

**CLASSE :** Terminale

**VOIE :** ☒ Générale

**DURÉE DE L'EXERCICE :** 1h56

**EXERCICE 1 :** 11 points

**ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ :** PHYSIQUE-CHIMIE

**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒ Oui « type collège »

### EXERCICE 1

#### L'expérience de Millikan revisitée par des chercheurs suédois

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

**Q1.**

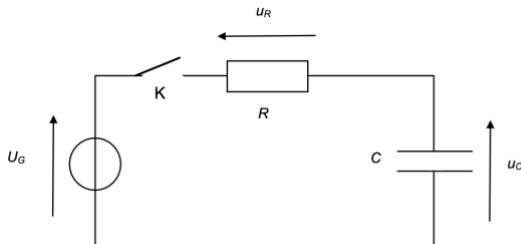


Figure 1. Schéma du montage utilisé pour la charge du condensateur plan

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

$$u_C + u_R = U_G$$

**Q2.**

$$u_C + u_R = U_G$$

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

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'où

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

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

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.**

$\tau$  peut être déterminée graphiquement par deux méthodes :

- ✓  $u_C(\tau) = U_G \times (1 - e^{-\tau/\tau}) = U_G \times (1 - e^{-1}) = 0,63 U_G$
- ✓ 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  $\tau$  :

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

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

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

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

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

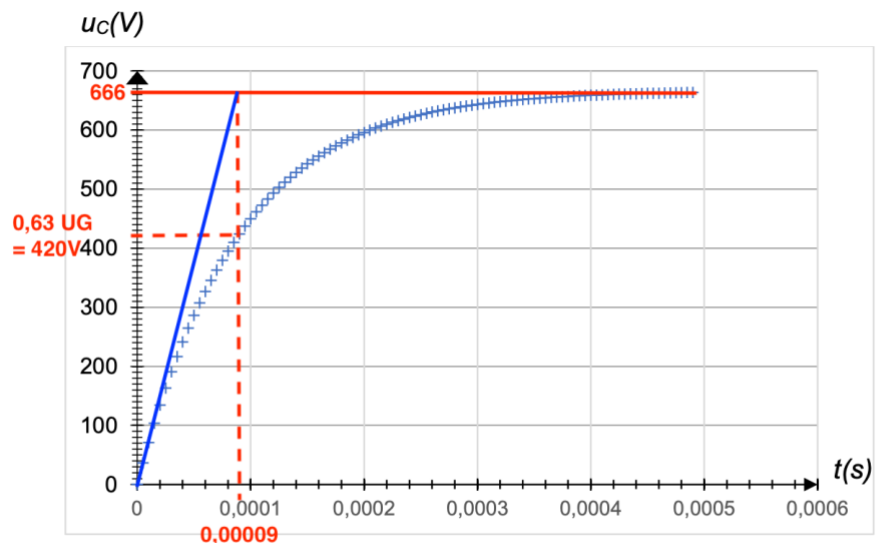


Figure 2. Évolution de la tension  $u_C(t)$  aux bornes du condensateur au cours de la charge

**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.**

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

$400 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$  : 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)

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

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

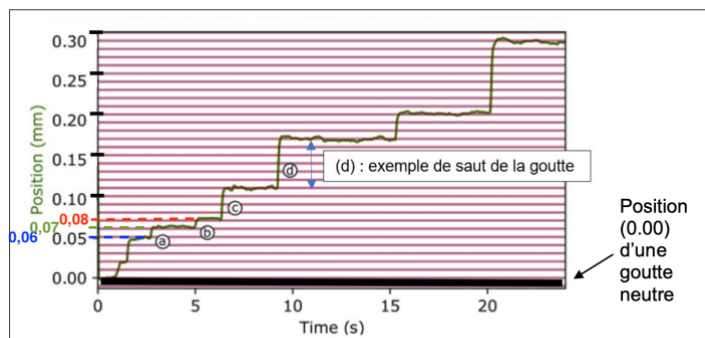


Figure 4. Graphique représentant l'évolution de la position d'une goutte au cours du temps lorsqu'elle est soumise à la source

**Q10.**

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

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

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

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

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

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

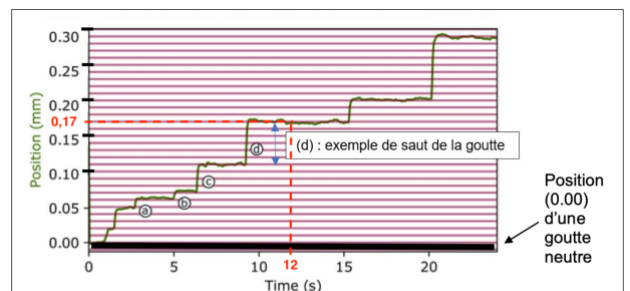


Figure 4. Graphique représentant l'évolution de la position d'une goutte au cours du temps lorsqu'elle est soumise à la source

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  $t = 0,6 \text{ s}$ , 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 vecteur vitesse  $\vec{v}$  de la goutte ne varie pas) :

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

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

#### **Q15.**

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

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 :

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

$\vec{F}_{el}$  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.

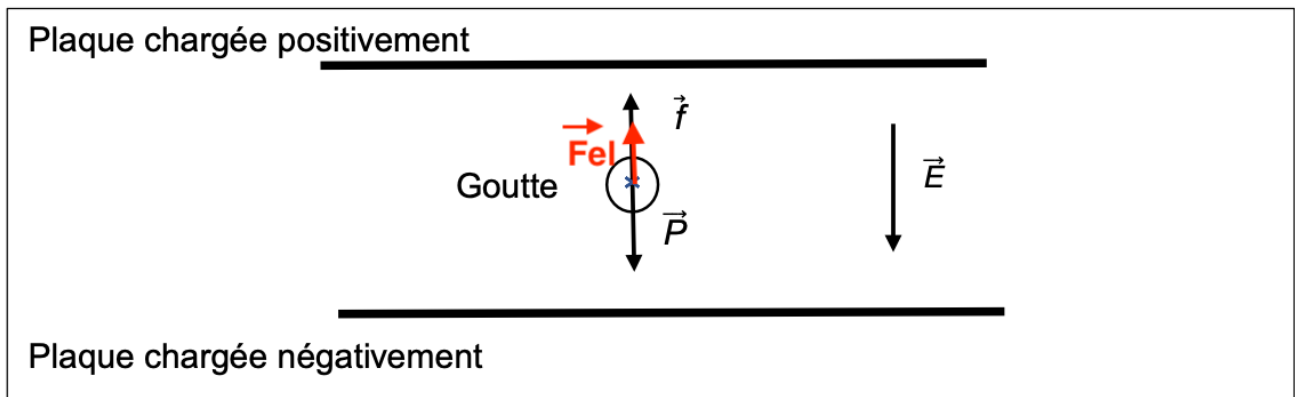


Figure 6. Schéma modélisant la situation

**Q16.**

Système {goutte d'huile}

Référentiel terrestre supposé galiléen

D'après la deuxième loi de Newton :

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

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

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

Donc

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

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

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