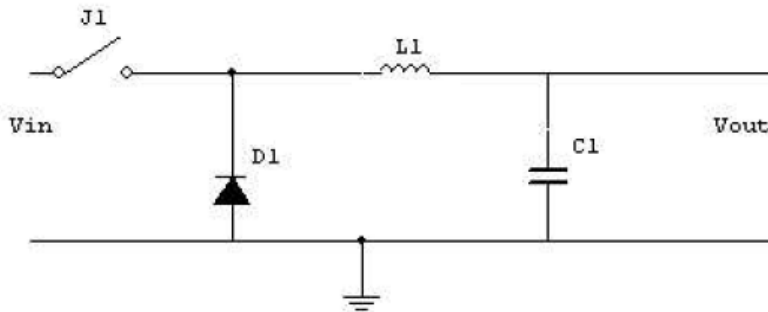


# 1. Alimentation à découpage

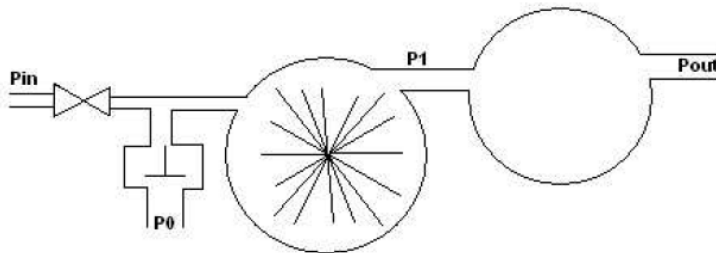
---

Décrire le principe du montage dévolteur (ou step-down).  
Montrer comment faire varier la tension.



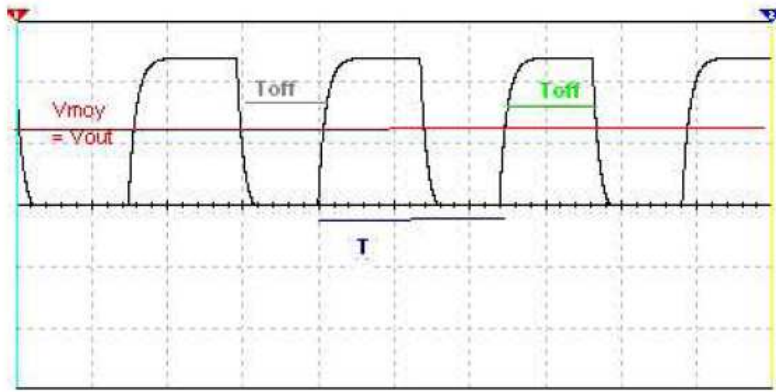
Il faut faire une analogie pneumatique :

- Tension = pression
- Diode = soupape
- Courant = débit d'air
- Condensateur = ballon qui gonfle
- Bobine = Roue à aubes
- Charge = volume d'air
- Interrupteur = Vanne



Quand on ouvre la vanne,  $P_{in}$  est plus grand que  $P_0$ , la soupape se ferme, La roue à aube se met à tourner, et gonfle le ballon qui se décharge à  $P_{out}$ .

Quand on ferme la vanne,  $P_{in}$  est plus petit que  $P_0$ , donc  $P_0$  rentre dans le circuit, la roue à aube ne tourne plus, le ballon se décharge dans la charge.



$$T = t_{on} + t_{off}$$

$$\text{Rapport cyclique} = \delta = t_{on} / T \text{ (en \%)}$$

$$V_{out} = \delta \cdot V_{in}$$

**a. Quand l'interrupteur est fermé :**

Energie source va dans la bobine et le condensateur.

Energie à la charge vient de la source et du condensateur.

**b. Quand l'interrupteur est ouvert :**

Energie source est coupée.

Energie à la charge vient du condensateur et de la bobine.

**c. Dans les deux cas (=T) :**

Toute l'énergie de la source est fournie à la charge aux pertes près (diodes, ...).

**Inconvénients :**

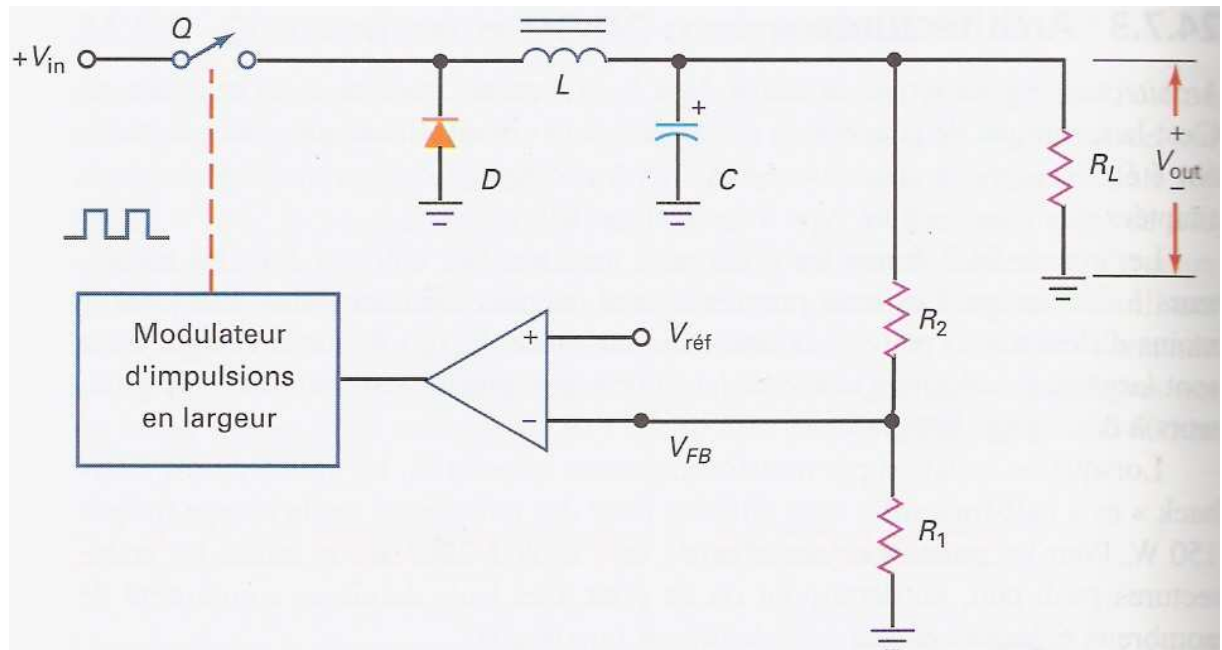
- ✚ Régulation difficile,
- ✚ Bruit de commutation (quand on ferme l'interrupteur → saturation → choc des électrons),
- ✚ Réseau non isolé,
- ✚  $V_{out}$  inférieur ou égal à  $V_{in}$

**Remèdes :**

- ✚ Utiliser des circuits tout fait
- ✚ Utiliser des hautes fréquences (mais quand  $f$  augmente → pertes augmentent → rendement baisse)
- ✚ Utiliser un transformateur HF
- ✚ Utiliser un autre montage

### Comment faire varier la tension :

La tension de sortie peut être changée en modulant le rapport cyclique du signal de commande de l'interrupteur. Ce modulateur est contrôlé en comparant la tension de sortie et une tension de référence (donnée).

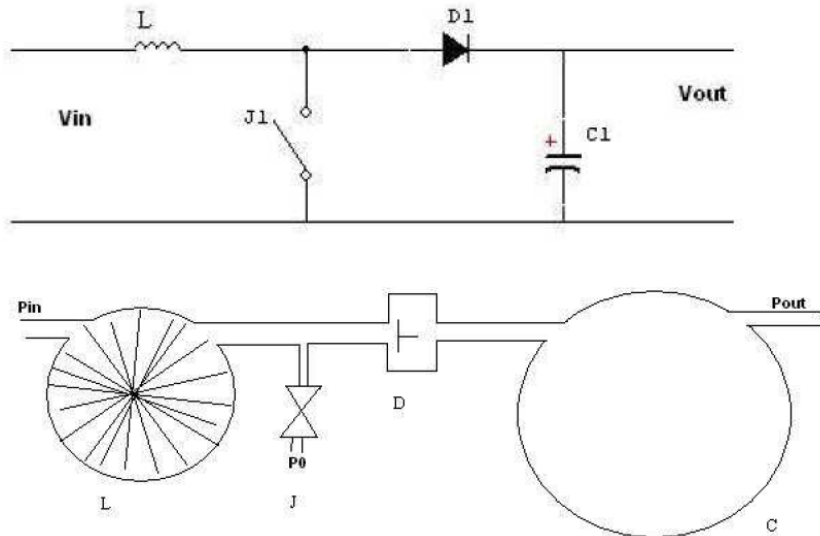


## 2. Alimentation à découpage

---

Décrire le principe du montage survolteur (ou step-up).

Montrer comment faire varier la tension.



### a. Régime d'initialisation

Quand on ferme le robinet, L emmagasine de l'énergie, la soupape D est ouverte et C se gonfle.  $P_{out} = P_{in}$ .

#### Par analogie :

Quand on ouvre l'interrupteur, la bobine emmagasine de l'énergie, la diode conduit et le condensateur emmagasine.  $V_{out} = V_{in}$

### b. Régime établi

Quand on ouvre le robinet, L emmagasine encore plus, la soupape est fermée et C se dégonfle.

#### Par analogie :

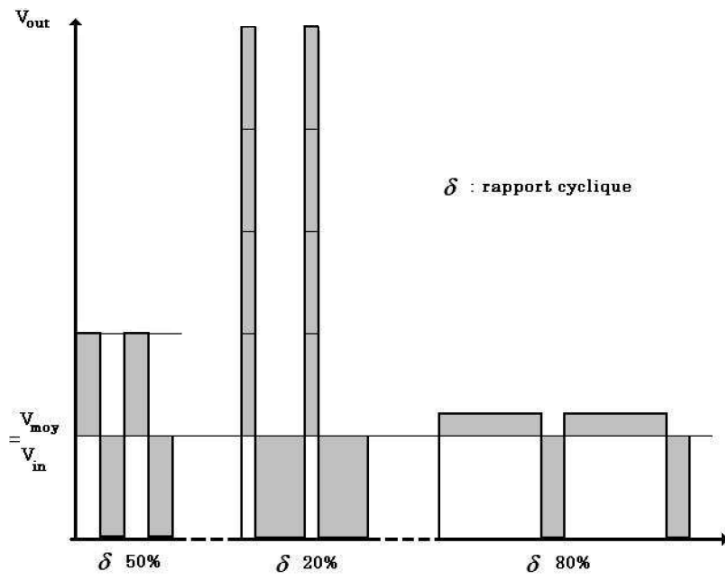
Quand on ferme l'interrupteur, la bobine emmagasine encore plus d'énergie, la diode se bloque et le condensateur restitue l'énergie dans la charge.

$P_{out}$  diminue ne fonction de la charge

Quand on referme le robinet, L tournant très vite, engendre une surpression.

D s'ouvre et C emmagasine la SURpression.

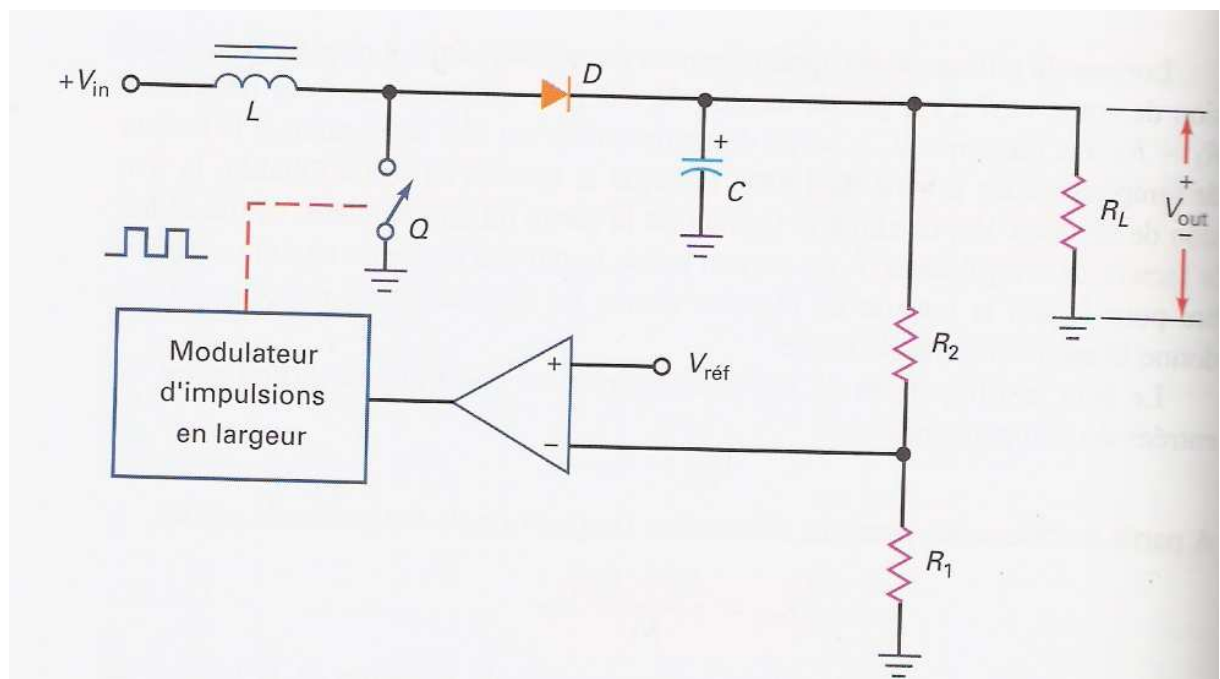
Quand on rouvre l'interrupteur, la bobine s'opposant à la diminution, restitue encore de l'énergie (caractéristique d'une self), la diode conduit et le condensateur emmagasine la surcharge.



Nous voyons ici que la tension de sortie varie en fonction du rapport cyclique. En effet la tension d'entrée, et la tension moyenne, est toujours la même. Ainsi on aura le choix entre une grande tension de sortie sur un court laps de temps ou alors une petite tension de sortie sur un long laps de temps.

Comment faire varier la tension :

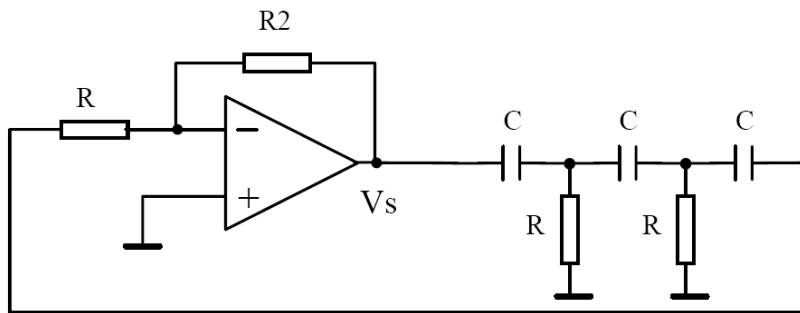
La tension de sortie peut être changée en modulant le rapport cyclique du signal de commande de l'interrupteur. Ce modulateur est contrôlé en comparant la tension de sortie et une tension de référence (donnée).



### 3. Oscillateur à déphasage

---

Dessiner un schéma d'application pratique à FET ou à ampli Op.  
Enoncer le critère de Barkhausen appliqué à ce montage.  
Déterminer la fonction de transfert du réseau déphaseur.  
En déduire le gain de l'ampli et la fréquence d'oscillation.

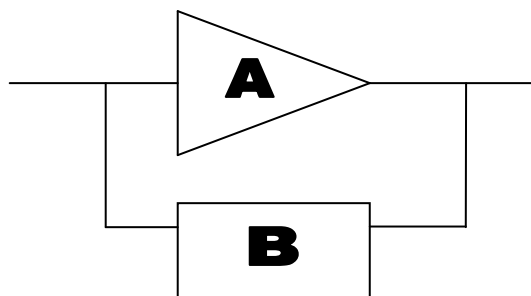


Barkhausen : On peut remplacer  $V_{in}$  par  $V_f$  (tension de réinjection) à la seule condition que  $V_f$  et  $V_{in}$  soient en phase.

Conditions d'oscillation :

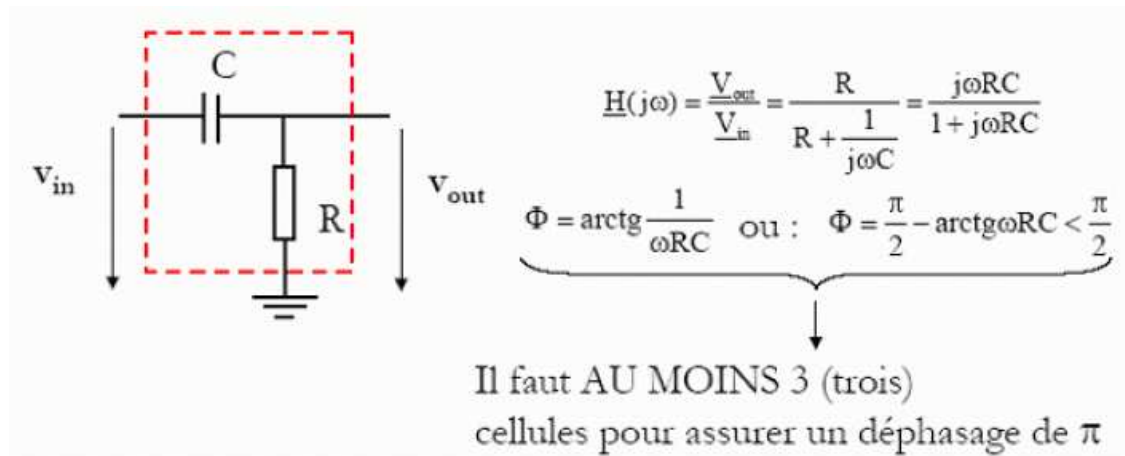
- Déphasage total =  $0^\circ$ 
  - Déphasage induit par le circuit RC =  $+180^\circ$
  - Déphasage induit par l'amplificateur =  $+180^\circ$Déphasage total :  $\Delta\Phi = 180^\circ + 180^\circ = 360^\circ (=0^\circ) \rightarrow f_{osc}$
- $A = 1 / B$ , amorçage si :  $A >$  ou  $=$  à  $1/B$

A étant le gain et B étant le taux de réinjection.



Remarque :

Cellule élémentaire de la boucle de réaction positive



#### 4. Oscillateur à pont de Wien

---

Tracer le schéma d'un oscillateur à pont de Wien.

Enoncer le critère de Barkhausen appliqué à ce montage.

Déterminer la fréquence d'oscillation.

Envisager une stabilisation d'amplitude.

Un oscillateur est un amplificateur modifié par une réaction positive pour fournir son propre signal d'entrée.

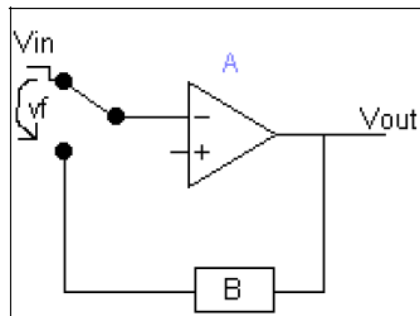


Figure 1: Amplificateur modifié

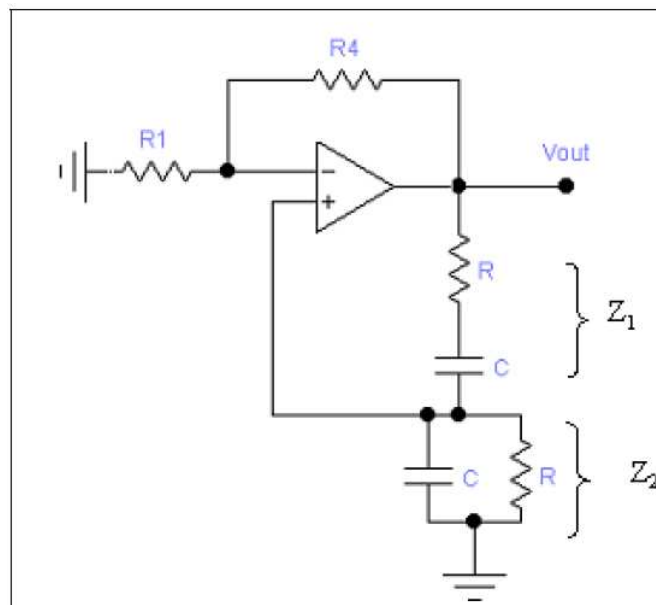
Si on injecte  $V_{in}$ , on aura :  $V_{out} = A * V_{in}$  et  $V_f = B * V_{out} = A * B * V_{in} = \text{Gain}_{\text{boucle}}$

Quand  $A*B = 1 \rightarrow V_f = V_{in}$

Si  $V_f$  et  $V_{in}$  sont en phase, on peut remplacer  $V_f$  par  $V_{in}$ .

Critère de Barkhausen :  $A*B = 1 \left| 0^\circ \right.$

Un oscillateur à pont de Wien et oscillateur RC constitué d'un amplificateur et d'un pont de Wien. C'est l'oscillateur basse fréquence le plus utilisé. Idéal pour donner des fréquences comprises entre 5Hz et 1MHz (générateur audio par exemple).



$$A = \frac{R_2}{R_1} + 1 \qquad Z_1 = R - jX$$

$$B = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} \qquad Z_2 = \frac{-jRX}{R - jX}$$

$$B = \frac{\frac{-jRX}{R - jX}}{R - jX - \frac{jRX}{R - jX}}$$

$$B = \frac{1}{3 + \frac{R^2 - X^2}{-jRX}}$$

$$B = \frac{1}{3 + \left( \frac{R}{X} - \frac{X}{R} \right)}$$

Pour  $A * B = 1 \angle 0^\circ$ ,  $\frac{R}{X} = \frac{X}{R} \rightarrow R = X = \frac{1}{2\pi f C} \rightarrow$  dépend de l'oscillation.

$f_0$ , la fréquence d'oscillation vaut :  $f_0 = \frac{1}{2\pi f C}$

À  $f_0$  :  $B = 1/3$ . Il faut donc  $A = 3 \rightarrow R_2 = 2R_1$

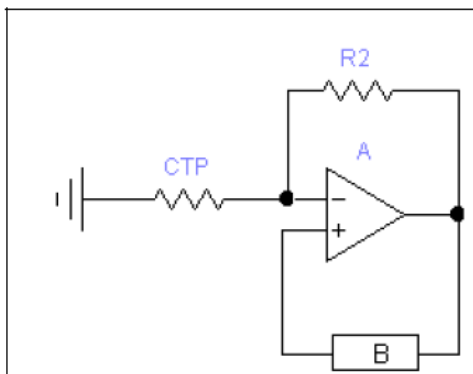
Comment stabiliser le gain ?

Deux manières :

⚡ CTP (thermistance) (ou ampoule dans le cours)

⚡ Diode

a. CTP



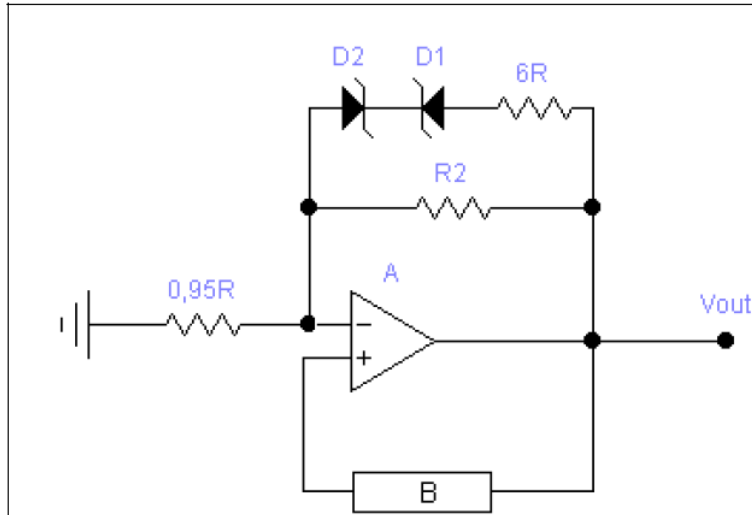
CTP, à froid, la R est petite

CTP, à chaud, la R est grande

Si  $AB < 1$ , aucun courant dans la CTP, donc sa R est faible, AB augmente.

Si  $AB > 1$ , grand courant dans la CTP, donc sa R est grande, AB diminue.

b. Diode



Les valeurs des résistances sont choisies pour avoir un gain de 3.

- En dessous du seuil de Dz :  $A = \frac{2R}{0,95R} + 1 = 3,1$
- Au dessus du seuil de Dz :  $A = \frac{2R // 6R}{0,95R} + 1 = 2,58$
- Le gain moyen est égal à 3.

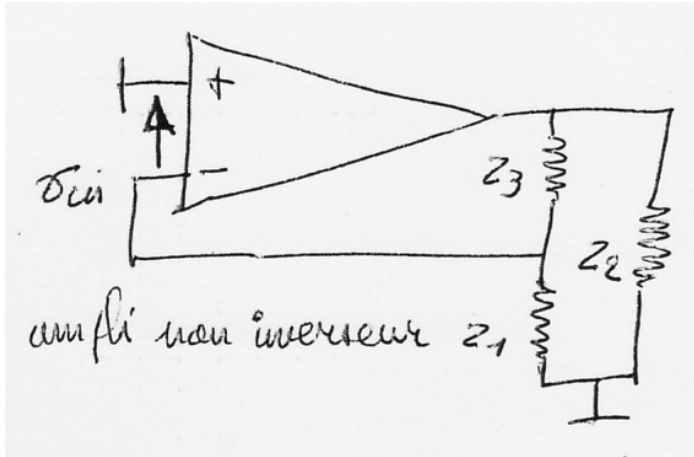
## 5. Oscillateur à résonance

Tracer le schéma général d'un oscillateur sinusoïdal à réaction réactive.

Enoncer le critère de Barkhausen appliqué à ce montage.

Déterminer la fréquence d'oscillation.

Parler de l'application concrète en oscillateur Hartley ou Colpitts.



Car pour satisfaire au critère de Barkhausen avec une réaction sur l'entrée -, il faut un déphasage de  $180^\circ$ , ce qui n'est possible qu'avec un réseau de réaction réactive.

Il faut démontrer que  $Z_2$  et  $Z_1$  soit de même signe mais de signe opposé à  $Z_3$ .

$$\frac{V_{out}}{V_{in}} = +A \quad \frac{-V_{in}}{V_{out}} = \left( \frac{Z_{tot}}{R_o + Z_{tot}} \right) \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) \quad Z_{tot} = \frac{Z_2(Z_1 + Z_3)}{Z_1 + Z_2 + Z_3}$$

$$AB = -A \left( \frac{Z_{tot}}{R_o + Z_{tot}} \right) \left( \frac{Z_1}{Z_1 + Z_3} \right) = \left( \frac{-A \cdot Z_2(Z_1 + Z_3)Z_1}{(R_o + Z_{tot})(Z_1 + Z_3)} \right)$$

$$= \frac{-A \cdot Z_1 \cdot Z_2}{R_o(Z_1 + Z_2 + Z_3) + Z_2(Z_1 + Z_3)}$$

Remplaçons Z par jX

$$AB = \frac{A.X1.X2}{jRo(X1 + X2 + X3) - X2(X1 + X3)}$$

Pour que AB soit réel : il faut  $X1+X2+X3 = 0$  (1)

$$\text{Alors } AB = \frac{A.X1.X2}{-X2(X1 + X3)} = \frac{A.X1}{-(X1 + X3)} = \frac{A.X1}{X2} \quad (2)$$

Donc  $X1$  et  $X2$  doivent être de même signe pour satisfaire (2)  
 $X3$  doit être de signe opposé pour satisfaire (1)

Hartley :

Au lieu de  $Z1$ ,  $Z2$  et  $Z3$

On a respectivement  $L1$ ,  $L2$  et  $C$

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{(L1 + L2).C}}$$

Colpitts :

Au lieu de  $Z1$ ,  $Z2$  et  $Z3$

On a respectivement  $C1$ ,  $C2$  et  $L$

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{(C1 + C2).L}}$$

## 6. Oscillateur à Quartz

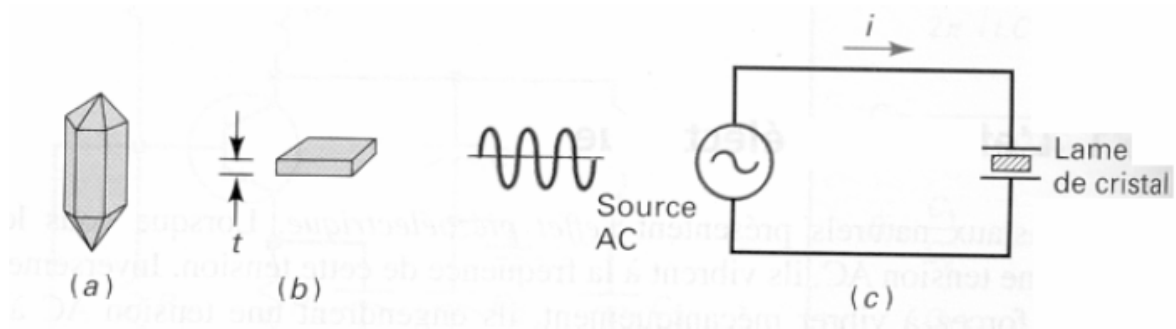
---

Donner les caractéristiques physiques et électriques d'un cristal piézoélectrique.

Appliquer à un oscillateur à réaction réactive.

Généralités :

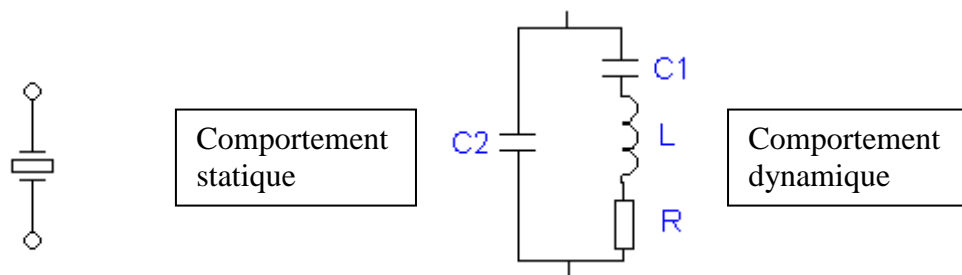
Le quartz est réalisé à partir d'un matériau piézoélectrique. On constate notamment que si le matériau est placé dans un champ électrique (on applique une tension à ses bornes), il va se déformer et vibrer à la fréquence de la tension appliquée. Inversement, s'il est soumis à des efforts mécaniques, une tension va apparaître à ses bornes.

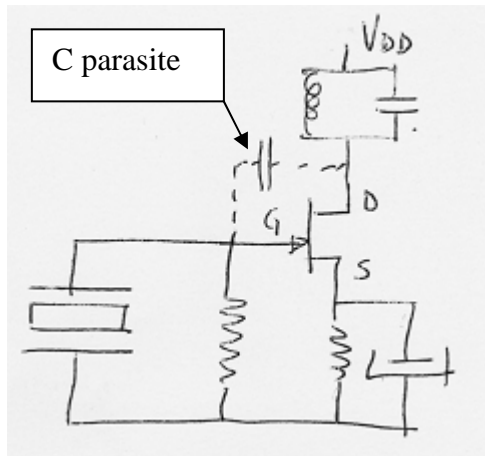


La fréquence de résonance est obtenue quand les vibrations du cristal (placé entre 2 plaques métalliques) sont les plus grandes (on la détermine en faisant varier la fréquence de la source). L'énergie de la vibration étant fournie par la source AC, le courant AC est maximal à chaque fréquence de résonance.

Fréquence fondamentale la plus petite des fréquences de résonance du cristal  
Harmoniques = les fréquences de résonance supérieures.

Le Quartz est comparé à un circuit RLC grâce à son effet résonant





À rapprocher de la configuration générale :

$$Z1 \approx \text{Quartz}$$

$$Z2 \approx LC$$

$$Z3 \approx C_{\text{parasite}}$$

Donc, puisque  $Z3$  est capacitif, alors  $LC$  et quartz doivent être inductifs et pour avoir un gain de boucle suffisamment grand, il faut  $X_{\text{quartz}}$  grand.

→ Oscillations à  $\omega_s < \omega_o < \omega_p$  (pratiquement  $\omega_p$ )

Courbe d'impédance :

- En série, la fréquence de résonance est celle de la branche LCR Le courant de la branche est maximal car  $L$  résonne avec  $C$ , et donc, la fréquence série vaut  $f_s = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C_s})$
- En parallèle, la résonance est la fréquence pour laquelle le courant dans la boucle atteint sa valeur maximale  
Calcul de la capacité équivalente traversée  $C_p = (C_m \cdot C_s) / (C_m + C_s)$   
Donc, la fréquence de résonance est  $f_p = 1/(2\pi\sqrt{L \cdot C_p})$

## 7. Multivibrateur

Comparer les trois types de multivibrateurs.

Tracer le schéma d'un multivibrateur monostable à portes NOR

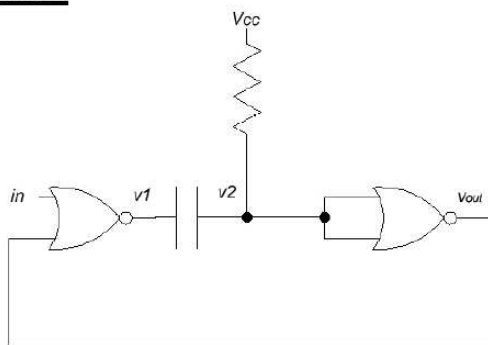
Expliquer son fonctionnement.

Insérer une diode lumineuse et expliquer son fonctionnement.

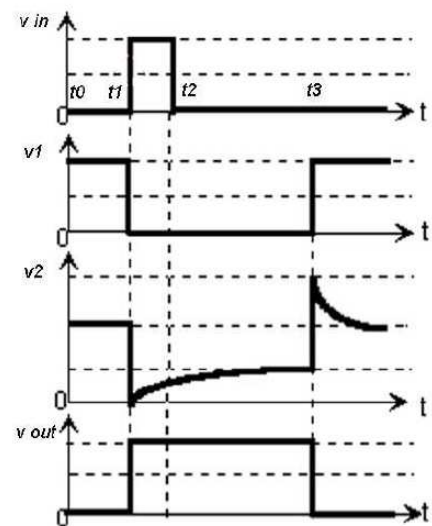
Il existe 3 types de multivibrateurs:

- Bistable : 2 états stables. Le signal d'entrée fait passer la sortie d'un état stable à un autre. Exemple : télérupteur.
- Monostable : 1 état stable + 1 état métastable. Un état stable est un état qui reste constant sans signal d'entrée. Un état métastable est un état qui reste constant pendant un certain temps ; à la fin de ce temps, il bascule vers un état stable (sans signal d'entrée).  
Exemple : une lampe qu'on allume et qui s'éteint au bout d'un moment. (Minuterie).
- Astable : 2 états métastables sans signal d'entrée. La sortie passe d'un état métastable à un autre sans intervention extérieure. Exemple : clignotant.

### SCHEMA :



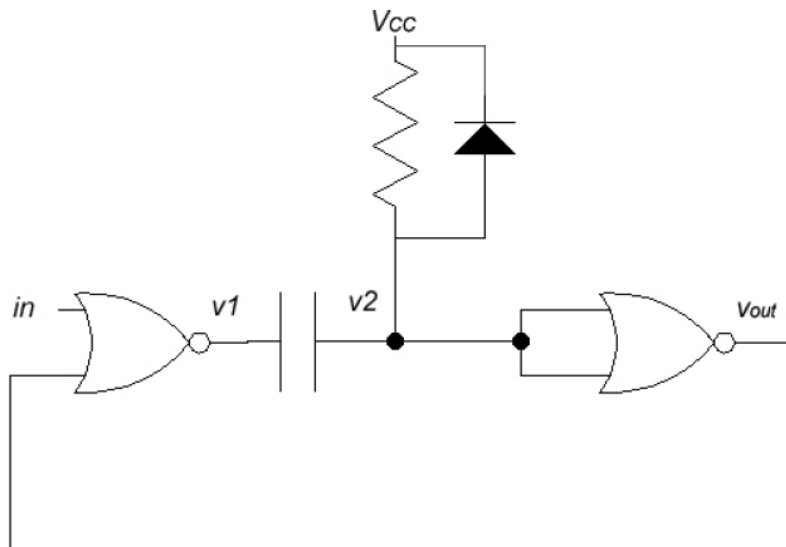
	$v_{in}$	$v_1$	$v_2$	$v_{out}$
$t_0$	0	1	1	0
$t_1$	1	0	0	1
$t_2$	0	0	↓	1
$t_3$	... → 0	... → 1	1 → ...	0 → ...



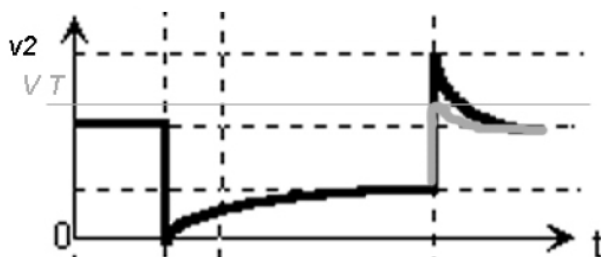
- Au départ, à  $t_0$ , on considère qu'il n'y a pas de signal sur l'entrée  $in$  ni sur la 2<sup>ème</sup> entrée de la 1<sup>ère</sup> porte.  $v_1$  est à 1,  $v_2$  également et  $v_{out}$  est donc à 0. Donc, le multivibrateur est dans un mode stable : quand il n'y a pas de signal à l'entrée, il ne se passe rien.
- $t_1$  : Mettons  $in$  à 1.  $v_1$  passe à 0,  $v_2$  aussi.  $v_{out}$  passe à 1. Comme  $v_2$  est à 0, il existe donc une chute de tension entre  $V_{cc}$  et le condensateur. Celui-ci se charge donc à travers la résistance.

- t2: L'impulsion sur l'entrée s'arrête et le condensateur continue de se charger, la valeur de v2 augmente mais n'est pas suffisante pour faire basculer la 2ème porte logique.
- t3: La valeur de v2 fait basculer l'entrée de la 2ème porte logique à 1. vout se retrouve donc à 0. v1 passe à 1 et le condensateur se décharge à 5V. On se retrouve dans un mode stable.

A quoi sert l'insertion d'une diode?



Lorsque la charge du condensateur fait basculer l'entrée de la 2ème porte logique à 1. Vout se retrouve donc à 0. v1 passe à 1 et la tension v1 se rajoute à v2. Ceci occasionne une surtension sur le condensateur et l'entrée de la porte logique. Pour limiter cet effet, on place une diode aux bornes de la résistance. Ceci empêche v2 de monter au-dessus de  $V_{CC} + V_T$  ( $V_T$  étant la tension de seuil de la diode).



## 8. Multivibrateur

---

Comparer les trois types de multivibrateurs.

Tracer le schéma d'un multivibrateur astable à portes NOR.

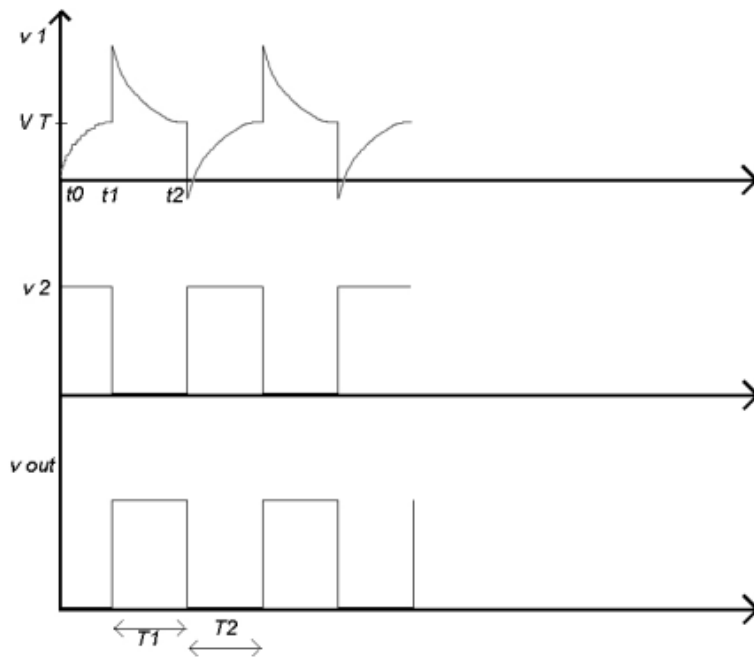
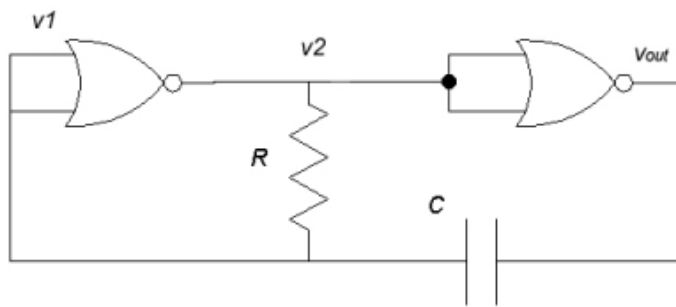
Expliquer son fonctionnement.

Montrer comment obtenir un rapport cyclique différent de 50%.

Il existe 3 types de multivibrateurs:

- Bistable. 2 états stables. Le signal d'entrée fait passer la sortie d'un état stable à un autre.
- Monostable. 1 état stable + 1 état métastable. Un état stable est un état qui reste constant sans signal d'entrée. Un état métastable est un état qui reste constant pendant un certain temps ; à la fin de ce temps, il bascule vers un état stable (sans signal d'entrée).  
Exemple : une lampe qu'on allume et qui s'éteint au bout d'un moment.
- Astable. 2 états métastables sans signal d'entrée. La sortie passe d'un état métastable à un autre sans intervention extérieure.

**SCHEMA :**

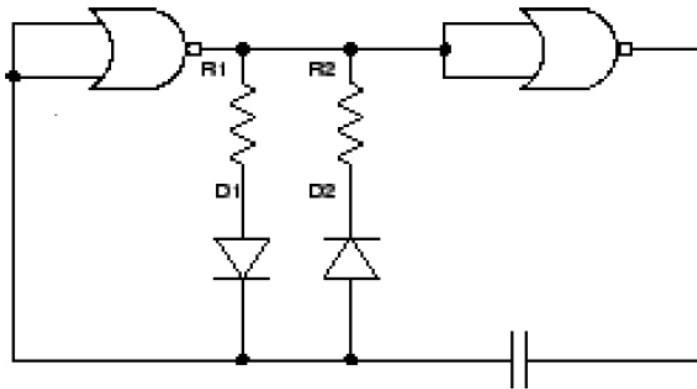


	$v_1$	$v_2$	$v_{out}$
$t_0$	0	1	0
$t_1$	1	0	1
$t_2$	0	1	0

- $t_0$ : La tension aux bornes du condensateur est nulle:  $v_1$  et  $v_{out}$  sont à 0 et  $v_2$  est à 1 en suivant la logique des portes.  $v_2$  à 1 entraîne que le condensateur se charge à travers la résistance R.
- $t_1$ : La tension aux bornes du condensateur atteint la tension de seuil de la porte logique  $V_T$ . Celle-ci ayant un 1 en entrée,  $v_2$  passe à 0 et  $v_{out}$  passe à 1. Le condensateur se décharge dans R.
- $t_2$ : la tension aux bornes du condensateur chute en dessous de  $V_T$  :  $v_2$  passe donc à 1 et  $v_{out}$  à 0. Le cycle recommence ; le rapport cyclique est 50% car le condensateur se charge et se décharge toujours à travers la même résistance :  $T_1 = T_2$ . (Rappel : le rapport cyclique est le rapport entre le temps passé à l'état haut et la période T)

Comment changer le rapport cyclique?

Il suffit que le condensateur se charge à travers une résistance donnée et se décharge à travers une résistance de valeur différente de la 1ere



On remarque que le condensateur se charge à travers R1 et se décharge à travers R2. Le rapport cyclique vaut  $R2 / R1 + R2$ . En effet, le temps passé à l'état haut est lié à la résistance de décharge (voir graphe pour s'en convaincre).