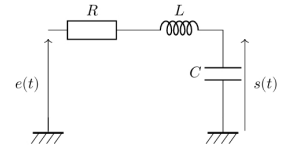


Guitare électrique (Centrale 2024)

Une guitare électrique se distingue d'une guitare classique par l'absence de caisse de résonance. Comme la vibration des cordes métalliques est très inefficacement transformée en onde acoustique, celle-ci est directement convertie en un signal électrique grâce à un transducteur électromagnétique : le micro.

D'un point de vue électrique, le micro se modélise comme indiqué ci-contre :



$e(t)$ est la force électromotrice induite par le mouvement de la corde. L désigne l'inductance propre du bobinage et R sa résistance. De plus, le grand nombre de spires présentes dans le bobinage provoque un effet capacitif représenté par le condensateur C .

1/ Étudier le comportement asymptotique de ce circuit. En déduire le type de filtrage réalisé par le micro.

2/ Donner l'expression de la fonction de transfert du micro en régime sinusoïdal forcé $\underline{H}(j\omega) = \frac{s}{e}$.

3/ Écrire la fonction de transfert sous la forme $\underline{H}(j\omega) = \frac{H_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + j \frac{\omega}{Q\omega_0}}$ et exprimer les paramètres H_0 , ω_0 et Q en fonction de R , L et C .

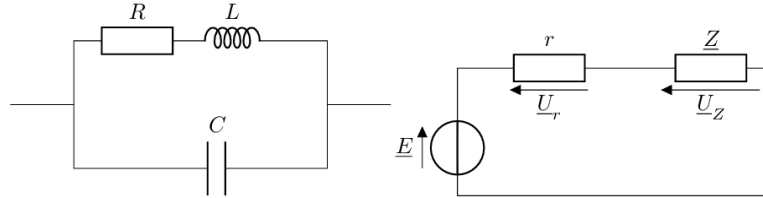
4/ Montrer que, si $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$, il y a résonance à une pulsation ω_r à déterminer.

5/ Tracer l'allure du diagramme de Bode en amplitude dans le cas $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$.

6/ Expliquer comment tracer expérimentalement un diagramme de Bode.

7/ Dans le cas précis du micro de guitare, expliquer pourquoi il n'est pas possible de tracer expérimentalement le diagramme de Bode.

8/ Un potentiomètre de résistance r est traditionnellement ajouté en parallèle de la capacité C . Donner l'expression littérale du nouveau gain statique du circuit en présence de ce potentiomètre. Ce dernier est accessible pour le guitariste. Quelle est son utilité ? On souhaite mesurer les paramètres R , L et C de deux micros différents : le micro Fender Lace Sensor et le micro De Armond Dynasonic. En l'absence de vibration de la corde, le micro est modélisé par le dipôle, d'impédance $\underline{Z}$, représenté à la figure ci dessous à gauche.

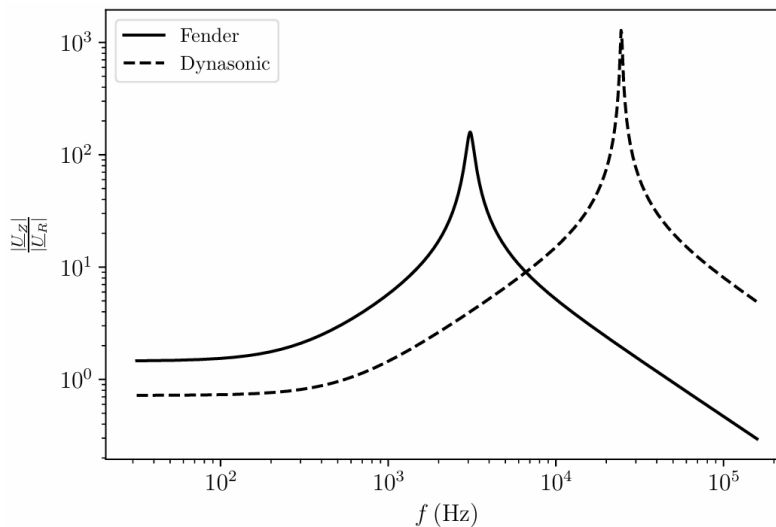


On réalise le montage de la figure ci dessus à droite, dans lequel e est une source de tension idéale, délivrant une tension sinusoïdale de la forme : $e(t) = E \cos(\omega t)$. r est un résistor de résistance $r = 10\text{k}\Omega$.

9/ Exprimer $\underline{Z}$, l'impédance du micro orienté en convention récepteur, en fonction de R , L , C et ω .

10/ Montrer que $\underline{Z} = r \frac{U_Z}{U_r}$.

11/ Le graphe de la figure ci dessous représente $\left| \frac{U_Z}{U_r} \right|$ en fonction de la pulsation ω pour les deux micros étudiés : trait plein pour le micro Fender et pointillés pour micro Dynasonic. Montrer qu'en basses fréquences $\underline{Z} \simeq R$ et en déduire la valeur de R pour chaque micro.



12/ Les relevés expérimentaux mettent en évidence que pour des fréquences de l'ordre de 1kHz, $\underline{Z}$ est dominée par R et L . Montrer que pour ces fréquences $L \simeq \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(r \left| \frac{U_Z}{U_r} \right| \right)^2 - R^2}$. En déduire la valeur de L pour chaque micro.

13/ $\underline{Z}$ peut s'écrire sous la forme $\underline{Z} = R \frac{1 + jQ \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + j \frac{\omega}{Q\omega_0}}$. Simplifier l'expression de $\underline{Z}$ dans l'hypothèse $Q \gg 1$ et ω proche de ω_0 .

Expliquer comment évaluer C à partir des relevés expérimentaux. En déduire la valeur de C pour chaque micro.

14/ Justifier, à partir des mesures expérimentales, l'affirmation suivante : « Le micro Fender sonne plus aigu que le micro Dynasonic ».

Rapport du Jury :

Q1., Q2. et Q3. Ces questions sont bien traitées par la majorité des candidats. Il est toutefois à noter quelques contradictions entre la première et les deux suivantes.

Q4. De nombreuses confusions sont relevées ici entre le caractère oscillatoire de la réponse indicielle d'un filtre du second ordre et la condition de résonance de ce dernier. Le jury rappelle que la recherche d'un extremum d'une fonction est associée à la recherche de l'annulation de sa dérivée.

Q5. Peu de courbes sont demandées dans cette épreuve. Comme toute courbe, il est indispensable de commencer par nommer les axes. Les candidats ne doivent pas oublier que pour un diagramme de Bode en gain, le gain en décibels est porté en ordonnées. Rappelons aussi qu'il est important de ne pas confondre asymptotes et courbe.

Q6. et Q7. Ces questions offrent aux candidats les plus habiles sur le champ expérimental de s'exprimer : si certains le font de fort belle manière, d'autres se perdent dans des développements hors sujet.

Q8. La notion de «gain statique» perd bien des candidats, alors que la sémantique de l'expression suffit à répondre rapidement et efficacement. Raisonner sur le schéma équivalent du circuit dans la limite des très basses fréquences est suffisant et surtout très efficace.

Q10. Cette question ne présente aucune difficulté. Toutefois, le jury tient à rappeler que lorsque Z est demandé, les candidats ne doivent pas s'arrêter à l'expression de $1/Z$.

Q10. Le résultat est intégralement donné et il s'agit donc de le justifier et non simplement de le recopier.

Q11., Q12. et Q13. Ces questions, qui mêlent approximations puis applications numériques nécessitent tout d'abord une bonne analyse des expressions, puis une exploitation claire des données. Il va sans dire que toute application numérique s'accompagne d'une unité, et que se contenter de l'unité « S.I. » ne suffit pas !

Q14. Si cette question peut paraître déstabilisante, il convient de ne pas y passer trop de temps, mais le jury apprécie que les candidats sachent distinguer d'eux-même les sons audibles et les ultrasons : il a rarement l'occasion de le lire.