

Epreuve Finale PHY 2

(1H-30)

Exercice 1 : (6 points)

Trois charges ponctuelles q_A , q_B et q_C sont placées respectivement aux points A, B et C de coordonnées cartésiennes : A (0,0), B (-a,0) et C (0,a), (Voir figure 1).

On donne : $q_A = q = 10^{-8} \text{ C}$; $q_B = q_C = 2q$; $a = 3 \text{ cm}$;

$$K = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 (\text{SI}).$$

1) a) Calculer le potentiel V_D créé par les trois charges au point D de coordonnées (-a, a).

b) Déterminer l'expression du champ électrique \vec{E}_D créé au point D. Calculer le module du champ électrique et le représenter. Echelle : $1 \text{ cm} \rightarrow 10^4 \text{ V/m}$

2) Calculer l'énergie interne du système formé par ces trois charges.

3) On abandonne au point D une charge $Q = 4q$ sans vitesse initiale. Déterminer son énergie cinétique à l'infini.

4) On place au point D un dipôle électrique de moment dipolaire \vec{p} , ($|\vec{p}| = 10^{-30} \text{ Cm}$).

a) Déterminer l'orientation du dipôle à sa position d'équilibre stable ?

b) Calculer l'énergie potentielle du dipôle, correspondant à cette position d'équilibre.

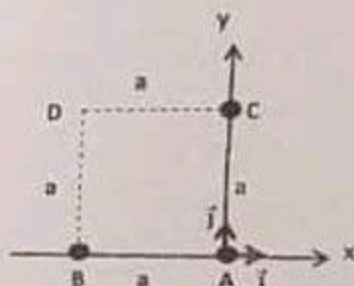


Figure 1

Exercice 2 : (5 points)

Une lampe de flash d'un appareil photographique est alimentée par un condensateur plan, à plaques parallèles, de forme carrée, de 4 cm de côté ; et séparées par une distance de 2mm.

Sa capacité C est de 40 pF, la permittivité du milieu est ϵ , son énergie emmagasinée est de 20 J.

1) Quelle est la tension nécessaire pour charger le condensateur ?

2) Quelle est la charge qui traverse la lampe du flash ?

3) En fait ce condensateur est l'équivalent d'un ensemble de cinq condensateurs identiques dont deux sont en série et trois en parallèle (Voir figure 2). Quelle est alors la capacité C_1 de chaque condensateur.

4) Calculer la permittivité ϵ du milieu.

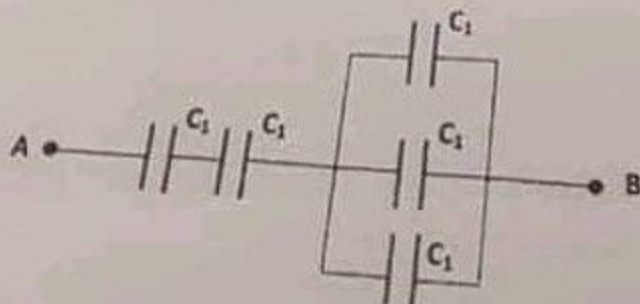


Figure 2

Exercice 3 : (9 points)

Le circuit de la figure 3 comprend un générateur de f.e.m E et de résistance interne r_1 , un récepteur de f.c.e.m e et de résistance interne r_2 , un condensateur de capacité C et un ensemble de résistances.

Partie I :

On met l'interrupteur K sur la position 1.

- 1) Déterminer les valeurs des intensités de courants I_1 , I_2 et I_3 .
- 2) Déterminer les puissances reçue et utile du récepteur ainsi que son rendement.
- 3) Déterminer la puissance dissipée par effet joule dans le circuit.
- 4) Faire le bilan d'énergie du circuit.

Partie II :

On met l'interrupteur K sur la position 2.

- 1) Etablir l'équation différentielle régissant l'évolution de la charge $q(t)$ du condensateur C .
- 2) Montrer que la solution de l'équation différentielle est de la forme suivante : $q(t) = A [1 - e^{-\frac{t}{\tau}}]$.
Déterminer les expressions de A et B , donner leurs valeurs et déduire la constante de temps τ du circuit.
- 3) Déterminer la valeur de la charge à l'instant $t = \tau \ln 2$. En déduire le taux de charge du condensateur.

On donne : $E = 20V$; $e = 10V$; $r_1 = 1\Omega$; $r_2 = 2\Omega$; $R_3 = 6\Omega$; $R_4 = 19\Omega$; $C = 5 \mu F$

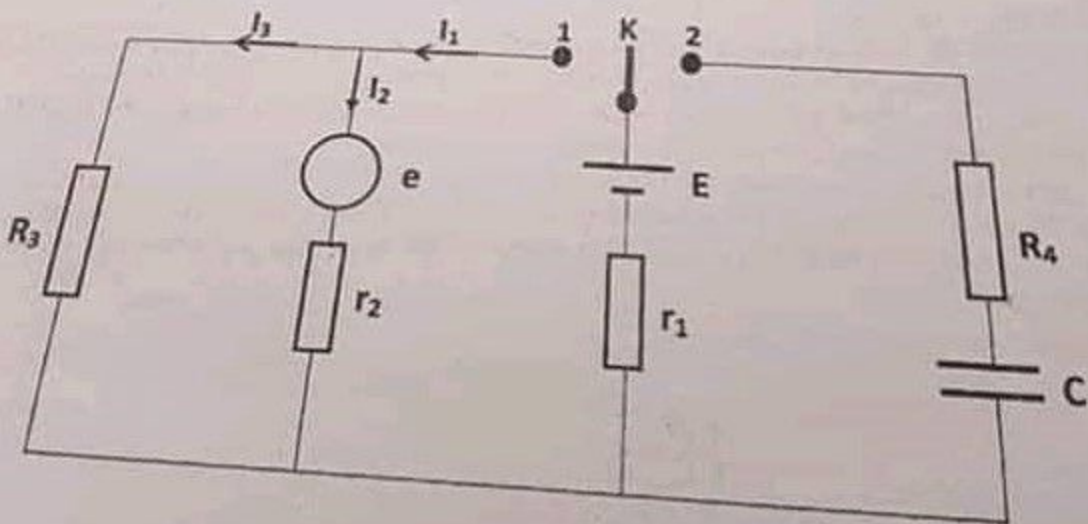


Figure 3

CORRIGÉ DE L'ÉPREUVE FINALE ÉLECTRICITÉ

JUIN 2018 ST (1-15)

Exercice 1 (6Pts) :

1) a) Potentiel créé au point D :

$$V_D = V_A + V_B + V_C = \frac{kq_A}{r_{AD}} + \frac{kq_B}{r_{BD}} + \frac{kq_C}{r_{CD}} \quad (0.25 \text{ Pts})$$

Avec : $r_{AD} = a\sqrt{2}$, $r_{BD} = r_{CD} = a$

$$V_D = \left(4 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right) \frac{kq}{a} \quad (0.5 \text{ Pts})$$

A.N $V_D = 1412 \text{ V}$ (0.25 Pts)

b) Champ électrique créé au point D :

$$\vec{E}_D = \vec{E}_A + \vec{E}_B + \vec{E}_C = \frac{kq_A}{r_{AD}^2} \vec{U}_{AD} + \frac{kq_B}{r_{BD}^2} \vec{U}_{BD} + \frac{kq_C}{r_{CD}^2} \vec{U}_{CD} \quad (0.25 \text{ Pts})$$

Avec :

$$\vec{U}_{AD} = -\frac{\sqrt{2}}{2} \vec{i} + \frac{\sqrt{2}}{2} \vec{j} \quad \vec{U}_{BD} = \vec{j} \quad \vec{U}_{CD} = -\vec{i} \quad (0.5 \text{ Pts})$$

$$\vec{E}_D = \left(2 + \frac{\sqrt{2}}{4}\right) \frac{kq}{a^2} (-\vec{i} + \vec{j}) \quad (0.75 \text{ Pts})$$

A.N

$$|\vec{E}_D| = 3.32 \cdot 10^4 \text{ V/m} \quad (0.25 \text{ Pts})$$

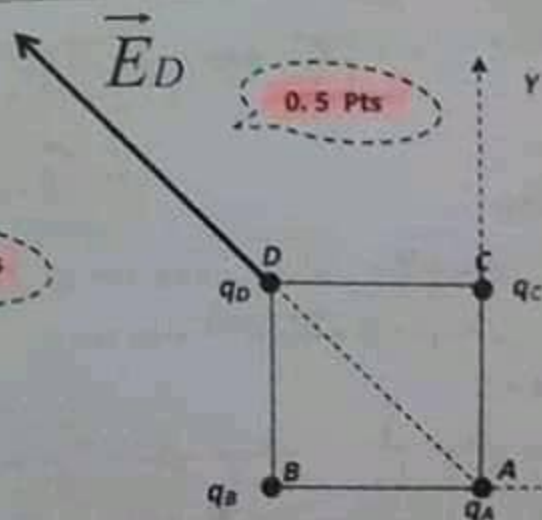
2) Énergie interne du système :

$$U = \left[k \frac{q_A q_B}{r_{AB}} + k \frac{q_A q_C}{r_{AC}} + k \frac{q_B q_C}{r_{BC}} \right] = 4 \left(1 + \frac{1}{\sqrt{2}} \right) \frac{kq^2}{a} \quad (0.25 \text{ Pts})$$

(0.25 Pts)

A.N $U = 20.48 \times 10^{-7} \text{ J}$ (0.25 Pts)

3) La force électrique est une force conservative.



$$E_r = \text{Constante} \Rightarrow \Delta E_c = -\Delta E_p$$

0.25 Pts

$$\Rightarrow E_c(D) = E_p(D) \Rightarrow$$

$$E_c(\infty) = E_p(D) = QV_D = 4qV_D$$

0.25 Pts

$$\text{A.N } E_c(\infty) = 5.65 \cdot 10^{-6} \text{ J}$$

0.25 Pts

4) a) La position d'équilibre stable du dipôle correspond à son énergie potentielle minimale.

$$E_p = -\vec{P} \cdot \vec{E_D} = -P \cdot E_D \cos \alpha \Rightarrow \alpha = \left(\vec{P}, \vec{E_D} \right) = 0$$

0.25 Pts

0.25 Pts

Soit $\vec{P}, \vec{E_D}$ Parallèle

0.25 Pts

L'orientation de dipôle est telle que :

$$\theta = \left(\vec{P}, \vec{j} \right) = \frac{3}{4} \pi$$

0.25 Pts

b) L'énergie potentielle au point D :

$$E_p = -P \cdot E_D$$

0.25 Pts

$$\text{A.N } E_p = -3.32 \cdot 10^{-26} \text{ J}$$

0.25 Pts

Exercice 2 (5Pts):

$$1^\circ) \text{ On a : } W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} = \frac{1}{2} C V^2 \Rightarrow V = \left[\frac{2W}{C} \right]^{1/2} = \left[\frac{2 \times 20}{40 \times 10^{-12}} \right]^{1/2} = [10^{11}]^{1/2} = 10^{5.5} \text{ V}$$

0.5

0.5

2°) On a :

$$W = \frac{1}{2} \frac{Q^2}{C} \Rightarrow Q^2 = 2 \times W \times C \Rightarrow Q = \sqrt{2 \times W \times C}$$

$$Q = \sqrt{2 \times 20 \times 40 \times 10^{-12}} = 40 \cdot 10^{-6} \text{ C}$$

0.5

0.5

3°) On a :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{2}{C_3} + \frac{1}{3C_3} = \frac{7}{3C_3}$$

$$\Rightarrow C_3 = \frac{7}{3} C = \frac{7 \times 40 \times 10^{-12}}{3} = \frac{280 \times 10^{-12}}{3} \text{ F} = \frac{280}{3} \text{ pF}$$

0.5

0.5

0.5

4°) On a la relation de la capacité C :

$$C = \frac{\epsilon s}{d}$$

0.5

$$\Rightarrow \epsilon = C \frac{d}{s} \Rightarrow \epsilon = 40 \times 10^{-12} \times \frac{0.2 \times 10^{-3}}{(4 \times 10^{-4})} = 5 \times 10^{-14} \text{ F/m}$$

0.5

Pts

0.5

Exercice 3 (9Pts): Interrupteur en position 1

1) Loi des nœuds : $I_1 = I_2 + I_3$ 0.25 Pts

Loi des mailles : $E - r_1 I_1 - e - r_2 I_2 = 0$ 0.5 Pts

$I_1 + 2 I_2 = 10$ 0.25 Pts

$E - r_1 I_1 - R_3 I_3 = 0$ 0.5 Pts

$I_1 + 6 I_3 = 20$ 0.25 Pts

$I_1 = 5 \text{ A}$, $I_2 = 2.5 \text{ A}$, $I_3 = 2.5 \text{ A}$ 0.75 Pts

2) $P_r = (e + r_2 I_2) \cdot I_2 = 37.5 \text{ W}$ 0.5 Pts

$P_e = e \cdot I_2 = 25 \text{ W}$ 0.25 Pts

Rendement : $\eta = P_e / P_r = 2/3 = 66.7 \%$ 0.25 Pts

3) La puissance dissipée par effet Joule : $P_J = r_1 I_1^2 + r_2 I_2^2 + R_3 I_3^2 = 75 \text{ W}$ 0.5 Pts

4) Bilan de puissance du circuit :

$P_r = E \cdot I_1 = 100 \text{ W}$, $P_e = e \cdot I_2 = 25 \text{ W}$, $P_J = 75 \text{ W}$, $P_r = P_e + P_J$ 4 x 0.25 4*0.25

Interrupteur en position 2

1) $U_c + R_4 \cdot I_1 - E + r_1 I_1 = 0$ 0.5 Pts

$U_c = q / C$, $I_1 = dq / dt$ 2*0.25

On trouve : $q / C + R \cdot dq / dt = E$ Avec : $R = R_4 + r_1$

$dq / dt + (1 / RC) q = E / R$ 0.25 Pts

2) $dq / dt = -(1 / RC) (q - EC)$, $dq / (q - EC) = -dt / (RC)$

La solution de l'équation différentielle est :

$\ln (q - EC) = -t / RC + Cte$

Qui devient :

$(q - EC) = \alpha e^{-t / RC}$, $q(t) = EC + \alpha e^{-t / RC}$ 0.75 Pts

Condition initiale : $q(0) = EC + \alpha = 0$ (C initialement déchargé)

$\alpha = -EC$ 0.25 Pts

$q(t) = CE [1 - e^{-t / RC}] = Q_f [1 - e^{-t / \tau}]$ 0.25 Pts

$A = CE = Q_{\text{finale}} = 10^{-4} \text{ C}$, $B = 1 / (RC) = 10^4 \text{ s}^{-1}$ 2*0.25

$\tau = RC = 10^{-4} \text{ s}$ 0.25 Pts

3) $q(\tau \ln 2) = Q_f [1 - e^{-\tau \ln 2 / \tau}] = Q_f [1 - e^{-\ln 2}]$ 0.25 Pts

$= Q_f / 2 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ C}$ 0.25 Pts

Taux de charge = 50%

0.25 Pts