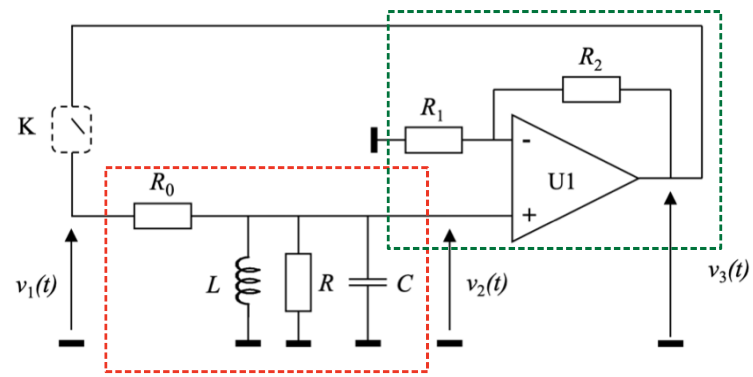
TDE3

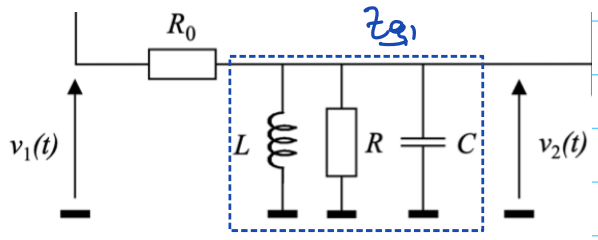
SF1 - alternatif



bloc ampli
$\underline{H_B}$

bloc passe-bande
$\underline{H_A}$

Pour le passe-bande :



$$Z_{eq1} : \frac{1}{Z_{eq1}} = \frac{1}{R} + \frac{1}{jwL} + jwC$$

$$= \frac{jwL + R - w^2RLC}{RjwL}$$

$$\underline{Z_{eq1}} = \frac{RjwL}{jwL + R - w^2LRC}$$

Par le pont diviseur de tension :

$$\underline{v_2} = \underline{v_1} \times \frac{\underline{Z_{eq1}}}{R_0 + \underline{Z_{eq1}}} = \frac{\frac{RjwL}{jwL + R - w^2LRC}}{R_0 + \frac{RjwL}{jwL + R - w^2LRC}} \underline{v_1}$$

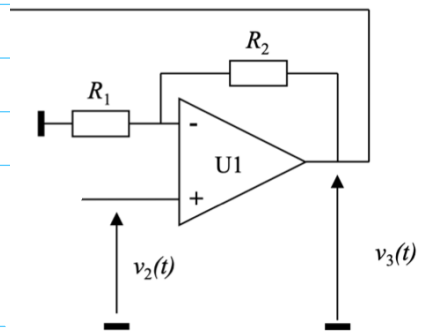
$$\underline{H_A} = \frac{RjwL}{R_0(jwL + R - w^2LRC) + RjwL}$$

$$= \frac{RjwL}{RR_0 + (R+R_0)jwL - w^2LRR_0C} = \frac{R/(R+R_0)}{1 + \frac{RR_0}{(R+R_0)jwL} + jw\frac{RR_0C}{R+R_0}}$$

$$= \frac{H_0}{1 + jQ\left(\frac{w}{w_0} - \frac{w_0}{w}\right)} \quad \text{avec } H_0 = \frac{R}{R+R_0}$$

or $\begin{cases} \dfrac{Q}{\omega_0} = \dfrac{RR_0C}{R+R_0} \\ \omega_0 Q = \dfrac{RR_0}{(R+R_0)L} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \omega_0^2 = \dfrac{1}{LC} \\ Q^2 = \left(\dfrac{RR_0}{R+R_0}\right)^2 \times \dfrac{C}{L} \end{cases}$

Pour l'amplificateur :



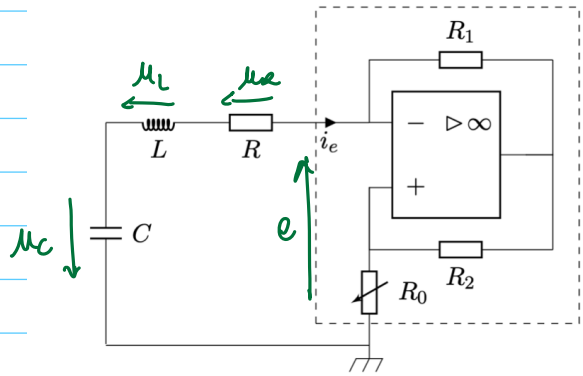
Cours !

$\underline{v_3} = \left(1 + \dfrac{R_2}{R_1}\right) \underline{v_2}$

$\underline{H_B} = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$

SF2

Par la loi des mailles : $e + u_R + u_L + u_C = 0$



càd $L\dfrac{di_e}{dt} + Ri_e - R_N i_e + u_C = 0$

or $i_e = C\dfrac{du_C}{dt}$

Donc

$LC\dfrac{d^2u_C}{dt^2} + (R - R_N)C\dfrac{du_C}{dt} + u_C = 0$

Les oscillations naissent si le système est instable, donc si $R_N > R$

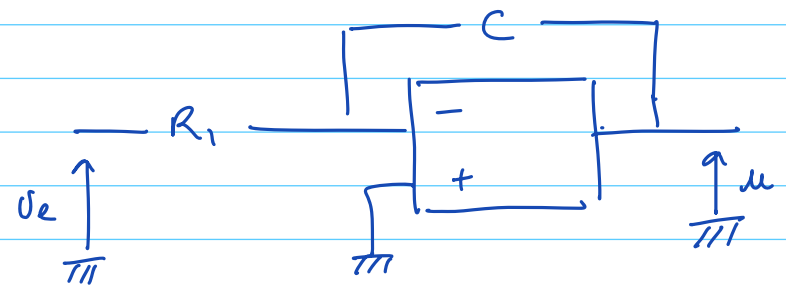
Exercice 2 - Générateur de balayage

1) Pour un Ali idéal, les courants d'entrée sont nuls.
Dans le modèle de l'Ali idéal du 1er ordre, on a un gain de l'ordre de 2.10^5
Dans le modèle de l'Ali idéal de gain infini, le gain est supposé infini

2) L'Ali 2 n'a pas de rétroaction négative : il fonctionne donc nécessairement en régime de saturation.

3) On constate que la tension de sortie prend l'ensemble des valeurs entre $-3V$ et $+3V$: l'Ali n'est donc pas en régime saturé.

4) À $t=0$, on a $v_e = +V_0 > 0$, donc D_1 est fermé et D_2 est ouvert,
On a donc le circuit équivalent :



L'Ali étant en régime linéaire, on peut passer dans le domaine complexe.

Une loi des noeuds en E^- donne $\dfrac{\underline{v_e} - \underline{V_-}}{R_1} + \dfrac{\underline{u} - \underline{V_-}}{1/j\omega C} = 0$

or l'Ali est en régime linéaire et de gain infini, donc $\underline{V_-} = \underline{V_+}$

Ayant $\underline{V_+} = 0$, on a donc $\underline{V_-} = 0$

D'où $\underline{u}\, j\omega R_1 C = -\underline{v_e}$

D'où $\dfrac{du}{dt} = -\dfrac{v_e}{R_1 C} = -\dfrac{V_0}{R_1 C}$

On intègre : $\underline{u(t) = -\dfrac{V_0}{R_1 C} t + u(0) = -\dfrac{V_0}{R_1 C} t}$

5) Pour l'AO 2, on a par une loi des noeuds en E_+ :

$$\frac{u - V_+}{R_3} + \frac{v_s - V_+}{R_4} = 0$$

On ne passe pas en complexes ici car l'AO n'est pas en R.L.

Donc $V_+ (R_4 + R_3) = u R_4 + v_s R_3$

$$\boxed{V_+ = \frac{u R_4 + v_s R_3}{R_4 + R_3}}$$

Le basculement se produit à t_1 tel que $\varepsilon(t_1) = 0$

ie $\varepsilon(t_1) = V_+ - V_- = \dfrac{u(t_1) R_4 + V_0 R_3}{R_4 + R_3} - 0 = 0$

or $u(t) = -\dfrac{V_0}{R_1 C} t$, donc $-\dfrac{\cancel{V_0}}{R_1 C} t_1 \times \dfrac{R_4}{\cancel{R_4 + R_3}} + \cancel{V_0} \dfrac{R_3}{\cancel{R_4 + R_3}} = 0$

ie $-\dfrac{R_4}{R_1 C} t_1 + R_3 = 0$

ie $\boxed{t_1 = R_1 C \dfrac{R_3}{R_4}}$

6) L'Ai 1 fonctionne en régime linéaire, donc $V_- = V_+ = 0$

Par ailleurs u_c la tension aux bornes du condensateur est

$$u_C = u - V_- = u.$$

Or u_c est continue, car c'est la tension aux bornes du condensateur.
Ainsi u ne peut subir de discontinuité.

7) A $t = t_1$, on a $u(t_1) = -V_0 \frac{R_3}{R_4}$ et $v_s = v_e = -V_0$

On a donc le même raisonnement que Q4, mais avec R_2 à la place de R_1 car $v_e < 0$ donc D_2 est fermé et D_1 ouvert.

On a donc pour $t > t_1$, $u(t) = \frac{V_0}{R_2 C} t + cste$

$$= \frac{V_0}{R_2 C}(t - t_1) - \frac{V_0 R_3}{R_4}$$

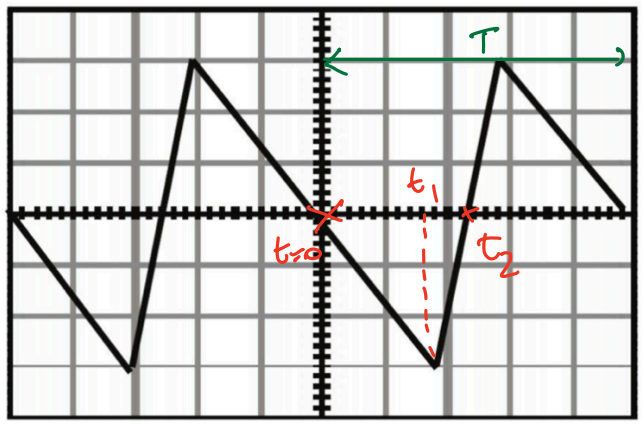
u s'annule en t_2 : $\frac{V_0}{R_2 C}(t_2 - t_1) - \frac{V_0 R_3}{R_4} = 0$

ie $\boxed{t_2 = t_1 + \frac{R_3}{R_4} R_2 C}$

8) On a $T = 2 t_2$

$$T = 2 R_1 C \frac{R_3}{R_4} + 2 \frac{R_3}{R_4} R_2 C$$

$$\boxed{T = 2 \frac{R_3}{R_4} C (R_1 + R_2)}$$



On lit à $t = t_1$, $u(t_1) = -3\,V$ or $u(t_1) = -\frac{R_3}{R_4} V_0$

Donc $\underline{R_3 = 0{,}2\,k\Omega}$

De plus, $t_1 = 1{,}8\,ms$, et $t_1 = R_1 C \frac{R_3}{R_4}$, donc $R_1 = \frac{R_4 t_1}{R_3 C} = \underline{10\,k\Omega}$

Enfin, $T = 5\,ms$ et $T = 2\frac{R_3}{R_4}(R_1 + R_2)C$

et $\underline{R_2 \simeq 3\,k\Omega}$.

Exercice 3 - Oscillateur sinus-cosinus

1) Les AOI ont une rétroaction négative : on peut donc supposer qu'ils fonctionnent en régime linéaire. On prendra par ailleurs un gain infini.

Sur l'AOI 1 :

On a $\underline{V_3} = \underline{V_+}$

$$\frac{0-\underline{V_-}}{R_1} + \frac{\underline{V_1}-\underline{V_-}}{1/jwC_1} = 0 \quad \text{ie} \quad \underline{V_-}\left(1+jwR_1C_1\right) = \underline{V_1}\, jwR_1C_1$$

$$\underline{V_3} = \underline{V_1}\,\frac{jwR_1C_1}{1+jwR_1C_1}$$

On en déduit $\boxed{\underline{H_1} = \frac{\underline{V_1}}{\underline{V_3}} = \frac{1+jw\tau_1}{jw\tau_1}}$

Par ailleurs, sur l'AOI 2,

$$\begin{cases} \underline{V_+} = 0 \\ \dfrac{\underline{V_1}-\underline{V_-}}{R_2} + \dfrac{\underline{V_2}-\underline{V_-}}{1/jwC_2} = 0 \end{cases} \quad \text{or } \underline{V_-} = \underline{V_+}$$

Donc $\underline{V_1} + \underline{V_2}\, jwR_2C_2 = 0$

$$\boxed{\underline{H_2} = \frac{\underline{V_2}}{\underline{V_1}} = -\frac{1}{jw\tau_2}}$$

Enfin $\dfrac{0-\underline{V_3}}{1/jwC_3} + \dfrac{\underline{V_2}-\underline{V_3}}{R_3} = 0 \quad \underline{V_3}\left(1+jwR_3C_3\right) = \underline{V_2}$

Donc $\boxed{\underline{H_3} = \frac{\underline{V_3}}{\underline{V_2}} = \frac{1}{1+jw\tau_3}}$

2) Il y a des oscillations pures si le critère de Barkhausen est vérifié :

$$\underline{H_1} \times \underline{H_2} \times \underline{H_3} = 1$$

$$\frac{1+j\omega\tau_1}{j\omega\tau_1} \times \frac{-1}{j\omega\tau_2} \times \frac{1}{1+j\omega\tau_3} = 1$$

ie $$-\frac{1+j\omega\tau_1}{-\omega^2\tau_1\tau_2 - j\omega^3\tau_1\tau_2\tau_3} = 1$$

ie $$1 + j\omega\tau_1 = \omega^2\tau_1\tau_2 + j\omega^3\tau_1\tau_2\tau_3$$

Par identification des parties réelles et imaginaires :

$$\begin{cases} 1 = \omega^2\tau_1\tau_2 \\ \cancel{j}\cancel{\tau_1} = \omega^{\cancel{3}\,2}\cancel{j}\cancel{\tau_1}\tau_2\tau_3 \end{cases} \quad \text{ie} \quad \begin{cases} \omega = \dfrac{1}{\sqrt{\tau_1\tau_2}} \\ 1 = \dfrac{1}{\tau_1\tau_2} \times \tau_2\tau_3 \end{cases}$$

Enfin : $$\boxed{\omega = \frac{1}{\sqrt{\tau_1\tau_2}} \quad \text{et} \quad \tau_1 = \tau_3}$$

ie $$\boxed{\omega = \frac{1}{\sqrt{R_1C_1R_2C_2}} \quad \text{et} \quad R_1C_1 = R_3C_3}$$

3) $\underline{H_2} = \dfrac{\underline{V_2}}{\underline{V_1}} = -\dfrac{1}{j\omega\tau_2}$. On a $\arg(\underline{H_2}) = \dfrac{\pi}{2}$

Ainsi, si une tension est un sinus, l'autre sera un cosinus (et inversement).

Exercice 4 - Oscillateur astable I - 2I

1) On oriente le condensateur en convention récepteur

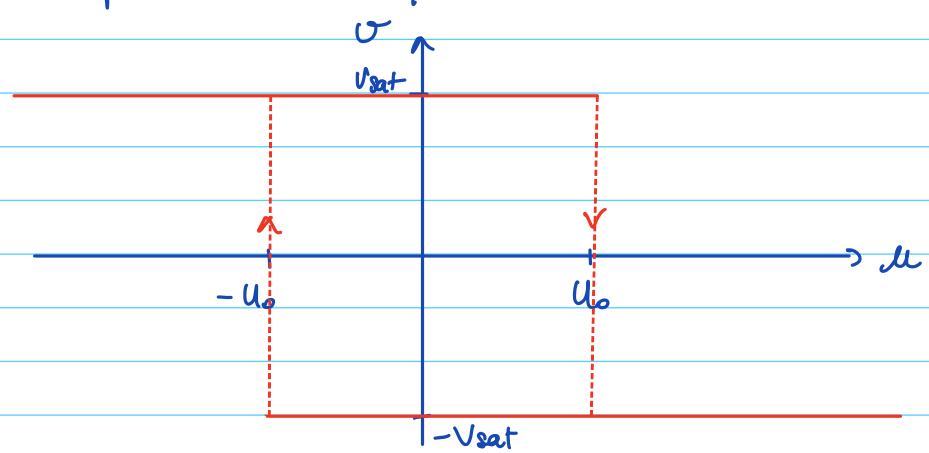
On a $2I_0 = I_0 + i_C$ ie $i_C = I_0$

Par ailleurs $\frac{du}{dt} = \frac{I_0}{C}$ d'où $\boxed{u(t) = \frac{I_0}{C} t + cste}$

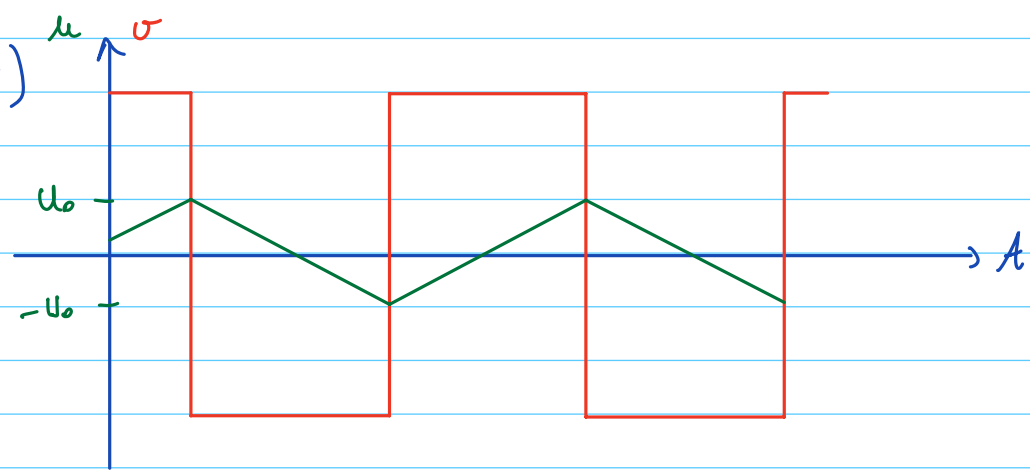
2) LdN : $0 = I_0 + i_C$ donc $i_C = -I_0$

$$\boxed{u(t) = -\frac{I_0}{C} t + cste'}$$

3) Le comparateur à hystérésis est inverseur, on a donc :



4)



5) Il faut trouver la durée de chacune des étapes de l'oscillation

* Supposons que l'Ali passe en saturation haute à $t=0$

On a $u(0^+) = -U_0$

or $u(t) \overset{\text{sat haute} \to \text{pos}^\circ 2}{=} \frac{I_0}{C} t + \text{cste}$

$$\underline{u(t) = \frac{I_0}{C} t - U_0}$$

L'Ali bascule en saturation basse à t_1 tq

$u(t_1) = U_0$

ie $\frac{I_0}{C} t_1 - U_0 = U_0 \Rightarrow \boxed{t_1 = \frac{2U_0C}{I_0}}$

* Supposons maintenant $t > t_1$: l'Ali est en saturation basse

$u(t) = -\frac{I_0}{C} t + \text{cste}'$ or $u(t_1) = U_0$

Donc $\text{cste}' = U_0 + \frac{I_0}{C} t_1$

ie $u(t) = -\frac{I_0}{C}(t - t_1) + U_0$

On a de nouveau une bascule de l'Ali pour $u(t) = U_0$

ie $u(t_2) = -\frac{I_0}{C}(t_2 - t_1) + U_0 = -U_0$

$$t_2 - t_1 = \frac{2U_0C}{I_0}$$

Au final, la période est $\boxed{t_2 = \frac{4U_0C}{I_0}}$

Pour avoir $T = 1ms$, il faut $U_0 = \frac{TI_0}{4C} = \underline{25V}$

Exercice 5 - Oscillateur à contrôle automatique du gain (éléments de correction)

1) $\underline{v_+} = \dfrac{1}{1 + \dfrac{(1+j\omega\tau)^2}{j\omega\tau}} \underline{s}$ et $\underline{v_-} = \dfrac{R_1}{R_1 + R_2} \underline{s}$

En RL : $(j\omega)^2 \tau^2 \underline{s} + j\omega\tau\left(2 - \dfrac{R_2}{R_1}\right)\underline{s} + \underline{s} = 0$

ie $\tau^2 \dfrac{d^2 s}{dt^2} + \tau\left(2 - \dfrac{R_2}{R_1}\right)\dfrac{ds}{dt} + s = 0$

2) $R_1 = \dfrac{R_2}{2}$

3) $T_{eq} = T_0 + \dfrac{1}{\alpha}\left(\dfrac{R_2}{2R_0} - 1\right)$

4) $i = \dfrac{1}{R_1 + R_2} s$

Si s a une amplitude trop faible, i est faible, donc l'effet joule aussi. Ainsi $T < T_{eq}$, donc $R_1 < \dfrac{R_2}{2}$ → instable
→ l'amplitude de s augmente

5) Inversement, si s est trop gd, $R_1 > \dfrac{R_2}{2}$ → stable
→ l'amplitude de s ↘

6) La lampe stabilise les oscillations
R_2 impose la T_{eq} du filament. Il faut la choisir de façon à ce que l'ali ne sature pas avant que T_{eq} soit atteinte.