

CLASSE : Terminale

VOIE : ☒ Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h53

EXERCICE 2 : 5 points

ENSEIGNEMENT : physique-chimie

CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collègue »

EXERCICE 2

Microphone Electrostatique

Q1.

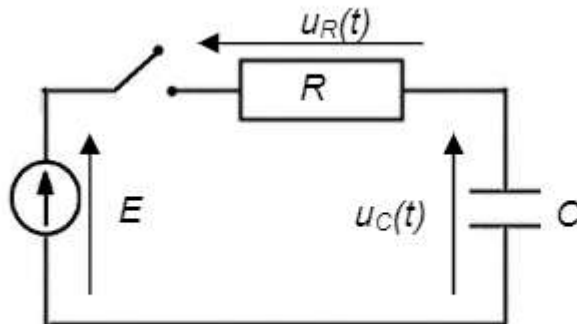


Figure 2. Circuit RC modélisant le fonctionnement du microphone.

D'après la loi d'additivité des tensions ou loi des mailles :

$$U_C(t) + U_R(t) = E$$

$$U_C(t) + U_R(t) = E$$

$$\text{or } U_R(t) = R \times i$$

$$U_C(t) + R \times i = E$$

Or

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt}$$

$$U_C(t) + R \times \frac{dq(t)}{dt} = E$$

Or

$$q(t) = C \times U_C(t)$$

D'où

$$U_C(t) + R \times \frac{dC \times U_C(t)}{dt} = E$$

$$U_C(t) + RC \frac{dU_C(t)}{dt} = E$$

On divise par RC

$$\frac{U_C(t)}{RC} + \frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{E}{RC}$$

$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{RC} = \frac{E}{RC}$$

Q2.

Vérifions que la solution de cette équation différentielle est de la forme :

$$U_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

-Dérivons $U_C(t)$:

$$\frac{dU_C(t)}{dt} = \frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}}$$

-Remplaçons $U_C(t)$ et $\frac{dU_C(t)}{dt}$ dans l'équation :

$$\frac{dU_C(t)}{dt} + \frac{U_C(t)}{RC} = \frac{E}{RC}$$

$$\frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)}{RC} = \frac{E}{RC}$$

$$\frac{E}{\tau} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{RC} - \frac{E e^{-\frac{t}{\tau}}}{RC} = \frac{E}{RC}$$

$$E e^{-\frac{t}{\tau}} \left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC} \right) = 0$$

Un produit de facteur est nul si un des ses facteurs est nul :

$$\frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC} = 0$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{1}{RC}$$

$$\tau = RC$$

L'unité de τ est la seconde.

La solution de la forme $U_C(t) = E \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$ vérifie l'équation différentielle avec $\tau = RC$.

Q3.

τ peut être déterminée graphiquement par deux méthodes :

- ✓ $U_C(\tau) = E(1 - e^{-\tau/\tau}) = E(1 - e^{-1}) = 0,63E$
- ✓ On trace la tangente à la courbe à $t=0$ et on regarde l'abscisse du point d'intersection entre cette tangente et l'asymptote $U_C = E$ pour la charge.

Déterminons τ :

$$U_C(\tau) = 0,63E$$

$$U_C(\tau) = 0,63 \times 200$$

$$U_C(\tau) = 126 \text{ V}$$

$$\tau = 1,5 \mu\text{s}$$

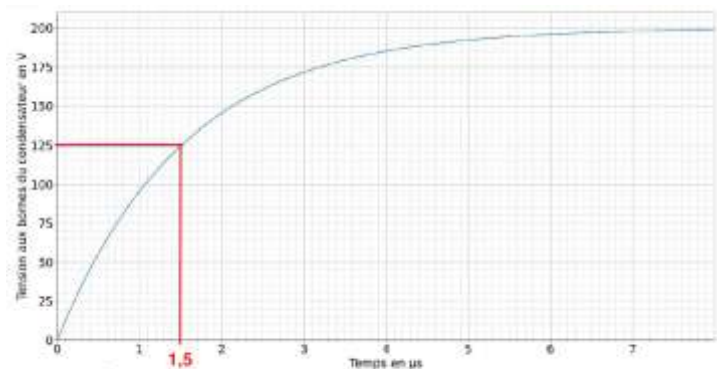


Figure 3. Évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur lors de la charge en fonction du temps.

Q4.

$$\tau = RC$$

$$C = \frac{\tau}{R}$$

$$C = \frac{1,5 \times 10^{-6}}{1,0 \times 10^5}$$

$$C = 1,5 \times 10^{-11} \text{F}$$

Q5.

$$C = \epsilon_{\text{air}} \times \frac{S}{e}$$

$$C_0 = 8,9 \times 10^{-12} \times \frac{3,60 \times 10^{-5}}{20,77 \times 10^{-6}}$$

$$C_0 = 1,54 \times 10^{-11} \text{F}$$

Q6.

ϵ_{air} est indépendant de l'onde, la surface S des armatures du condensateur ne varie pas au passage de l'onde.

Lorsque l'onde sonore exerce une pression sur la membrane, la distance e entre les armatures du condensateur varie.

Lors d'une surpression, la distance e entre les armatures du condensateur diminue et la capacité C augmente car ils sont inversement proportionnels.

Q7.

$$T = \frac{1}{f}$$

$$T = \frac{1}{440}$$

$$T = 2,27 \times 10^{-3} \text{s}$$

Comparons la période T au temps de réponse du capteur :

$$\frac{T}{\text{temps de réponse du capteur}} = \frac{2,27 \times 10^{-3}}{1 \times 10^{-6}} = 2 \times 10^3$$

La période T est environs 2000 fois plus grande que le temps de réponse du capteur : nous avons donc la possibilité d'acquérir fidèlement le son.

Q8.

$$L = 10 \times \log\left(\frac{I}{I_0}\right)$$

$$L = 10 \times \log\left(\frac{4,7 \times 10^{-6}}{1,0 \times 10^{-12}}\right)$$

$$L = 67 \text{ dB}$$

Le niveau d'intensité sonore est compris entre 32 dB et 160 dB : il peut être mesuré par le microphone.