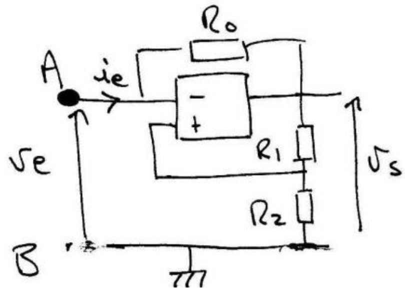
Exercices – Oscillateurs

<u>Exercice 1 : L'autre oscillateur très classique : oscillateur harmonique LC</u>
réalisé grâce au dipôle à « résistance négative »



1. Le montage ci-contre peut-être considéré comme un dipôle entre A et B, traversé par un courant i_e et alimenté par une tension v_e à ses bornes. En établissant la relation entre i_e et v_e, justifier l'appellation dipôle « à résistance négative ». Etapes calcul :

- Loi des nœuds à la bornes - : relation Vs et ie
- puis relation Vs et Ve en utilisant V+=V-

2. D'un point de vue énergétique, ce dipôle est-il récepteur ou générateur ? L'appellation dipôle « à résistance négative » peut sembler paradoxale à première vue, mais ce dipôle n'est en fait rien d'autre qu'un générateur délivrant une tension proportionnelle au courant qui le traverse. D'où provient l'énergie électrique fournie par ce générateur ?

<u>Réalisation d'un oscillateur harmonique électrique : circuit LC</u>

On étudie un circuit LC série en tenant compte de la résistance interne r de la bobine. Le circuit est alimenté à ses bornes par une tension $e(t)$.

3. En utilisant la notation complexe, déterminer le type de régime transitoire possible pour ce montage en fonction des valeurs de r, L et C. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la tension aux bornes de C.

4. Le circuit est étudié en régime libre, i.e. la tension d'entrée est nulle. Quelle devrait être la valeur de r pour que le circuit LC soit un oscillateur harmonique ?

5. On insère le dipôle à résistance négative (bornes AB) en série avec (L, r) et C. On considère la tension aux bornes de C.

- Pour quelles valeurs de R_0, R_1 *et* R_2 a-t-on ainsi réalisé un oscillateur harmonique LC ?
- Ce montage est-il stable ?
- Quelle condition doit être remplie pour que les oscillations quasi-sinusoïdales démarrent effectivement ?
- Quelle est la non-linéarité qui fixe l'amplitude des oscillations ? (ne pas chercher cette amplitude)
- Dessiner l'allure de la tension aux bornes de C en fonction du temps, depuis la naissance des oscillations jusqu'au régime établi.

Exercice 2 : Centrale PSI Physique 2008

Partie II - Oscillateur à boucle de rétroaction

Une méthode pour obtenir des oscillations quasi-sinusoïdales consiste à utiliser un système bouclé à deux opérateurs : le premier, de fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \underline{u}_s/\underline{u}_e$ constituant la chaîne directe ; le second, de fonction de transfert $\underline{F}(j\omega) = \underline{u}_e/\underline{u}_s$, la chaîne de retour.

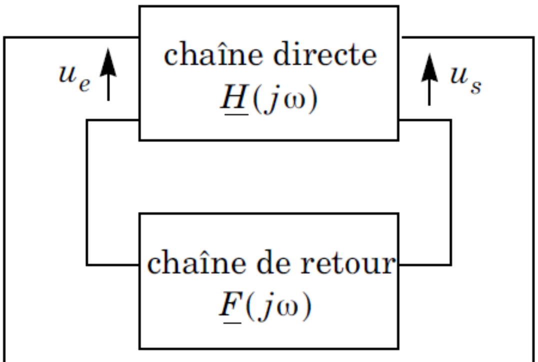


Figure 9

II.A - Donner la condition sur les fonctions $\underline{H}(j\omega)$ et $\underline{F}(j\omega)$ pour que le système soit le siège d'oscillations sinusoïdales spontanées de pulsation ω_0. Lorsqu'une telle condition est réalisée, quel phénomène est à l'origine de l'apparition des oscillations ?

II.B - On se place dans le cas particulier ou $\underline{H}$ est une constante réelle H_0 indépendante de ω et où

$$\underline{F}(j\omega) = \frac{\underline{u}_e}{\underline{u}_s} = F_0 \frac{j\dfrac{\omega}{Q\omega_0}}{1 + j\dfrac{\omega}{Q\omega_0} - \left(\dfrac{\omega}{\omega_0}\right)^2}.$$

II.B.1) Quelle est la nature de la chaîne de retour ? Tracer, en faisant apparaître précisément les asymptotes, le diagramme de Bode de $\underline{F}(j\omega)/F_0$ pour les valeurs de $Q = 0,1$ et $Q = 10$. On prendra $\omega_0 = 10^4\ \mathrm{rad \cdot s^{-1}}$, ω varie de 10^2 à $10^6\ \mathrm{rad \cdot s^{-1}}$.

II.B.2) F_0, ω_0 et Q étant fixés, pour quelle valeur particulière H_m de H_0 a-t-on des oscillations sinusoïdales ? Que vaut la pulsation de ces oscillations ?

II.C - La condition sur H_0 étant une égalité, elle est, en pratique, impossible à réaliser strictement. $u_s(t)$ et $u_e(t)$ ne sont donc pas sinusoïdales. On cherche à préciser l'expression des fonctions $u_s(t)$ et $u_e(t)$.

Établir l'équation différentielle satisfaite par $u_e(t)$ et $u_s(t)$ et discuter la nature des solutions en fonction de H_0 (on se limitera aux cas des solutions oscillatoires). Un des opérateurs comportant un amplificateur opérationnel, montrer que, pour certaines valeurs de H_0, il sortira de son domaine de linéarité. On constate dans ce cas que le système peut être le siège d'oscillations permanentes plus ou moins sinusoïdales.

Exercice 3 : Un début d'exercice plus calculatoire, la fin étant similaire au cours

Remarques :

- faire la question 1 à la fin, ce n'est pas la plus intéressante et > niveau CCP (c'est du calcul)
- question 2 : la condition de Barkhausen (HG = 1 cf. cas du cours sans comparateur +/-) revient ici à traduire l'effet du bouclage, i.e. H=1

On considère le montage de la figure ci-dessous utilisant un potentiomètre de résistance totale R' et de coefficient $0 \leq x \leq 1$, une résistance R et une inductance L, deux condensateurs de capacités C et un amplificateur opérationnel considéré comme idéal et fonctionnant en régime linéaire.

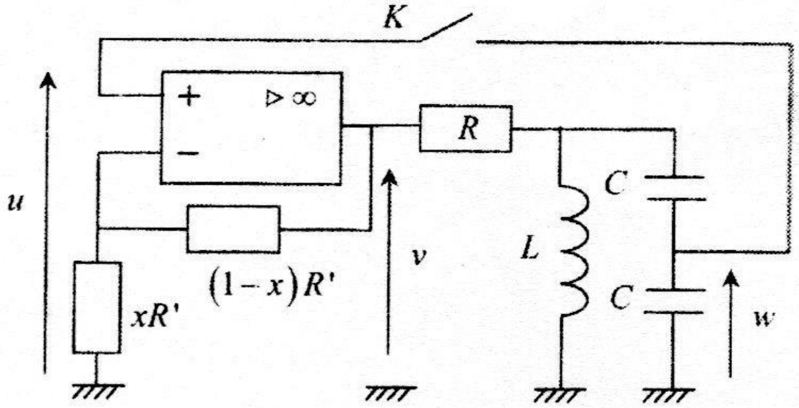
1. Lorsque l'interrupteur K est ouvert, calculer en régime sinusoïdal de pulsation ω la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \underline{w}/\underline{u}$.

Montrer que $\underline{H}$ s'écrit :

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 + jQ\left(\dfrac{\omega}{\Omega} - \dfrac{\Omega}{\omega}\right)},$$

avec $H_0 = \dfrac{1}{2x}$, $Q = R\sqrt{\dfrac{C}{2L}}$ et

$\Omega = \sqrt{\dfrac{2}{LC}}$.



À défaut, on pourra admettre ce résultat pour faire la suite.

En déduire l'équation différentielle liant $u(t)$ et $w(t)$ sous la forme :

$$\frac{d^2w}{dt^2} + a\frac{dw}{dt} + bw = c\frac{du}{dt}.$$

On exprimera les coefficients a, b, c en fonction de Ω, H_0, Q.

2. On ferme l'interrupteur afin de boucler le système. En traduisant la condition de Barkhausen, montrer que le circuit peut être le siège d'une tension w sinusoïdale pour une valeur particulière x_0 de x. Exprimer la pulsation ω_0 des oscillations en fonction de L et C.

3. En pratique, il est impossible de réaliser exactement la condition $x = x_0$. Observe-t-on l'apparition des oscillations pour x légèrement inférieur ou supérieur à x_0 ? On pourra écrire l'équation différentielle satisfaite par $w(t)$.

4. Quel phénomène détermine l'amplitude des oscillations ?

D'après concours École de l'Air