

Devoir en Temps Limité n°1 de Physique-Chimie

Le samedi 12 septembre 2024

Thème : Électronique Durée : 2 heures

Consignes

Ce devoir est constitué de **3 exercices** indépendants, et contient 7 pages **dont un document réponse à rendre avec la copie**.

Il est demandé de porter le plus grand soin à la rédaction, c'est-à-dire :

- dans la forme : résultats **encadrés**, copies aérées ;
- dans le fond : justification des réponses, clarté de l'expression, concision des réponses.

Pour l'exercice I, tout résultat non justifié ne sera pas évalué

Les exercices II et III sont des Questionnaires à Choix Multiples : **il est demandé de compléter et de rendre le document réponse uniquement** en cochant la ou les cases correspondant aux bonnes réponses. **Aucune justification n'est demandée, mais des points négatifs seront attribués en cas de mauvaise réponse.** (-25% de la valeur de la question). Une question peut contenir une ou deux bonnes réponses maximum. Si aucune proposition A, B, C ou D ne convient, vous devez cocher la case E.

I Comportement électrocinétique d'un microphone de guitare électrique

Le son produit par une guitare électrique est issu de la conversion du mouvement d'une corde métallique dans un champ magnétique en signal électrique. Pour effectuer cette conversion, un microphone constitué d'un ou plusieurs aimants permanents entourés d'une bobine conductrice est nécessaire. D'un point de vue électrique, le micro se modélise de la façon représentée à la figure 1.

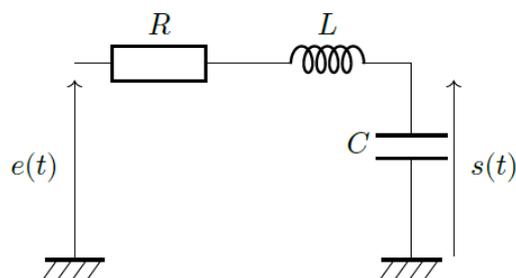


FIGURE 1 – Circuit électrique équivalent d'un microphone de guitare électrique

$e(t)$ 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 .

Q1. Étudier le comportement asymptotique de ce circuit. En déduire le type de filtrage réalisé par le micro.

- Q2.** Déterminer l'expression de la fonction de transfert du micro en régime sinusoïdal forcé $\underline{H}(j\omega) = \frac{s}{e}$. Le système décrit est-il stable ?
- Q3.** 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 .
- Q4.** Montrer que, si $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$, il y a résonance à une pulsation ω_r à déterminer.
- Q5.** Tracer l'allure du diagramme de Bode en amplitude dans le cas $Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$.
- Q6.** Expliquer comment tracer expérimentalement un diagramme de Bode.
- Q7.** Dans le cas précis du micro de guitare, expliquer pourquoi il n'est pas possible de tracer expérimentalement le diagramme de Bode.
- Q8.** 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 2 à gauche.

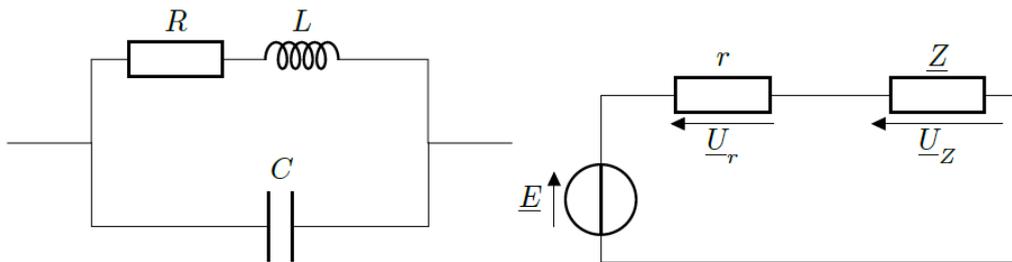


FIGURE 2 - Modélisation électrique des micros

On réalise le montage de la figure 2 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 $r = 10\text{k}\Omega$.

- Q9.** Exprimer \underline{Z} , l'impédance du micro orienté en convention récepteur, en fonction de R , L , C et ω .
- Q10.** Montrer que $\underline{Z} = r \frac{U_Z}{U_r}$.
- Q11.** Le graphe de la figure 3 (page suivante) représente $\frac{|U_Z|}{|U_r|}$ en fonction de la pulsation ω pour les deux micros étudiés : trait plein pour le 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.
- Q12.** 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 $L \simeq \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(r \frac{|U_Z|}{|U_r|}\right)^2 - R^2}$. En déduire la valeur de L pour chaque micro.
- Q13.** \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.

Q14. Justifier, à partir des mesures expérimentales, l'affirmation suivante : « Le micro Fender sonne plus aigu que le micro Dynasonic ». Cette question demande une certaine prise d'initiative de la part des candidats. Toute tentative de résolution cohérente, même non aboutie, sera valorisée dans la notation.

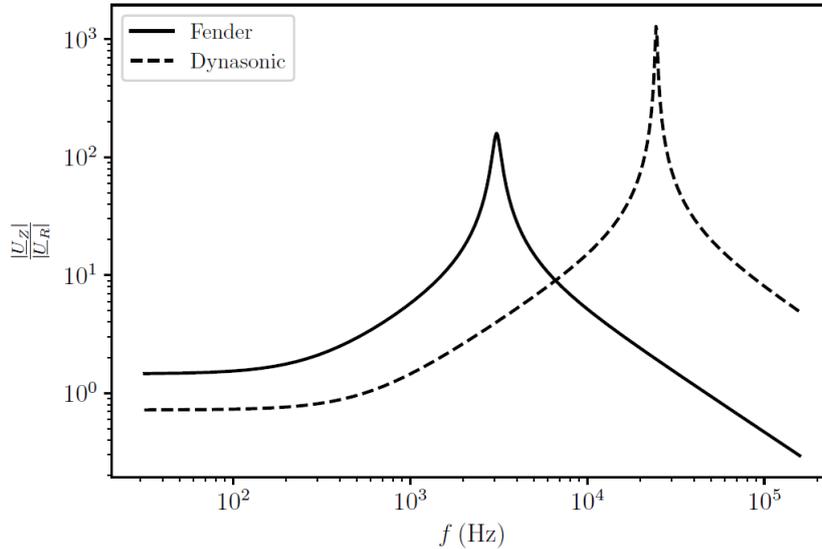


FIGURE 3 – Gain linéaire des deux micros étudiés

II Analyse d'un circuit du second ordre

Dans le montage électrique ci-dessous, le générateur de tension délivre un échelon de tension :

$$\begin{cases} u_e(t) = 0 & \text{pour } t < 0 \\ u_e(t) = E & \text{pour } t \geq 0. \end{cases}$$

À $t = 0$, le condensateur est déchargé et aucun courant ne traverse la bobine.

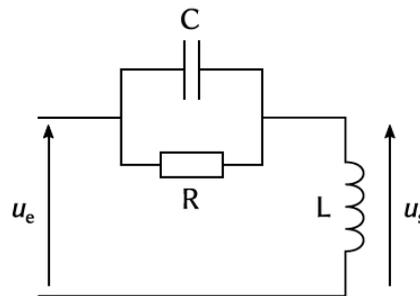


FIGURE 4

Q1. Juste après la fermeture de l'interrupteur, la tension u_s a pour expression :

- A) $u_s = 0$.
- B) $u_s = E$
- C) $u_s = -E$.
- D) $u_s = 2E$
- E) Aucune réponse n'est correcte.

III Electrocinétique des régimes transitoires

On associe, en dérivation, N condensateurs identiques de capacités C . Le dipôle obtenu est alors monté en série avec un résistor de résistance R , un générateur de tension continue de force électromotrice (tension) E , et un interrupteur K que l'on ferme à un instant pris comme origine temporelle ($t = 0$). On note i l'intensité du courant électrique débité par le générateur et i_k, k allant de 1 à N , l'intensité du courant électrique dans le k ième condensateur (cf. figure 5). On désigne u_C la tension aux bornes des condensateurs. Avant la fermeture de K ($t < 0$) : $u_C(t) = U_0$, où U_0 est la tension de charge des condensateurs.

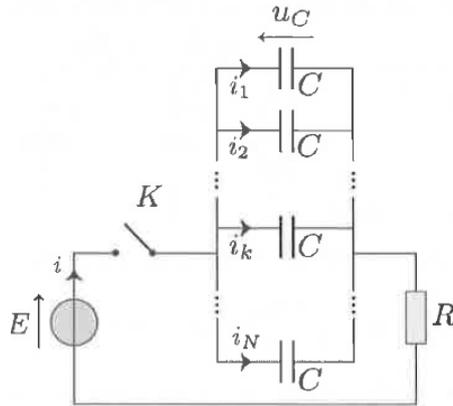


FIGURE 5

Q1. Que vaut l'énergie totale \mathcal{E}_0 emmagasinée par les condensateurs, avant la fermeture de K ?

A) $\mathcal{E}_e = \frac{N}{2}CU_0^2$

C) $\mathcal{E}_e = 0$

B) $\mathcal{E}_e = \frac{1}{2}CU_0^2$

D) $\mathcal{E}_e = \frac{CU_0^2}{2N}$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Q2. Que peut-on affirmer lorsque $t > 0$?

A) $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = \frac{RC}{N}$

C) $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = NRC$

B) $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = \frac{E}{\tau}$ avec $\tau = \frac{RC}{N^{1/2}}$

D) $\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C}{\tau} = 0$ avec $\tau = NRC$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Q3. Comment évolue $u_C(t)$ après fermeture de K ?

A) $u_C(t) = E - E \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

C) $u_C(t) = E + U_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

B) $u_C(t) = (U_0 - E) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

D) $u_C(t) = E + (U_0 - E) \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Q4. Que peut-on affirmer lorsque $t > 0$?

A) $\frac{di_k(t)}{dt} + \frac{i_k(t)}{\tau'} = 0$ avec $\tau' = NRC$

B) $\frac{di_k(t)}{dt} + \frac{i_k(t)}{\tau'} = 0$ avec $\tau' = RC$

C) $\frac{di_k(t)}{dt} + \frac{i_k(t)}{\tau'} = \frac{E}{R}$ avec $\tau' = RC$

D) $\frac{di_k(t)}{dt} + \frac{i_k(t)}{\tau'} = \frac{E}{R}$ avec $\tau' = \frac{RC}{N}$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Q5. Quel est le courant $i(0^+)$ débité par le générateur en $t = 0^+$?

A) $i(0^+) = \frac{E}{R}$

C) $i(0^+) = \frac{E - U_0}{R}$

B) $i(0^+) = \frac{U_0}{R}$

D) $i(0^+) = \frac{U_0 - E}{R}$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Q6. Comment évolue $i_k(t)$ après fermeture de K ?

A) $i_k(t) = \frac{E}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

C) $i_k(t) = \frac{U_0}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

B) $i_k(t) = \frac{E - U_0}{NR} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

D) $i_k(t) = \frac{E - U_0}{R} \exp\left(-\frac{t}{\tau'}\right)$

E) Aucune réponse n'est correcte.

Document-réponse

Exercice II - Analyse d'un circuit du second ordre

- Q1. A) B) C) D) E)
- Q2. A) B) C) D) E)
- Q3. A) B) C) D) E)
- Q4. A) B) C) D) E)
- Q5. A) B) C) D) E)
- Q6. A) B) C) D) E)
- Q7. A) B) C) D) E)
- Q8. A) B) C) D) E)

Exercice III - Electrocinétique des régimes transitoires

- Q1. A) B) C) D) E)
- Q2. A) B) C) D) E)
- Q3. A) B) C) D) E)
- Q4. A) B) C) D) E)
- Q5. A) B) C) D) E)
- Q6. A) B) C) D) E)