

ENSEIGNEMENT DIRIGE**UE48 : Radioactivité et applications pharmaceutiques****ED 1 : Bases physiques de la radioactivité et de l'imagerie médicale.**

Nombre d'Avogadro $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

A / Bases physiques et radioprotection.

I / Des gélules d'iode $^{131}_{53}\text{I}$ sont utilisées pour le traitement d'un hyperthyroïdien. La dose à administrer est de 200 MBq.

L'iode ^{131}I se désintègre principalement par émission β^- . Cette désintégration est suivie de l'émission d'un photon γ . L'énergie maximale des β^- est $E_{\beta_{\max}} = 606 \text{ keV}$.

La période radioactive de l'iode 131 est $T = 8,0$ jours. La période biologique de l'iode 131 est $T_B = 30$ jours.

1) Ecrire l'équation de désintégration de l'iode 131. Quel radioélément obtient-on ?

Exemples de radioéléments : $^{123}_{52}\text{Te}$; $^{125}_{53}\text{I}$; $^{133}_{54}\text{Xe}$; $^{131}_{54}\text{Xe}$

2) Sachant que $A_0 = 200 \text{ MBq}$, quel est le nombre de noyaux radioactifs N_0 présents dans la gélule le jour de sa fabrication ? En déduire la masse d'iode 131 présente dans cette gélule. (2 C.S.)

Masse molaire de l'iode 131 : $M = 131 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

3) 10 jours après la fabrication des gélules, on traite un hyperthyroïdien en lui faisant absorber une dose d'activité A égale à 200 MBq d'iode 131 (sous forme d'iodure de potassium en gélules). Sachant qu'une gélule d'iode 131 a une activité le jour de sa fabrication de $A_0 = 200 \text{ MBq}$, combien faut-il donner de gélules au patient le jour du traitement ?

4) Quelle est l'activité A_1 d'une gélule 24 jours après la date de sa synthèse ? Pourquoi les gélules ne sont-elles pas utilisées 24 jours après leur fabrication ?

5) Calculer la période effective T_e de l'iode 131. En déduire l'activité résiduelle dans l'organisme de ce patient au bout de 31 jours. (2 C.S.)

6) En appliquant la formule empirique sur la portée des rayonnements β , déterminer la profondeur maximale de pénétration des électrons dans les tissus mous. On assimilera les tissus mous à l'eau. Que peut-on conclure ?

II / Le fluorodesoxyglucose (FDG) marqué au fluor 18 est utilisé pour un examen par tomographie d'émission de positons. Le fluor $^{18}_9\text{F}$ se désintègre par émission β^+ pour donner un isotope de l'oxygène O dans son état fondamental. Une réaction d'annihilation se produit entre le positon émis et un électron de la matière traversée. Deux photons d'une énergie de 511 keV (appelés photons d'annihilation) sont émis simultanément suivant des directions opposées à 180° . La tomographie par émission de positons se base sur la détection des photons d'annihilation. La période radioactive du fluor 18 est $T = 110$ minutes.

1) Ecrire l'équation de désintégration du fluor 18.

A 10h du matin, deux doses d'activité différente sont produites en même temps pour réaliser 2 examens (le même jour).

- 2) Un premier patient a son examen à 12h et on doit lui injecter une dose d'activité $A = 260$ MBq. Quelle était l'activité A_0 de cette dose à 10h du matin ? (3 C.S.)
- 3) Un deuxième patient a son examen à 16h. La dose à lui injecter doit avoir une activité $A = 260$ MBq. Quelle était l'activité A_0 de cette dose à 10h du matin ? (4 C.S.)
- 4) Pour chaque patient, la durée totale de l'examen comprenant l'injection du produit radiomarqué et le temps d'acquisition des images est de 110 minutes. Sachant que la période biologique du fluor 18 est de 90 minutes, calculer l'activité résiduelle à la fin de l'examen pour un patient.
En déduire le nombre de noyaux fluor 18 contenus dans le corps d'un patient à la fin de l'examen. (3 C.S.)

La couche de demi-atténuation des photons γ de 511 keV est $x_{1/2} = 4,4$ mm pour le plomb.
La préparation du FDG marqué se trouve dans une enceinte blindée d'une épaisseur $x = 50$ mm.

- 5) Quel est le pourcentage du rayonnement transmis par cette enceinte ?
- 6) Pourquoi le port d'un tablier de plomb d'une épaisseur de 0,5 mm n'est d'aucune utilité pour se protéger contre les rayonnements émis par le fluor 18 ?

B / Imagerie

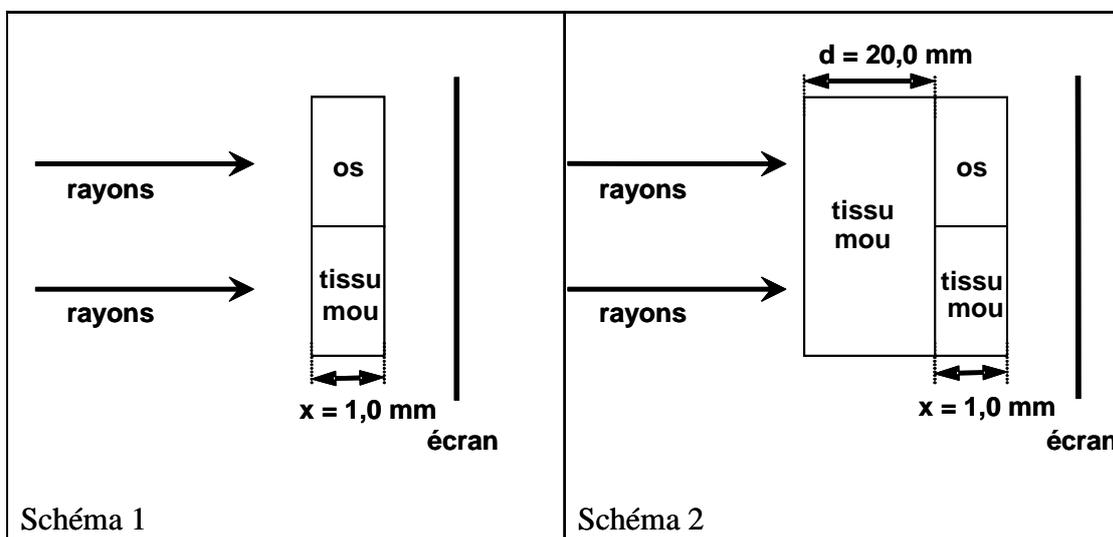
III / Contraste radiographique

1) Présenter brièvement le principe de la radiographie en expliquant quel type de rayonnement est en jeu. Donner les résolutions spatiale et temporelle de cette technique.

2) Calculer le contraste de l'image radiante entre un os et le tissu mou qui l'entoure, en supposant que les rayons traversent la même épaisseur $x = 1,0$ mm d'os et de tissu mou (voir schéma 1). On donne les coefficients d'atténuation : $\mu_{\text{os}} = 0,45 \text{ cm}^{-1}$ et $\mu_{\text{tissu mou}} = \mu_{\text{eau}} = 0,19 \text{ cm}^{-1}$. On suppose que l'os et le tissu mou sont entourés d'air, de coefficient d'atténuation négligeable.

La formule du contraste entre deux points P_1 et P_2 d'intensités respectives I_1 et I_2 est : $C = \frac{|I_2 - I_1|}{I_2 + I_1}$.

3) Que devient ce contraste si on interpose devant l'os et le premier tissu mou une épaisseur de tissu mou d de 20,0 mm (voir schéma 2) ?



IV / Imagerie à ultrasons

1) Présenter brièvement le principe de l'imagerie à ultrasons (en précisant ce que sont les ultrasons). Donner les résolutions spatiale et temporelle de cette technique.

2) On donne les masses volumiques de l'air et de l'eau, ainsi que les vitesses de propagation d'une onde sonore dans l'air et dans l'eau à 20°C et à une atmosphère :

$$\rho_{\text{air}} = 1,20 \text{ kg/m}^3 \text{ et } c_{\text{air}} = 343 \text{ m/s}$$

$$\rho_{\text{eau}} = 998 \text{ kg/m}^3 \text{ et } c_{\text{eau}} = 1480 \text{ m/s}$$

Calculer les impédances acoustiques de l'air et de l'eau (à exprimer en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$).

3) On donne l'impédance acoustique d'un tissu mou : $Z_{\text{tissu mou}} = 1,60 \cdot 10^6 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

Calculer pour une onde acoustique les coefficients de réflexion et de transmission à l'interface air/tissu mou, puis à l'interface eau/tissu mou. Que peut-on dire sur la réflexion et la transmission d'une onde sonore à travers ces interfaces ?

Le coefficient de réflexion entre deux matériaux 1 et 2 d'impédances respectives Z_1 et Z_2 est

$$R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}.$$

4) Pourquoi place-t-on un gel (de même impédance acoustique que l'eau) entre la sonde et la peau pour une échographie ?

V / IRM

1) Présenter brièvement le principe de l'IRM en expliquant quel type de rayonnement va être détecté. Donner les résolutions spatiale et temporelle de cette technique.

2) On trouve communément dans les hôpitaux des appareils IRM générant un champ magnétique B_0 de 1,50 T. Que vaut alors la fréquence ν_0 de résonance de Larmor du proton ?

On donne $\frac{\gamma}{2\pi} = 42,6 \text{ MHz/T}$, avec γ le rapport gyromagnétique du proton. Calculer en eV l'énergie

E du photon ayant la même fréquence que ce proton, et comparer avec l'énergie d'ionisation E_{ion} d'un atome d'hydrogène ($E = 13,6 \text{ eV}$). La constante de Planck vaut $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$.

On rappelle que $1 \text{ eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.