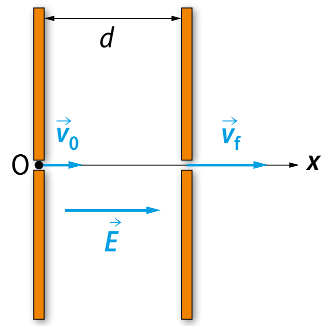
14 **1.**



D'après le schéma de l'énoncé, $v_f > v_0$, donc l'armature de droite est chargée négativement pour accélérer le proton. Ainsi, le champ $\vec{E}$ est orthogonal aux plaques et orienté vers l'armature négative (x croissant).

2. a. L'action mécanique de la Terre est modélisée par le poids $P = m \cdot g$.

La force électrique a pour expression, en valeur, $F_e = e \cdot E$, d'où le rapport :

$$\frac{F_e}{P} = \frac{e \cdot E}{m \cdot g} \text{ soit } \frac{F_e}{P} = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^{3}}{1{,}7 \times 10^{-27} \times 9{,}81} = 1{,}9 \times 10^{10}.$$

L'action de la Terre est négligeable devant celle modélisée par la force électrique.

b. D'après la deuxième loi de Newton :

$$m \cdot \vec{a} = \vec{F}_e = e \cdot \vec{E}, \text{ d'où } \vec{a} = \frac{e}{m} \cdot \vec{E}.$$

3. a. Par projection, on obtient $a_x = \dfrac{e \cdot E}{m}$.

b. Puisque $\vec{a} = \dfrac{d\vec{v}}{dt}$, on obtient après intégration :

$v_x(t) = \dfrac{e \cdot E}{m} \cdot t + k_1$, où k_1 est une constante à déterminer.

Or, à $t = 0$ s, $\vec{v}(0) = v_0 \cdot \vec{i}$, d'où $k_1 = v_0$ et $v_x(t) = \dfrac{e \cdot E}{m} t + v_0$.

De même, on obtient $x(t)$ après une deuxième intégration :

$x(t) = \dfrac{e \cdot E}{2m} t^2 + v_0 \cdot t$ car, à $t = 0$ s, le système est en O, d'abscisse 0.

c. L'accélérateur est linéaire car le mouvement de la particule s'effectue selon l'axe (Ox).

4. a. Le proton sort de l'accélérateur à l'instant t_s tel que $x(t_s) = d$.

t_s est donc la racine positive de l'équation du second degré en t suivante :

$$\frac{e \cdot E}{2m} t^2 + v_0 \cdot t - d = 0$$

Le discriminant de l'équation s'écrit :

$$\Delta = v_0^2 + 4d \frac{e \cdot E}{2m} = v_0^2 + \frac{2e \cdot E \cdot d}{m},$$

Soit $\Delta = (2{,}0 \times 10^3)^2 + \dfrac{2 \times 1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3 \times 18{,}0 \times 10^{-2}}{1{,}7 \times 10^{-27}} = 6{,}8 \times 10^{10}$ SI.

La racine positive est : $t_s = \dfrac{-v_0 + \sqrt{\Delta}}{2\dfrac{e \cdot E}{2m}} = \dfrac{\left(-v_0 + \sqrt{\Delta}\right) \cdot m}{e \cdot E}$

Soit $t_s = \dfrac{\left(-2{,}0 \times 10^3 + \sqrt{6{,}8 \times 10^{10}}\right) \times 1{,}7 \times 10^{-27}}{1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3} = 1{,}4 \times 10^{-6}$ s

b. $v_f = v_x\left(t_s\right) = \dfrac{e \cdot E}{m} \cdot t_s + v_0$ soit :

$$v_f = \frac{1{,}6 \times 10^{-19} \times 2{,}0 \times 10^3}{1{,}7 \times 10^{-27}} \times 1{,}4 \times 10^{-6} + 2{,}0 \times 10^3 = 2{,}6 \times 10^5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

On vérifie que ce condensateur plan joue le rôle d'accélérateur de particules.