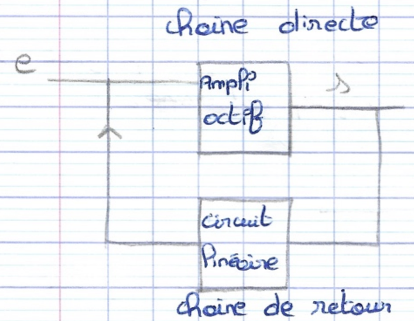
Chap 17 : Oscillateurs

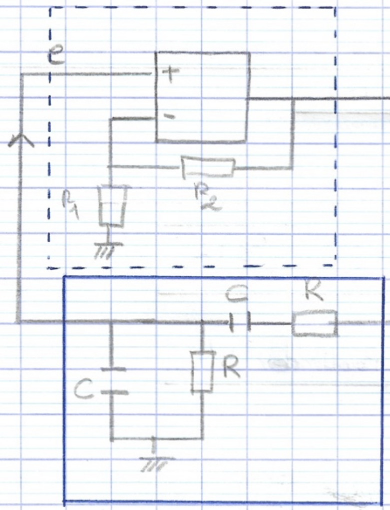
I. Oscillateur quasi sinusoïdal, syst bouclé auto-oscillant



1°- Principe et structure d'un oscillateur à boucle de rétroact°, exple de l'oscillateur à pont de Wien

Les oscillations "naissent sur du bruit" ($e \simeq 0$ à $t = 0$)

- Oscillateur à Pont de Wien :



chaîne directe, ampli nn-inverseur en régime linéaire

chaîne retour PB ordre 2

- Démarrage des oscillations par instabilité du syst bouclé :

Syst instable -> croissance de l'ampl des oscillations mais avec des signaux de faible ampl -> comportem^t linéaire

Le filtre P-Bande sélectionne la freq amplifiée ds sa bande passante avec f_0 sa freq naturelle.

- Régime établi : fct^t stable :

Apport$^{\circ}$ de nn-linéarités

↳ saturat° de l'ALI qd l'ampl des signaux est élevée.

Le signal est alors périodique mais ps rigoureusem^t sinusoïdal (car nn-linéarité saturat°)

-> oscillateur quasi-~~amorti~~ sinusoïdal

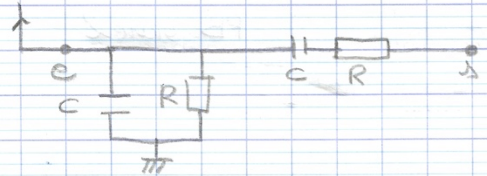
Rq : On peut stabiliser l'ampl sans recourir à la saturat° de l'ALI.

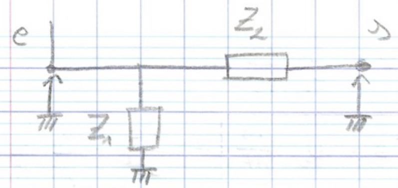
2°- Mise en éq et démarrage des oscillations sur instabilité

-> Chaîne directe = ampli nn-inverseur

$$\boxed{s = Ae = AV_+ = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)e}$$

-> Chaîne retour = Pont de Wien





$i_+ = 0$ => div de tension

$\underline{e} = \frac{\underline{Z_1}}{\underline{Z_1}+\underline{Z_2}}\underline{s}$, avec $\frac{1}{\underline{Z_1}} = \frac{1}{R} + jC\omega$, $\underline{Z_1} = \frac{R}{1+jRC\omega}$

et $\underline{Z_2} = R + \frac{1}{jC\omega} = \frac{1+jRC\omega}{jC\omega}$

↳ $\frac{\underline{e}}{\underline{s}} = \frac{R/_{1+jRC\omega}}{\frac{R}{1+jRC\omega} + \frac{1+jRC\omega}{jC\omega}}$

$= \frac{R}{R + \frac{(1+jRC\omega)^2}{jC\omega}} = \frac{R}{R + 2R + \frac{1}{jC\omega} + jR^2C\omega}$ $\qquad \frac{1}{j} = -j$

$= \frac{1}{3 + j(RC\omega - \frac{1}{RC\omega})}$

Passe Bande : $\underline{H} = \frac{H_0}{1+jQ(x-\frac{1}{x})}$, $x = \frac{\omega}{\omega_0}$

ici $\frac{\underline{e}}{\underline{s}} = \frac{1/3}{1 + j/3(RC\omega - \frac{1}{RC\omega})} = \frac{1/3}{1+jQ(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})}$

avec $\boxed{Q = \frac{1}{3} \text{ et } \omega_0 = \frac{1}{RC}}$

Passe bande d'ordre 2

-> Etude de la stabilité

↳ eq diff qui relie e(t) et s(t)

$\frac{\underline{e}}{\underline{s}} = \frac{j\frac{\omega}{\omega_0}}{\underbrace{1 + 3j\frac{\omega}{\omega_0} - (\frac{\omega}{\omega_0})^2}}$

coeff du dénominateur de signes ≠

↳ instable possible

réel ↳ $\frac{1}{\omega_0^2}\frac{d^2e}{dt^2} + \frac{3}{\omega_0}\frac{de}{dt} + e = \frac{1}{\omega_0}\frac{ds}{dt}$

<=> $\boxed{\frac{d^2e}{dt^2} + 3\omega_0\frac{de}{dt} + \omega_0^2 e = \omega_0\frac{ds}{dt}}$ => $\frac{d^2e}{dt^2} + \frac{\omega_0}{Q}\frac{de}{dt} + \omega_0^2 e$ = ...

Bouclons le syst => s = Ae $\qquad \omega_0\frac{ds}{dt}$

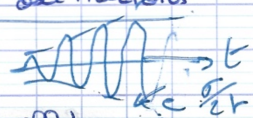
$\frac{d^2e}{dt^2} + 3\omega_0\frac{de}{dt} + \omega_0^2 e = \omega_0 A\frac{de}{dt}$

$\frac{d^2e}{dt^2} + \omega_0(3-A)\frac{de}{dt} + \omega_0^2 e = 0$

Le syst est instable si $\boxed{\sigma = \omega_0(3-A) < 0}$.

↳ amplificat° et croissance des oscillations

sol du type $e^{\frac{+\sigma}{2}t} \sim \cos\Omega t$



=> Condit° de croissance des oscillations :

$3 - A < 0$ => $3 - (1 + \frac{R_2}{R_1}) < 0$ => $\boxed{\frac{R_2}{R_1} > 2}$

∘ Si σ ≃ 0 proche de 0, le régime transitoire de croissance est ⊕ long, le régime établi proche d'oscillations ~

∘ Si σ < 0 et éloigné de 0 (σ = -1) le régime transitoire amplifié est ⊕ court et le régime établi ⊕ éloigné d'oscillations ~ -> non linéarités dues à la saturat° de l'ALI pr |e| > $\frac{U_{sat}}{A}$

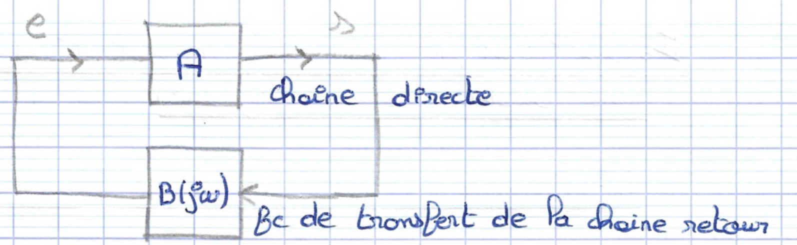
Rq : Ds zone de saturat° $s = \pm U_{sat}$ et $\frac{ds}{dt} = 0$

$\frac{d^2e}{dt^2} + 3\omega_0\frac{de}{dt} + \omega_0^2 e = 0$

↳ évolut° amortie apériodique ($Q < \frac{1}{2}$)

3°- Condit° pr l'entretien des oscillations en régime établi : interprétat° en terme de rétroact°

Cherchons une condit° pr avoir une oscillat° en montage bouclé.



$$\begin{cases} s = Ae \\ e = B(j\omega)s \end{cases}$$

$$\frac{e}{B(j\omega)} = Ae \Rightarrow e\left(\frac{1-AB(j\omega)}{B(j\omega)}\right) = 0$$

$e \neq 0 \Rightarrow 1 - AB(j\omega) = 0 \Rightarrow \boxed{AB(j\omega) = 1}$ (condit° de Barkhausen pr oscillat° entretenue)

∃ oscillat°

• Condit° sur la phase : accord de phase

avec $a \in \mathbb{R}$, $Im(\underline{B}(j\omega)) = 0$

$B(j\omega)$ "filtre" Pbande d'ordre 2 de phase nulle pr $\omega = \omega_0$.

Il n'existera d'oscillations que pr $\omega = \omega_0$ -> "accord de phase"

• Condit° sur le gain (amplitude) : accord de gain

$$\underline{B}(j\omega_0) = \frac{H_0}{1 + jQ(x - \frac{1}{x})} = H_0 = \frac{1}{3}$$

$\omega = \omega_0 \to x = 1$

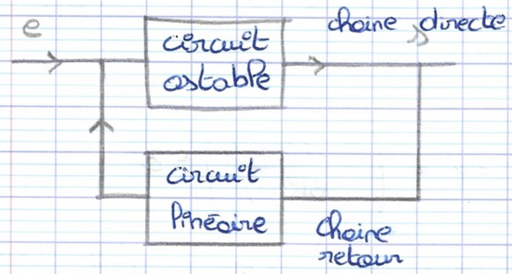
$A \times \frac{1}{3} = 1 \Rightarrow \boxed{A = 3}$ ($\sigma = 0$)

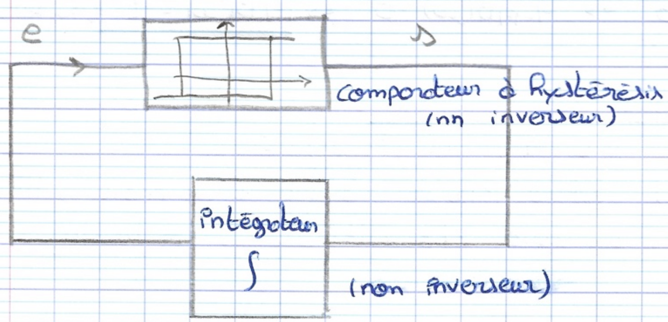
$1 + \frac{R_2}{R_1} = 3 \Rightarrow \boxed{\frac{R_2}{R_1} = 2}$

Rq : nécessité syst du 2ème ordre pr avoir oscillations.

II. Oscillateur de relaxat° avec utilisat° d'un syst astable (et non-linéaire)

1°- Principe et structure de l'oscillateur



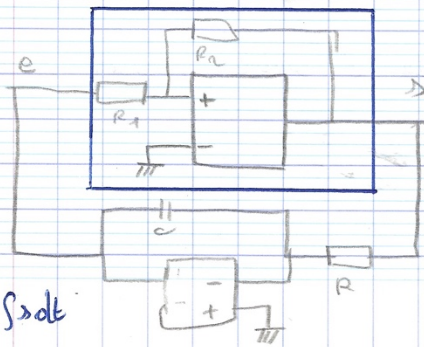


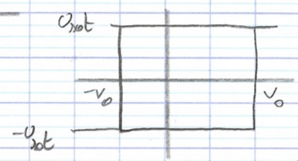
Ici chaîne directe -> en fct non-linéaire avec saturat° de l'ALI ds la pratique $s = \pm U_{sat}$ -> oscillat° en 2 états sans stabilisat° -> oscillateur astable

Il existe des oscillations si

- qd $s = +U_{sat}$, $e(t)$ évolue de manière à provoquer le basculem^t de $+U_{sat}$ à $-U_{sat}$
- qd $s = -U_{sat}$, $e(t)$ provoque le basculem^t à $-U_{sat}$.

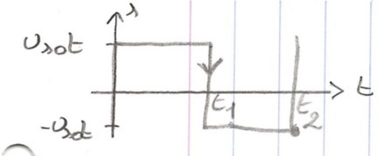
comp hystérésis

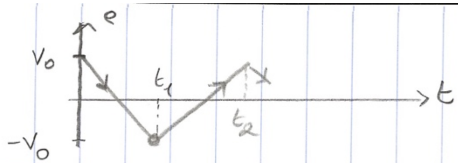




$e = \frac{1}{RC} \int s\,dt$

$V_0 = \frac{R_2}{R_1} U_{sat}$





Supposons qu'à $t=0$, s bascule de $-U_{sat}$ à $+U_{sat}$, saturat° état haut pr $t = 0^+$.
Dc $t>0$, $s = +U_{sat}$ et e ↘ linéairem^t (fc affine) intégrat° d'une cte
En $t=t_1$, $e(t)$ atteint $-V_0$ et basculem^t de s à $-U_{sat}$.
Pr $t>t_1$, $s = -U_{sat}$ et e ↗ linéairem^t (avec la m̂ pente que ds phase précédente en val abs $\left(\frac{U_{sat}}{RC}\right)$).
Pr $t=t_2$, $e(t)$ atteint V_0 il y a basculem^t de s à $+U_{sat}$.
Le phénomène se reproduit périodiquem^t ensuite.

=> <u>Equations et déterminat° de la période de l'oscillateur :</u>

- Pr $t>0$, $s = +U_{sat}$
  (de $t=0$ à t) $\quad e - e(t=0) = \frac{U_{sat}}{RC}(t-0)$

$$e = V_0 - \frac{U_{sat}}{RC}t$$

- Pr $t=t_1$, $e = -V_0$ dc $-V_0 = V_0 - \frac{U_{sat}}{RC}t_1 \Rightarrow t_1 = \frac{2V_0}{U_{sat}} \times RC$

Il se pdt le basculem^t, $+U_{sat} \to -U_{sat}$.

- Pr $t>t_1$ $\quad e - e(t_1) = +\frac{U_{sat}}{RC}(t-t_1)$
  (de t_1 à t)

$$e = -V_0 + \frac{U_{sat}}{RC}(t-t_1)$$

- Pr $t=t_2$, basculem^t $e = +V_0$, $V_0 = -V_0 + \frac{U_{sat}}{RC}(t-t_1)$

$$t_2 - t_1 = \frac{2V_0}{U_{sat}}RC$$

$$T = \frac{4V_0}{U_{sat}}RC = \frac{4R_2}{R_1}RC$$