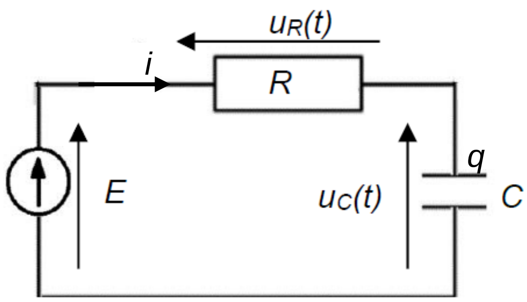
Bac 2023 Polynésie (Jour 2) Spécialité physique chimie Correction © https://labolycee.org
Exercice 2 – MICROPHONE ÉLECTROSTATIQUE (5 points)

Polarisation du capteur capacitif d'un microphone électrostatique



Q1. Loi des mailles : $E = u_R(t) + u_C(t)$ (1)
Loi d'Ohm : $u_R(t) = R \times i(t)$ (2)
Relation charge – tension : $q(t) = C \times u_C(t)$
Relation intensité – tension : $i = \dfrac{dq}{dt}$
soit $i = \dfrac{d(C \times u_C)}{dt} = C\dfrac{du_C}{dt}$ (3) car C est une constante

On reporte (3) dans (2) :
$u_R(t) = R \times i(t) = RC\dfrac{du_C}{dt}$
puis (2) dans (1) :
$E = RC\dfrac{du_C}{dt} + u_C(t)$
En divisant chaque membre par RC : $\boxed{\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C(t)}{RC} = \dfrac{E}{RC}}$.

Q2. La solution proposée $u_C(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ doit vérifier l'équation différentielle précédente.

$$\frac{du_C}{dt} = \frac{d\left(E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)\right)}{dt} = \frac{d\left(E - Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} = \frac{d\left(-Ee^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{dt} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{du_C}{dt} + \frac{u_C(t)}{RC} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)}{RC} = \frac{E}{\tau}e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{E}{RC} - \frac{E}{RC}e^{-\frac{t}{\tau}} = \frac{E}{RC} + Ee^{-\frac{t}{\tau}}\left(\frac{1}{\tau} - \frac{1}{RC}\right).$$

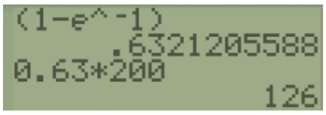
Le terme $\dfrac{E}{RC} + Ee^{-\frac{t}{\tau}}\left(\dfrac{1}{\tau} - \dfrac{1}{RC}\right)$ est égal à $\dfrac{E}{RC}$ si $e^{-\frac{t}{\tau}}\left(\dfrac{1}{\tau} - \dfrac{1}{RC}\right) = 0$ soit si **$\tau = RC$**.

La solution proposée $u_C(t) = E \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ vérifie l'équation différentielle si **$\tau = RC$**.

Le terme $\dfrac{du_C}{dt}$ de l'équation différentielle s'exprime en **$V \cdot s^{-1}$**.

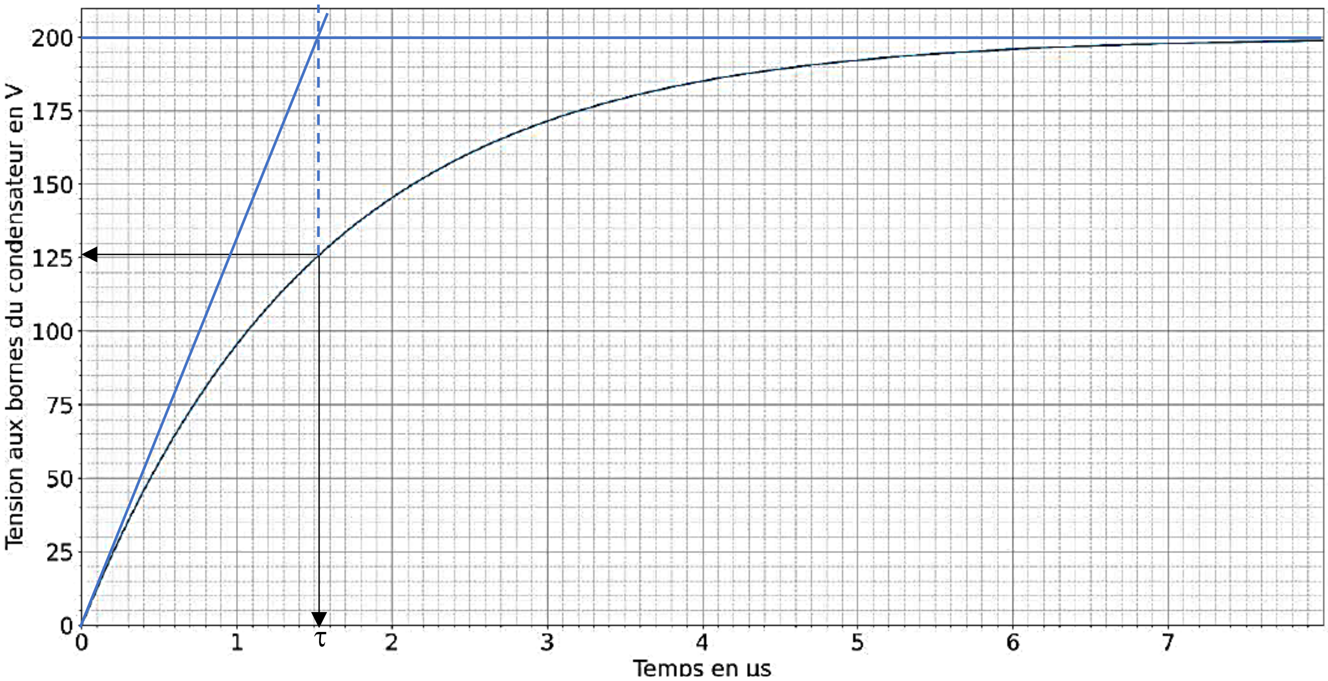
Les deux autres termes $\dfrac{u_C(t)}{RC}$ et $\dfrac{E}{RC}$ de l'équation différentielle s'expriment aussi en **$V \cdot s^{-1}$**
car ils doivent avoir la même unité que $\dfrac{du_C}{dt}$.
Comme E et $u_C(t)$ s'expriment en V alors RC s'exprime en s.
Ainsi **$\tau = RC$** s'exprime en **s.**

Q3. Pour $t = \tau$, $u_C(\tau) = E \times \left(1 - e^{-\frac{\tau}{\tau}}\right) = E \times \left(1 - e^{-1}\right) =$ 0,63 × E



Le condensateur est alors chargé à 63 % de sa tension maximale.
Graphiquement E = 200 V, $u_C(\tau) = 0{,}63$ × 200 V = **126 V**.

On trace la droite horizontale d'ordonnée 126 V : elle coupe la courbe en un point dont l'abscisse est égale à τ.



Graphiquement **τ ≈ 1,5 µs**.
Remarque : on peut aussi utiliser la méthode de la tangente à l'origine (moins précise).

Q4. τ = RC donc $C = \dfrac{\tau}{R}$ soit $C = \dfrac{1{,}5 \times 10^{-6}}{1{,}0 \times 10^{5}}$ F = **1,5×10⁻¹¹ F** = 15×10⁻¹² F = 15 pF

Fonctionnement du capteur capacitif du microphone électrostatique

Q5. $C_0 = \varepsilon_{air} \times \dfrac{S}{e}$ soit $C_0 = 8{,}9 \times 10^{-12}\ \mathrm{F \cdot m^{-1}} \times \dfrac{3{,}60 \times 10^{-5}\ \mathrm{m^2}}{20{,}77 \times 10^{-6}\ \mathrm{m}}$ = **1,5×10⁻¹¹ F**.

On retrouve la valeur de la capacité calculée à la question **Q4.**

Q6. L'onde sonore arrivant sur la membrane mobile du microphone va modifier la distance e entre les armatures du condensateur. La **distance *e*** va **diminuer** lors d'une **surpression** sur la membrane, les autres paramètres $\boldsymbol{\varepsilon_{air}}$ et **S** restant **constants**.

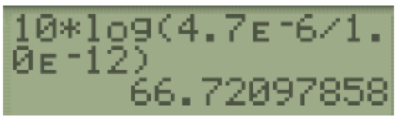
La capacité $C = \varepsilon_{air} \times \dfrac{S}{e}$ du condensateur va donc **augmenter**.

Q7. Pour une onde sonore de fréquence f = 440 Hz la période du son est :

$T = \dfrac{1}{f}$ soit $T = \dfrac{1}{440}$ s = **2,27×10⁻³ s**.

T = 2,27 ms = **2,27×10³ µs.**
La période T du signal sonore est largement supérieure au temps de réponse du capteur égal à 1 µs. L'acquisition du son par le microphone sera donc fidèle.

Q8. Niveau d'intensité sonore : $L = 10 \times \log\left(\dfrac{I}{I_0}\right)$



soit $L = 10 \times \log\left(\dfrac{4{,}7 \times 10^{-6}}{1{,}0 \times 10^{-12}}\right)$ dB = **67 dB.** Le niveau d'intensité sonore est bien compris dans le domaine d'utilisation du microphone 32 dB et 160 dB. Le niveau d'intensité sonore du son peut être mesuré par le microphone étudié.