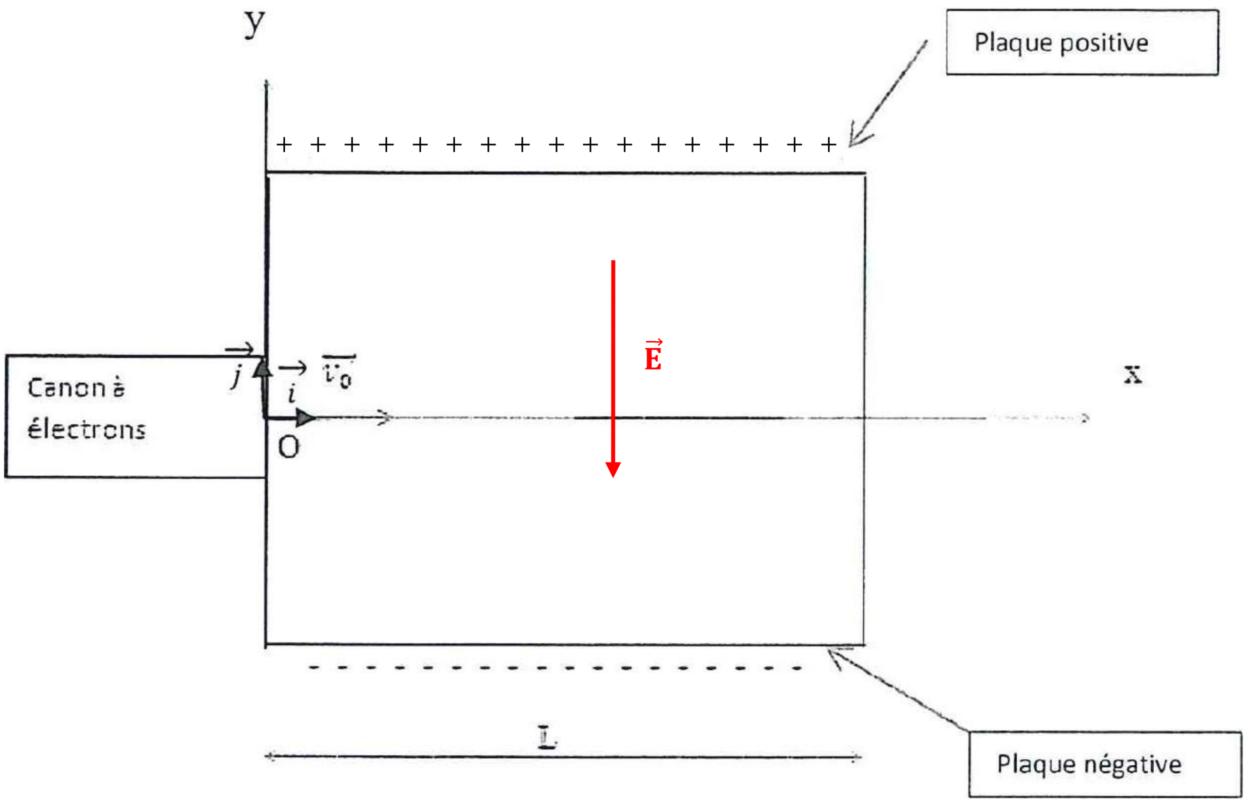
Détermination du rapport e/m pour l'électron
(Bac S - Antilles-Guyane - juin 2013)

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

1. Détermination du caractère négatif de la charge de l'électron par J.J. Thomson

1.1. D'après les documents 2 et 5, le vecteur champ électrique uniforme $\vec{E}$ est perpendiculaire aux plaques, dirigé de la plaque chargée positivement vers la plaque chargée négativement, et a pour valeur E = 15,0 kV.m^{-1}.
L'échelle étant 1,0 cm pour 5,0 kV.m^{-1}, le vecteur sera représenté par une flèche de longueur 3,0 cm.



1.2. D'après le doc.2, deux particules de charges de même signe se repoussent, et deux particules de charges opposées s'attirent.
Or l'électron est attiré par la plaque supérieure (chargée positivement) et repoussée par la plaque inférieure (chargée négativement).
J.J. Thomson en a ainsi déduit que l'électron est chargé négativement.

1.3. D'après le doc.3, $\vec{F} = q\vec{E}$, avec $q = -e$ pour un électron.
On obtient ainsi $\vec{F} = -e\vec{E}$
On en déduit que $\vec{F}$ et $\vec{E}$ ont des sens contraires, donc que $\vec{F}$ est orienté vers la plaque supérieure.
C'est cohérent avec le fait que les électrons du faisceau sont déviés vers cette plaque supérieure.

2. Détermination du rapport e/m pour l'électron

2.1.

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

- bilan des forces extérieures appliquées au système :
  $\vec{F}$ la force électrostatique
  D'après le doc.5, on néglige le poids par rapport à la force électrostatique

- D'après la 2ème loi de Newton, dans un référentiel galiléen, $\Sigma\,\vec{F}_{ext} = \dfrac{d\vec{p}}{dt}$

  Or : $\Sigma\,\vec{F}_{ext} = \vec{F}$

  et : $\dfrac{d\vec{p}}{dt} = \dfrac{d(m\,\vec{v})}{dt} = m\,\dfrac{d\vec{v}}{dt} = m\,\vec{a}$

  car m ne dépend pas de t

  $\Rightarrow\ \vec{F} = m\vec{a}$
  $\Rightarrow\ -e\vec{E} = m\vec{a}$
  $\Rightarrow\ \vec{a} = -\dfrac{e}{m}\vec{E}$

- $\vec{a} = -\dfrac{e}{m}\vec{E}$

  De plus, comme $\vec{a}\left|\begin{array}{l} a_x \\ a_y \end{array}\right.$ et $\vec{E}\left|\begin{array}{l} 0 \\ E \end{array}\right.$

  on obtient : $\vec{a}\left|\begin{array}{l} a_x = 0 \\ a_y = -\dfrac{eE}{m} \end{array}\right.$

2.2.1. Le point S de coordonnées $x_S = L$ et $y_S = h$ appartient à la trajectoire, donc $y_S = \dfrac{eE}{2mv_0^2}\, x_S^2$,

c'est-à-dire : $h = \dfrac{eE}{2mv_0^2} \times L^2$

On en déduit que $\dfrac{e}{m} = \dfrac{2hv_0^2}{EL^2}$

2.2.2. $\dfrac{e}{m} = \dfrac{2 \times 1{,}85 \times 10^{-2} \times (2{,}27 \times 10^7)^2}{15{,}0 \times 10^3 \times (8{,}50 \times 10^{-2})^2} = 1{,}76 \times 10^{11}\ \text{C.kg}^{-1}$

2.2.3.

$$U\left(\frac{e}{m}\right) = \frac{e}{m}\sqrt{\left(\frac{U(h)}{h}\right)^2 + \left(\frac{U(E)}{E}\right)^2 + 4\left(\frac{U(v_0)}{v_0}\right)^2 + 4\left(\frac{U(L)}{L}\right)^2}$$

$$= 1{,}76 \times 10^{11} \times \sqrt{\left(\frac{0{,}05}{1{,}85}\right)^2 + \left(\frac{0{,}1}{15{,}0}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}02}{2{,}27}\right)^2 + 4\left(\frac{0{,}05}{8{,}50}\right)^2}$$

$$= 6 \times 10^9\ \text{C.kg}^{-1}$$

On peut donc écrire que : $\dfrac{e}{m} = (1{,}76 \pm 0{,}06) \times 10^{11}\ \text{C.kg}^{-1}$