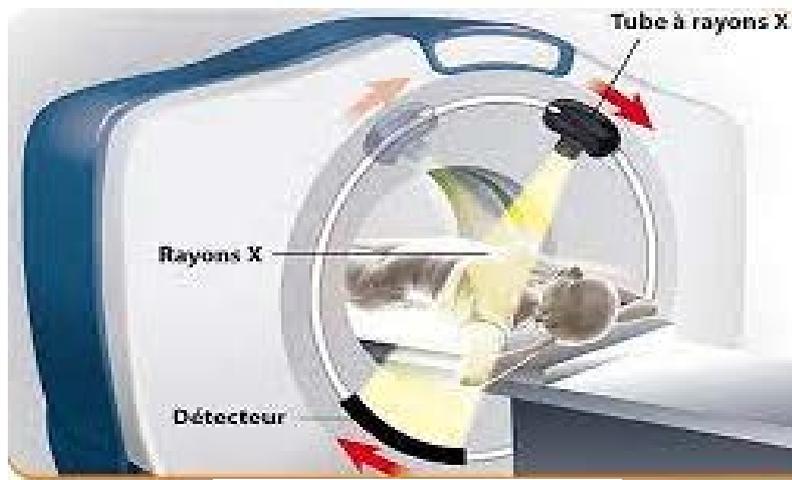


EXERCICE B - Le scanner à rayons X (10 points)

La radiographie réalisée par un scanner à rayons X est une technique d'imagerie médicale utile dans le diagnostic de nombreuses pathologies.

Le scanner crée un faisceau à rayons X à l'aide d'un tube à rayons X ou tube de Coolidge.



Scanner à rayons X

Dans ce tube à rayons X, une tension élevée U est maintenue entre un filament cathodique, borne négative, et une anode tournante, borne positive (figures 1 et 2). Un courant électrique provoque l'échauffement d'un filament situé à la cathode. L'agitation des électrons présents augmente et une partie d'entre eux est éjectée du filament au point O, avec une vitesse négligeable. La tension U accélère les électrons du point O vers l'anode en tungstène. Devenus très énergétiques, ils frappent l'anode, ce qui produit des rayons X.

Pour obtenir ces rayons X, chaque électron doit avoir acquis une énergie cinétique égale à $6,4 \times 10^{-15}$ J au minimum.

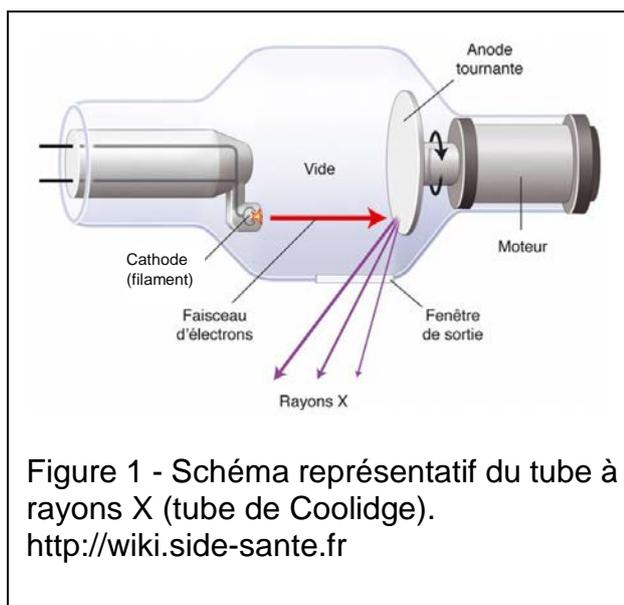


Figure 1 - Schéma représentatif du tube à rayons X (tube de Coolidge).
<http://wiki.side-sante.fr>

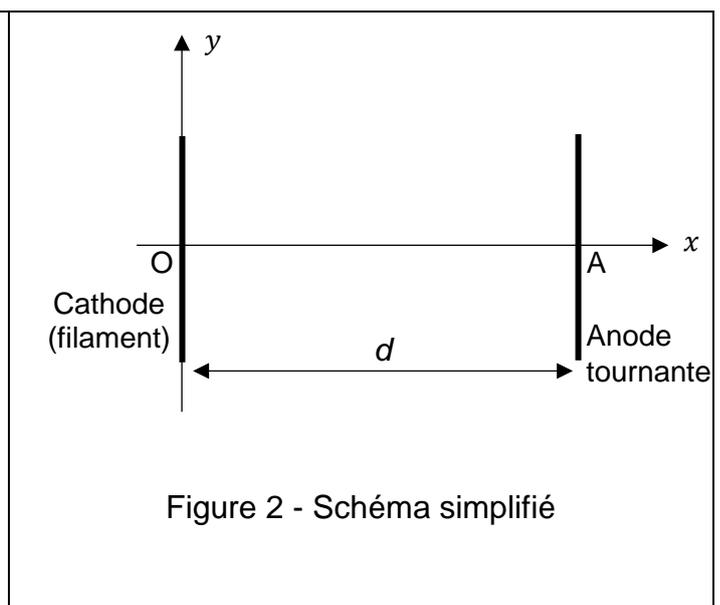


Figure 2 - Schéma simplifié

Le but de cet exercice est de calculer la tension minimale à appliquer entre la cathode et l'anode pour que le faisceau d'électrons parvienne à provoquer l'émission de photons X au niveau de l'anode.

On considèrera l'électron comme système d'étude assimilé à un point matériel dont on négligera le poids.

Son mouvement sera étudié dans un référentiel terrestre considéré comme galiléen.

À l'instant initial, l'électron est situé au point O et sa vitesse est considérée comme nulle.

Données

- Masse de l'électron : $m = 9,1 \times 10^{-31}$ kg.
- Charge de l'électron : $q = -e = -1,6 \times 10^{-19}$ C

1. Reproduire la figure 2 puis tracer, entre la cathode et l'anode, sans préciser d'échelle :
 - le vecteur champ électrique supposé uniforme \vec{E} ,
 - la force \vec{F} que subit un électron situé en un point de l'axe (Ox).
2. Donner l'expression vectorielle de \vec{F} en fonction de e et \vec{E} .
3. Montrer que les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} de l'électron, exprimées dans le repère (Oxy) de la figure 2, sont $a_x = \frac{e \times U}{m \times d}$ et $a_y = 0$.
4. En déduire la coordonnée du vecteur vitesse de l'électron selon l'axe (Ox), notée v_x .
Établir que x s'écrit $\frac{1}{2} \times \left(\frac{e \times U}{m \times d} \right) \times t^2$.
5. Donner l'expression littérale de t_A , l'instant où l'électron atteint l'anode (au point A) située à la distance d de O.
6. Grâce aux deux questions précédentes, en déduire que l'expression de la vitesse de l'électron au niveau de l'anode est $v_A = \sqrt{\frac{2 \times e \times U}{m}}$.
7. Répondre à la problématique de l'exercice « trouver la tension minimale à appliquer entre la cathode et l'anode pour que le faisceau d'électron parvienne à provoquer l'émission de photons X au niveau de l'anode ».
Les candidats sont invités à prendre des initiatives, notamment sur les valeurs numériques éventuellement manquantes, et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti.