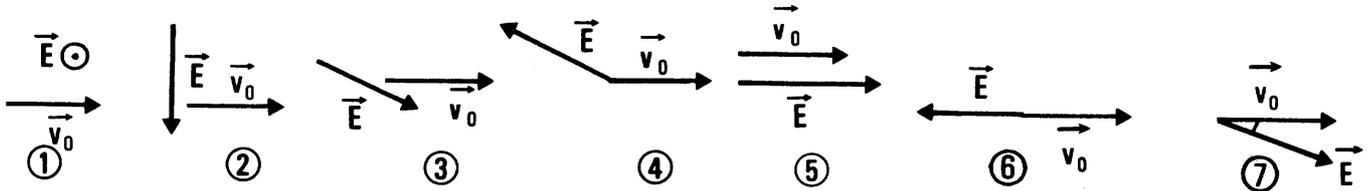


PARTICULES CHARGÉES DANS UN CHAMP ÉLECTRIQUE UNIFORME : EXERCICES

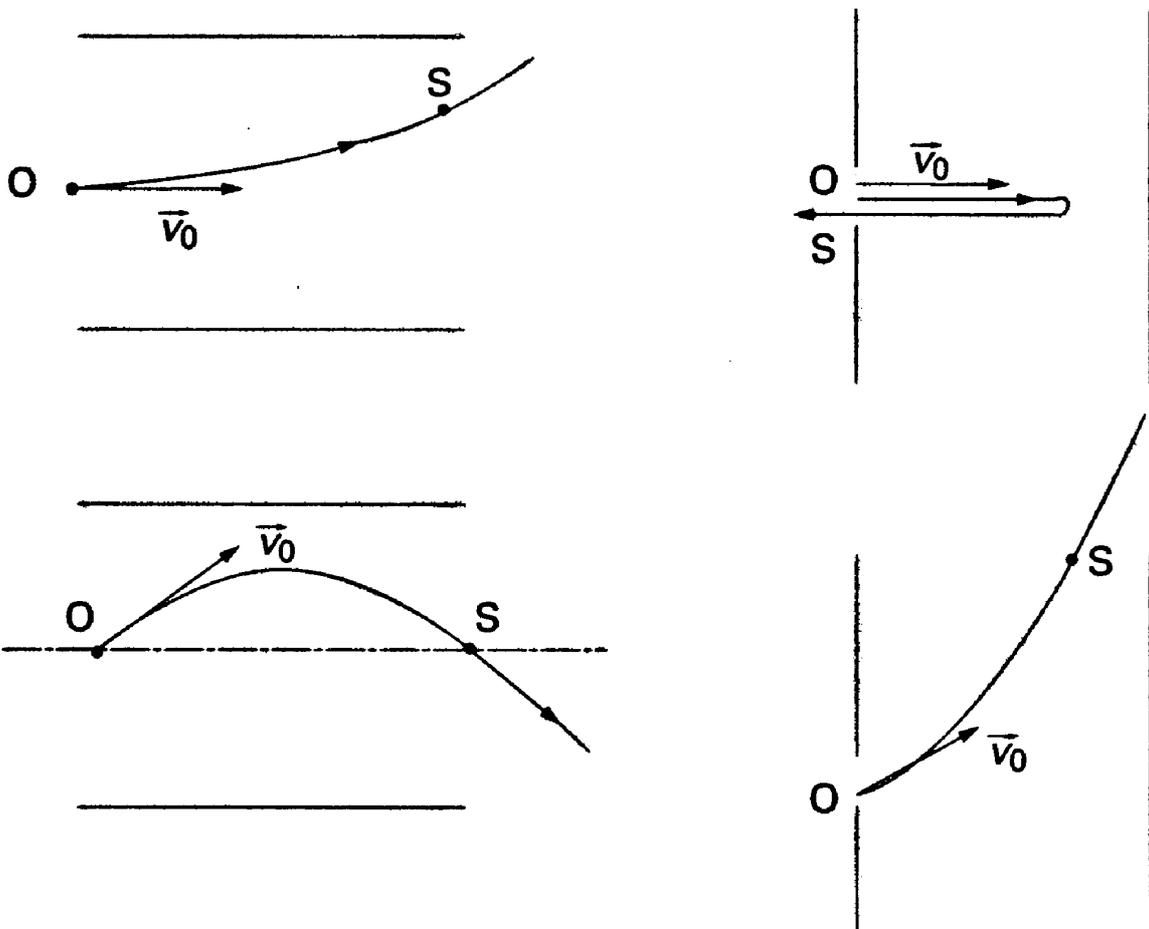
Trajectoires

1. Une particule de charge positive et de vitesse \vec{v}_0 pénètre dans une région où règne un champ électrique uniforme \vec{E}

Pour chaque cas exposé dans les schémas ci-dessous, préciser dans quel plan se forme la trajectoire, sa forme et la nature du mouvement.



2. Une particule de charge négative et de vitesse \vec{v}_0 pénètre dans une région où règne un champ électrique uniforme \vec{E} , créé par deux plaques parallèles reliées aux bornes d'un générateur ; donner les caractéristiques du vecteur champ électrique \vec{E} (direction et sens) dans les quatre cas schématisés ci-dessous.



Un électron dans la nature.

1. Un électron initialement au repos est accéléré par une tension de 4,0 kV. Sa vitesse est alors de direction horizontale.

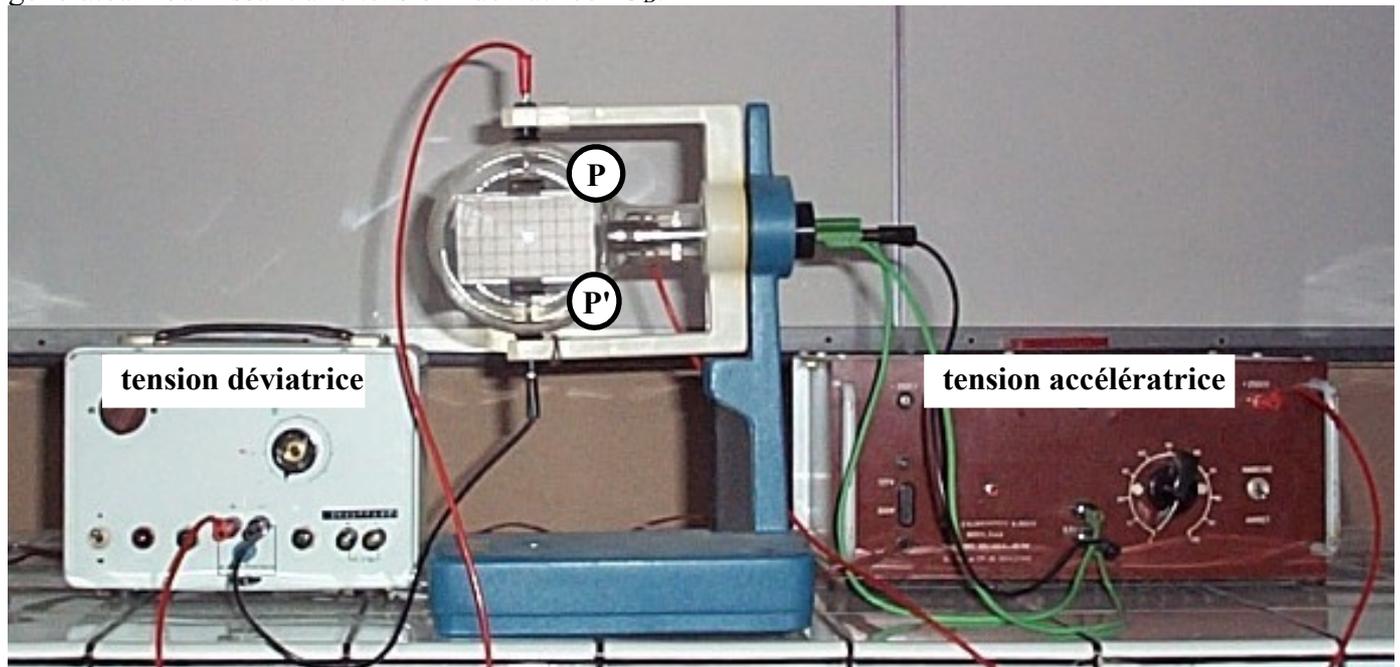
2. En supposant qu'ultérieurement l'électron n'est soumis qu'à son poids, établir l'équation de sa trajectoire.

Calculer la distance qu'il doit parcourir pour que son altitude diminue de 1,0 mm.

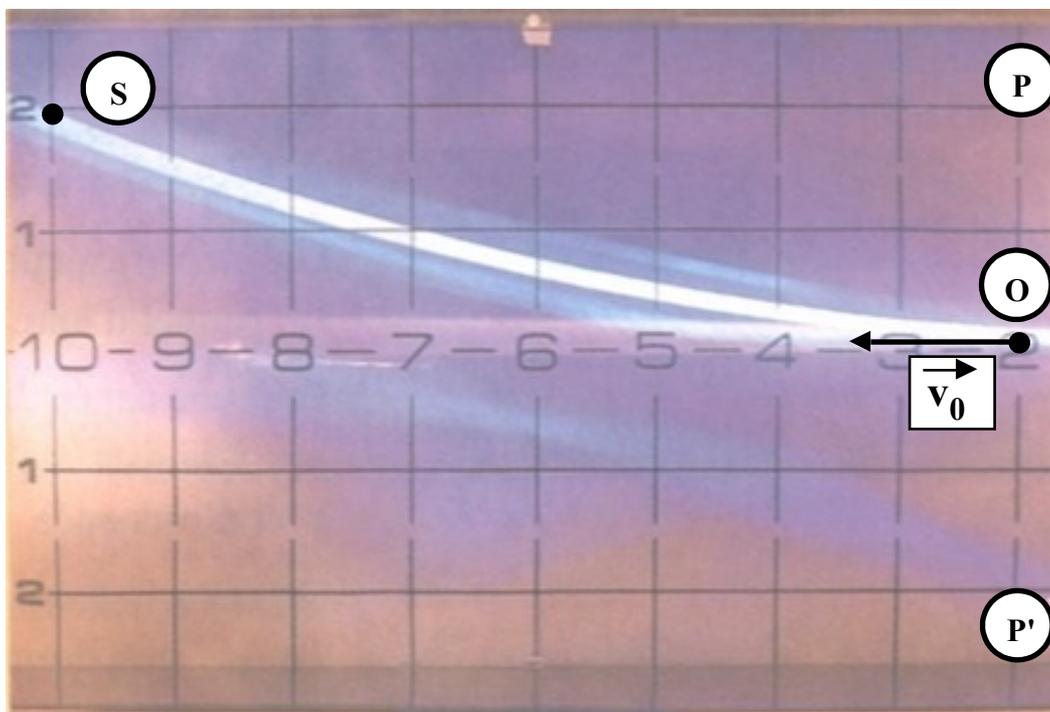
Trajectoire d'un faisceau d'électrons.

On étudie la trajectoire d'un faisceau d'électrons à l'aide du dispositif ci-dessous.

Les électrons sont soumis à une tension accélératrice U_A et sont ensuite déviés par un champ électrique créé par deux plaques parallèles distantes de $d = 6,0$ cm et de longueur $l = 8,0$ cm, reliées aux bornes d'un générateur fournissant une tension "déviatrice" U_D .



1. Exprimer la vitesse v_0 des électrons à la sortie du dispositif accélérateur en fonction de la tension accélératrice U_A ; calculer cette vitesse quand $U_A = 2000$ V.
2. Établir les équations horaires du mouvement d'un électron lorsqu'il est soumis au champ électrique \vec{E} créé par le système de plaques ; en déduire l'équation de la trajectoire des électrons.
3. Exprimer les coordonnées du point S en fonction de U_A , U_D , d et l . En exploitant le document ci-après (le quadrillage est gradué en cm), déterminer la valeur de la tension déviatrice U_D .



Déviation.

Une particule de masse m , de charge q négative, animée d'une vitesse \vec{v}_0 de direction horizontale, pénètre entre les armatures d'un condensateur plan. La tension entre les armatures est $U = V_A - V_B$. La distance entre les armatures est d , leur longueur est l . La particule sort du condensateur en un point S . L'expérience a lieu dans le vide et on considérera les effets du poids comme négligeables devant ceux de la force électrostatique.

1. Établir les équations horaires de la vitesse et de la position de la particule dans le repère (O, x, y) . En déduire l'expression littérale de la trajectoire.

Donner l'expression littérale des coordonnées du point S , ainsi que des coordonnées du vecteur \vec{v}_S en ce point.

2. A la sortie du condensateur, la particule frappe un écran fluorescent en un point I . L'écran est situé à la distance L du centre C du condensateur.

Si $V_A - V_B = 0$, la particule frappe l'écran en O'' .

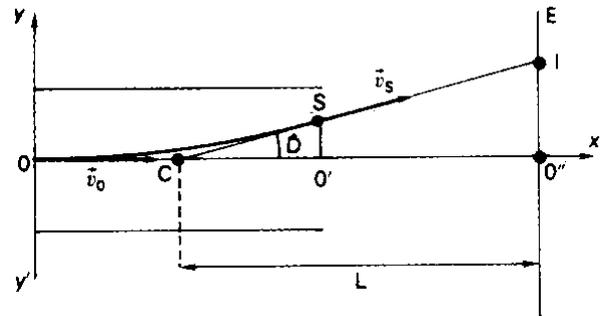
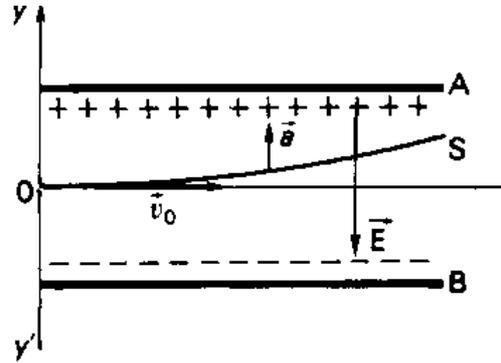
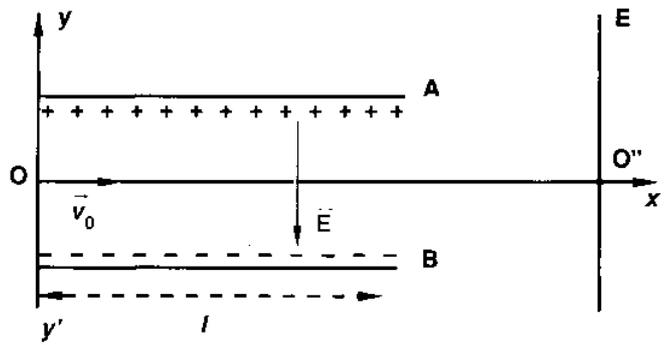
Donner la nature du mouvement de la particule entre le condensateur et l'écran.

Montrer que la déflexion peut s'écrire :

$$Y = - \frac{q U L l}{d m v_0^2}$$

Calculer Y .

Application numérique : $q = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$;
 $m = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$; $U = 100 \text{ V}$; $d = 10 \text{ mm}$;
 $l = 30 \text{ mm}$; $L = 50 \text{ cm}$; $v_0 = 1,0 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$



Mesure de vitesse

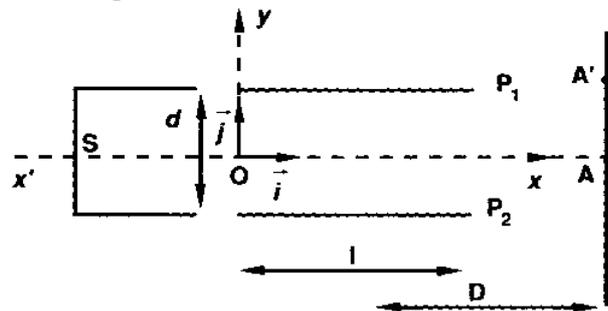
On se propose de déterminer la vitesse d'éjection de particules α émises par le radium 226 lors de sa désintégration.

Donner l'équation de cette désintégration ; rappeler la masse de la particule α .

On place la substance radioactive en S au fond d'un cylindre creux en plomb d'axe $x'x$ et on admettra que les particules α émises sortent du cylindre avec un vecteur vitesse \vec{v}_0 parallèle à l'axe $x'x$.

Le faisceau pénètre en O dans l'espace vide d'air entre deux plaques horizontales P_1 et P_2 d'un condensateur.

En absence de champ électrique entre les plaques, on observe sur une plaque photographique disposé perpendiculairement à $x'x$ à une distance D du centre des plateaux, une tache en A .



$d = 10 \text{ cm}$; $l = 15 \text{ cm}$; $D = 50 \text{ cm}$

1. Les plaques sont soumises à une différence de potentiel $U_{12} = -6,0 \times 10^4 \text{ V}$; donner le sens du champ électrique \vec{E} .

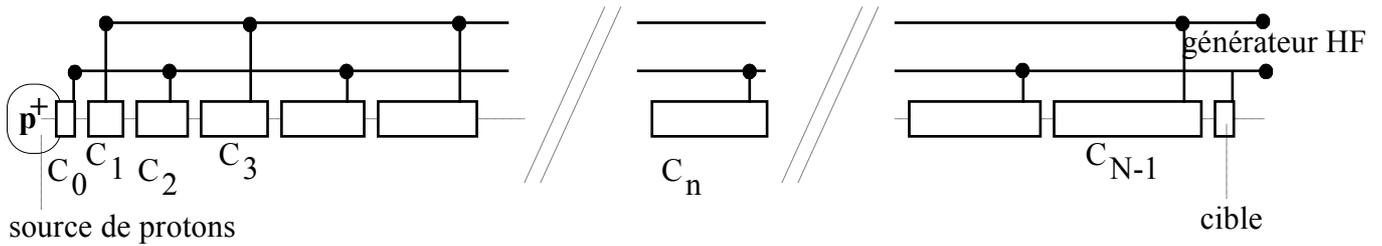
2. Établir l'équation de la trajectoire des particules α .

3. Donner la nature du mouvement lorsque la particule α sort de la zone où règne le champ électrique \vec{E} .

4. On mesure $AA' = 8,5 \times 10^{-3} \text{ m}$; calculer la vitesse d'éjection des particules α .

Accélérateur linéaire

Un faisceau de protons ($m = 1,67 \times 10^{-27}$ kg) de vitesses initiales $v_0 = 5,0 \times 10^5$ m.s⁻¹ pénètre dans un accélérateur linéaire constitué d'une série de cylindres (électrodes) C_0, C_1, C_2, \dots de même section, de longueurs a_0, a_1, a_2, \dots séparées par un petit intervalle.



Les électrodes de rangs pairs sont reliées entre elles et à une des bornes d'un générateur de haute fréquence, les électrodes de rangs impairs sont reliées entre elles et à l'autre borne du générateur. Entre deux électrodes successives est alors établie une tension alternative de fréquence $f = 100$ MHz et d'amplitude $U = 500$ kV.

Pendant que le proton est à l'intérieur d'un cylindre, il n'est soumis à aucun champ ; quand le proton se trouve entre deux cylindres, il est accéléré par cette tension U .

La longueur des cylindres est calculée pour que la durée du parcours d'un proton dans un cylindre reste identique quelque soit sa position dans l'accélérateur.

La cible éventuelle se trouve à l'entrée du dernier cylindre.

1. Calculer le nombre N de cylindres nécessaires pour que l'énergie des protons soit de 18,5 MeV à la sortie du dispositif.
2. Calculer la durée de passage d'un proton dans un tube de manière à ce qu'il soit toujours accéléré par une tension (de signe correct) égale à U .
3. Établir l'expression de l'énergie cinétique d'un proton dans le tube C_n , puis en déduire l'expression de sa vitesse v_n en fonction de v_1 . Calculer la vitesse du proton dans le second et à l'entrée du dernier tube.
4. Calculer la longueur L_1 du premier tube C_1 , celle du second tube C_2 , puis celle du troisième tube C_3 ; établir l'expression de la longueur L_n du tube C_n en fonction de L_1 ; en déduire la longueur du dernier tube C_{N-1} .

