

Ex 1 (7,5 points)

Les rayons X sont produits dans des dispositifs appelés *tubes de Coolidge* (W.D.COOLIDGE, physicien américain, 1873 -1975). Dans ce dispositif, des électrons émis par un filament chauffé par effet Joule, sont accélérés sous l'effet d'un champ électrique uniforme \vec{E} . Ce champ est créé par une tension électrique U d'environ 100 kV. Les électrons se dirigent vers une cible de molybdène, métal de symbole Mo, avec laquelle ils interagissent pour produire les rayons X. Se déplaçant à une vitesse très élevée, ces électrons peuvent acquérir une énergie cinétique suffisante pour perturber les couches électroniques internes des atomes de la cible. Ces atomes, dans un état excité, vont alors émettre des rayons X en retournant à leur état fondamental. La figure 1 ci-dessous reprend de manière simplifiée le principe du tube de Coolidge. **Le mouvement se fait sans frottement.**

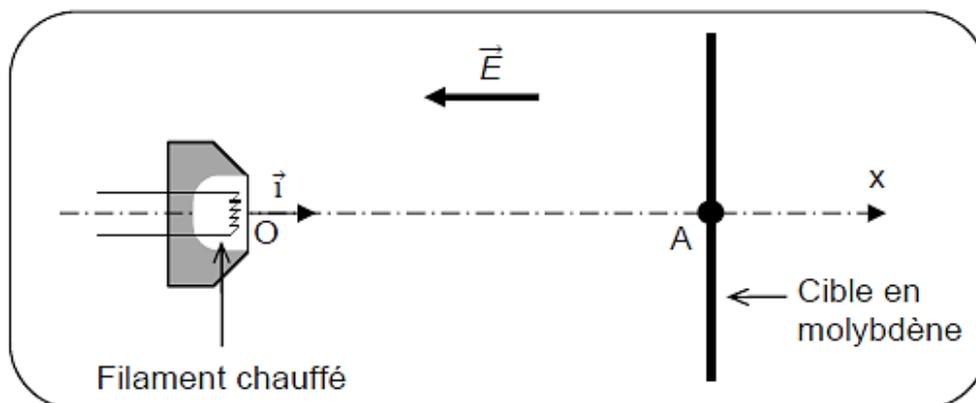


Figure 1

Données :

- entre le filament et la cible, séparées d'une distance $OA = L = 4 \text{ cm}$, règne un champ électrique uniforme \vec{E} dont la valeur est donnée par la relation : $E = \frac{U}{L}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- charge électrique élémentaire : $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$; charge d'un électron $q = -e$;
- masse de l'électron : $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$;
- intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$;

On se propose d'évaluer l'ordre de grandeur de la vitesse atteinte par les électrons lorsqu'ils arrivent sur la cible en molybdène. On suppose pour cela qu'un électron est émis au point O avec une vitesse nulle à $t = 0 \text{ s}$. Il arrive au point A avec une vitesse \vec{v} . On considère qu'il est soumis à la force électrique \vec{F}_e .

1.1 Donner l'expression vectorielle de la force électrique \vec{F}_e subie par un électron. Comparer la direction et le sens de la force électrique \vec{F}_e à ceux du champ électrique \vec{E} .

1.2 Montrer que dans le cas où la tension électrique U appliquée entre le filament et la cible vaut 100 kV, on peut négliger le poids de l'électron devant la force électrique.

1.3 Que dire de la variation d'énergie mécanique $\Delta E_{m(O \rightarrow A)}$ entre le point O et le point A ? Justifier

1.4 Montrer que l'expression de la vitesse de l'électron lorsqu'il arrive au point A est :

$$v_A = \sqrt{\frac{2eU}{m_e}}$$

Tout élément de la démarche sera valorisé, même si celle-ci n'aboutit pas.

1.5 Calculer la vitesse de l'électron puis son énergie cinétique $E_c(A)$ lorsqu'il arrive au point A dans le cas où la tension électrique U appliquée entre le filament et la cible vaut 100 kV.