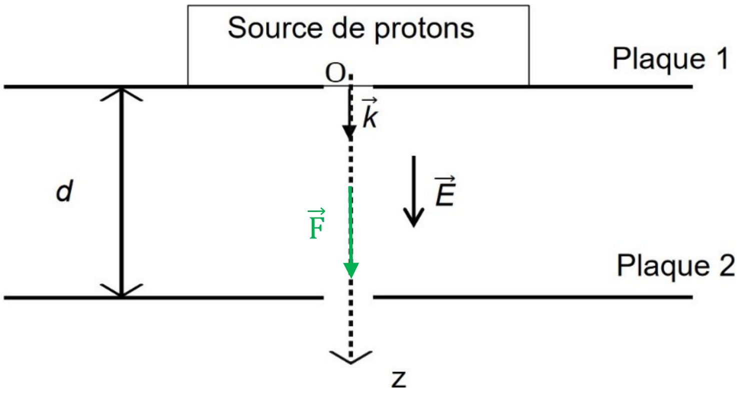
Accélérateur de Van de Graaf
(Bac Spécialité Physique-Chimie - Polynésie - mars 2023)

Corrigé réalisé par B. Louchart, professeur de Physique-Chimie

1. $\vec{F} = q\vec{E} = e\vec{E}$, donc $\vec{F}$ a la même direction et le même sens que $\vec{E}$



2. $F = eE = 1{,}6\times10^{-19} \times 1{,}5\times10^{6} = 2{,}4\times10^{-13}$ N
$P = m_p g = 1{,}67\times10^{-27} \times 9{,}81 = 1{,}64\times10^{-26}$ N

$$\frac{F}{P} = \frac{2{,}4\times10^{-13}}{1{,}64\times10^{-26}} = 1{,}4\times10^{13}$$

$\Rightarrow$ $F = 1{,}4\times10^{13} \times P$
Le poids est donc négligeable par rapport à la force électrique.

3.

- système : {proton}
  référentiel : terrestre, considéré galiléen

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{F}$ la force électrique : $\vec{F} = e\vec{E}$
  Le poids est négligé devant la force électrique.

- D'après la 2ème loi de Newton, $\Sigma\vec{F}_{ext} = m_p\,\vec{a}$
  car le référentiel d'étude est considéré galiléen et la masse du système est constante.
  $\Rightarrow$ $e\vec{E} = m_p\vec{a}$
  $\Rightarrow$ $\vec{a} = \dfrac{e}{m_p}\,\vec{E}$

4. En projetant la relation précédente sur l'axe (Oz), on obtient : $a_z = \dfrac{e}{m_p} E_z$

$$\Rightarrow \frac{dv_z}{dt} = \frac{eE}{m_p}$$

$$\Rightarrow v_z = \frac{eE}{m_p} t + C_1$$

Déterminons C_1 à l'aide d'une condition initiale : $\vec{v}(t = 0s) = \vec{0} \Rightarrow v_z\,(t = 0s) = 0$ m.s^{-1}

$$\left.\begin{array}{l} v_z\,(t = 0s) = C_1 \\ v_z\,(t = 0s) = 0 \end{array}\right\} \Rightarrow C_1 = 0$$

Finalement, $v_z\,(t) = \dfrac{eE}{m_p} t$

5. Notons S le point de l'axe (Oz) au niveau de la plaque 2.
D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué entre O et S,
$E_c\,(S) - E_c\,(O) = W_{OS}\,(\vec{F})$

Or : $E_c\,(S) = \dfrac{1}{2} m_p\, v_2^2$

$E_c\,(O) = \dfrac{1}{2} m_p\, v_O^2 = 0$ J (car le proton a une vitesse nulle en O),

$W_{OS}\,(\vec{F}) = eU = eEd$

On obtient : $\dfrac{1}{2} m_p\, v_S^2 = eEd$

$$\Rightarrow v_S^2 = \frac{2eEd}{m_p}$$

$$\Rightarrow v_S = \sqrt{\frac{2eEd}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 1,5 \times 10^{6} \times 2,9 \times 10^{-2}}{1,67 \times 10^{-27}}} = 2,9 \times 10^{6} \text{ m.s}^{-1}$$

Cette vitesse n'est pas comprise entre $2,3\times10^7$ et $3,1\times10^7$ m.s^{-1}, donc elle est insuffisante pour analyser un objet d'art.

6. Entre les plaques 2 et 3, le proton est soumis au même champ électrique uniforme, donc à la même force qu'entre les plaques 1 et 2.

Les conditions étant les mêmes, on obtient la même expression de $v_z\,(t)$: $v_z\,(t) = \dfrac{eE}{m_p} t$

7. Notons S' le point de l'axe (Oz) au niveau de la dernière plaque.
D'après le théorème de l'énergie cinétique appliqué entre O et S',
$E_c(S') - E_c(O) = W_{OS'}(\vec{F})$

Or : $E_c(S') = E_{c\,(final)}$
$E_c(O) = 0$ J
$W_{OS'}(\vec{F}) = eU$

Ainsi, $E_{c\,(final)} = eU$

8. On en déduit que : $\frac{1}{2} m_p v_{S'}^2 = eU$

$\Rightarrow \quad v_{S'}^2 = \frac{2eU}{m_p}$

$\Rightarrow \quad v_{S'} = \sqrt{\frac{2eEd}{m_p}} = \sqrt{\frac{2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times 3,0 \times 10^6}{1,67 \times 10^{-27}}} = 2,4 \times 10^7$ m.s^{-1}

La vitesse est cette fois comprise entre $2,3 \times 10^7$ et $3,1 \times 10^7$ m.s^{-1}, donc elle permet l'analyse d'un objet d'art.