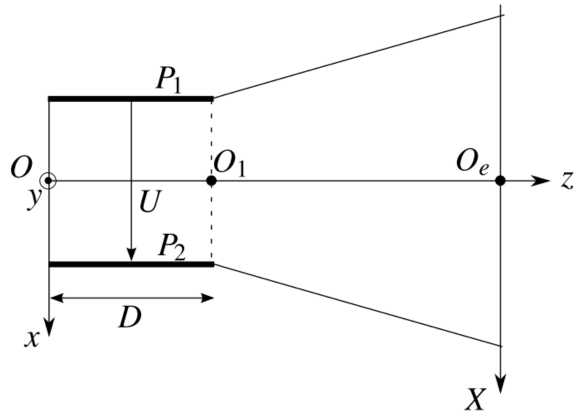
Sujet 1

I Oscilloscope analogique

Dans tout l'exercice on se place dans un référentiel galiléen, associé à un repère cartésien $(O, \vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$. Une zone de champ électrique uniforme (voir figure) est établie entre les plaques P_1 et P_2 (le champ est supposé nul en dehors et on néglige les effets de bord) ; la distance entre les plaques est d, la longueur des plaques D et la différence de potentiel est $U = V_{P2} - V_{P1}$ positive. Des électrons (charge $q = -e$, masse m) pénètrent en O dans la zone de champ électrique uniforme avec une vitesse $\vec{v_0} = v_0 \vec{u}_z$ selon l'axe Oz.



1) Etablir l'expression de la force subie par les électrons en fonction de U, q, d et $\vec{u}_x$.

Etude du mouvement des électrons

2) Déterminer l'expression de la trajectoire $x = f(z)$ de l'électron dans la zone du champ en fonction de d, U et v_0.

3) Déterminer le point de sortie K de la zone de champ ainsi que les composantes de la vitesse en ce point.

4) Montrer que dans la zone en dehors des plaques, le mouvement est rectiligne uniforme.

5) On note L la distance O_1O_e (voir figure introductive). Déterminer l'abscisse X_P du point d'impact P de l'électron sur l'écran en fonction de U, v_0, D, d et L. Que dire de la relation entre U et X_P ? En quoi est-ce important pour l'utilisation du dispositif en tant qu'oscilloscope ?

Sujet 2

I Pendule électrique

On étudie un pendule constitué d'une boule de polystyrène expansé recouverte d'une feuille d'aluminium, et suspendue à une potence par une fine tige de longueur $R = 10\,\mathrm{cm}$ dont nous négligerons la masse. La boule de masse $m = 20\,\mathrm{g}$ sera assimilée à un point matériel M.

Une boule identique est placée en A (voir schéma). Les deux boules sont chargées électriquement avec la même charge, et donc se repoussent. La force exercée par A sur M s'écrit

$$\overrightarrow{F}_e = \frac{k}{\mathrm{AM}^3}\overrightarrow{\mathrm{AM}} \quad \text{avec} \quad k = 4{,}4 \times 10^{-3}\,\mathrm{N{\cdot}m^2}$$

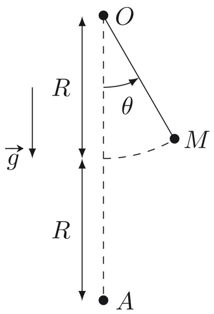


Figure 18.1 – Dispositif

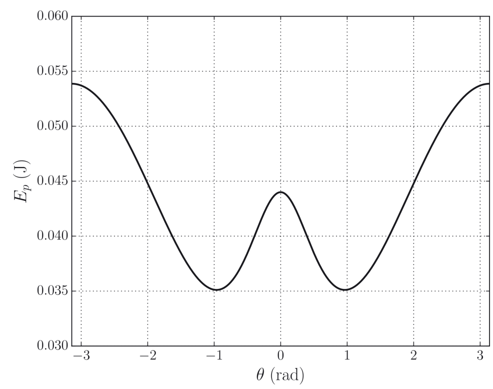


Figure 18.2 – Courbe $\mathcal{E}_p()$

1) Exprimer la distance AM en fonction de R et .

2) Montrer que la force $\overrightarrow{F}_e$ est conservative, et que son énergie potentielle s'exprime

$$\mathcal{E}_{p,e}() = \frac{\mathtt{k}}{\mathtt{R}\sqrt{5 - 4\cos}}$$

3) Exprimer l'énergie potentielle totale $\mathcal{E}_p()$ de la boule M.

4) Le tracé de l'énergie potentielle est proposé sur la figure 2. Déduire de ce graphe l'existence de positions d'équilibres, et indiquer leur nature.

5) Discuter de la nature de la trajectoire de M suivant la valeur de son énergie mécanique.

Sujet 3

I Charge dans B et avec frottements fluides.

Une particule de masse m et de charge $q = -e < 0$ se trouve initialement en un point O avec une vitesse $\vec{v}_0 = v_0\vec{e}_x$.

Elle se déplace dans un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme et permanent $\vec{B} = B\vec{e}_z$ et subit également une force de frottement fluide de la forme $\vec{f} = -\lambda\vec{v}$ avec λ une constante positive.

1) Quelle est le mouvement (trajectoire et vitesse) de la particule si $\lambda = 0$? Représentez la trajectoire associée.

2) On considère maintenant $\lambda \neq 0$ mais faible. Représentez, sans calcul supplémentaire, l'allure de la nouvelle trajectoire.

3) Déterminez les équations différentielles du mouvement dans le cas général.

   On pose $\underline{u} = x + jy$, $\omega = \frac{eB}{m}$ et $\tau = \frac{m}{\lambda}$.

4) Déterminez $\underline{u}(t)$. Comment calculerait-on $x(t)$ et $y(t)$? Précisez la position finale de la particule.