**Effet tunnel et radioactivite alpha : corrigé :**

1. Un tableau périodique montre que l'élément de numéro atomique Z = 82 est le Plomb.
L'équation de désintégration s'écrit donc :

$$^{212}_{84}Po \rightarrow {}^{208}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$$

2. La période radioactive est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux s'est désintégrée.
D'après le document 2, on lit pour le Po 212 (dernier point en bas à doite ) :

$$Log_{10}T = -14 \Rightarrow T = 10^{-14} \text{ ans} = 3.10^{-7} \text{ s.}$$

3. D'après le document 1, l'énergie des α est $E_\alpha$ = 9,0 MeV.

4. L'énergie des α à l'extérieur du noyau est de l'énergie cinétique.
En supposant qu'ils sont non-relativistes :

$$v = \sqrt{\frac{2E}{m}} = 2{,}1.10^7\ m.s^{-1}$$

On vérifie à postériori leur caractère non-relativiste.

5. Méthode 1 : on calcule la longueur d'onde de de Broglie de la particule :

$$\lambda_{DB} = h/mv = 4{,}7.10^{-15} \text{ m.}$$

Cette longueur d'onde étant de l'ordre de la taille du noyau, le traitement doit être quantique.

Méthode 2 : on calcule une action L caractéristique du phénomène, L = m.v.r, en prenant pour longueur caratéristique le rayon du noyau de Po, ou directement $r_0$, les OG étant identiques.
On obtient : L = $10^{-33}$ J.s. Même conclusion.

6. V(r) est l'énergie potentielle électrostatique d'une particule ponctuelle de charge 2e dans le potentiel d'une charge $Z_Y$ e ,avec $Z_Y$ = 208.

7. Pour entrer dans le noyau, la particule α doit se rapprocher à une distance $R_Y$ du noyau, avec :

$$R_Y = 208^{1/3}.r_0 = 7{,}1 \text{ fm.}$$

A cette distance, le potentiel vaut (calcul numérique simple) :

$$V_0 = 33 \text{ MeV}$$

8. On a $E_\alpha < V_0$, la particule rentre donc par effet tunnel.

9. On doit chercher à quelle distance de l'origine (environ le centre du noyau) , nommée b sur le schéma de la figure 3, l'énergie $E_\alpha$ est égale à V(b).
On obtient facilement :

$$b = 2{,}6.10^{-14} \text{ m}$$

La largeur de la barrière de potentiel est donc :

$$L = b - R_Y = 19 \text{ fm}$$

10. On est dans un cas de barrière épaisse si :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)}}{\hbar}\frac{L}{2} \gg 1$$

On calcule facilement :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)}}{\hbar}\frac{L}{2} = 21$$

On peut donc considérer que la barrière est épaisse.

11. Le coefficient de transmission vaut alors :

$$T \approx \frac{16E(V_0 - E_\alpha)}{V_0^2}\exp\left(-2\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)}}{\hbar}L\right) = 1{,}4.\,10^{-37}$$

12. La durée d'une traversée du noyau, à la vitesse calculée en 3 ( mais ce n'est pas la bonne valeur ! ) est de l'ordre de :

$$\Delta t = 2R_Y/v \simeq 10^{-22}\text{ s}$$

Le coefficient de transmission T donne la probabilité pour que la particule sorte ; on pourrait attendre une période $T_{1/2}$ de l'ordre de :

$$T_{1/2} = \Delta t/T = 10^{-22}/10^{-37} = 10^{15}\text{ s.}$$

Cette valeur n'est pas du tout la valeur mesurée, car notre valeur de $V_0$ est trop approchée , et le coefficient de transmission est **très sensible** à cette valeur.
En réalité, le noyau n'est pas sphérique, et le rayon d'interaction $R_Y$ est en réalité plus grand (de l'ordre de 13,5 fm ), ce qui abaisse la barrière de potentiel à $V_0$ = 14 MeV, avec une largeur de 12,5 fm.
On calcule alors :

$$\frac{\sqrt{2m(V_0 - E_\alpha)}}{\hbar}L = 13\ (non - épaisse)$$

et :

$$T = \frac{1}{1 + \frac{V_0^2}{4E(V_0 - E)}sh^2\left(\frac{\sqrt{2m(V_0 - E)}}{\hbar}L\right)} = 2.10^{-11}$$

On obtient cette fois une valeur de $T_{1/2}$ de l'ordre de $10^{-11}$ s, on voit que le modèle est très insuffisant.