

# TD application : mouvement de particules chargées



## I Mouvements simples de particules chargées

On considère une particule ponctuelle, de charge  $q$  et de masse  $m$ , de vitesse initiale  $\vec{v}_0$  à l'entrée d'une zone où règnent un champ électrique  $\vec{E}$  ou un champ magnétique  $\vec{B}$ . On suppose ces champs uniformes et indépendants du temps, et on néglige toute autre force que celles provoquées par ces champs.

On suppose dans un premier temps que la particule décrit une droite et possède une accélération constante  $a$ .

- 1) Déterminer la direction et la norme du ou des champs qui provoquent cette trajectoire.
- 2) Déterminer la position  $\vec{OM}$  du point en fonction du temps. On notera  $\vec{OM}_0$  la position initiale.

La particule décrit maintenant une trajectoire circulaire de rayon  $R_0$ , dans un plan  $xOy$ .

- 3) Déterminer la direction du ou des champs qui provoquent cette trajectoire.
- 4) Déterminer l'équation de la trajectoire et la relation entre la norme du champ,  $v_0$  et  $R_0$ . On suggère d'utiliser les coordonnées polaires.



## II Filtre de vitesse

Un ion de masse  $m$  et de charge  $q$  pénètre dans un filtre par la fente  $F_1$  avec un vecteur vitesse  $\vec{v} = v_0 \vec{u}_x$ . Il y règne un champ électrique  $\vec{E} = E \vec{u}_y$  et un champ magnétique  $\vec{B} = B \vec{u}_z$ , uniformes et stationnaires.

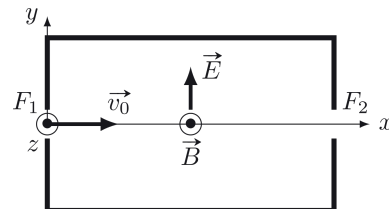


FIGURE M5.1 – Schéma du filtre de vitesse.

- 1) Écrire la force de LORENTZ alors ressentie par l'ion.
- 2) À quelle condition l'ion peut-il avoir une trajectoire rectiligne l'amenant à passer à travers la fente  $F_2$  ?
- 3) Exprimer en fonction de  $E$  et  $B$  la vitesse  $v_0$  lui permettant d'atteindre la fente  $F_2$ . Justifier le nom du dispositif.



## III Déviation d'un électron

Un électron pénètre en  $A$  avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0$  dans la zone grisée où règne un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme et stationnaire. On suppose que la zone où règne le champ magnétique est très grand de telle sorte que la particule ne peut que ressortir par les côtés  $AC$  ou  $AD$ .

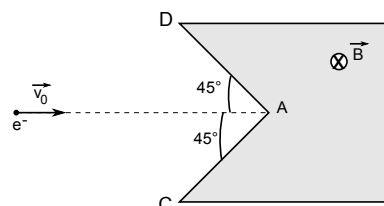


FIGURE M5.2 – Schéma de la situation.

- 1) Quelle est la trajectoire de la particule dans la zone grisée ? On précisera les caractéristiques de cette trajectoire.
- 2) Par quelle face ressort la particule ? Quelle est la direction de la vitesse ?
- 3) Que se passe-t-il ensuite ? Quel nom donneriez-vous à ce dispositif ?



## IV Imprimante jet d'encre

Dans un dispositif d'impression industriel, les gouttelettes d'encre sont chargées puis déviées de manière contrôlée par un déflecteur électrostatique avant d'atteindre le support d'impression.

Une gouttelette de volume  $V = 10 \text{ pL}$ , de charge  $q = 3,4 \times 10^{-14} \text{ C}$  et de vitesse  $v_0 = 20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  entre en O dans le déflecteur, constitué de deux électrodes planes portées aux potentiels électriques  $V_1$  et  $V_2$  et générant un champ électrostatique uniforme  $\vec{E} = E\vec{u}_y$  avec  $E = 5,0 \times 10^5 \text{ V}\cdot\text{m}^{-1}$ .

La longueur du déflecteur est  $L_1 = 5,0 \text{ cm}$ . Le support d'impression se trouve à la distance  $L_2 = 20 \text{ cm}$  de la sortie du déflecteur. L'encre est essentiellement constituée d'eau, de masse volumique  $\rho = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

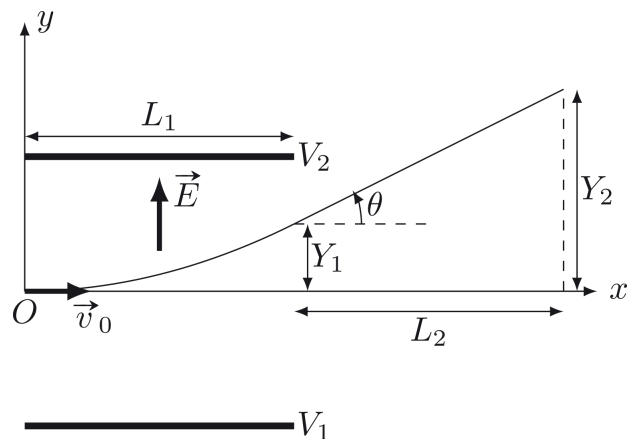


FIGURE M5.3 – Schéma du déflecteur.

- 1) Quel est le signe de la tension  $V_1 - V_2$  pour que la gouttelette d'encre soit effectivement déviée dans le sens des  $y$  croissants ?
- 2) Calculer la masse  $m$  de la gouttelette et montrer que l'on peut négliger son poids devant la force électrique de LORENTZ.
- 3) Appliquer la deuxième loi de NEWTON à la gouttelette entre les électrodes et déterminer l'équation de sa trajectoire. En déduire le déplacement  $Y_1$  en sortie du déflecteur.
- 4) Caractériser la trajectoire de la gouttelette après sa sortie du déflecteur, en négligeant son poids.
- 5) Exprimer puis calculer la déflexion angulaire  $\theta$ . En déduire le déplacement  $Y_2$ .