CLASSE : Terminale	**EXERCICE 2** : (6 points)
VOIE : ☒ Générale	**ENSEIGNEMENT : physique-chimie**
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 1h03	**CALCULATRICE AUTORISÉE :** ☒Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE 3

Principe de l'accélérateur de Van de Graaff

Q1.

$\vec{F} = q\vec{E}$

Or $q = e$

$\vec{F} = e\vec{E}$

$\vec{F}$ et $\vec{E}$ ont le même sens

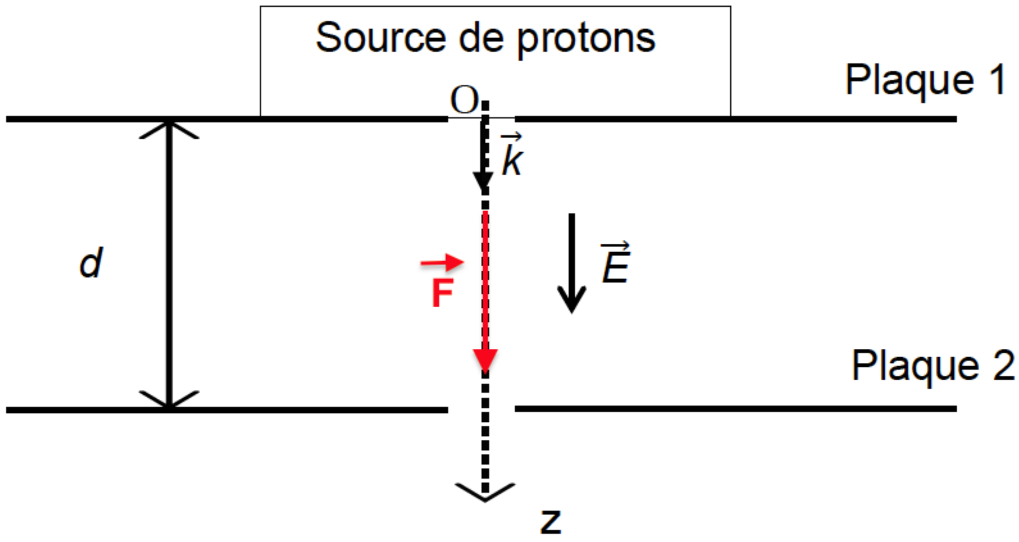

Figure 1. Schéma d'un accélérateur constitué du condensateur plan.

Q2.

$P = m_p \times g$

$P = 1{,}67 \times 10^{-27} \times 9{,}81$

$P = 1{,}64 \times 10^{-26}\,\mathrm{N}$

$F = e \times E$

$F = 1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}5 \times 10^{6}$

$F = 2{,}4 \times 10^{-13}\,\mathrm{N}$

$\frac{F}{P} = \frac{2{,}4 \times 10^{-13}}{1{,}64 \times 10^{-26}}$

$\frac{F}{P} = 1{,}5 \times 10^{13}$

F>>P : P est négligeable par rapport à la force électrostatique.

Q3.

Système : proton

Référentiel : terrestre supposé galiléen

D'après la seconde loi de newton :

$$\Sigma\vec{F}_{ext} = m_p\vec{a}$$

$$\vec{F} = m_p\vec{a}$$

$$e\vec{E} = m_p\vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m_p}$$

Q4.

En projetant sur l'axe Ox :

$$E_z = E$$

D'ou

$$a_z = \frac{eE_z}{m_p}$$

$$a_z = \frac{e \times E}{m_p}$$

$$a_z = \frac{eE}{m_p}$$

Or

$$a_z = \frac{dv_z}{dt}$$

Par intégration :

$$v_z(t) = \frac{eE}{m_p}t + C_1$$

Pour trouver la constante C_1 on utilise v_0 :

$$C_1 = v_0 = 0$$

D'ou

$$v_z(t) = \frac{eE}{m_p}t$$

Q5.

Méthode 1 : (longue)

$$v_z(t) = \frac{eE}{m_p}t$$

Or

$$v_z(t) = \frac{dz(t)}{dt}$$

Par intégration :

$$z(t) = \frac{1}{2} \times \frac{eE}{m_p}t^2 + C_2$$

Pour trouver la constante C_2 on utilise z_0 :

$$C_2 = z_0 = 0$$

D'ou

$$z(t) = \frac{1}{2} \times \frac{eE}{m_p}t^2$$

Pour trouver V_2 il nous faut trouver t_s. Nous allons trouver t_2 avec l'équation $z(t)$: t_2 est le temps pour que l'électrons arrive à la plaque 2

$$z(t_2) = \frac{1}{2} \times \frac{eE}{m_p}t_2^2$$

Au temps t_2 l'électron a parcouru une distance :

$$z(t_2) = d$$

D'ou

$$d = \frac{1}{2} \times \frac{eE}{m_p}t_2^2$$

$$\frac{1}{2} \times \frac{eE}{m_p}t_S^2 = d$$

$$t_2^2 = \frac{2dm}{eE}$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2dm_p}{eE}}$$

Trouvons v_S

$$v_2 = v_z(t_2) = \frac{eE}{m}t_2$$

$$v_2 = \frac{eE}{m} \times \sqrt{\frac{2dm_p}{eE}}$$

$$v_2 = \frac{eE}{m_p} \times \sqrt{\frac{2dm_p}{eE}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{e^2E^2}{{m_p}^2} \times \frac{2dm_p}{eE}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{eE}{m_p} \times 2d}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}5 \times 10^6}{1{,}67 \times 10^{-27}} \times 2 \times 2{,}9 \times 10^{-2}}$$

$$v_2 = 2{,}9 \times 10^6 \mathrm{m.s^{-1}}$$

Méthode 2 : (rapide)

Théorème de l'énergie cinétique : La variation d'énergie cinétique entre deux points O et S est égale à la somme des travaux des forces :

$$\Delta E_C = \Sigma W_{OS}(\vec{F})$$

$$E_{C\,finale} - E_{C\,initiale} = W_{OS}(\vec{F})$$

$$E_C(S) - E_C(O) = q \times U$$

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_2^2 - \frac{1}{2} \times m_p \times v_0^2 = q \times U$$

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_2^2 - 0 = q \times U$$

$$v_2^2 = \frac{2 \times q \times U}{m_p}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \times q \times U}{m_p}}$$

Or

$$E = \frac{U}{d}$$

$$\frac{U}{d} = E$$

$$U = E \times d$$

Or

$$q = e$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \times e \times E \times d}{m}}$$

$$v_2 = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 1{,}5 \times 10^6 \times 2{,}9 \times 10^{-2}}{1{,}67 \times 10^{-27}}}$$

$$v_2 = 2{,}9 \times 10^6 \mathrm{m.s^{-1}}$$

D'après l'énoncé : L'analyse d'objets d'art nécessite l'utilisation de protons ayant une vitesse comprise entre $2{,}3 \times 10^7$ m·s^{-1} et $3{,}1 \times 10^7$ m·s^{-1}

v_2 est inférieur à $2{,}3 \times 10^7$ m·s^{-1} : elle est insuffisante pour analyser un objet d'art.

Q6.

$$v_z(t) = \frac{eE}{m}t$$

Argument 1 : v_z dépends de e, E et m. Ces paramètres restants inchangé, l'expression de la coordonnée du vecteur vitesse $v_z(t)$ dans le deuxième condensateur est donc la même qu'à la question 4.

Argument 2 : (non demandé) : la force est identique, les conditions initiales sont identiques l'expression de la coordonnée du vecteur vitesse $v_z(t)$ dans le deuxième condensateur est donc la même qu'à la question 4.

Q7.

Théorème de l'énergie cinétique : La variation d'énergie cinétique entre deux points O et S est égale à la somme des travaux des forces :

$$\Delta E_C = \Sigma W_{OS}(\vec{F})$$

$$E_{C\,finale} - E_{C\,initiale} = W(\vec{F})$$

Avec

- $E_{C\,initiale} = 0$ J car il n'a pas de vitesse initiale.
- $W(\vec{F}) = q.U$ données de l'énoncé

$$E_{C\,finale} = q.U$$

$$E_{C\,finale} = e.U$$

Q8.

$$E_{C\,finale} = e.U$$

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_f^2 = e \times U$$

$$\frac{1}{2} \times m_p \times v_f^2 = e \times U$$

$$v_f^2 = \frac{2 \times e \times U}{m_p}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \times e \times U}{m_p}}$$

$$v_f = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 3{,}0 \times 10^6}{1{,}67 \times 10^{-27}}}$$

$$v_f = 2{,}4 \times 10^7 m.s^{-1}$$

D'après l'énoncé : L'analyse d'objets d'art nécessite l'utilisation de protons ayant une vitesse comprise entre $2{,}3 \times 10^7$ m·s^{-1} et $3{,}1 \times 10^7$ m·s^{-1}

v_f est compris dans l'intervalle : elle permet l'analyse d'un objet d'art.