

Le germanium 68 (^{68}Ge), radionucléide père, fixé sur une colonne d'oxyde de titane, décroît par capture électronique en gallium 68 (^{68}Ga), radionucléide fils, qui sera élué du générateur au moyen d'une solution de HCl 0,1N, sous forme de chlorure de gallium.

- 1) Sachant que le noyau du germanium contient 32 protons, écrire la réaction de désintégration du germanium 68 en gallium 68. **6 points**



- 2) Avec quel autre mode de transformation radioactive la désintégration par capture électronique peut-elle être en compétition ? **4 points**

Désintégration β^+ (émission de positons).

Les cellules cancéreuses de la prostate expriment un antigène à la surface de leurs cellules que l'on appelle PSMA (Prostate Spécifique Membrane Antigène). Le gallium 68 (^{68}Ga) est utilisé dans le radiomarquage de nombreux peptides dont certains ligands du PSMA comme le PSMA-11. Pour un examen d'imagerie diagnostique de ces cancers, il est nécessaire d'injecter 150 MBq de [^{68}Ga]-Ga-PSMA-11, radiotraceur de forte affinité pour le PSMA prostatique.

Données :

Période physique du gallium 68 = 67,71 minutes

Masse molaire du [^{68}Ga]-Ga-PSMA-11 : $M_{\text{mol}} = 1015 \text{ g/mol}$

Nombre d'Avogadro : $N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Couche de demi-atténuation du plomb pour le gallium 68 : 0,30 cm

- 3) Calculer le nombre de noyaux de gallium 68 qui correspondent à cette activité de 150 MBq ainsi que la masse (en ng) de [^{68}Ga]-GaPSMA-11 injectée pour cet examen diagnostique. **6 points + 6 points**

Nombre de noyaux : (3 points raisonnement/formule littérale + 3 points AN)

$$A = \lambda N$$

$$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A T}{\ln 2}$$

AN :

$$N = \frac{150 \times 10^6 \text{ Bq} \times 67,71 \text{ min} \times 60 \text{ s} \cdot \text{min}^{-1}}{\ln 2}$$

$$N = 8,79 \times 10^{11} \text{ noyaux}$$

Masse : (3 points raisonnement/formule littérale + 3 points AN)

$$m = N \frac{M_{mol}}{N_A}$$

$$m = 8,79 \times 10^{11} \text{ noyaux} \times \frac{1015 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}}{6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$m = 1,48 \times 10^{-9} \text{ g}$$

$$m = 1,48 \text{ ng}$$

- 4) Lorsque le flacon de PSMA-⁶⁸Ga, placé dans son protège-flacon, est situé à 0,5 mètre de lui, l'opérateur reçoit un débit de dose de l'ordre de 20 µSv/h. Sachant que le débit de dose est inversement proportionnel au carré de la distance par rapport à la source radioactive, quelle est la dose reçue par l'opérateur si celui-ci reste 10 min à 2 mètres de ce flacon ? **6 points**

(3 points raisonnement/formule littérale + 3 points AN)

On a les débits de dose $\dot{D}(r_1)$ et $\dot{D}(r_2)$ suivants, situés respectivement à une distance r_1 et r_2 d'une même source radioactive (avec K une constante) :

$$\dot{D}(r_1) = \frac{K}{r_1^2}$$

et

$$\dot{D}(r_2) = \frac{K}{r_2^2}$$

Soit

$$\frac{\dot{D}(r_1)}{\dot{D}(r_2)} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

Soit

$$\dot{D}(r_2) = \frac{r_1^2}{r_2^2} \dot{D}(r_1)$$

Avec le débit de dose à 0,5 mètre : $\dot{D}(r_1 = 0,5 \text{ m}) = 20 \text{ µSv/h}$, on a :

$$\dot{D}(r_2 = 2 \text{ m}) = \frac{(0,5 \text{ m})^2}{(2 \text{ m})^2} \times 20 \text{ µSv/h}$$

$$\dot{D}(r_2 = 2 \text{ m}) = 1,25 \text{ µSv/h}$$

La dose reçue pendant 10 min sera :

$$D(r_2 = 2 \text{ m}) = 1,25 \text{ µSv/h} \times 10 \text{ min} \times \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}$$

$$D(r_2 = 2 \text{ m}) = 0,21 \text{ µSv}$$

Lors de la manipulation de la préparation de [68Ga]-GaPSMA-11, l'opérateur reçoit une dose absorbée de 0,8 µGy.

- 5) Quelle doit être l'épaisseur du tablier de plomb que doit porter l'opérateur pour que son exposition soit diminuée d'un facteur 10 ? **6 points** (3 points raisonnement/formule littérale + 3 points AN)

On a la couche de demi-atténuation en fonction du coefficient d'atténuation linéaire μ :

$$CDA = \frac{\ln 2}{\mu}$$

D'où :

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

avec $\mu = \frac{\ln 2}{CDA}$

d'où

$$\frac{I}{I_0} = e^{-\frac{\ln 2}{CDA} x}$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -\frac{\ln 2}{CDA} x$$

$$x = -\frac{CDA}{\ln 2} \ln \frac{I}{I_0}$$

AN :

$$x = -\frac{0,30 \text{ cm}}{\ln 2} \ln \frac{1}{10}$$

$$x = 1 \text{ cm}$$

- 6) Quels sont les deux autres façons pour l'opérateur de diminuer son exposition ? **6 points**

- ⊢ Réduire le temps d'exposition (3 points)
- ⊢ Augmenter la distance entre la préparation et l'opérateur (3 points)