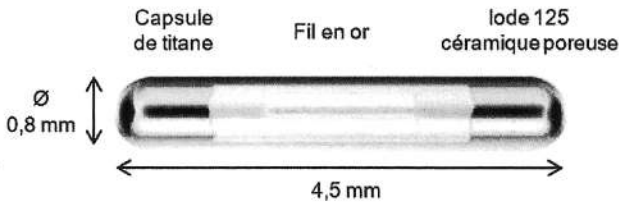
EXERCICE 2. Curiethérapie (5 points)

On observe depuis les années 2000, en particulier aux États-Unis et en Europe, un recours accru à la curiethérapie pour les traitements des cancers de la prostate. La curiethérapie de la prostate consiste à installer dans cette glande des implants radioactifs constitués d'une source radioactive d'iode 125 enrobée dans une capsule de titane.



Source : https://relir.cepn.asso.fr

Données :

- nombre d'Avogadro : $\mathcal{N}_A = 6{,}02 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$;
- masse molaire de l'iode 125 : $M = 125\ \text{g·mol}^{-1}$;
- constante de désintégration pour l'iode 125 : $\lambda = 1{,}35 \times 10^{-7}\ \text{s}^{-1}$.

Dans un premier temps, on s'intéresse à la production d'iode 125 $\left({}^{125}_{53}\text{I}\right)$. Celui-ci peut être obtenu par désintégration β^+ du xénon (Xe) 125.

Q1. Indiquer la composition d'un noyau d'iode 125 $\left({}^{125}_{53}\text{I}\right)$.

Q2. Indiquer si l'iode 125 et le xénon 125 sont des isotopes. Justifier.

Q3. Écrire l'équation de désintégration du xénon 125 en iode 125.

À présent, on étudie l'évolution au cours du temps du nombre de noyaux d'iode 125 radioactifs dans un implant. La figure 1 ci-dessous représente les résultats d'une simulation de cette évolution.

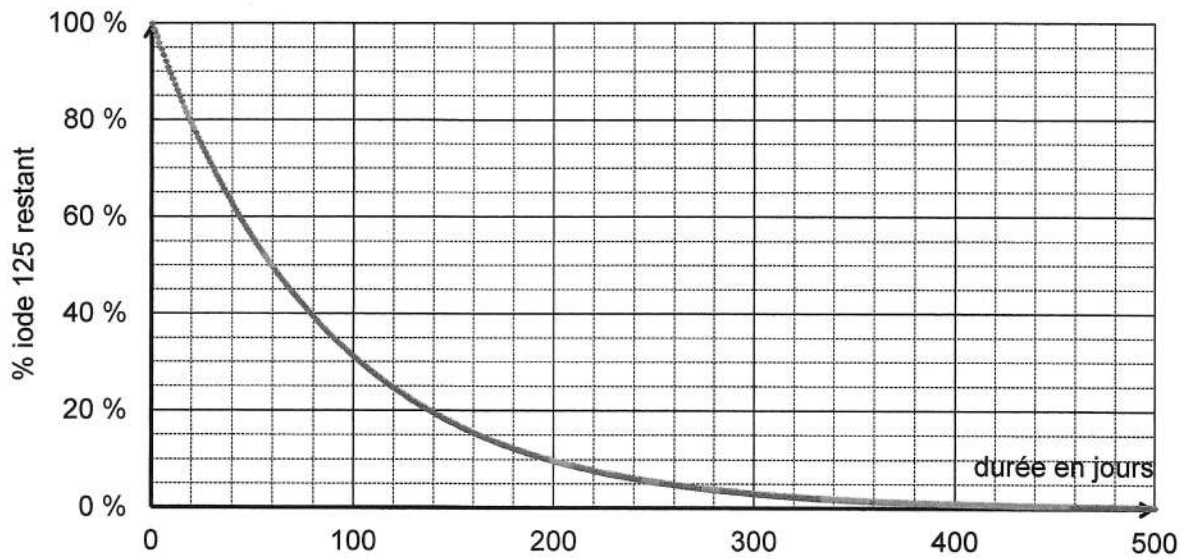


Figure 1. Simulation de la courbe de décroissance radioactive de l'iode 125

On notera N_0 le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans un implant.

Q4. Énoncer la loi de décroissance radioactive, en précisant la signification de chacun des termes.

Q5. Définir le temps de demi-vie, $t_{1/2}$, d'un noyau radioactif.

Q6. Démontrer que la valeur de la constante de désintégration radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ sont reliés par l'expression :

$$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

Q7. Retrouver la valeur de la constante de désintégration λ de l'iode 125 à l'aide de la courbe de la figure 1.

On rappelle que l'activité $A(t)$ d'une source radioactive vérifie :

$$A(t) = -\frac{\mathrm{d}N(t)}{\mathrm{d}t}$$

Q8. Montrer que l'activité $A(t)$ d'une source radioactive est proportionnelle au nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs présents dans cette source.

Un implant contient initialement une masse $m_0 = 2{,}5$ ng d'iode 125. Un traitement de la prostate nécessite une activité initiale totale $A_0 = 1\,500 \times 10^6$ Bq.

Q9. En déduire le nombre d'implants qui doivent être mis en place.