

Devoir de Contrôle n°2
Epreuve de Physique

- L'usage des calculatrices est autorisé.

- Les résultats littéraux devront être encadrés.

- Toute application numérique ne comportant pas d'unité sera considérée comme fautive.

N. B. : Le candidat attachera la plus grande importance à la clarté, à la précision et à la concision de la rédaction.



QCM :

Q1 - Une onde stationnaire :

- a. est nécessairement périodique.
- b. présente au moins un ventre de vibration.
- c. présente au moins deux ventres de vibration.

- a. 300 km /h.
- b. 340 m/s
- c. 3108 km/s.

Q2 - Une onde sonore est une onde :

- a. dont la fréquence est située dans le domaine audible.
- b. mécanique.
- c. dont la fréquence est inférieure à 20 kHz.

Q5- Par rapport au son, la lumière se propage :

- a. 10^2 fois plus vite.
- b. 10^3 fois plus vite.
- c. 10^6 fois plus vite

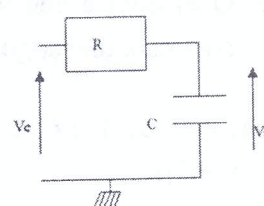
Q3- Une onde, fonction des variables (x, t), est exprimée par la perturbation :

$$y(t) = 2 \cos(\omega t - kx)$$

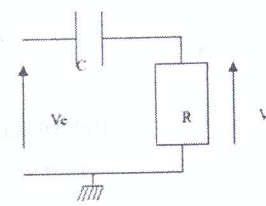
- a. Cette onde est apériodique.
- b. Cette onde est progressive.
- c. Cette onde se propage vers les x décroissants.

Q4- L'ordre de grandeur de la célérité du son dans l'air à température ambiante est approximativement:

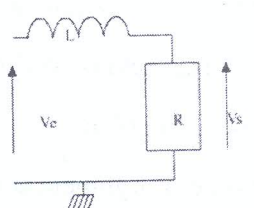
Q6- Parmi ces filtres, noter ceux qui sont des filtres passifs passe-bas.



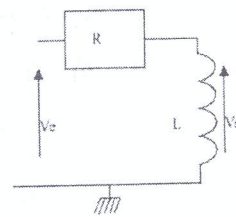
- a



- b



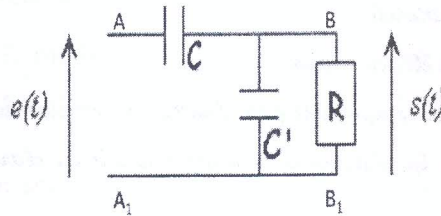
- c



- d

Problème 1:

On considère un circuit électrique constitué d'un condensateur C en série avec une branche contenant une résistance R en parallèle avec un second condensateur C' . A l'instant initial, les condensateurs C et C' sont déchargés. On applique aux bornes d'entrée de ce circuit une tension variable $e(t)$. On appelle $s(t)$ la tension de sortie.



- 1) Etablir l'équation différentielle reliant la tension de sortie $s(t)$, sa dérivée par rapport au temps ds/dt et la dérivée par rapport au temps de la tension d'entrée de/dt .
- 2) La tension d'entrée $e(t)$ est une impulsion de durée T telle que :

$$e(t) = 0 \text{ pour } t \leq 0 \text{ et } t > T.$$

$$e(t) = k t \text{ pour } 0 < t \leq T \text{ où } k \text{ est une constante positive.}$$

- a. Tracer $e(t)$ en fonction du temps t .
- b. Exprimer $s(t)$ pour tout temps en supposant que $T \gg \tau = R(C+C')$.
- c. Déterminer la valeur de $s(t)$ en régime permanent.
- d. Tracer l'allure $s(t)$.
- e. Quel effet d'une diminution de la résistance R a-t-elle sur la tension $s(t)$? De même, comment une augmentation de la capacité C' influence-t-elle la tension $s(t)$?

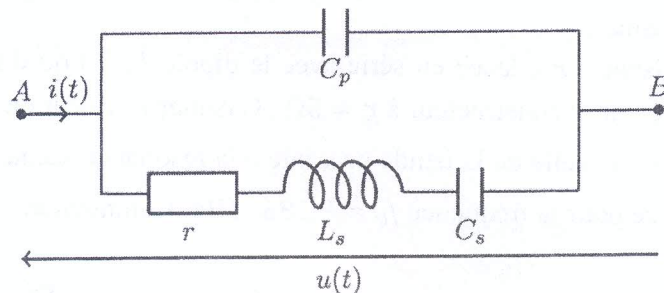
Par la suite, on suppose que $C=C'$ et que la tension $e(t)$ est **sinusoïdale**. $s(t)$ est la tension de sortie du quadripôle (AA₁BB₁).

- 3) Sans calcul, déterminer le type de filtre passif présenté.
- 4) Déterminer la fonction de transfert $H(j\omega)$ relative à ce filtre. Vérifier sa nature.
- 5) Trouver l'expression du gain $G(\omega)=|H(j\omega)|$ et exprimer son expression en décibels :

$$G_{dB}(\omega) = 20 \log G(\omega).$$
- 6) Déterminer l'argument $\varphi(\omega)$ de ce filtre.
- 7) Présenter qualitativement les allures du module et de la phase du gain en fonction de la pulsation.

Problème 2:

L'oscillateur de Pierce est un circuit électronique qui génère un signal sinusoïdal stable en utilisant un cristal de quartz pour contrôler la fréquence, figure ci-dessous. Il est couramment utilisé dans les horloges électroniques et les circuits de communication en raison de sa grande précision et stabilité. On s'intéresse à l'étude de la stabilité de l'oscillateur de Pierce exploité dans le capteur électronique monté dans un dispositif contrôlé en température pour détecter des impuretés dans le dioxygène produit. Le dipôle AB est formé par deux condensateurs de capacités $C_s < C_p$, d'une bobine L_s et de la résistance r . Ce circuit est alimenté



par une tension sinusoïdale de pulsation ω . On néglige la résistance r sauf indication contraire.

- 1) Montrer que l'impédance complexe équivalente au dipôle AB s'écrit sous la forme :

$$\underline{Z}(j\omega) = \frac{1}{jC_e\omega} \frac{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2}{1 - \left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}$$

En déduire par identification l'expression de la capacité équivalente C_e ainsi que celles des pulsations ω_1 et ω_2 .

- 2) Le système possède deux fréquences de résonance définies par $f_1 = \frac{\omega_1}{2\pi}$ (fréquence de résonance série) et $f_2 = \frac{\omega_2}{2\pi}$ (fréquence de résonance parallèle). Montrer que $f_1 < f_2$.
- 3) Calculer numériquement f_1 et f_2 .
On donne $C_p = 30 \cdot 10^{-15}$ F, $C_s = 8 \cdot 10^{-15}$ F et $L_s = 1 \cdot 10^{-2}$ H.
- 4) On s'intéresse à l'étude de l'impédance du cristal de quartz.
 - a. Exprimer le module $|\underline{Z}|$ et l'argument ϕ de l'impédance $\underline{Z}(j\omega)$ du quartz.
 - b. Tracer l'allure du module de $|\underline{Z}|$ en fonction de ω .
 - c. En déduire la nature de $\underline{Z}$ à relative à chaque intervalle de pulsation délimités par les pulsations ω_1 et ω_2 .
 - d. Dans quel domaine de pulsation faut-il travailler pour que le quartz ait un comportement inductif ?
 - e. Décrire le comportement électrique du dipôle AB lorsque $\omega = \omega_1$ puis lorsque $\omega = \omega_2$.

On souhaite étudier expérimentalement la résonance du courant $i(t)$ de l'oscillateur de Pierce. On dispose d'un générateur basse fréquence (GBF) délivrant la tension $e(t)$, du dipôle AB et d'une résistance R . On dispose également d'un oscilloscope.

- 5) Représenter le schéma du circuit électrique série constitué de la tension $e(t)$, du dipôle AB et de la résistance R . Indiquer les branchements nécessaires (et la masse) de l'oscilloscope pour visualiser la tension $e(t)$ aux bornes du GBF et l'intensité du courant électrique du circuit $i(t)$.
- 6) Exprimer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega)$ définie par $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{u}_R}{\underline{e}}$ où $\underline{u}_R$ la tension aux bornes de la résistance R . Exprimer le module $|\underline{H}|$ de $\underline{H}(j\omega)$ puis tracer son allure en fonction de ω .
- 7) Proposer une méthode expérimentale qui permet de s'assurer que l'oscillateur est en résonance d'intensité.
- 8) La résistance r (placée en série avec le dipôle $L_s C_s$) du dipôle n'est plus négligeable. Elle est estimée par le constructeur à $r = 5\Omega$. Calculer la valeur du facteur de qualité qui s'exprime par $Q = \frac{\omega_0 L_s}{r}$ et celle de la bande passante à la résonance sachant que la résonance de l'intensité est observée pour la fréquence $f_0 = 9,183 \text{ MHz}$. Commenter.

