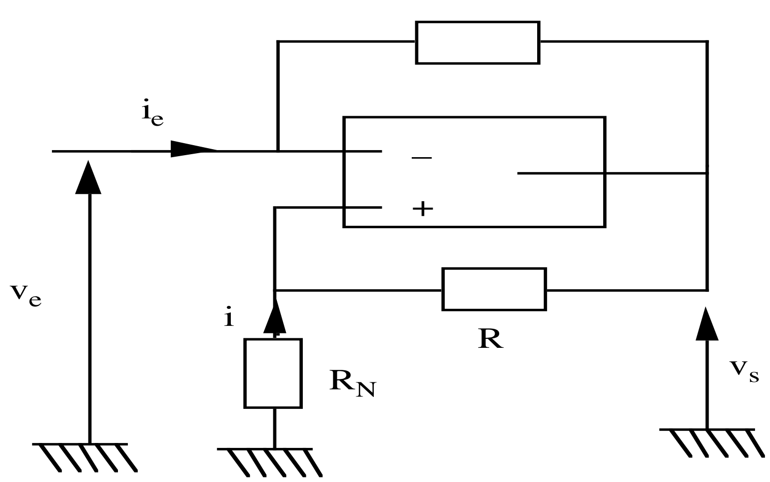
T.P. El_2
OSCILLATEURS SINUSOÏDAUX

1. OSCILLATEUR A RESISTANCE NEGATIVE

1.1. Réalisation théorique d'une résistance négative



On étudie la caractéristique tension-courant d'entrée du montage suivant :

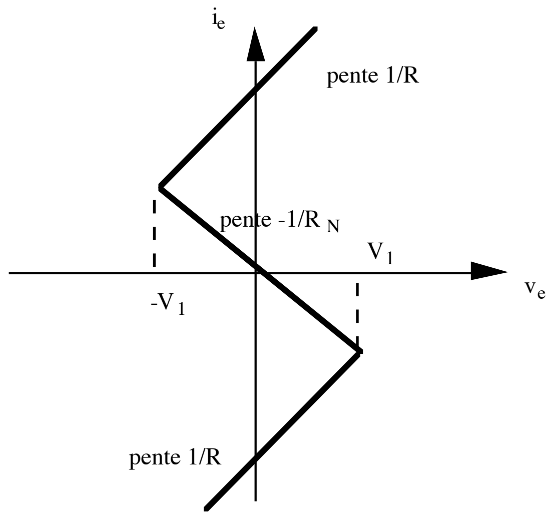
♦ Dans la zone linéaire de l'AO, on a $V_+ = V_-$ et donc $i = i_e$, d'où $v_e = -R_n i_e$ (qui justifie l'appellation du montage). Ceci est vérifié pour $|v_s| < V_{sat}$ c'est à dire $|v_e| < \frac{R_N}{R+R_N} V_{sat} = V_1$

(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 en S présente dans le domaine de fonctionnement linéaire de l'AO une pente négative.

Rq. Ce montage présente un retour de la sortie sur les 2 entrées + et - . Une étude plus poussée montre qu'il n'est stable que si la résistance interne du générateur qui l'alimente est supérieure à R_N. Il est donc nécessaire de placer en série avec le générateur de résistance interne 50Ω une résistance élevée. On prendra R' = 3,3 kΩ

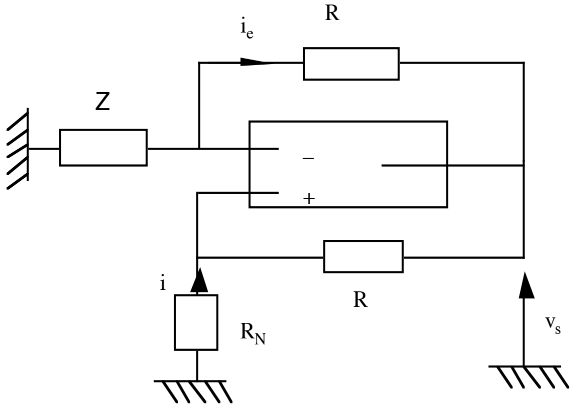
1.2. Relevé de la caractéristique d'entrée

Proposer un montage permettant de visualiser la caractéristique ci-dessus. On prendra $R = 2{,}2\ k\Omega$ et $R_N = 1{,}2\ k\Omega$

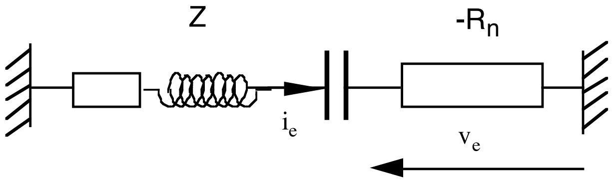
A l'aide du logiciel Synchronie, relever cette caractéristique. En déduire la valeur expérimentale de R_N et la précision associée

1.3. Oscillateur à résistance négative

On réalise le montage :



où $Z = r + j(L\omega - \frac{1}{C\omega})$ est un dipole r, L C série. En l'absence de tout générateur extérieur le système est équivalent à :



et i_e obéit à l'équation différentielle : $L\frac{d^2i}{dt^2} + (r - R_N)\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$, du type : $A\frac{d^2X}{dt^2} + B\frac{dX}{dt} + CX = 0$

La solution est de la forme e^{rt} où r est solution de :

$$Ar^2 + Br + C = 0$$

Le montage sera dit stable si cette solution tend vers 0 quand t vers l'infini.

Si les solutions sont réelles, elles ne seront toutes deux négatives que si leur somme et leur produit le sont aussi : ceci impose que A, B, C soient tous trois positifs

Si les solutions sont complexes (donc conjuguées), ce qui implique d'ailleurs que A et C soient de même signe ($\Delta < 0$), leur partie réelle commune sera négative si A et B sont positifs : on retrouve la même condition.

En résumé le système sera stable si A, B, C sont tous trois positifs.

Si l'un des termes est négatif, la solution exponentielle comporte nécessairement une partie réelle positive qui fait diverger X : On devrait donc observer en théorie un système oscillant d'amplitude croissante. En pratique, pour un montage comportant des A.O., la tension de sortie est limitée par $\pm V_{sat}$: le système devient alors **instable.**

Revenons au montage proposé :

- si $r > R_N$, le système est stable et le courant est nul en l'absence de tout générateur extérieur.

- si $r = R_N$, on trouve un oscillateur sinusoïdal vrai de pulsation ω_0 telle que $LC\omega_0^2 = 1$

- si $r > R_N$, le système est instable : l'AO part en saturation.

Le cas 2 est purement théorique.

Dans le cas 3 on revient à un régime stable : en effet, quand l'AO est saturé, la tension V_e est de la forme

$V_e = Ri_e \pm V_{sat}$.et i_e obéit alors à :

$$L\frac{d^2i}{dt^2} + (r + R)\frac{di}{dt} + \frac{i}{C} = 0$$

On observe donc des oscillations d'amplitude alternativement croissantes et décroissantes de même pulsation ω_0 telle que $LC\omega^2_0 = 1$. En pratique, si R_N est bien choisie, le système est très proche d'un oscillateur d'amplitude constante : il constitue alors un oscillateur quasi-sinusoïdal.

Réaliser l'oscillateur et ajuster la résistance r (boîte de résistances) de sorte à observer des oscillations. Mesurer la fréquence et en déduire la valeur de l'inductance L de la bobine (On prend C = 22 nF).

2. GENERALISATION : OSCILLATEURS ELECTRONIQUES

2.1. Condition de stabilité

Considérons un montage électronique linéaire où, en régime sinusoïdal, la grandeur de sortie (souvent une tension V_S) s'exprime en fonction de la grandeur d'entrée (souvent une tenson V_e) sous la forme :

$$\frac{V_S}{V_e} = H(j\omega) = \frac{N(j\omega)}{D(j\omega)}$$

en notation complexe.

La correspondance fréquentiel-indiciel permet d'obtenir l'équation différentielle générale à laquelle obéit V_S.

Prenons alors l'exemple d'un dénominateur du second ordre, cette équation s'écrirait :

$$A\frac{d^2V_S}{dt^2} + B\frac{dV_S}{dt} + CV_S = f(V_e)$$

Examinons alors l'équation homogène associée. Sa solution correspond à tout régime transitoire résultant par exemple d'une fluctuation de la grandeur d'entrée V_e. nous retrouvons l'étude précédemment faite sur l'oscillateur à résistance négative.

En résumé :

On étudie la stabilité d'un montage électronique en examinant les solutions de l'équation différentielle homogène à laquelle obéit la grandeur de sortie (régime transitoire). Le système est stable si ces solutions convergent dans le temps et instable dans le cas contraire.

2.2. Condition d'oscillation

Examinons à présent le cas particulier B = 0 : l'équation différentielle devient: :

$$A \frac{d^2V_S}{dt^2} + CV_S = 0$$

Nous trouvons alors un oscillateur sinusoïdal de pulsation $\omega^2_0 = \frac{A}{C}$.

Revenons à la notation complexe associée à la possibilité d'obtention d'un régime linéaire. Le dénominateur, dans le cas d'un second ordre, s'écrit :

$$D(j\omega) = C + j\omega B + (j\omega)^2 A$$

Avec B = 0, le régime d'oscillations sinusoïdales correspond à l'annulation du dénominateur D(jω). Le montage présente alors un gain infini : en pratique ceci signifie qu'avec une entrée nulle ($V_e = 0$), il est possible d'obtenir une sortie non nulle.

L'annulation du dénominateur, complexe, implique l'annulation des parties réelle et imaginaire. Elle débouche en général sur des conditions portant sur les composants du montage et la pulsation ω : souvent, il existe une pulsation et une seule ω_0 pour laquelle le dénominateur s'annule. On obtient alors en sortie, avec une entrée nulle, une grandeur sinusoïdale, de pulsation ω_0 : on a ainsi fabriqué un oscillateur sinusoïdal électronique.

Pour le système du second ordre, la double condition d'oscillation s'écrit : $B = 0$ et $A - C\omega^2 = 0$

On retrouve bien un oscillateur de pulsation $\omega^2_0 = \frac{A}{C}$.

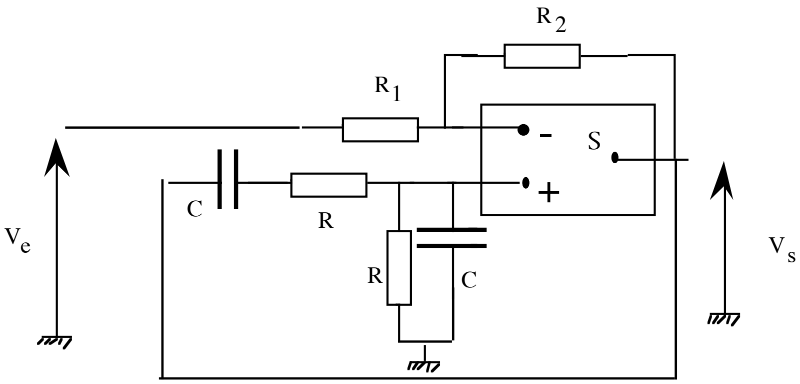
La condition B = 0 n'est cependant jamais parfaitement réalisée :

- une valeur de B positive ramène nécessairement V_s à zéro : le système est **stable.** En pratique on n'observe pas d'oscillations.

- une valeur de B négative fait diverger le système **instable** : on a des oscillations sinusoïdales qui s'amplifient jusqu'à saturation d'une tension de sortie d'AO. Très souvent s'installe alors un nouveau régime qui fait reconverger le système (oscillations décroissantes) et ainsi de suite : on obtient alors un oscillateur quasi-sinusoïdal si les croissances et décroissances sont limitées.

2.3. Oscillateur de Wien

2.3.1. Réalisation



On considère le filtre ci-contre .

Déterminer les conditions dans lesquelles ce système peut constituer un oscillateur quasi-sinusoïdal.

2.3.2. Interprétation physique

L'interprétation physique de l'oscillateur de Wien est relativement simple : le montage est en fait constitué d'un amplificateur inverseur, avec un retour de la tension de sortie V_s sur l'entrée plus de l'A.O. avec filtrage préalable par un filtre passe-bande (c'est le système RC série - RC parallèle).

Quand V_e est nulle, l'A.O. amplifie en fait la tension de sortie elle-même, préalablement filtrée par le passe-bande. Tout parasite est ainsi amplifié, mais en fait seule la fréquence de résonance du filtre est sélectionnée par celui-ci : on obtient bien, pourvu que les conditions sur R_1 et R_2 s'y prêtent, une tension de sortie purement sinusoïdale, à cette fréquence de résonance.

2.3.3. Etude expérimentale

Réaliser le montage ci-dessus avec $R = 1\ k\Omega$, $C = 100\ nF$, $R_1 = 1\ k\Omega$ et R_2 est une boîte de résistances variables. En ajustant R_2, observer des oscillations écrêtées, non écrêtées, ou l'absence d'oscillations. Comparer les résultats expérimentaux et théoriques.