

# **CONCEPTION D'UN OSCILLATEUR « LC » PAR ASSOCIATION D'UN CIRCUIT RESONNANT ET D'UN DIPOLE A RESISTANCE NEGATIVE**

## **I. PRINCIPE.**

En déchargeant un condensateur dans une bobine de *bonne qualité*, on constate que la tension à ses bornes évolue de façon sinusoïdale exponentiellement amortie  $\left( \frac{r}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} < 1 \right)$ .

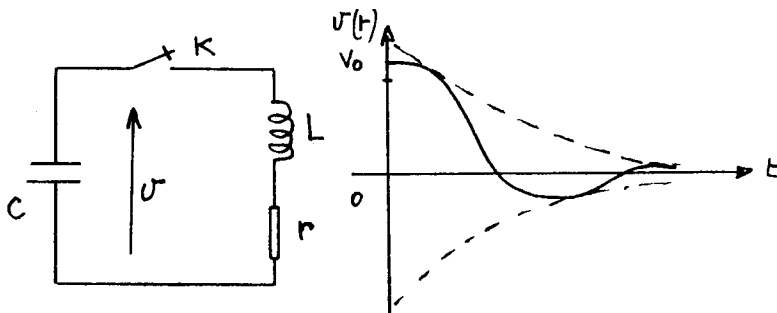


Fig. 9

L'amplitude ne se maintient pas constante car lors des échanges d'énergie électrostatique et électromagnétique, une puissance est consommée par effet Joule dans  $r$ .

L'amplitude des oscillations peut être maintenue constante à condition qu'un dipôle connecté en parallèle sur le circuit résonnant compense à chaque période la puissance consommée par  $r$ .

Une résistance négative  $-R_N$ , soumise à une tension  $v = V\sqrt{2} \cos(\omega t)$  absorbe une puissance négative  $P = V^2/(-R_N)$ .

C'est la puissance  $V^2/R_N$  qui devra compenser les pertes Joule dans la résistance  $r$ .

Cette idée est développée ci-après puisque l'on sait que certains composants semi-conducteurs (transistor unijonction, diode tunnel, thyristor...) possèdent des parties de caractéristique à résistance dynamique négative ( $dv/di < 0$ ) et que l'amplificateur opérationnel convenablement bouclé présente cette propriété remarquable.

## II. CONDITION D'AMORÇAGE DES OSCILLATIONS.

Soit donc le montage de principe :

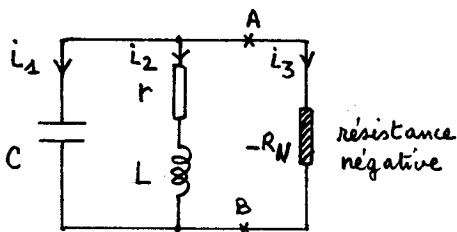


Fig. 10

—  $R_N$  est une schématisation du montage électronique qui permet effectivement d'avoir entre A et B, pour la tension variable  $v$ , l'équivalent d'une résistance négative.

Si les oscillations sinusoïdales prennent naissance :

$$\underline{I}_1 + \underline{I}_2 + \underline{I}_3 = 0$$

$$j C \omega \underline{V} + \frac{1}{r + j L \omega} \cdot \underline{V} + \frac{1}{(-R_N)} \cdot \underline{V} = 0$$

quel que soit  $\underline{V}$  dans le domaine de linéarité du dipôle ;

d'où :

$$j C \omega + \frac{r}{r^2 + L^2 \omega^2} - \frac{j L \omega}{r^2 + L^2 \omega^2} - \frac{1}{R_N} = 0$$

soit :

$$C - \frac{L}{r^2 + L^2 \omega^2} = 0 ; \quad \frac{r}{r^2 + L^2 \omega^2} - \frac{1}{R_N} = 0$$

pour une bobine de bonne qualité :  $Q = L\omega/r \gg 1$ .

On déduit des deux équations précédentes :

$$\omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}; \quad R_N = \frac{L^2\omega^2}{r} = rQ^2 = R = \frac{L}{rC}.$$

On vérifie que la somme des puissances actives est nulle :

$$-\frac{V^2}{R_N} + r\left(\frac{V}{r^2 + L^2\omega^2}\right)^2 = 0 \quad \text{ou} \quad V^2\left(-\frac{1}{R_N} + \frac{r}{L^2\omega^2}\right) = 0$$

Pour une valeur de  $R_N$  supérieure à  $R$ , les pertes Joule ne sont pas compensées et l'amplitude des oscillations tend vers 0.

Pour une valeur de  $R_N$  inférieure à  $R$ , la résistance négative surcompense les pertes Joule dans  $r$  et l'amplitude des oscillations croît en entraînant le composant dans son domaine non linéaire.

### III. EXEMPLE.

Nous reprenons, bien sûr, le même qu'en A.II. pour comparer les deux méthodes.

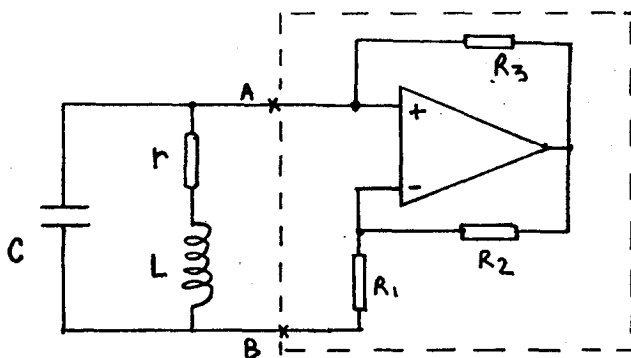


Fig. 11

#### III.1. Caractéristique tension-courant du dipôle AB.

On part de la caractéristique de transfert en continu de l'amplificateur opérationnel :

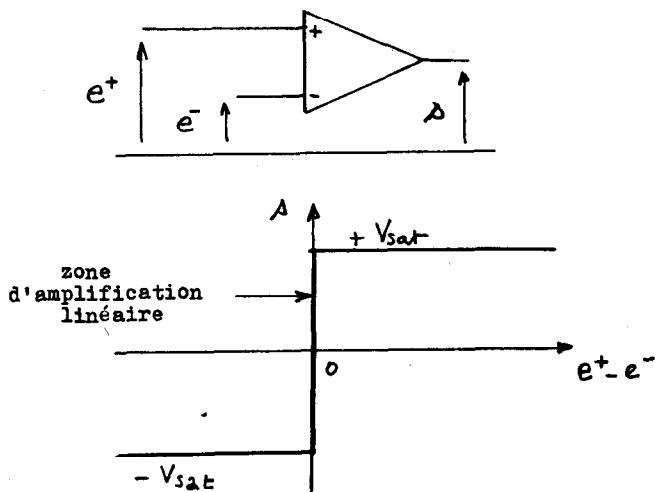


Fig. 12

On considère le dipôle AB pour lequel on recherche la caractéristique  $I(V)$  :

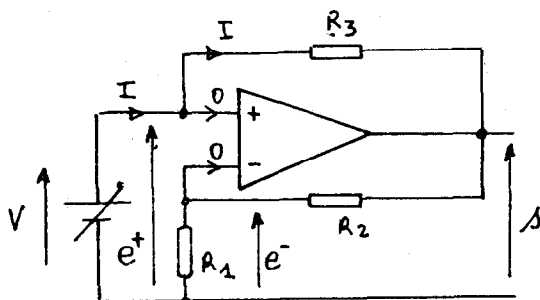


Fig. 13

Dans la zone d'amplification linéaire  $e^+ = e^-$  :

$$I = \frac{V - s}{R_3}, \quad V = [R_1 / (R_1 + R_2)] s$$

en éliminant  $s$  entre les deux expressions, il vient :

$$\frac{V}{I} = -(R_1/R_2) \cdot R_3 = -R_N$$

le dipôle est équivalent à une résistance négative tant que :

$$-V_{\text{sat}} \leq s \leq +V_{\text{sat}}$$

limites de la zone à résistance négative.

POINT A :

$$s = +V_{\text{sat}}, \quad V = R_1 \cdot V_{\text{sat}} / (R_1 + R_2),$$

$$I = -R_2 V_{\text{sat}} / [R_3 (R_1 + R_2)].$$

POINT B :

$$s = -V_{\text{sat}}, \quad \text{symétrique de A par rapport à O.}$$

ZÔNE DE SATURATION :

$$s = +V_{\text{sat}}, \quad I = (V - V_{\text{sat}}) / R_3$$

$$e^+ > e^- \quad \text{donc} \quad V > R_1 V_{\text{sat}} / (R_1 + R_2)$$

ZÔNE DE SATURATION :

$$s = -V_{\text{sat}}, \quad I = (V + V_{\text{sat}}) / R_3$$

$$e^+ < e^- \quad \text{donc} \quad V < -R_1 V_{\text{sat}} / (R_1 + R_2).$$

Résultat.

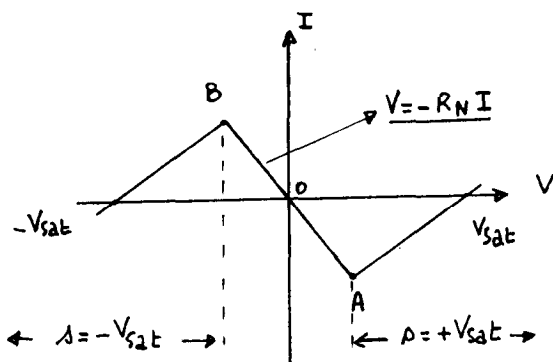


Fig. 14

### III.2. Condition d'amorçage.

Dans la zone de linéarité :  $R_N = R$ , or :  $R_N = R_1 R_3 / R_2$ , d'où la condition déjà trouvée en A.II.