

**EXERCICE - IMPRIMANTE À JET D'ENCRE CONTINU (5 points)**

De nombreuses applications technologiques, dans des domaines très variés, reposent sur l'utilisation d'un champ électrique.

L'objectif de cet exercice est d'étudier le principe de fonctionnement des imprimantes à jet d'encre continu dévié, principalement utilisées pour imprimer les dates d'expiration figurant sur les produits alimentaires.



D'après le site [domino-printing.com](http://domino-printing.com)

On donne sur le schéma de la figure 1, le principe de fonctionnement de l'imprimante à jet d'encre continu dévié : le jet d'encre sort de la tête d'impression par une buse qui le décompose en très petites gouttes dont certaines sont chargées électriquement.

Celles-ci passent sous un déflecteur constitué de deux plaques  $P_1$  et  $P_2$  parallèles, chargées électriquement, assimilables à un condensateur plan. Ces plaques dévient les gouttes chargées de leur trajectoire initiale.

Les gouttes non chargées poursuivent quant à elles leur mouvement rectiligne vers une gouttière de recyclage et sont réintégrées dans le module d'encre afin d'être réutilisées.

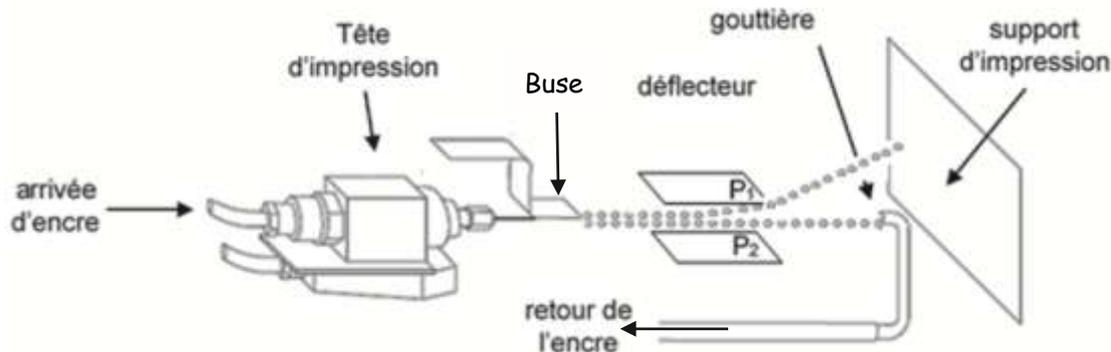


Figure 1. Schéma de principe de l'imprimante à jet d'encre continu dévié (d'après le site

**Données :**

- les mouvements sont étudiés dans le référentiel terrestre supposé galiléen associé au repère  $(O, \vec{i}, \vec{k})$  représentés sur la figure 2. Les vecteurs  $\vec{i}$  et  $\vec{k}$  sont unitaires ;
- on considère que la charge électrique et la masse des gouttes d'encre restent constantes entre la buse et le support d'impression ;
- masse d'une goutte d'encre :  $m = 2 \times 10^{-10}$  kg ;
- charge électrique d'une goutte :  $q = -4 \times 10^{-13}$  C ;
- valeur de la vitesse d'éjection des gouttes d'encre :  $v_0 = 20$  m·s<sup>-1</sup> ;
- longueur des plaques du déflecteur :  $L = 2$  cm ;
- distance entre le déflecteur et le support d'impression :  $D = 3$  cm ;
- le champ électrique est supposé uniforme dans le déflecteur, il s'écrit  $\vec{E} = -E \cdot \vec{k}$  avec  $E = 9 \times 10^5$  V·m<sup>-1</sup> ;
- le champ électrique est nul à l'extérieur du déflecteur ;
- hauteur moyenne d'un caractère imprimé :  $h = 3$  mm ;
- intensité de la pesanteur :  $g = 9,81$  m·s<sup>-2</sup>.

On étudie le mouvement d'une goutte d'encre  $G$ , supposée ponctuelle, de masse  $m$  et de charge  $q$  négative.

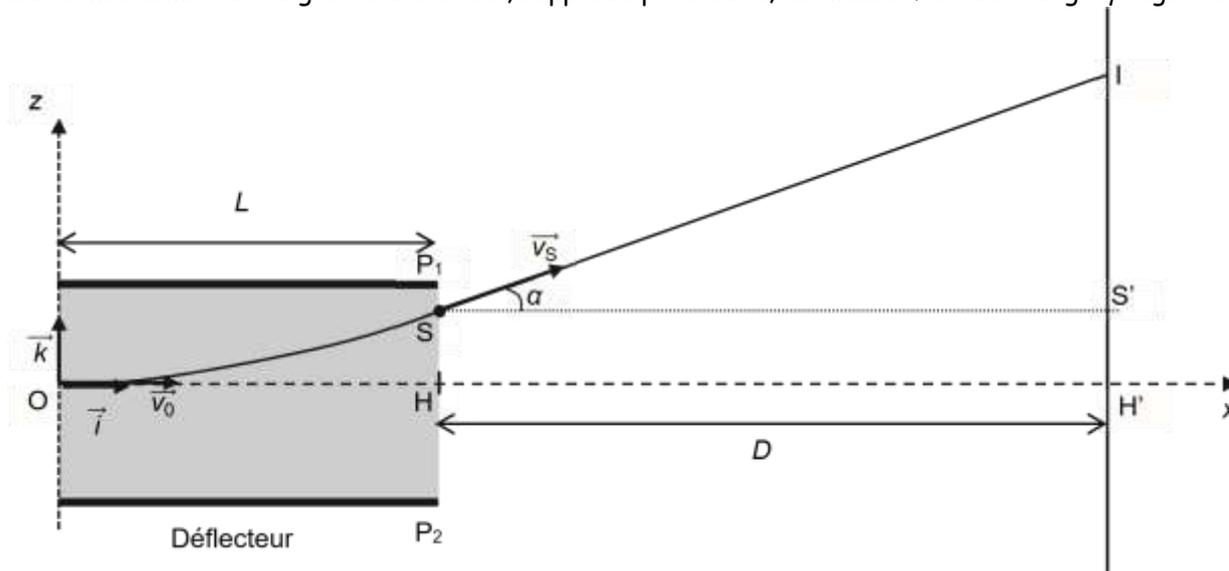


Figure 2. Schéma de la trajectoire de la goutte  $G$

À la date  $t_0 = 0$  s, la goutte d'encre  $G$  pénètre dans la zone de champ électrique uniforme au niveau du point  $O$  avec une vitesse initiale notée  $\vec{v}_0 = v_0 \cdot \vec{i}$ .

On suppose que l'action mécanique de l'air est négligeable devant les autres actions.

**Q1.** Indiquer les signes des charges portées par les plaques  $P_1$  et  $P_2$  sachant que la goutte chargée négativement est déviée vers le haut (sens des  $z$  croissants) puis justifier que le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  est orienté de  $P_1$  vers  $P_2$ .

On suppose que la valeur du poids de la goutte d'encre  $G$  est négligeable par rapport à celle de la force électrique subie dans le déflecteur.

**Q2.** Établir l'expression du vecteur accélération  $\vec{a}_G$  de la goutte d'encre en fonction de la masse  $m$ , de la charge  $q$  et du vecteur champ électrique  $\vec{E}$  entre les plaques du déflecteur.

**Q3.** Montrer que les équations horaires  $x_G(t)$  et  $z_G(t)$  du mouvement de la position de la goutte d'encre  $G$  dans le déflecteur sont données par les relations :

$$\begin{cases} x_G(t) = v_0 \cdot t \\ z_G(t) = -\frac{1}{2} \cdot \frac{q \cdot E}{m} \cdot t^2 \end{cases}$$

**Q4.** Exprimer la date  $t_S$  à laquelle la goutte d'encre  $G$  sort du déflecteur puis montrer que la valeur de la déviation  $HS$  est d'environ 0,9 mm.

**Q5.** Exprimer les coordonnées du vecteur vitesse  $\vec{v}_S$  de la goutte d'encre  $G$  à la date  $t_S$ .

**Q6.** Montrer que la valeur de l'angle  $\alpha$  entre l'axe  $(Ox)$  et le vecteur vitesse  $\vec{v}_S$  est donnée par la relation :

$$\tan \alpha = -\frac{q \cdot E \cdot L}{m \cdot v_0^2}$$

On suppose que le mouvement de la goutte entre le point  $S$  et le support d'impression est rectiligne uniforme.

**Q7.** En déduire la valeur de la hauteur  $H'I$  du point d'impact  $I$  de la goutte sur le support d'impression. Commenter.

**Q8.** Proposer, en justifiant, plusieurs moyens permettant d'augmenter la taille du caractère imprimé sur le support d'impression.