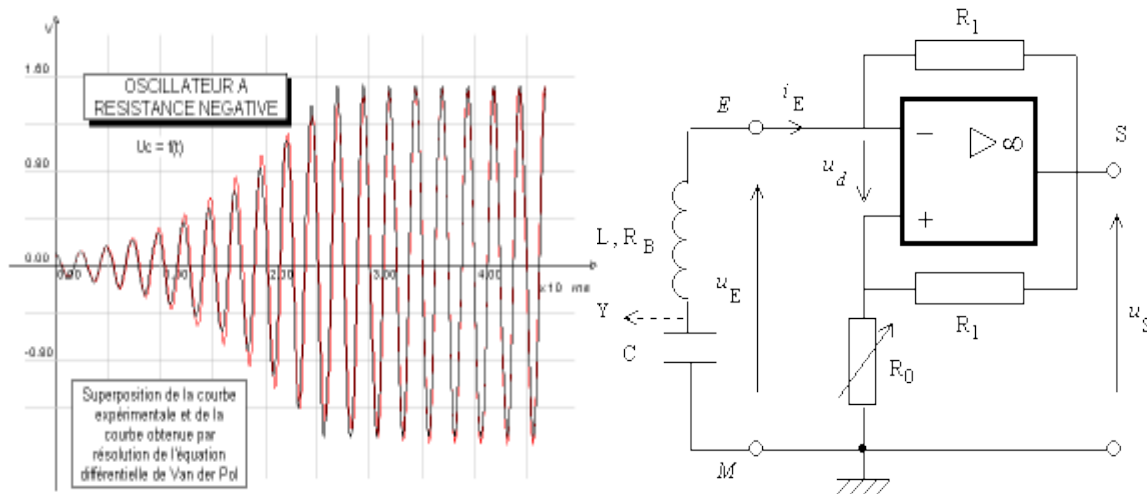




# Oscillateur à résistance négative



Réalisé par :

- Mohamed MORCHID
- Younes MAZOUAR
- Abdelali BEN ALLA

Encadré par : Professeur Lh. KADIRA

## I- Introduction :

De manière générale, un oscillateur est un dispositif (mécanique, optique ou électronique) qui suite à une perturbation extérieure, génère un signal de sortie périodique.

En électronique, on distingue deux grands types d'oscillateurs :

- ✓ les oscillateurs quasi-sinusoïdaux qui génèrent des sinusoïdes presque parfaites.
- ✓ les oscillateurs de relaxations où le système bascule de manière périodique entre deux états (par exemple un condensateur qui se charge et se décharge de manière périodique).

Les oscillateurs sont très largement utilisés en électronique :

- ✓ dans les systèmes de télécommunication où ils servent à l'émission et à la réception
- ✓ dans les horloges pour les CAN, CNA, microcontrôleur...

## II- les oscillateurs quasi-sinusoïdaux :

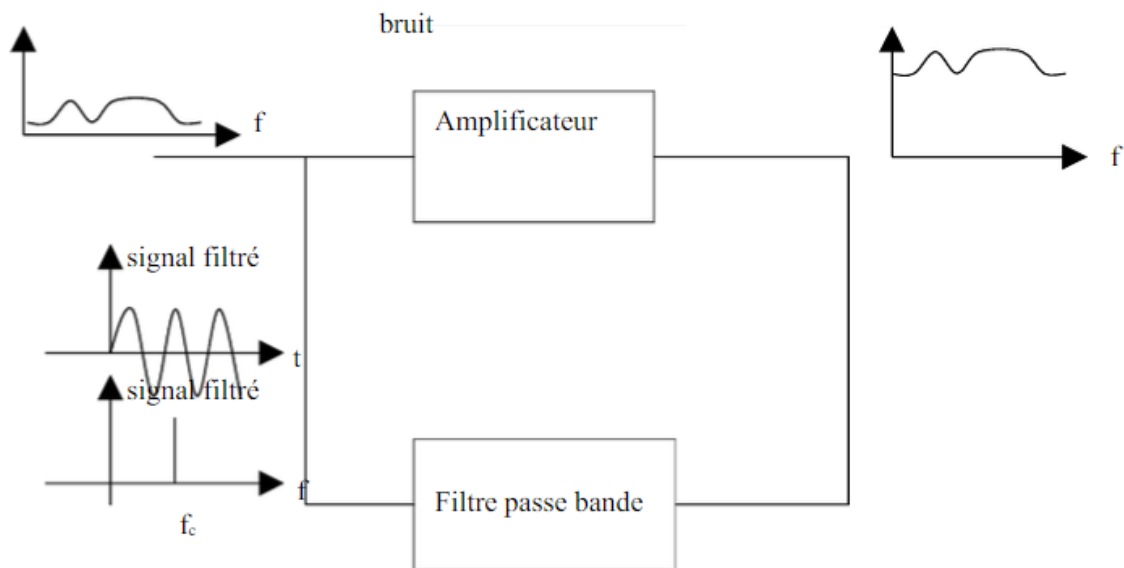
Les oscillateurs quasi-sinusoïdaux sont des systèmes qui doivent sortir un signal qui approche le plus possible une sinusoïde (on verra que leur structure impose l'apparition d'harmoniques dont on doit limiter l'influence) ; Cette sinusoïde doit, par ailleurs, être de fréquence la plus stable possible.

### II-1 généralités :

Dans l'étude d'un oscillateur, il va falloir distinguer deux étapes de fonctionnement bien distinctes.

- ✓ La première est un état transitoire : c'est le démarrage des oscillations. Les signaux sont alors suffisamment faibles pour que l'amplificateur se comporte de façon linéaire. L'étude lors de cette phase se mène comme celle d'un système bouclé linéaire classique. On va pouvoir notamment déterminer dans quelles conditions l'ensemble étudié va bien pouvoir osciller.
- ✓ La seconde est un état permanent : c'est le régime d'oscillation. Lors du démarrage, le signal oscillant va croître. Cependant, au-delà d'une certaine valeur de signal en entrée, l'amplificateur va se comporter de façon non-linéaire (saturation d'un amplificateur opérationnel par exemple). Ce phénomène va stopper la croissance du signal oscillant et provoquer l'apparition d'harmoniques (on suppose qu'il n'existe pas de système automatique de contrôle de gain permettant de rester en régime linéaire).

Avant tout calcul, on peut comprendre qualitativement la structure d'un oscillateur. Si on veut avoir, sans entrée, une sortie non nulle, on comprend alors qu'il faut au moins un système amplificateur. Ce système amplificateur va traiter le bruit ou micro tensions inévitables en entrée. Puis, dans la chaîne de retour, un filtre passe bande permettra de sélectionner une harmonique parmi l'ensemble des fréquences présentent dans le bruit de départ. On obtient alors une sinusoïde et donc un oscillateur.



**Dans notre étude on s'intéressera à l'oscillateur à résistance négative.**

**II-2 Oscillateur à résistance négative :**

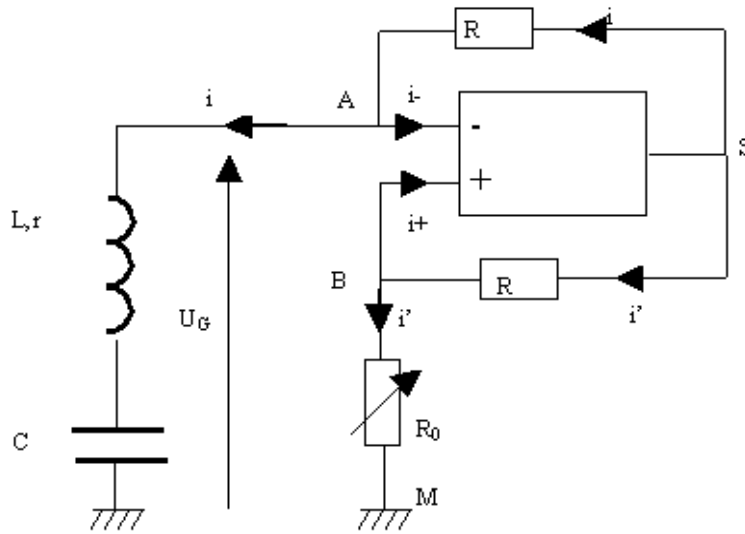
L'oscillateur à résistance négative est étudié pour compenser les pertes des circuits L.C, en particulière celle de l'inductance. Enregistre alors la naissance de l'oscillation qui permet de mettre en évidence la partie à croissance exponentielle et la stabilisation de l'amplitude due à la saturation de l'amplificateur.

Idée : annuler l'amortissement d'un circuit RLC par une résistance négative placée en sortie.

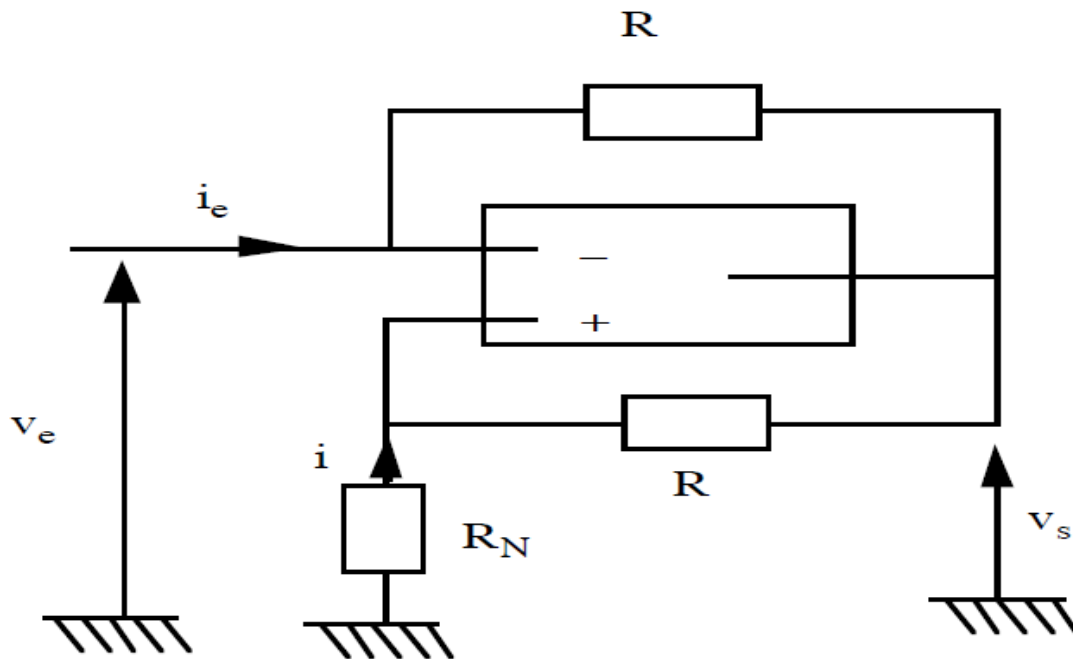
Un circuit RLC présente des oscillations atténuées du fait de la résistance R. si celle-ci était négative elle apporterait de l'énergie au lieu d'en dissiper par effet joule, et on peut espérer construire ainsi un oscillateur à amplitude constante.

La résistance négative a pour effet d'apporter de l'énergie au système, et ne peut-être réaliser qu'avec actif tel qu'un amplificateur opérationnel. C'est alors l'alimentation continu ( $\pm 15$ ) de l'A.O qui fournit au circuit oscillant son énergie.

Ainsi le montage se traduit comme suite :



a- Réalisation théorique d'une résistance négative :



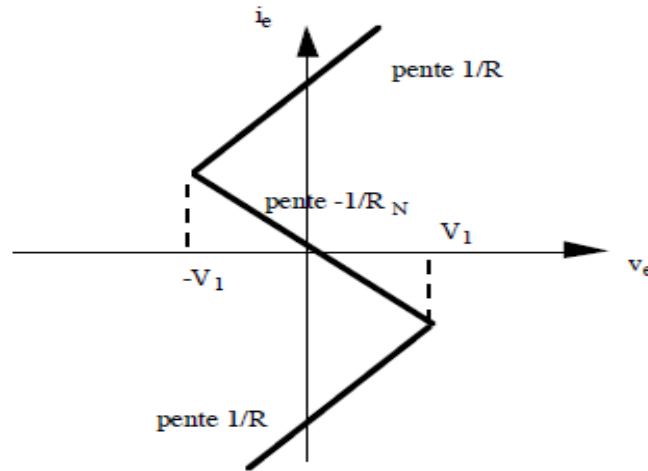
Pour montrer que le circuit est équivalent à une résistance négative, il faut tracer sa caractéristique  $V_e=f(I_e)$ .

Dans la zone linéaire de l'AO, on a :  $V_+ = V_-$  et donc  $i_e = i$ , d'où  $V_e = -R_n i_e$  (qui justifie l'appellation du montage).

Ceci est vérifié pour  $|V_s| < V_{sat}$  c'est-à-dire :  $|V_e| < \frac{R_N}{R + R_N} V_{sat} = V_1$  (puisque  $V_e = \frac{R_N}{R + R_N} V_s$ )

- ✓ Lorsque  $V_s = +V_{sat}$ ,  $V_e = Ri_e + V_{sat}$
- ✓ Lorsque  $V_s = -V_{sat}$ ,  $V_e = Ri_e - V_{sat}$

La caractéristique courant-tension d'entrée de ce dipôle est donc :



Sa caractéristique présente dans le domaine de fonctionnement linéaire de l'AO une pente négative

**b- Réalisation de l'oscillateur a résistance négative :**

On réalise un circuit RLC série. On ajoute dans ce circuit une résistance négative  $-R'$  avec

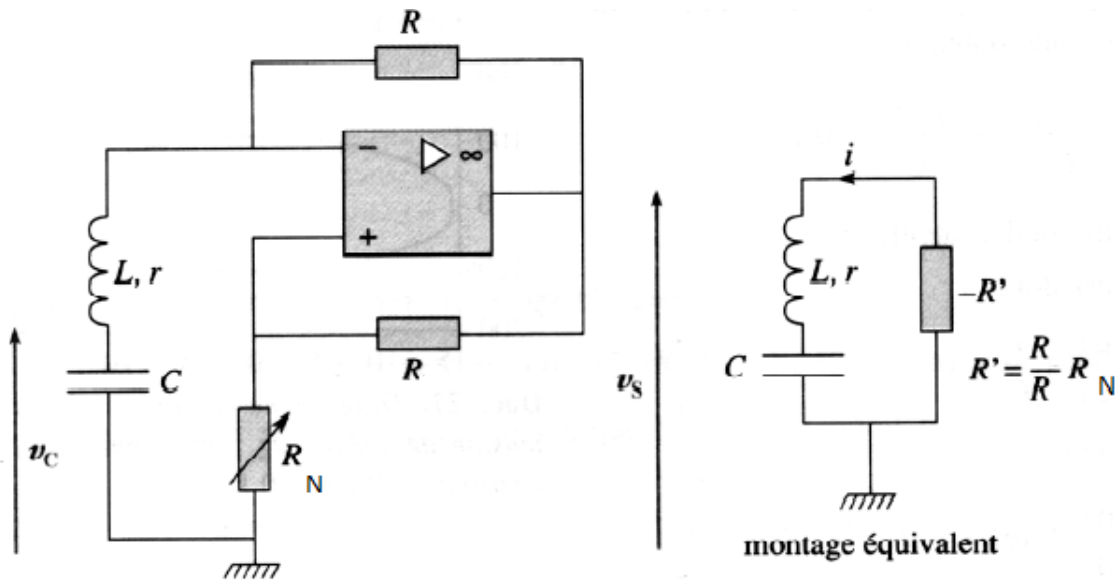
$R' = R_N \frac{R}{R} = R_N$  (voir le montage précédent). Alors il y a 3 cas possibles :

- ✓ Si  $R > R'$  l'intensité dans le circuit tend vers zéro
- ✓ Si  $R = R'$  l'intensité dans le circuit est une fonction sinusoïdale du temps de pulsation

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

- ✓ Si  $R < R'$  l'amplitude des oscillations augmente au cours du temps et le phénomène est limité par la non linéarité des différents éléments du circuit.

Le montage est donc :

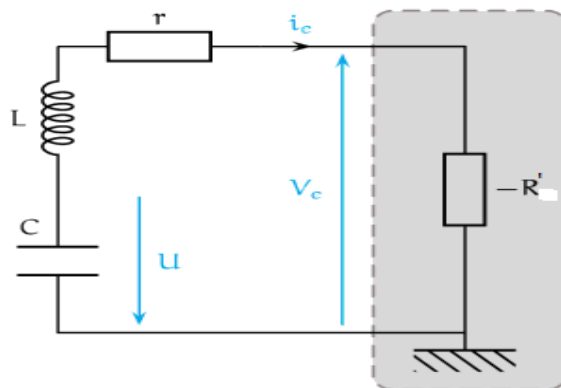


Oscillateur à résistance négative

Pour observer les oscillations il faut donc  $R'$  légèrement supérieur à  $R$ . Le dipôle à résistance négative compense les pertes du circuit oscillant faiblement amorti auquel il est associé. Cette compensation assure l'entretien des oscillations dont l'amplitude est limitée par les non-linéarités de l'A.O...

**c- Naissance des oscillations en régime linéaire**

Plaçons-nous pour commencer avec un amplificateur opérationnel fonctionnant en régime linéaire. Cet état correspond à celui observé au moment où l'on met le circuit sous tension ; en effet, la continuité du courant dans la bobine impose une intensité  $i_c$  initialement nécessairement faible. On peut alors remplacer la partie droite du circuit par une résistance négative  $-R'$  pour obtenir le montage de la figure suivante :



La loi des mailles fournit directement la loi d'évolution :  $\frac{d^2U}{dt^2} + \frac{r-R'}{L} \frac{dU}{dt} + \frac{U}{LC} = 0$ .

L'équation différentielle satisfaite par le courant  $i_c$  est la même, il suffit de dériver celle relative à

la tension U pour obtenir :  $\frac{d^2i_c}{dt^2} + \frac{r-R'}{L} \frac{di_c}{dt} + \frac{i_c}{LC} = 0$ .

Le système étudié peut a priori osciller sinusoidalement pour  $r=R'$  ; en effet, dans ce cas,

l'équation est celle d'un oscillateur harmonique  $\frac{d^2U}{dt^2} + \omega_0^2 U = 0$  et les solutions sont de la forme

$U(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$ .

**On retiendra que :**

- ✓ **La condition théorique d'obtention d'un régime sinusoidal pur consiste en une annulation du terme de dérivée première de l'équation différentielle ;**
- ✓ **L'équation différentielle fournit la pulsation des oscillations.**

#### **d- Limitation de l'amplitude des oscillations.**

L'amplitude des oscillations quasi-sinusoidales est limitée par des effets non linéaires.

En présence d'un amplificateur opérationnel il s'agit souvent d'une saturation de la tension de sortie.

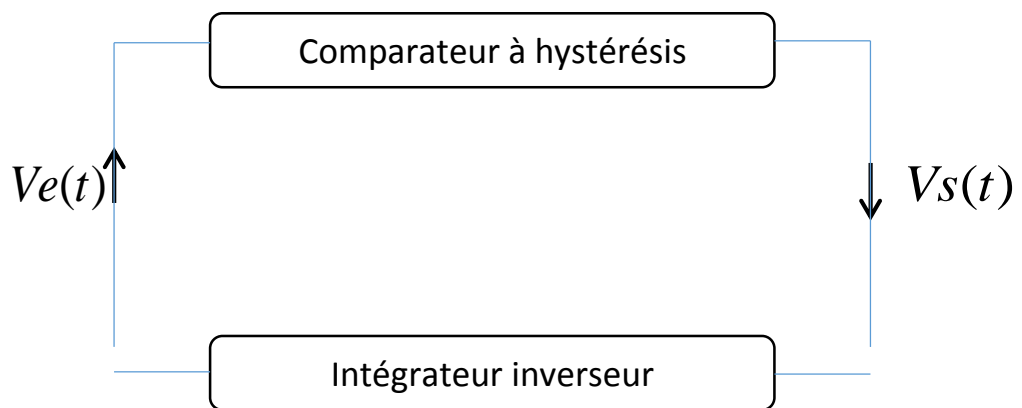
### **III- Oscillateurs de relaxation**

#### **1. Définition**

Les oscillations de relaxation sont des signaux qui peuvent prendre deux valeurs au cours du temps, l'une haute et l'autre basse. La durée de chacun de ces deux niveaux est très supérieure à celle nécessaire à la transition entre ces niveaux. Les signaux engendrés sont quasiment rectangulaires.

Un oscillateur de relaxation est un dispositif produisant un signal qui bascule périodiquement entre de états bien définis.

On peut réaliser ce type d'oscillation en bouclant un comparateurs à hystérésis sure un intégrateur inverseur. Ce principe n'est pas à retenir mais perm t d'analyser qualitativement le fonctionnement de la majorité des oscillateurs de relaxation.



Exemple d'oscillation de relaxation

### Conclusion :

Les oscillateurs sont des dispositifs essentiels dans les équipements électronique puisqu'ils assurent la production et la stabilité en fréquence des signaux alternatifs nécessaires au fonctionnement comme :

- ✓ La fréquence de la porteuse d'un émetteur
- ✓ La fréquence de l'oscillateur local de réception dans le récepteur
- ✓ Le signal d'horloge de tous les systèmes numérique etc...