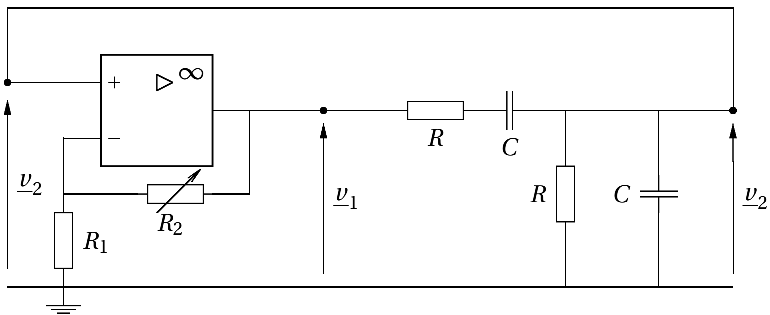
$$\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \frac{H_0}{1+\mathrm{j}Q\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)}.$$

En régime harmonique : $\left[1-\underline{A}(\mathrm{j}\omega)\underline{H}(\mathrm{j}\omega)\right]\underline{s}=0$.

> La condition théorique d'oscillation quasi-sinusoïdale est
>
> $$\underline{A}(\mathrm{j}\omega)\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = 1\,.$$

- La partie imaginaire de cette égalité fixe la pulsation des oscillations : $\boxed{\omega=\omega_0}$.
- La condition sur le gain de l'amplificateur est alors $\boxed{A(\mathrm{j}\omega_0)H_0 = 1}$.

Oscillateur à pont de Wien



La chaîne directe est un amplificateur non inverseur de gain $G = 1+\dfrac{R_2}{R_1}$.
La chaîne de retour est un pont de Wien, filtre passe-bande d'ordre deux de fonction de transfert

$$\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = \frac{H_0}{1+\mathrm{j}Q\left(\dfrac{\omega}{\omega_0}-\dfrac{\omega_0}{\omega}\right)} \quad \text{avec} \quad H_0=\frac{1}{3}\,,\quad Q=\frac{1}{3} \quad \text{et} \quad \omega_0=\frac{1}{RC}\,.$$

On en déduit l'équation différentielle $\dfrac{\mathrm{d}^2 v_2}{\mathrm{d}t^2}+3\omega_0\dfrac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t}+\omega_0^2 v_2 = \omega_0\dfrac{\mathrm{d}v_1}{\mathrm{d}t}$. (1)

ALI en régime linéaire

On a $v_1 = Gv_2$, d'où $\dfrac{\mathrm{d}^2 v_2}{\mathrm{d}t^2}+(3-G)\omega_0\dfrac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t}+\omega_0^2 v_2 = 0$.

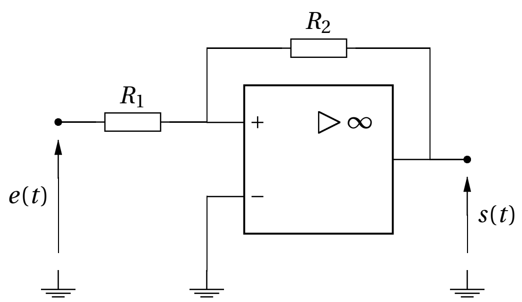
- La condition théorique d'oscillation est $G=3$, d'où l'équation de l'oscillateur harmonique $\dfrac{\mathrm{d}^2 v_2}{\mathrm{d}t^2}+\omega_0^2 v_2 = 0$.
- Il faut $G>3$ pour « accrocher » les oscillations : on observe alors des oscillations d'amplitude notable, quasi-sinusoïdales si G est peu supérieur à 3. La croissance de l'amplitude des oscillations est limitée par la non-linéarité de l'ALI : quand il est saturé, $v_1=$ cte et (1) devient $\dfrac{\mathrm{d}^2 v_2}{\mathrm{d}t^2}+3\omega_0\dfrac{\mathrm{d}v_2}{\mathrm{d}t}+\omega_0^2 v_2 = 0$; la tension v_2 décroît jusqu'au retour à un fonctionnement linéaire de l'ALI.

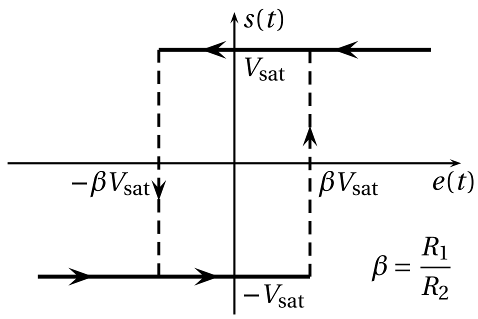
- Pour qu'un oscillateur démarre, il faut que le gain de l'étage amplificateur en régime linéaire dépasse une valeur seuil : c'est la **condition d'accrochage**.
- Les **non-linéarités** de l'étage amplificateur permettent un fonctionnement stable de l'oscillateur.
- Le régime permanent est obtenu quand les gains fournis par l'étage amplificateur compensent les pertes.

Oscillateur de relaxation

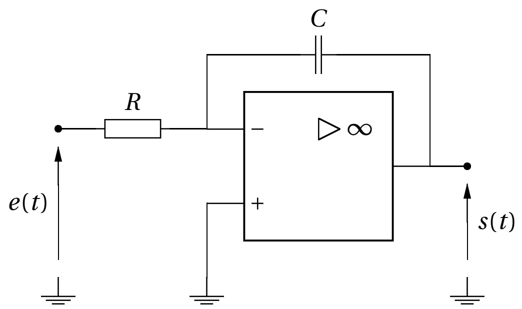
Un oscillateur de relaxation est un oscillateur non linéaire qui délivre un signal périodique non sinusoïdal.
Le montage associe un intégrateur à un comparateur à hystérésis :

Comparateur non inverseur





Intégrateur

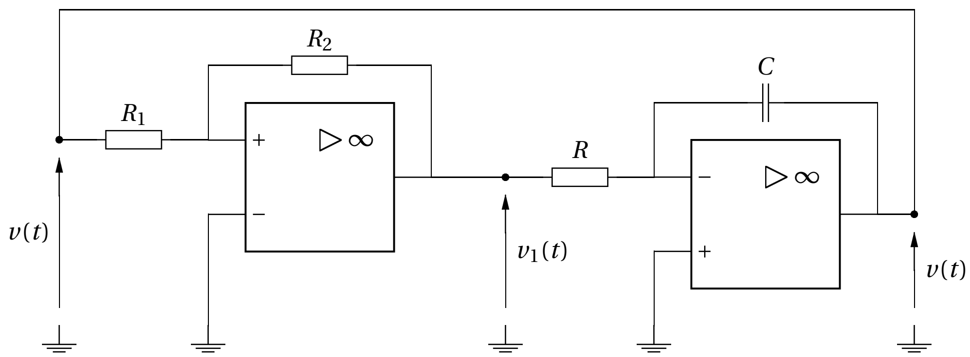


$$\underline{H}(\mathrm{j}\omega) = -\frac{1}{\mathrm{j}\omega\tau} \quad \text{avec} \quad \tau = RC\,,$$

soit

$$e(t) = -RC\frac{\mathrm{d}s(t)}{\mathrm{d}t}\,.$$

Oscillateur



- Le comparateur bascule quand $v(t) = \pm\beta V_{sat}$ et donne $v_1(t) = \pm V_{sat}$.
- Si $v_1(t) = +V_{sat}$, on a $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{V_{sat}}{RC} < 0$ et $v(t)$ décroît jusqu'à $-\beta V_{sat}$, où $v_1 = -V_{sat}$. Cette phase dure $2\beta\tau$.
- Partant de $v_1 = -V_{sat}$, on a $\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} = -\dfrac{V_{sat}}{RC} > 0$ et $v(t)$ croît jusqu'à βV_{sat}, où $v_1 = V_{sat}$. Cette phase dure $2\beta\tau$.

L'oscillateur délivre un signal $v(t)$ triangulaire, de période $T = 4\beta\tau$.