

## 1 Tube cathodique

Avant le développement et la généralisation des écrans LCD, les oscilloscopes, les écrans d'ordinateurs et les téléviseurs étaient constitués d'un tube cathodique.

À la base du tube cathodique, un canon à électrons émet et accélère des électrons en direction de l'écran (**doc. 1**). Au cours de leur trajet, les électrons passent à l'intérieur de deux condensateurs plans  $C_1$  et  $C_2$  chargés qui permettent de dévier les électrons horizontalement ( $C_1$ ) et verticalement ( $C_2$ ).

En fin de course, les électrons impactent l'écran sur lequel est déposée une couche électroluminescente.

On étudie la déflexion dans le condensateur  $C_2$ .

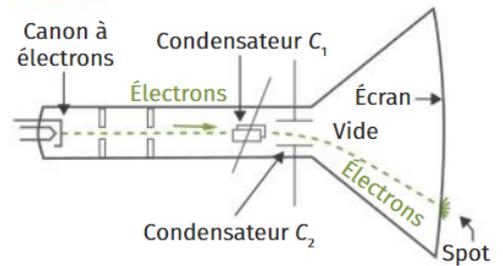
1. L'électron pénètre dans le condensateur  $C_2$  avec une vitesse horizontale  $\vec{v}_0$  (**doc. 2**). Représenter la force électrique  $\vec{F}_e$  subie.

En considérant que  $\vec{F}_e$ , les équations horaires sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0 \cdot t \\ y(t) = -\frac{1}{2} \frac{e \cdot E}{m} \cdot t^2 \end{cases}$$

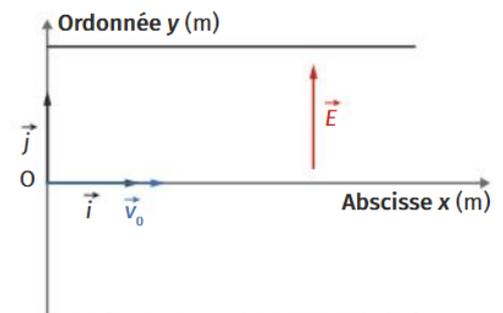
2. Déterminer l'équation de sa trajectoire et sa nature.
3. Préciser le mouvement de l'électron après sa sortie du condensateur.

### Doc. 1 Tube cathodique



► Schématisation du trajet des électrons

### Doc. 2 Condensateur plan



► Passage d'un électron entre deux armatures d'un condensateur plan.

## 2 La protonthérapie : des particules pour soigner

Les protons peuvent être utilisés pour traiter des tumeurs de manière très localisée, sans endommager les tissus sains adjacents. Pour ce faire, il faut contrôler très précisément la direction et l'énergie cinétique des protons. Dans ce cas, les protons traversent le corps sans libérer d'énergie, s'arrêtent à la position voulue où ils détruisent les cellules cancéreuses en libérant leur énergie. Pour conférer aux protons la direction et l'énergie voulue, on peut utiliser des accélérateurs linéaires de particules où des particules chargées sont placées dans un champ électrique uniforme.

*D'après l'Institut Curie « Protonthérapie : un lieu de haute technologie »*

Un proton arrive au point O à l'instant  $t = 0$  s avec une vitesse considérée comme nulle et est accéléré jusqu'à acquérir en A l'énergie cinétique voulue  $E_c$ .

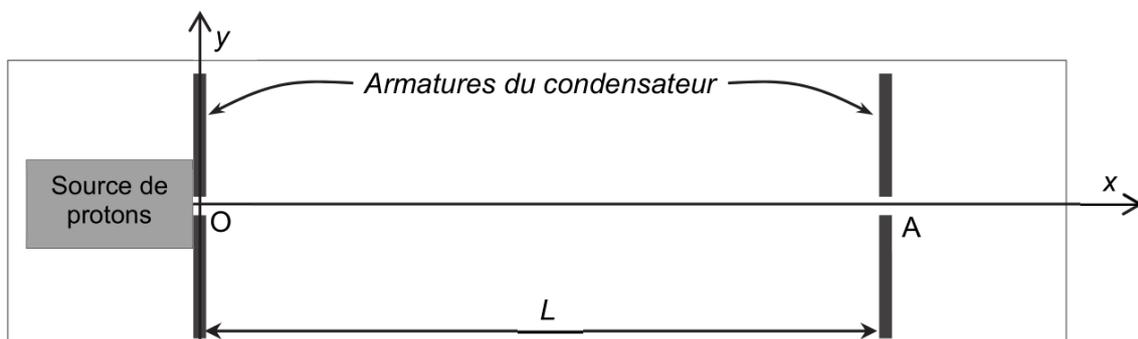


Figure 1. Schéma du dispositif modélisant l'accélérateur linéaire

## Données :

- masse d'un proton :  $m = 1,7 \times 10^{-27}$  kg ;
- charge électrique d'un proton :  $q = 1,6 \times 10^{-19}$  C ;
- distance entre les deux armatures :  $L = OA = 1,0$  m ;
- célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \times 10^8$  m·s<sup>-1</sup> ;
- la norme  $E$  du vecteur champ électrique  $\vec{E}$  créé entre les deux armatures (plaques conductrices) d'un condensateur distantes de  $L$  et soumises à une tension  $U$  est :

$$E = \frac{U}{L}$$

Les deux armatures portent des charges de signes opposés ;

- accélération de la pesanteur terrestre :  $g = 9,8$  m·s<sup>-2</sup> ;
- énergie cinétique d'un proton utilisé en protonthérapie (au point A) :  $E_c(A) = 6,4 \times 10^{-12}$  J.

Dans cet exercice, on cherche à déterminer la valeur de  $E$  à appliquer dans l'accélérateur pour obtenir l'énergie voulue.

On formule l'hypothèse que le poids d'un proton est négligeable devant la force électrique subie par le proton.

1. Donner l'expression de la valeur  $F_e$  de la norme de la force électrique  $\vec{F}_e$  qui s'exerce sur le proton dans l'accélérateur en fonction du champ  $E$  et de la charge  $q$ .
2. Sur le schéma de la figure 1, représenter le vecteur force électrique  $\vec{F}_e$  et le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  en un point quelconque de la zone entre les deux armatures.
3. Préciser, en justifiant la réponse, les signes des charges portées par chacune des armatures à l'origine du champ électrique  $\vec{E}$ .
4. Donner l'expression du travail de la force électrique exercée sur le proton lors de son trajet de longueur  $L$  dans l'accélérateur en fonction de  $q$ ,  $E$  et  $L$ .
5. À l'aide du théorème de l'énergie cinétique, en déduire l'expression de la norme du champ électrique  $E$  à appliquer dans l'accélérateur afin d'obtenir l'énergie cinétique voulue au point A. Calculer la valeur de  $E$ .
6. Déterminer la valeur de la norme  $F_e$  de la force électrique subie par le proton et la comparer au poids du proton. Commenter l'hypothèse faite au début de l'exercice.
7. Dans ce modèle, calculer la valeur de la vitesse d'un proton d'énergie cinétique  $E_c(A)$ . Commenter.

**3** Pour les plus ambitieux : la suite...

Extrait du sujet de BAC 2020 - LA PROTONTHÉRAPIE SAUVE LA VUE  
(en ligne sur le site de Labolycée)

<https://bit.ly/BACchampE>

