Transistor en régime linéaire

I- Quelques circuits élémentaires.

1. On considère un générateur idéal de courant alternatif sinusoïdal d'intensité efficace i_o, en parallèle avec deux impédances $\underline{Z_1}$ et $\underline{Z_2}$ (figure 1). On notera $\underline{i_o}$ l'intensité efficace complexe associée à i_o .
   On étudie le circuit en régime permanent sinusoïdal.

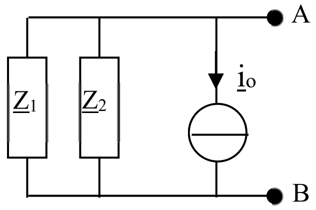

Figure 1

   a. Définir complètement le générateur de Thévenin[1] équivalent au circuit entre les bornes A et B. Représenter ce générateur.
   b. Définir complètement le générateur de Norton[2] équivalent au circuit entre les bornes A et B. Représenter ce générateur.

2. On considère le circuit de la figure 2, formé d'une bobine d'inductance *L*, de résistance nulle, et d'un condensateur de capacité *C*.

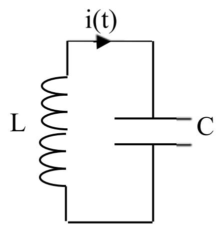

Figure 2 : Circuit LC série

   a. Etablir l'équation différentielle caractéristique de l'évolution de *i(t)*.
   b. En déduire la pulsation propre ω_o du circuit.
   c. Donner l'expression générale de *i(t)*. (On ne cherchera pas à déterminer les constantes d'intégration).

3. On considère le circuit de la figure 3, formé des mêmes composants que la figure 2, mais on se place entre A et B, aux bornes des composants qui se trouvent alors en parallèle l'un de l'autre.
   a. Quelle est, en régime sinusoïdal, l'impédance équivalente aux deux composants, pris entre A et B ? (figure 3)

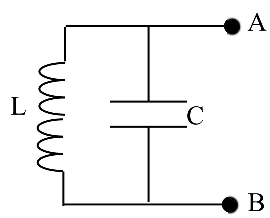

Figure 3 : circuit LC parallèle

   b. Que vaut cette impédance pour la pulsation ω_o ?
   c. Comment peut-on alors appeler un tel circuit ?

---

[1] Générateur idéal de tension en série avec une impédance.
[2] Générateur idéal de courant en parallèle avec une impédance.

II- Montage amplificateur.

Dans le domaine des audiofréquences (20, 20 000 Hz), on dispose d'un transistor à effet de champ modélisé par la figure 4.
On note : G : la grille D : le drain S : la source
i_{DS} = courant délivré pas le générateur commandé = $s.V_{GS} = s(V_G\text{-}V_S)$ où s est une constante positive.

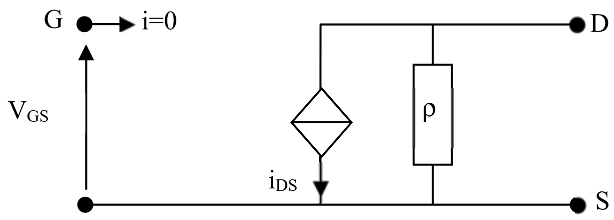

Figure 4 : transistor à effet de champ

A l'aide de ce transistor, on réalise le montage amplificateur de la figure 5, dont on va étudier le fonctionnement en régime sinusoïdal, de pulsation ω. On donne :

- R_g : résistance placée entre la grille et la source.
- R_u : résistance d'utilisation, placée entre le drain et la source.
- L et C : déjà définies sur la figure 3
- ρ : résistance définie sur la figure 4 .
- $i_{DS}(t)$: courant délivré par le générateur de courant commandé et $\underline{i}_{DS}$ la valeur efficace complexe associée.
- $v_e(t)$: tension d'entrée et $\underline{V}_e$ valeur efficace complexe associée.
- $v_s(t)$: tension d'entrée et $\underline{V}_s$ valeur efficace complexe associée.

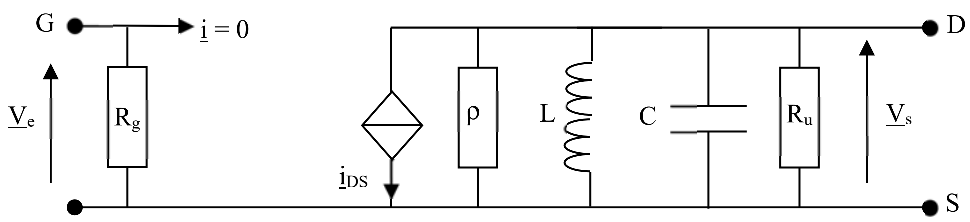

Figure 5 : Montage amplificateur

1. *Fonction de transfert.*
   a. Etablir l'expression de l'amplification complexe en tension à la pulsation ω :

$$\underline{A_v} = \frac{\underline{V_s}}{\underline{V_e}}$$

   On exprimera cette amplification en fonction des paramètres : s, R, L, C et ω, en posant : $R = \frac{\rho.R_u}{\rho+R_u}$

   b. Montrer que $\underline{A_v}$peut s'écrire :

$$\underline{A_v} = A_0 \frac{\frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)}{1+\frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)+\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

   où ω_o est la pulsation définie dans la première partie du problème.
   Donner les expressions de Q et A_o. Pour la suite on prendra $\underline{|A_0|} > 1$.

2. *Phase et gain*.
   Donner les expressions du module $\underline{|A_V(\omega)|}$, du gain en décibel $G(\omega)$ et de la phase $\varphi(\omega)$ de $\underline{A}_v$.

3. *Etude de la résonance*.

   a. Montrer que le module de $\underline{A}_v$ est maximal pour $\omega = \omega_o$. Quelle est la fréquence correspondante f_o (appelée fréquence d'accord) ?

b. On note A_{max}=$\underline{|A_v(\omega_0)|}$ donner l'expression de A_{max}.
c. Que vaut $\varphi(\omega_o)$?

4. *Diagrammes de Bode*.

Dans cette question, on prend : ω_o = 6280 rad/s et $\underline{|A_0|} = 10$.

a. Tracer le diagramme asymptotique et le diagramme de Bode de $G(\omega)$ en distinguant les deux cas :
   i. Cas où Q = 100
   ii. Cas où Q = 0.1
b. Tracer l'allure du diagramme asymptotique et du diagramme de Bode de $\phi(\omega)$ en distinguant les deux cas :
   i. Cas où Q = 100
   ii. Cas où Q = 0.1
c. Comment nomme-t-on les deux filtres obtenus ?

5. *Etude de la bande passante.*

a. Déterminer, en fonction de ω_o et Q, les pulsations de coupure ω_{c-} et ω_{c+} . (on prendra : $\omega_{c-} < \omega_{c+}$) .
b. On définit la largeur de la bande passante par $\Delta\omega = \omega_{c+} - \omega_{c-}$. Exprimer $\Delta\omega$ en fonction de ω_o et Q.
c. Le facteur de mérite M de l'amplificateur est égal au produit de la largeur de la bande passante par la valeur maximale du module de A_v . Exprimer M en fonction de s et C. Commenter le résultat.
d. On suppose dans cette question que le facteur de qualité est très supérieur à 1.
   i. Montrer que dans ce cas, les pulsations de coupures à –3 dB sont pratiquement équidistantes de la pulsation ω_o.
   ii. Application numérique :
   Calculer la largeur de la bande passante sachant que ω_o=*6280 rad/s* et *Q=100*
   Commenter le résultat.
e. On suppose dans cette question que : *Q = 0.1* et ω_o = *6280 rad/s*.
   i. Calculer les deux pulsations de coupures.
   ii. Les placer sur le diagramme de Bode de $G(\omega)$ correspondant.

6. *Application : filtrage et amplification*.

La tension d'entrée $v_e(t)$ est maintenant une tension en créneau d'amplitude *U=10V*, de période $T=5.10^{-3}s$ et dont la décomposition en série de Fourier s'écrit :

$$v_e(t) = \frac{4U}{\pi}\left(sin(\omega t) + \frac{1}{3}sin(3\omega t) + \frac{1}{5}sin(5\omega t)+\ldots\right) \text{où } \omega = \frac{2\pi}{T}$$

a. Sachant que ω_o=*6280rad/s* , $\underline{|A_0|} = 10$et *Q=100* quelle est l'allure du signal de sortie $v_s(t)$?
b. Donner une expression approchée de $v_s(t)$.
c. Tracer sur un même graphe $v_e(t)$ et $v_s(t)$.