

1 La tension électrique  $U$  appliquée entre les plaques chargées et la distance  $d$  entre ces plaques sont les grandeurs physiques qui ont une influence sur le champ électrique, et en particulier sur sa norme. La norme  $E$  du champ électrique :

- augmente si la valeur de la tension  $U$  augmente ;
- diminue si la valeur de la distance  $d$  augmente.

2 a- Référentiel terrestre supposé galiléen.

Système {goutte d'encre} modélisé par un point matériel M de masse  $m$  constante et de charge  $q < 0$ .

Inventaire des forces extérieures :

- La force électrique  $\vec{F}_{\text{el}} = q\vec{E}$ .
- Le poids  $\vec{P}$  qui sera négligé devant la force électrique.
- L'action de l'air est négligée.

D'après la deuxième loi de Newton, pour un système de masse constante  $m$  :

$$m \vec{a} = \sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{F}_{\text{el}} = q \vec{E} \text{ avec } \vec{E} = -\frac{U}{d} \vec{k}.$$

On en déduit l'expression du vecteur accélération :  $\vec{a} = -\frac{qU}{md} \vec{k}$ .

b-

Conditions initiales :

À la date  $t=0$ , les coordonnées du vecteur position sont 
$$\begin{cases} x(0) = 0 \\ y(0) = 0 \\ z(0) = 0 \end{cases}$$

et les coordonnées du vecteur vitesse sont 
$$\begin{cases} v_x(0) = v_0 \\ v_y(0) = 0 \\ v_z(0) = 0 \end{cases}.$$

À partir de la question a., on obtient les coordonnées du vecteur

accélération :  $\vec{a}(t) = \begin{cases} a_x(t) = 0 \\ a_y(t) = 0 \\ a_z(t) = -\frac{qU}{md} \end{cases}$

#### • Vecteur vitesse

Les coordonnées du vecteur vitesse  $\vec{v}$  sont des primitives des coordonnées du vecteur accélération défini par  $\vec{a}(t) = \frac{d\vec{v}}{dt}$ .

$$\vec{a}(t) = \begin{cases} a_x(t) = \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ a_y(t) = \frac{dv_y}{dt} = 0 \\ a_z(t) = \frac{dv_z}{dt} = -\frac{qU}{md} \end{cases} \Rightarrow \vec{v}(t) = \begin{cases} v_x(t) = \text{cste}_1 \\ v_y(t) = \text{cste}_2 \\ v_z(t) = -\frac{qU}{md} t + \text{cste}_3 \end{cases}$$

Les constantes  $\text{cste}_1$ ,  $\text{cste}_2$  et  $\text{cste}_3$  sont déterminées en utilisant les conditions initiales du mouvement :  $v_x(0) = v_0$  donc  $\text{cste}_1 = v_0$  ;  $v_y(0) = 0$  donc  $\text{cste}_2 = 0$  ;  $v_z(0) = 0$  donc  $\text{cste}_3 = 0$ .

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = v_0 \\ v_y(t) = 0 \\ v_z(t) = -\frac{qU}{md} t \end{cases}$$

### • Équations horaires du mouvement

Les coordonnées du vecteur position  $\overrightarrow{OM}$  sont des primitives des coordonnées du vecteur vitesse défini par  $\vec{v}(t) = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ .

$$\vec{v}(t) \begin{cases} v_x(t) = \frac{dx}{dt} = v_0 \\ v_y(t) = \frac{dy}{dt} = 0 \\ v_z(t) = \frac{dz}{dt} = -\frac{qU}{md} t \end{cases} \Rightarrow \overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_0 t + \text{cste}_4 \\ y(t) = \text{cste}_5 \\ z(t) = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2 + \text{cste}_6 \end{cases}$$

Les constantes  $\text{cste}_4$ ,  $\text{cste}_5$  et  $\text{cste}_6$  sont déterminées en utilisant les conditions initiales du mouvement :  $x(0) = y(0) = z(0) = 0$  donc  $\text{cste}_4 = \text{cste}_5 = \text{cste}_6 = 0$ .

$$\overrightarrow{OM}(t) \begin{cases} x(t) = v_0 t \\ y(t) = 0 \\ z(t) = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} t^2 \end{cases}$$

### • Trajectoire

À partir des équations horaires du mouvement, on obtient l'équation de la trajectoire.

$$t = \frac{x}{v_0} \text{ donc } z(x) = -\frac{1}{2} \frac{qU}{md} \left( \frac{x}{v_0} \right)^2 = -\frac{qU}{2 m d v_0^2} x^2.$$

Cette partie est traitée sous la forme d'une présentation orale sans notes, dans l'optique de préparer les élèves à l'épreuve du Grand oral.

a. La déviation à la sortie du dispositif correspond à

$$z(l) = -\frac{qU}{2 m d v_0^2} l^2 \text{ avec } l \text{ la longueur des électrodes de}$$

déviation. Les paramètres qui permettent d'ajuster la déviation sont :

- la masse  $m$  et la vitesse  $v_0$  des gouttes d'encre. Si la valeur de ces deux paramètres augmente, la déviation obtenue sera plus faible.

Ces deux paramètres dépendent de la pression de l'encre dans le réservoir et du diamètre de la buse de sortie. Le jet d'encre continu est divisé en gouttelettes grâce un dispositif piézoélectrique qui génère des ondes ultrasonores de fréquence réglable.

- la longueur des plaques de déviation. La déviation augmente si cette longueur augmente. Ce paramètre n'est pas ajustable.
- la distance  $d$  entre les plaques chargées. La déviation augmente si cette distance diminue. Ce paramètre n'est pas ajustable.
- la tension électrique  $U$  appliquée entre les plaques. La déviation augmente si cette tension augmente.
- la charge  $q$  des gouttelettes d'encre. Si  $|q| > 0$ , la déviation des gouttes d'encre augmente.

b. La goutte d'encre est assimilée à une sphère de rayon  $r = 25 \mu\text{m}$ .

La masse d'une goutte d'encre est égale à :  $m = \rho V_{\text{goutte}} = \rho \frac{4}{3} \pi r^3$ .

$$\text{A.N. : } m = 9,4 \times 10^2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3} \times \frac{4}{3} \pi \times (25 \times 10^{-6} \text{ m})^3$$
$$m = 6,2 \times 10^{-12} \text{ kg}.$$

La masse volumique de l'encre est inférieure à celle de l'eau.  
En effet, les encres utilisent des solvants tels que l'acétone ou l'éthanol.

$$\text{D'après la question précédente : } q = - \frac{2 m d v_0^2}{U l^2} z(l).$$

$$\text{A.N. : } q = - \frac{2 \times 6,2 \times 10^{-12} \times 5,0 \times 10^{-3} \times 20^2 \times 1,0 \times 10^{-3}}{3,0 \times 10^3 \times (2,5 \times 10^{-2})^2}$$
$$q = -1,3 \times 10^{-14} \text{ C}.$$