

A la découverte de l'électron

CONTEXTE DU SUJET

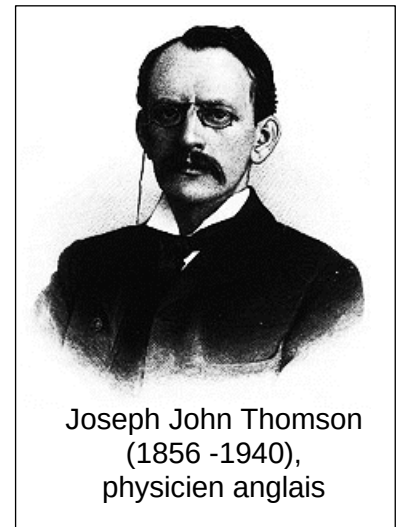
Un accélérateur de particules est un instrument qui utilise des champs électriques élevés pour amener des particules chargées électriquement (protons, électrons, ions) à des vitesses élevées.

On distingue deux types d'accélérateurs : ceux qui provoquent une déviation du faisceau et les accélérateurs linéaires utilisés en physique subatomique, en radiothérapie ou encore dans l'analyse et la restauration des œuvres d'art, qui accélèrent les particules en ligne droite (étudiés dans une autre activité).

Le dispositif qui suit regroupe les deux fonctions et fut utilisé lors de l'expérience historique de Joseph John Thomson qui lui a permis de prouver l'existence de l'électron !



[Principe de l'expérience](#)



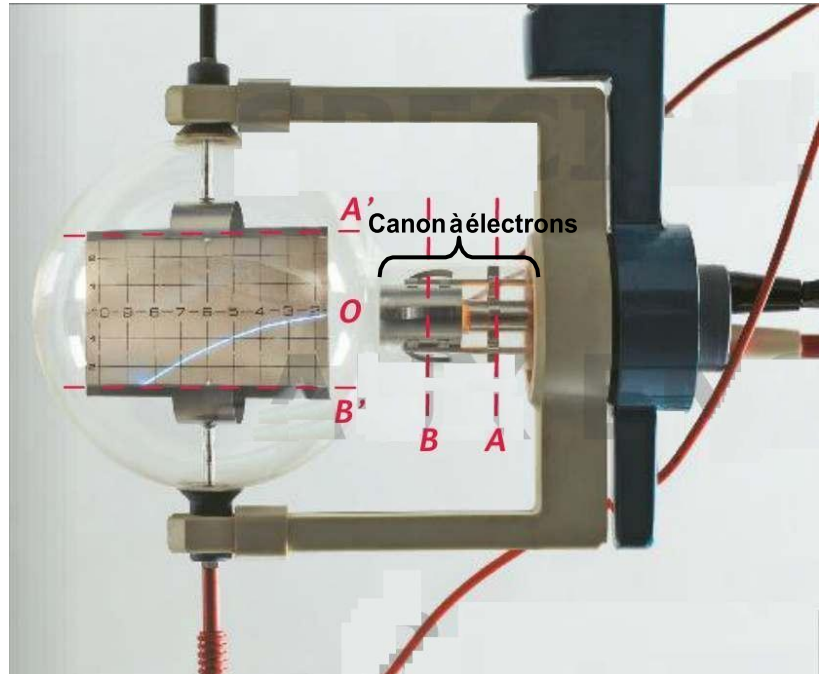
Joseph John Thomson
(1856 -1940),
physicien anglais

QUELQUES DOCUMENTS

Document 1 : Dispositif étudié

Voici l'appareil utilisé par Thomson. Il comprend :

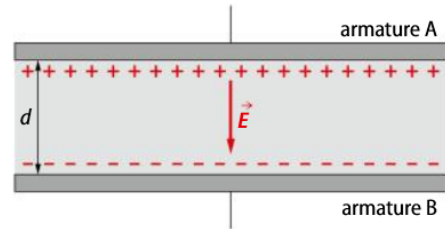
- ✚ **Un canon à électrons** qui accélère et focalise les électrons émis par un filament, afin d'obtenir un faisceau rectiligne d'électrons de même vitesse (la tension U entre les plaques **A** et **B** permet de créer un champ électrique uniforme $\vec{E}$) ;
- ✚ **Un dispositif de déviation** constitué de deux plaques horizontales **A'** et **B'** (séparées par une distance $d = 5,6$ cm) entre lesquelles la même tension U permet de créer un champ électrique uniforme $\vec{E}'$. Le faisceau d'électrons qui pénètre au point **O** est dévié par ce champ $\vec{E}'$;
- ✚ **Un écran gradué** recouvert d'une substance fluorescente permet de matérialiser la trajectoire des électrons.



Document 2 : Le condensateur plan

Le condensateur plan est formé de deux lames conductrices A et B parallèles et séparées par un isolant. Entre les lames A et B chargées règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$ de valeur donnée par la relation suivante :

charge électrique (en $\text{V} \cdot \text{m}^{-1}$) $\rightarrow E = \frac{U_{AB}}{d}$ $\leftarrow$ tension entre les deux armatures A et B (en V)
 $\leftarrow$ distance entre les armatures (en m)



Document 3 : Force électrostatique subie par une particule chargée dans champ électrique $\vec{E}$

Champ électrique

Force subie par la particule chargée

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E}$$

Charge de la particule

Pour un électron : $q = -e$; e étant la charge élémentaire.

Document 4 : Interactions entre particules chargées

Deux particules de charges de même signe se repoussent ; deux particules de charges opposées s'attirent.

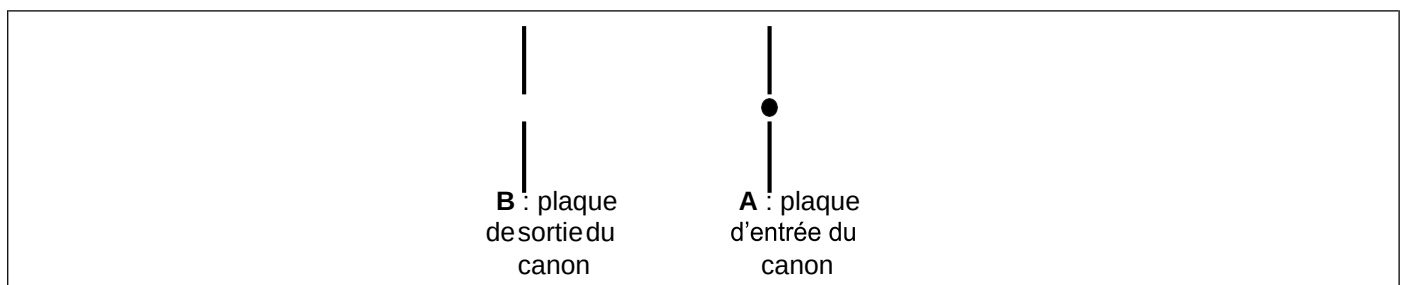
$\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont des vecteurs colinéaires de même sens si $q > 0$ et de sens opposés si $q < 0$

Dans toute l'activité, on considèrera le poids comme négligeable et il n'y a pas de forces de frottement

ANALYSER

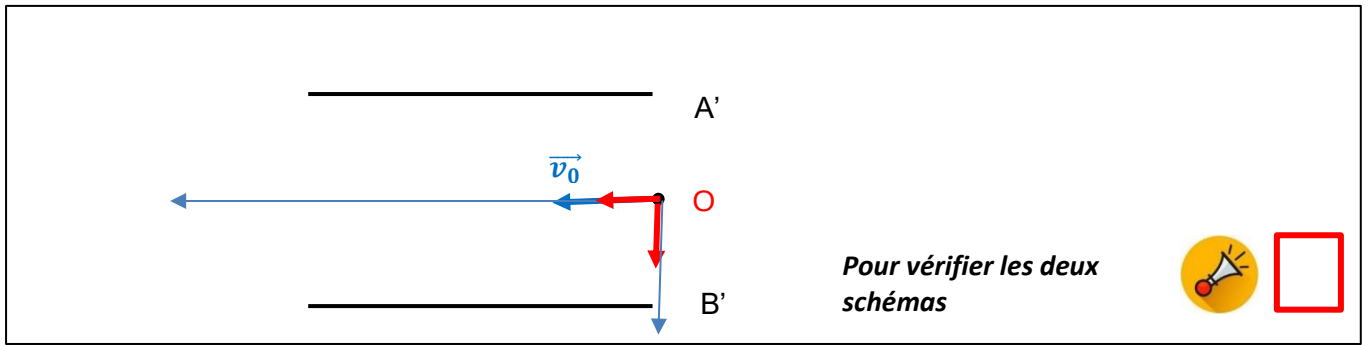
Étude du canon à électrons :

- Compléter le schéma du canon à électrons, lorsqu'un électron se déplace de la plaque A vers la B :
 - Dessiner en pointillés l'allure de la trajectoire de l'électron entre les plaques.
 - Représenter la force électrostatique $\vec{F}$ qui s'exerce sur l'électron (représenté par un point noir) et le champ électrique $\vec{E}$ régnant entre les plaques.
 - En déduire la polarité des plaques



Étude du dispositif de déviation du faisceau d'électrons :

- Compléter de la même façon le schéma ci-dessous du dispositif de déviation lorsque l'électron arrive au point O entre les plaques A' et B' et est dévié comme sur la photo du document 1 :
 - Dessiner en pointillés l'allure de la trajectoire de l'électron entre les plaques.
 - Représenter la force électrostatique $\vec{F}'$ qui s'exerce sur l'électron et le champ électrique $\vec{E}'$ régnant entre les plaques.
 - En déduire la polarité des plaques



On se place dans un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ dans lequel $\vec{i}$ est horizontal orienté vers la gauche et $\vec{j}$ vertical vers le bas. On fait l'hypothèse que la vitesse d'entrée $\vec{v}_0 = v_0 \cdot \vec{i}$, des électrons est parallèle aux plaques A' et B' entre lesquelles existe la même tension U qu'entre les plaques A et B.

3. En notant la masse d'un électron m_e et sa charge électrique vaut $-e$, montrer que l'accélération des électrons entre les plaques A' et B' vaut :
- $$\vec{a} = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{eE'}{m_e} \end{pmatrix}$$



Pour vérifier la rédaction

4. Montrer que la trajectoire du faisceau d'électrons a pour équation : $y(x) = \frac{eE'}{2m_e v_0^2} x^2$

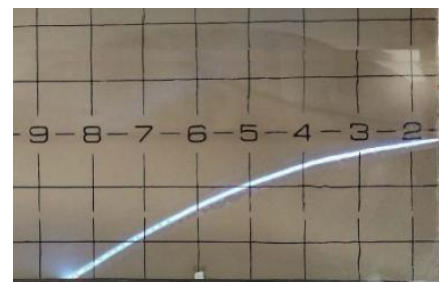
Pour vérifier la rédaction



RÉALISER

Avec un logiciel de traitement d'images (Généris), relever sur la photographie au format JPEG, (photo sur l'ENT), les coordonnées des points du faisceau. Définir un repère dans lequel le vecteur unitaire horizontal est orienté vers la gauche et le vecteur unitaire vertical est orienté vers le bas.

- ➔ Pointer, tracer et modéliser l'équation de la trajectoire $y(x)$ et noter l'équation obtenue



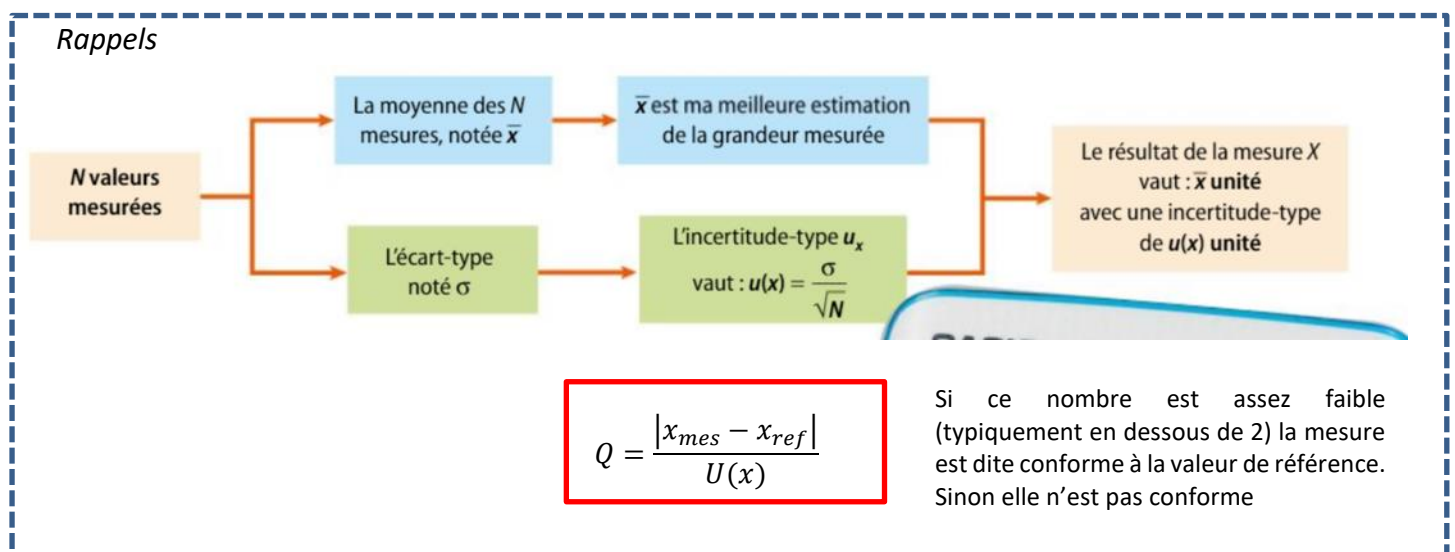
Pour vérifier l'équation



$y(x) =$

VALIDER

- Sachant que $v_0 = 2,27 \times 10^7 \text{ m.s}^{-1}$ et $E' = 26 \text{ kV.m}^{-1}$, en déduire le rapport e/m_e en vous aidant de l'équation numérique obtenue précédemment et de l'équation de la trajectoire théorique trouvée à la question 4
- Calculer la valeur théorique. (Données : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$; $m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)
- D'autres groupes ont réalisé les mêmes mesures. Leurs résultats sont consignés dans le tableau ci-après. Exprimer la valeur du rapport e/m_e avec son incertitude puis calculer le coefficient Q et commenter.



Valeur de e/m_e	$1,80 \times 10^8$	$1,79 \times 10^8$	$1,76 \times 10^8$	$1,81 \times 10^8$	$1,79 \times 10^8$	$1,75 \times 10^8$	$1,69 \times 10^8$
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

$\frac{e}{m_e} = \dots$	$\sigma = \dots$
$U(x) = \dots$	$\frac{e}{m_e} = (\dots \pm \dots)$

Q =

- Faire des hypothèses pouvant expliquer l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur attendue.