

PROBLÈME I

Microphone de guitare

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. Apparus au début du XXe siècle, les micros de guitares électriques ont la particularité de restituer la vibration des cordes sans entendre le son que ces dernières produisent.

Un micro de guitare (figure 1) est constitué d'un ou de plusieurs aimants permanents entourés d'une bobine. Les aimants produisent un champ magnétique. Les cordes sont faites d'un matériau ferromagnétique. En vibrant, celles-ci modifient le champ magnétique créé par les aimants, ce qui induit un courant dans la bobine. Aucune connaissance n'est exigée concernant ce phénomène, mommé induction magnétique, qui sera étudié en fin d'année.

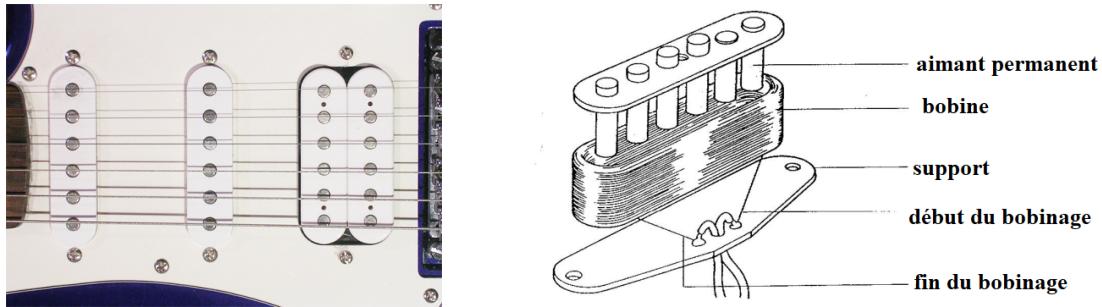


FIGURE 1

D'un point de vue électrique, le micro se modélise de la façon représentée à la figure 2. $e(t)$ 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 .

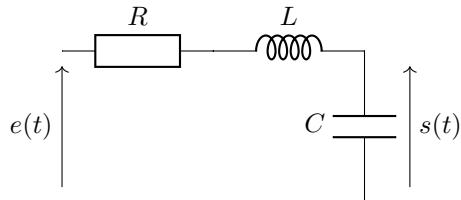


FIGURE 2

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

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

I.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 .

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

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

I.6) Expliquer comment tracer expérimentalement un diagramme de Bode.

I.7) Un potentiomètre de résistance R_p est traditionnellement ajouté en parallèle de la capacité C . Donner l'expression littérale du nouveau gain statique H'_0 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 d'un micro **Fender Lace Sensor**. En l'absence de vibration de la corde, le micro est modélisé par le dipôle, d'impédance \underline{Z} , représenté à la figure 3 gauche.

I.8) Exprimer \underline{Z} , l'impédance du micro orienté en convention récepteur, en fonction de R , L , C et $\omega = 2\pi f$.

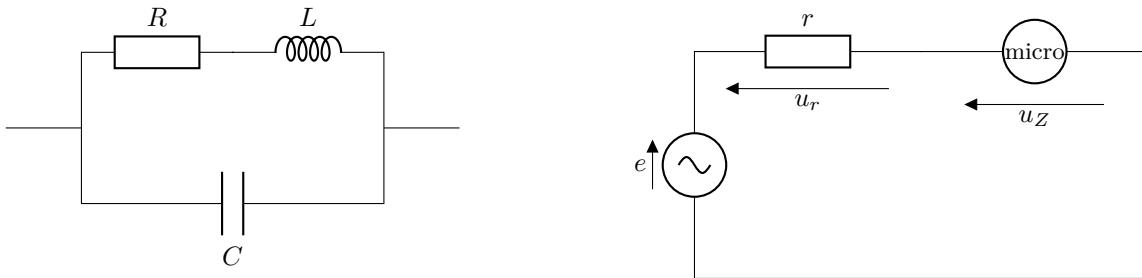


FIGURE 3

On réalise le montage de la figure 3 à droite, dans lequel la tension e délivrée par le GBF est sinusoïdale de fréquence f et la résistance $r = 10 \text{ k}\Omega$.

On affiche les tensions u_r (en bleu) et u_Z (en rouge) sur un oscilloscope. La base de temps est de $100 \mu\text{s}$ par division et l'échelle des tensions est de 1 V par division. L'oscillogramme est représenté en figure 4.

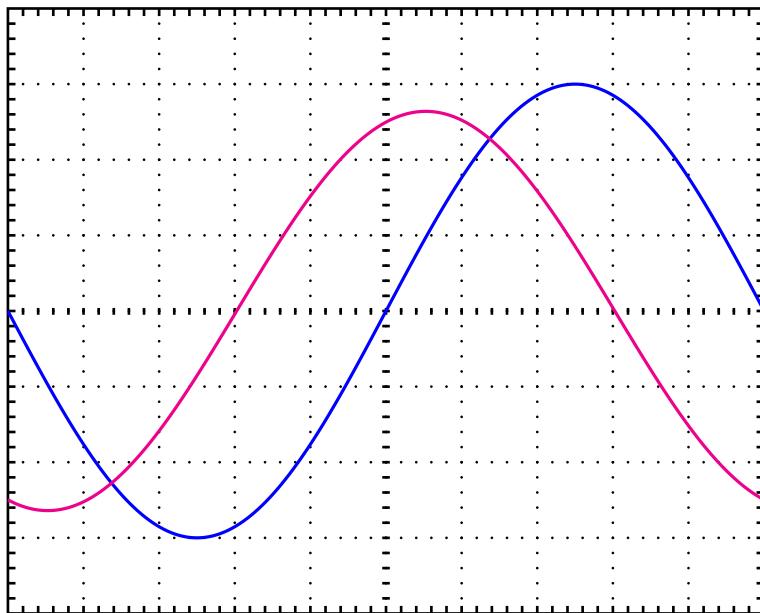


FIGURE 4

I.9) Quels branchements et quels réglages faut-il effectuer pour observer ces tensions sur l'oscilloscope ?

I.10) Exprimer \underline{Z} en fonction de r , et des amplitudes complexes \underline{U}_r et \underline{U}_Z de u_r et u_Z respectivement.

I.11) Déterminer la fréquence du GBF, le module et l'argument de l'impédance complexe dans la situation observée en figure 4.

On réalise des mesures similaires pour de multiples fréquences. Le graphe de la figure 5 page suivante représente $|\underline{Z}|$ en fonction de la fréquence f pour le micro étudié.

I.12) Exploiter la limite aux basses fréquences pour déterminer la valeur de R .

I.13) L'aspect très piqué de la courbe permet d'affirmer que le facteur de qualité $Q \gg 1$. Dans ce cas, à proximité du pic \underline{Z} peut s'écrire sous la forme :

$$\underline{Z} \approx R \frac{j \frac{Q\omega}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + j \frac{\omega}{Q\omega_0}}.$$

Exploiter alors la courbe pour déterminer les valeurs de L et C .

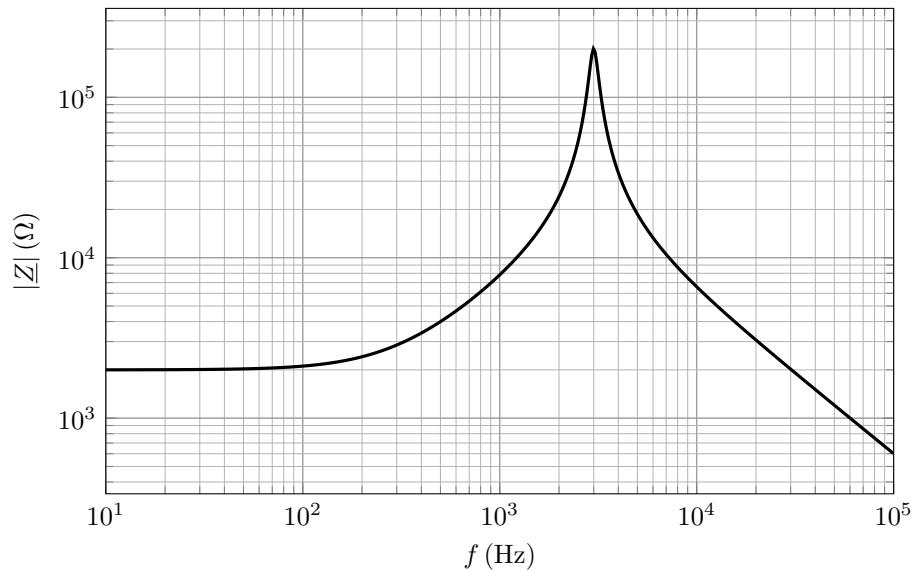


FIGURE 5

PROBLÈME II

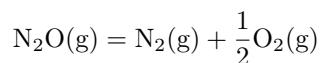
Décomposition du protoxyde d'azote

Le protoxyde d'azote de formule brute N₂O est aussi connu sous le nom de gaz hilarant. C'est un gaz aux nombreux usages : il est utilisé dans les cartouches pour siphon à chantilly, dans certains aérosols, dans les kits « nitro » qui augmentent la puissance des moteurs à combustion interne, ou encore en chirurgie comme agent antalgique et anesthésique. Mais détourné de ces usages courants, il est parfois inhalé comme produit euphorisant, ce qui lui vaut une surveillance accrue par l'observatoire français des drogues et des toxicomanies. Cette pratique dangereuse et addictive, touchant souvent un public jeune et insouciant, est à proscrire absolument.

II.1) Donner la structure de Lewis des trois formes mésomères de la molécule N₂O (l'atome central est un atome d'azote et les charges formelles sont limitées à $\pm e$). Indiquer celle qui met en défaut la règle de l'octet.

II.2) Justifier par un argument simple si les deux autres formes sont équiprobables. Expliquer si on peut conclure à l'existence d'un moment dipolaire pour la molécule N₂O.

Soit la réaction de décomposition de N₂O suivante, supposée totale dans le domaine de température T considéré :



À l'instant initial $t = 0$, on introduit dans un réacteur thermostaté à la température T , de volume constant V , préalablement vidé, une quantité n_1 de protoxyde d'azote à la pression initiale P_1 . Soit $n(t)$ la quantité de matière en protoxyde d'azote à une date ultérieure t quelconque. On suit l'évolution de la réaction en mesurant la pression totale $P(t)$ en fonction du temps. Les résultats obtenus à 873 K sont reportés dans le tableau ci-dessous.

t (s)	0	25	45	90
$P(t)/P_1$	1,000	1,120	1,196	1,314

II.3) Établir la relation : $P(t) = \frac{3}{2}P_1 - \frac{n(t)RT}{2V}$.

II.4) En déduire l'expression de la vitesse volumique de la réaction $v = -\frac{1}{V} \frac{dn}{dt}$ en fonction de R , T et $\frac{dP}{dt}$.

La réaction est d'ordre 1 par rapport à N₂O avec k la constante de vitesse à la température T .

II.5) Établir l'équation différentielle vérifiée par $P(t)$.

II.6) Donner l'expression de $P(t)$ et l'allure du graphe correspondant.

II.7) La figure 6 page suivante est la représentation graphique de $\ln\left(3 - 2\frac{P}{P_1}\right)$ en fonction du temps, tracée à l'aide des données du tableau ci-dessus. En tirer la valeur de k .

II.8) Définir le temps de demi-réaction $t_{1/2}$. On rappelle qu'il vaut $t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{k}$ pour cette réaction d'ordre 1. Calculer $t_{1/2}$ pour la réaction de décomposition de N₂O à 873 K.

II.9) Rappeler la loi d'Arrhenius. L'énergie d'activation de la réaction est $E_a = 280 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$. Calculer le temps de demi-réaction à la température $T_2 = 1200 \text{ K}$.

II.10) Dans un moteur automobile à combustion interne, la durée de l'étape de compression est typiquement de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes et la température atteinte en fin de compression est de l'ordre de 1200 K. Conclure quant à l'utilisation du protoxyde d'azote dans les kits « nitro » pour moteur automobile.

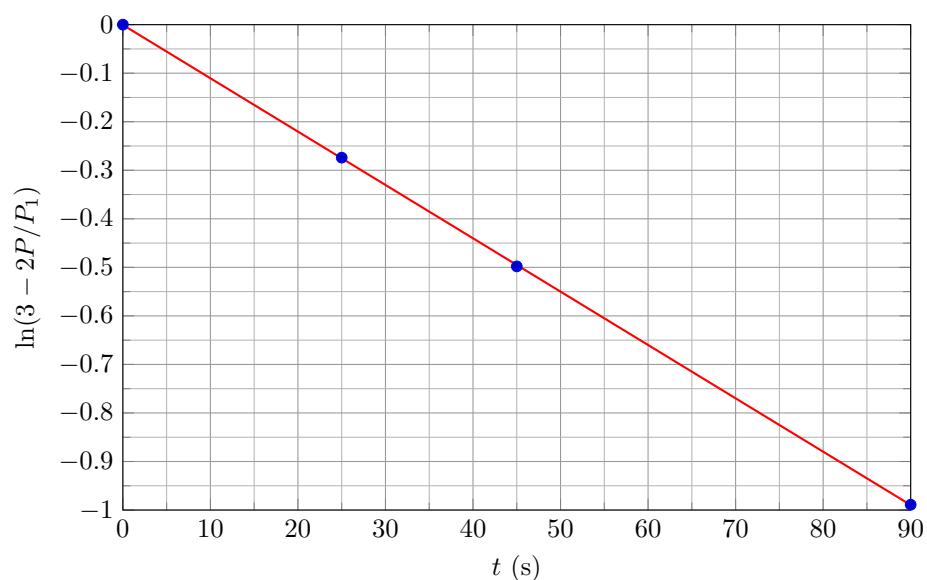


FIGURE 6