

CLASSE : Terminale

VOIE : Générale

DURÉE DE L'EXERCICE : 1h56

EXERCICE 1 : 11 points

ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ : PHYSIQUE-CHIMIE

CALCULATRICE AUTORISÉE : Oui « type collègue »

EXERCICE 1

L'expérience de Millikan revisitée par des chercheurs suédois

Établissement d'un champ électrique uniforme entre les plaques du condensateur plan.

Q1.

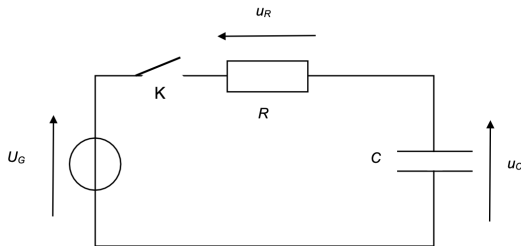


Figure 1. Schéma du montage utilisé pour la charge du condensateur plan

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

$$u_C + u_R = U_G$$

Q2.

$$u_C + u_R = U_G$$

$$u_C(t) + u_R(t) = U_G$$

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

$$u_C(t) + R \times i = U_G$$

Or

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

$$u_C(t) + R \times \frac{dq(t)}{dt} = U_G$$

Or

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

D'ou

$$u_C(t) + R \times \frac{d(C \times u_C(t))}{dt} = U_G$$

$$u_C(t) + R \times C \frac{du_C(t)}{dt} = U_G$$

On divise par RC

$$\frac{u_C(t)}{RC} + \frac{du_C(t)}{dt} = \frac{U_G}{RC}$$

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{u_C(t)}{RC} = \frac{U_G}{RC}$$

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u_C(t) = \frac{U_G}{RC}$$

Q3.

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

$$u_C(t) = U_G \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

-Dérivons $u_C(t)$:

$$\frac{du_C(t)}{dt} = U_G \times -1 \times -\frac{1}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

$$\frac{du_C(t)}{dt} = \frac{U_G}{\tau} \times e^{-\frac{t}{\tau}}$$

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

$$\frac{du_C(t)}{dt} + \frac{1}{RC} u_C(t) = \frac{U_G}{RC}$$

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

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

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

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

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

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

$$\tau = RC$$

Ainsi, $u_C(t) = U_G \times \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$ est solution de l'équation différentielle à condition que $\tau = RC$.

Q4.

τ peut être déterminée graphiquement par deux méthodes :

- ✓ $u_C(\tau) = U_G \times \left(1 - e^{-\tau/\tau}\right) = U_G \times \left(1 - e^{-1}\right) = 0,63 U_G$
- ✓ 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 $u_C = U_G$ pour la charge.

Déterminons τ :

$$u_C(\tau) = 0,63 U_G$$

$$u_C(\tau) = 0,63 \times 666$$

$$u_C(\tau) = 420 \text{ V}$$

$$\tau = 0,00009 \text{ s}$$

$$\tau = 9 \times 10^{-5} \text{ s}$$

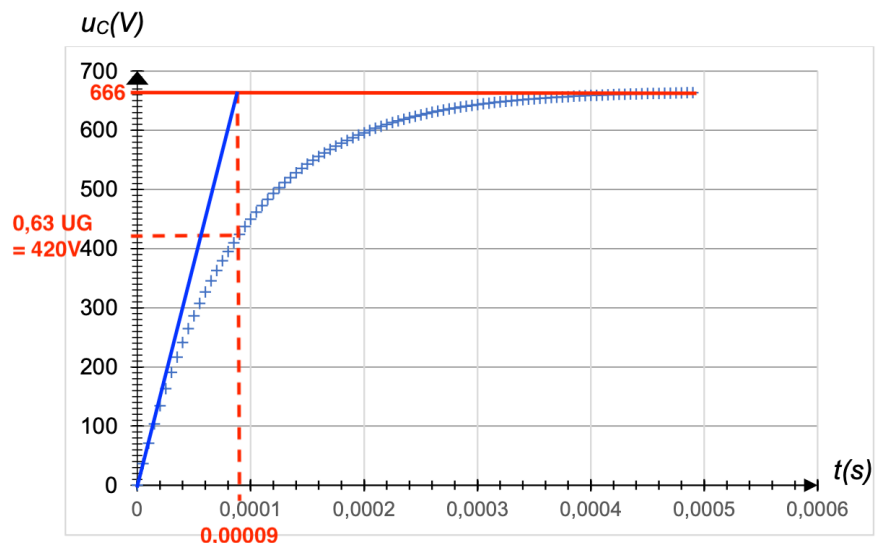


Figure 2. Évolution de la tension $u_C(t)$ aux bornes du condensateur au cours de la charge

Q5.

$$\tau = RC$$

$$RC = \tau$$

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

$$C = \frac{9 \times 10^{-5}}{10 \times 10^6}$$

$$C = 9 \times 10^{-12} \text{F}$$

Q6.

$$C = \frac{\epsilon \times S}{d}$$

$$C = \frac{8,85 \times 10^{-12} \times 10,0 \times 10^{-4}}{1,0 \times 10^{-3}}$$

$$C = 8,9 \times 10^{-12} \text{F}$$

L'expérience des chercheurs de l'université de Gothenburg.

Q7.

$$\lambda = 532 \text{ nm}$$

400 nm < λ < 800 nm : la source laser utilisée dans l'expérience suédoise émet une lumière appartenant au domaine du visible.

Q8.

Si la goutte est chargée négativement, elle se déplace vers la plaque positive car les charges de signes opposés s'attirent.

Q9.

Saut en (a)

$$h = 0,07 - 0,06$$

$$h = 0,01 \text{ mm}$$

Saut en (b)

$$h = 0,08 - 0,07$$

$$h = 0,01 \text{ mm}$$

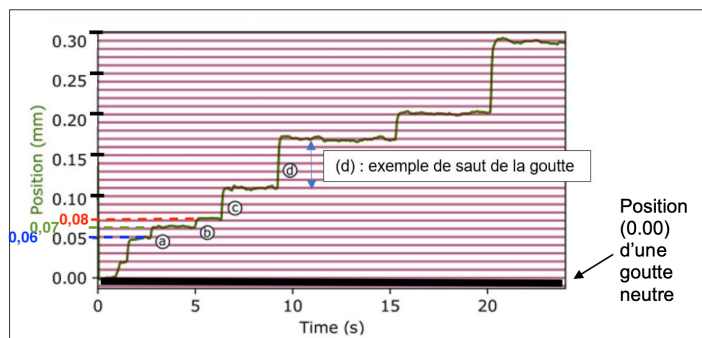


Figure 4. Graphique représentant l'évolution de la position d'une goutte au cours du temps lorsqu'elle est soumise à la source

Q10.

Au bout d'un temps t=12s, la goutte s'est déplacée de **0,17 mm**.

D'après le texte : « À chaque fois que la d'huile gagne un électron, elle se déplace hauteur h »

$$h \times N_{e^-} = 0,17 \text{ mm}$$

$$N_{e^-} = \frac{0,17}{h}$$

$$N_{e^-} = \frac{0,17}{0,01}$$

$$N_{e^-} = 17$$

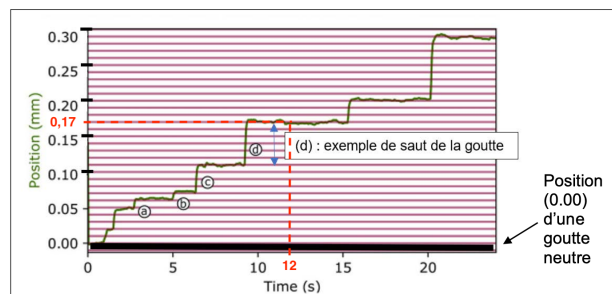


Figure 4. Graphique représentant l'évolution de la position d'une goutte au cours du temps lorsqu'elle est soumise à la source

La goutte acquiert 17 charges électriques élémentaires.

Q11.

La figure 4 montre que la goutte initialement neutre se déplace par sauts successifs : le déplacement est proportionnel au nombre d'électrons.

Ainsi, la charge totale de la goutte est donc $Q = -n \times e$ avec n entier naturel correspondant au nombre d'électrons.

Bilan de forces entre les plaques du condensateur utilisé dans l'expérience historique de Millikan.**Q12.**

Système {goutte d'huile}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{f} = m\vec{a}$$

Remarque : les plaques du condensateur initialement déchargé, c'est pourquoi il n'y a pas de force électrique.

Q13.

Différence 1 : Dans l'expérience historique réalisée par Millikan, au début de l'expérience, le condensateur est initialement déchargé contrairement à l'expérience proposée par l'équipe suédoise.

Différence 2 : Dans l'expérience historique réalisée par Millikan, au début de l'expérience, la goutte d'huile est initialement chargée contrairement à l'expérience proposée par l'équipe suédoise dans laquelle la goutte d'huile est initialement non chargée.

Remarque : une seule différence est demandée.

Q14.

Système {goutte d'huile}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après le sujet : « À la date $t = 0,6$ s, on considère que le vecteur vitesse \vec{v} de la goutte ne varie plus ».

D'après la première loi de Newton, lorsque le mouvement est rectiligne uniforme (lorsque le vecteur vitesse \vec{v} de la goutte ne varie pas) :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$$

$$\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$$

Q15.

$$\vec{F}_{\text{el}} = q \times \vec{E}$$

Or $q = k \times -e$ (voir Q11 : proportionnalité entre la charge totale Q de la goutte d'huile et la charge élémentaire e . Le signe est négatif car la goutte est chargée négativement)

Ainsi :

$$\vec{F}_{\text{el}} = -k \times e \times \vec{E}$$

\vec{F}_{el} à la même direction et un sens opposé à \vec{E} .

Remarque : on peut aussi dire que la goutte est chargée négativement, elle est donc attirée vers la plaque chargée positivement.

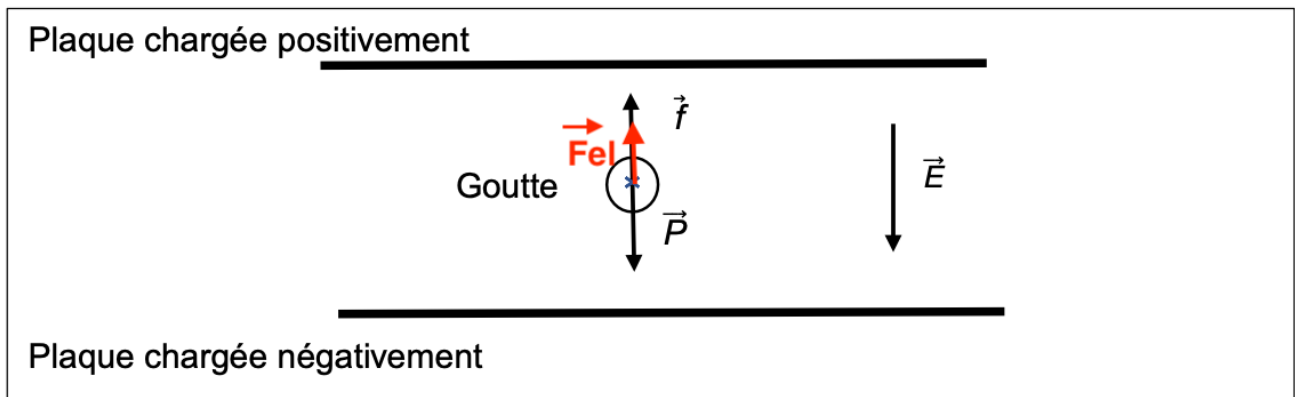


Figure 6. Schéma modélisant la situation

Q16.

Système {goutte d'huile}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

$$\Sigma \vec{F}_{\text{ext}} = m\vec{a}$$

$$\vec{P} + \vec{f} + \vec{F}_{\text{el}} = m\vec{a}$$

Or $\vec{P} + \vec{f} = \vec{0}$ (Q14 : régime stationnaire)

Donc

$$\vec{F}_{\text{el}} = m\vec{a}$$

$$-k \times e \times \vec{E} = m\vec{a}$$

Ainsi l'accélération n'est pas nulle et est dirigée vers le haut (opposé au sens de \vec{E}) : le mouvement sera rectiligne accéléré.