

Mouvement d'une particule chargée dans un champ électrique

Exercice 1 :

Une tension U est maintenue entre deux plaques métalliques horizontales P_1 et P_2 d'un condensateur et distantes de d .

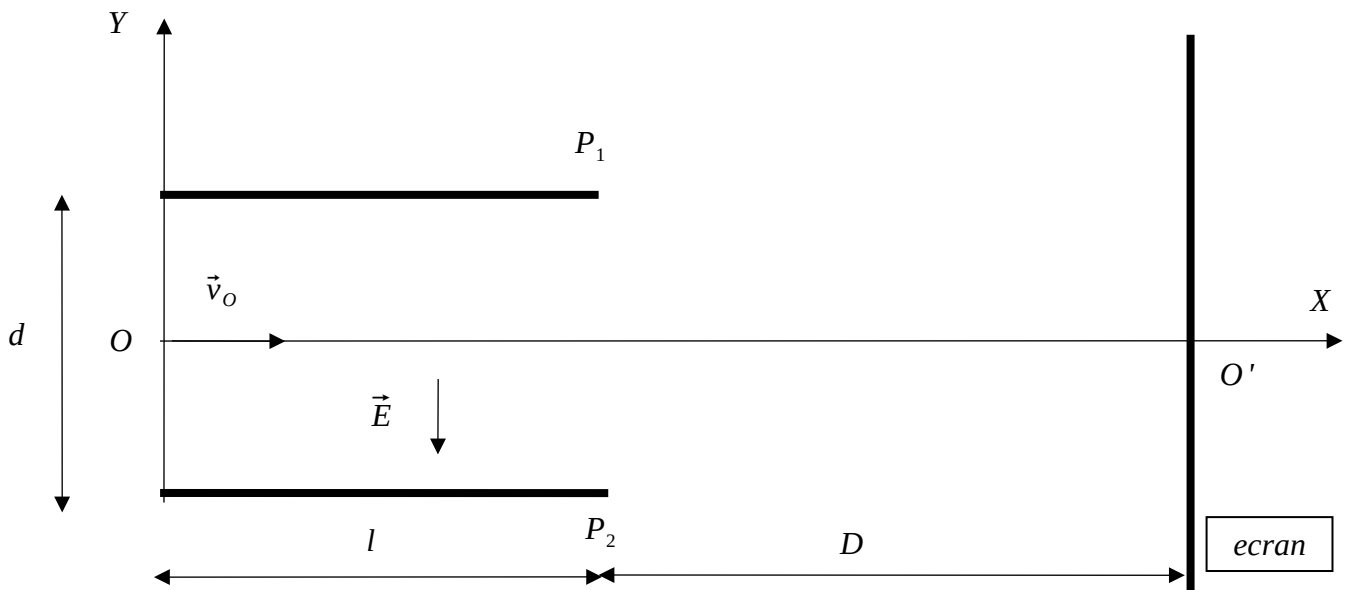
Un faisceau d'électrons pénètre en O dans le champ électrique avec un vecteur vitesse horizontale $\vec{v}_O$.

La longueur des plaques est notée l . Un écran vertical permet de repérer le point d'impact des électrons.

- 1) Calcule l'intensité du champ électrique $\vec{E}$, supposé uniforme.
- 2) a) Etablis dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ les équations horaires du mouvement.
b) En déduis l'équation cartésienne de la trajectoire.
- 3) a) Détermine la position des électrons au point de sortie S .
b) Détermine le temps mis par les électrons pour sortir du condensateur.
c) Détermine la vitesse des électrons au point de sortie S .
- 4) Calcule la valeur de l'angle de déviation α du faisceau.
- 5) Montre qu'entre le condensateur et l'écran, le mouvement des électrons est rectiligne uniforme.
- 6) Détermine la position du point d'impact P du faisceau sur l'écran.

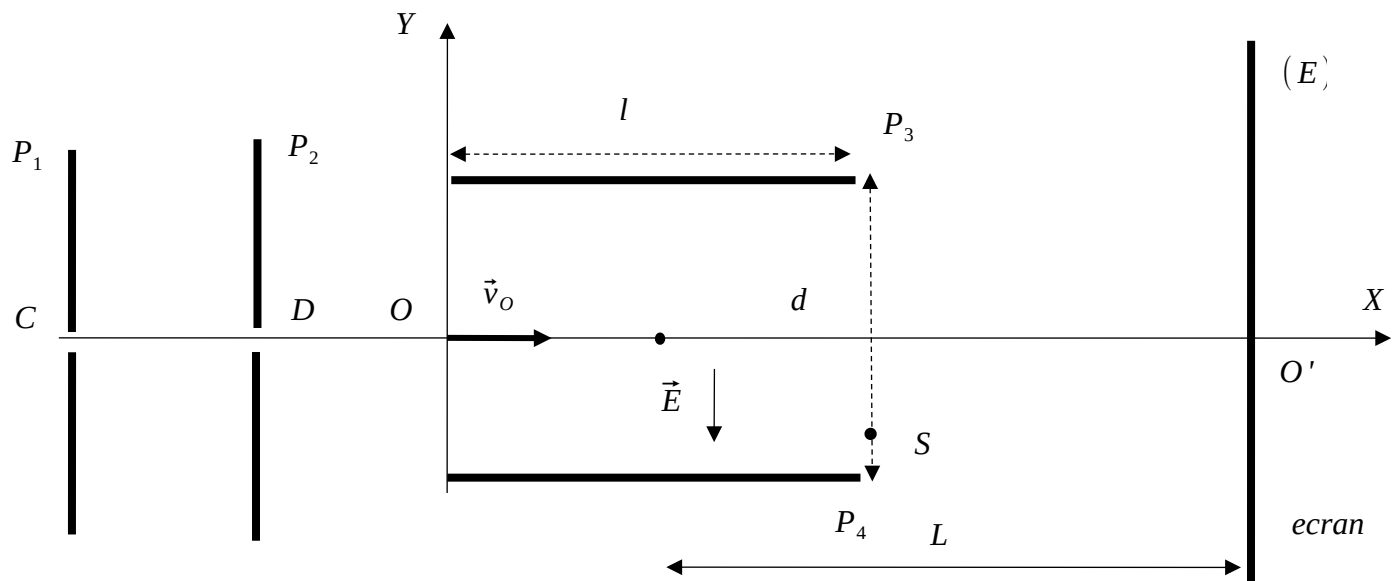
Données : $d = 1,5 \text{ cm}$; $D = 50 \text{ cm}$; $U = 100 \text{ V}$; $v_0 = 8 \cdot 10^6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$; $l = 2,5 \text{ cm}$

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $m_{\text{electron}} = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$



Exercice 2 :

Dans tout l'exercice, on suppose que le mouvement des protons a lieu dans le vide et on néglige leur poids par rapport aux autres forces. On considère le dispositif de la figure 1. Des protons sont émis en C avec une vitesse quasiment nulle, puis accélérés entre les points C et D des plaques P_1 et P_2 .

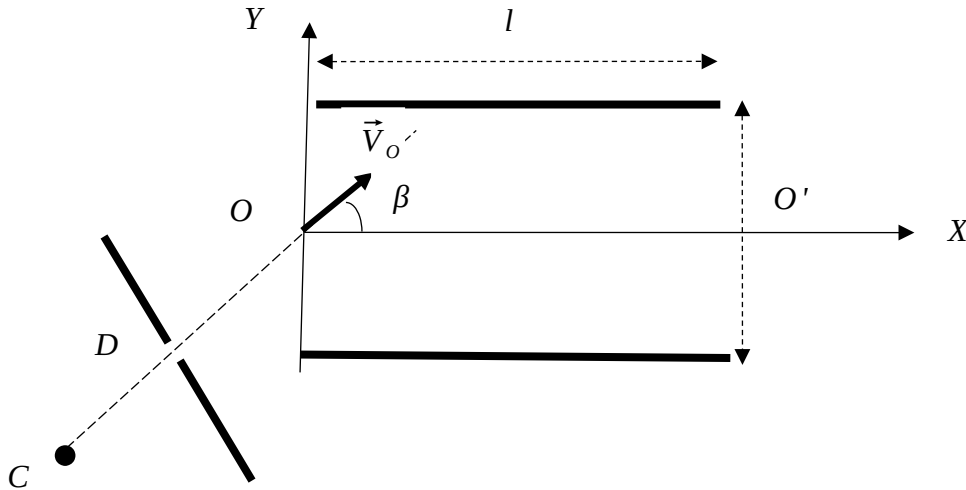


- 1) Précise le signe de la tension U_{CD} pour que les protons soient accélérés. Justifie la réponse.
 - 2) On posera pour la suite $|U_{CD}| = U$
Exprime la vitesse V_D d'un proton en D en fonction de U, e, m_p . Calcule V_D .
 - 3) Après la traversée de la plaque P_2 en D les protons pénètrent en O entre deux plaques parallèles P_3 et P_4 de longueurs l et de distances d . La tension U' appliquée entre ces plaques crée un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$. Données : $l = 20 \text{ cm}$; $d = 7 \text{ cm}$
 - a) Montre que l'énergie cinétique d'un proton se conserve entre D et O.
 - b) Etablis dans le repère $(O; \vec{i}; \vec{j})$ les équations horaires du mouvement d'un proton dans la région limitée par les plaques P_3 et P_4 .
 - c) Vérifie que l'équation de la trajectoire peut s'écrire : $y = -\frac{U'}{4dU}x^2$
 - d) Détermine la condition à laquelle doit satisfaire la tension U' pour que les protons sortent du champ électrostatique $\vec{E}$ sans heurter la plaque P_4 .
 - e) Détermine U' pour que les protons sortent du champ en passant par le point S de coordonnées $(l, \frac{-d}{5})$
 - 4) A la sortie du champ électrostatique par le point S, les protons sont reçus en un point J, sur un écran plat et placé perpendiculairement à l'axe O
 - a) Représente qualitativement la trajectoire d'un proton entre les points O et J.
 - b) Etablis l'expression littérale de la déviation $O'J$ du spot sur l'écran.
 - c) Calculer la distance $O'J$.
- On donne : $L = 20 \text{ cm}$; $U = 10^3 \text{ V}$; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.

Exercice 3 :

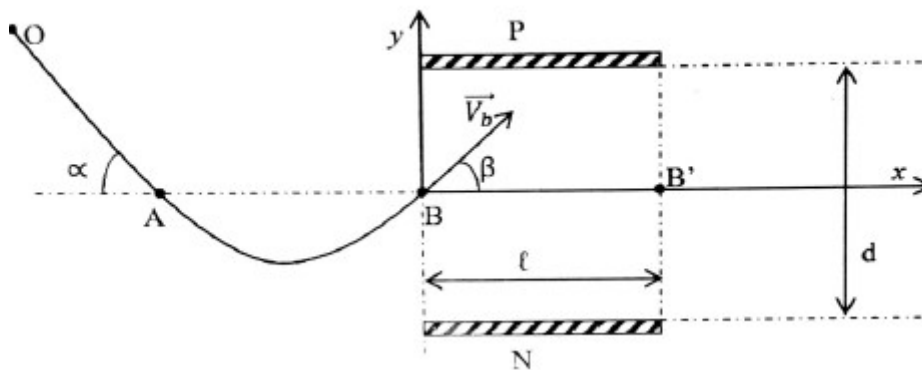
Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles, horizontales rectangulaires A et B de longueur L et séparées par une distance d . On raisonnera dans le plan $(O; \vec{i}; \vec{j})$. Le point O étant équidistant des plaques. Un faisceau homocinétique de protons, émis en C sans vitesse initiale, est accéléré entre les points C et D situé dans le plan $(O; \vec{i}; \vec{j})$.

Il pénètre en O en formant un angle β avec $(O; \vec{i})$ dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ du condensateur. (Voir figure).



- 1) a) Indique en justifiant le signe de la tension $U_{CD} = V_C - V_D$
- b) Calcule en fonction de $U = V_C - V_D$; e et m_p ; la vitesse v_0 de pénétration du faisceau dans le champ $\vec{E}$. On donne $U = 10^3 \text{ V}$; $m_p = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$.
- 2) a) Indique en le justifiant le sens du champ électrique $\vec{E}$ et le signe de la tension de $U' = V_A - V_B$ pour que le faisceau de protons puisse passer par le point O' .
- b) Démontre que l'équation de la trajectoire est : $y = -\frac{U'}{4Ud \cos^2 \beta} x^2 + x \tan \beta$
- 3) a) Détermine l'expression de U' qui permet de réaliser la sortie des protons en O' ; en fonction de d , U , β , et l .
- b) Calcule sa valeur pour $l = 20 \text{ cm}$; $\beta = 30^\circ$; $d = 7 \text{ cm}$.
- 4) Détermine à quelle distance minimale de la plaque A passe le faisceau de protons en considérant $U' = 606,2 \text{ V}$.

Exercice 4 :



Dans tout l'exercice les frottements sont négligés.

Une bille en verre de masse m , a été électrisée par frottement et déposée sur un plan incliné d'un angle $\alpha = 20^\circ$ par rapport à l'horizontale. Elle est lâchée en un point O , sans vitesse initiale. Le solide glisse tout le long de la ligne de plus grande pente du plan.

- 1) a) Etablis l'équation horaire du mouvement entre O et A.
- b) Calcule la vitesse de la bille au point A.
- 2) Le plan incliné se raccorde en A à une piste circulaire de rayon R disposée dans le plan vertical contenant la droite (OA).
- La piste s'arrête au point B situé à la même côte que A. Détermine la vitesse du solide en B.
- 3) La bille en verre chargée positivement pénètre en B avec la vitesse $\vec{V}_B$ faisant le même angle $\beta = 20^\circ$, à l'intérieur d'un condensateur plan constitué de deux plaques métalliques parallèles horizontales rectangulaires P et N de longueur l et séparées par une distance d . La bille ressort en B' selon le schéma précédent.
- A l'intérieur des plaques, il existe un champ électrique uniforme $\vec{E}$.
- a) Justifie par un calcul que le poids du solide est négligeable devant la force électrique.
- b) Détermine le signe de la tension $U = V_P - V_N$.
- c) Etablis l'équation de la trajectoire de la bille.
- d) Etablis l'expression littérale de la condition que doit vérifier la tension U pour que la bille sorte du condensateur par le point B' situé sur l'axe (B, X) .

Calcule la valeur de U .

- 4) La tension U ayant la valeur précédente, déterminer la hauteur maximale atteinte par la bille au-dessus de l'axe (B, X)

(à l'intérieur de l'espace compris entre les plaques).

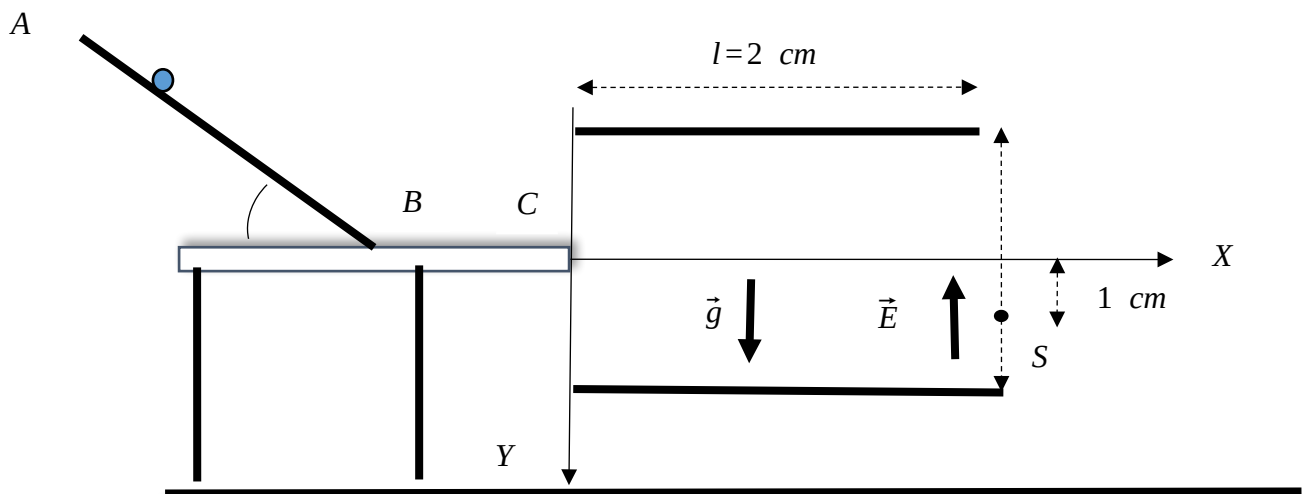
Données : $l = 20 \text{ cm}$; $d = 10 \text{ cm}$; $m = 7,5 \cdot 10^{-3} \text{ g}$; $E = 2 \cdot 10^7 \text{ V/m}$; $l = OA = 1,5 \text{ m}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$; $Q = 2 \cdot 10^{-5} \text{ C}$.

Exercice 5 :

On constitue à l'aide d'éléments de glissière un tremplin ABC coudé en B. Les deux portions AB et BC sont rectilignes, l'ensemble est posé sur une table horizontale. AB forme un angle α avec le plan de la table, BC est parallèle à ce plan.

Un corpuscule de masse m et de charge q considéré ponctuel est lâché en A sans vitesse initiale. Il glisse le long de ce tremplin. Les frottements sont assimilables à une force unique $\vec{f}$ constamment parallèle au déplacement et de valeur constante sur tout le trajet AC.

On admettra le passage au point B ne modifie pas la valeur de la vitesse du corpuscule. (Voir schéma)



- 1) Détermine :
 - a) L'accélération $\vec{a}_1$ du corpuscule entre A et B.
 - b) L'accélération $\vec{a}_2$ du corpuscule entre B et C.

c) La valeur v_B de la vitesse du corpuscule en B.

d) La valeur v_C de la vitesse du corpuscule en C.

e) La durée du parcours ABC.

2) Au-delà du point C, le corpuscule quitte la table avec la vitesse $v_C = 1,7 \text{ m/s}$ et évolue dans un espace où règnent deux champs uniformes : le champ de pesanteur $\vec{g}$ et le champ électrique $\vec{E}$

On étudie le mouvement du corpuscule dans le repère $(\vec{C_x}, \vec{C_y})$

a) Etablis les équations horaires du mouvement du corpuscule.

b) Montre que l'équation cartésienne de la trajectoire du corpuscule s'écrit : $y = \frac{1}{2v_C^2} \left(g - \frac{qE}{m} \right) x^2$

c) Détermine la valeur de E pour que le corpuscule sorte l'espace champ $\vec{E}$ au point S.

Données : $m = 0,01 \text{ kg}$; $f = 10^{-2} \text{ N}$; $\alpha = 30^\circ$; $AB = BC = L = 0,5 \text{ m}$; $q = -10^{-3} \text{ C}$; $g = 10 \text{ m/s}^2$.