

TUTORAT UE 3 2013-2014 – Physique

CORRECTION Séance n°5 – Semaine du 14/10/2013

Radioactivité 2 Mariano

QCM n°1 : A, D

A. **Vrai.** $CDA_{60keV} = \frac{\ln(2)}{\mu_{60keV}} = \frac{\ln(2)}{0.069} = 10\text{cm}$

B. Faux. Les photons interagissent par effet photoélectrique. On sait d'après $\mu_{PE} = C \cdot \rho \cdot \frac{Z^3}{E^3}$ que le coefficient linéique d'atténuation est inversement proportionnel à l'énergie au cube, donc on peut en déduire : $\frac{\mu_{40keV}}{\mu_{60keV}} = \left(\frac{60}{40}\right)^3 \Leftrightarrow \mu_{40keV} = \left(\frac{60}{40}\right)^3 \cdot \mu_{60keV} = \left(\frac{60}{40}\right)^3 \cdot 0,069 = 0,23 \text{ cm}^{-1}$
donc $CDA_{40keV} = \frac{\ln(2)}{\mu_{40keV}} = \frac{\ln(2)}{0.23} = 3 \text{ cm}$

C. Faux. Voir réponse B

D. **Vrai.** On sait que $N_{total} = N_{40keV} + N_{60keV}$, on va utiliser la formule $N = N_0 \cdot \frac{1}{2^{CDA}}$

On calcule $N_{40keV} = 0.6 \cdot N_0 \cdot \frac{1}{2^{\frac{12}{3}}} = 0,0375N_0$ et $N_{60keV} = 0.4 \cdot N_0 \cdot \frac{1}{2^{\frac{12}{10}}} = 0,1741N_0$,
 $N_{total} = 0,2116 N_0 = 21\%$ Donc 79% des photons ont été absorbés.

E. Faux.

QCM n°2 : A, B, C, D, E

A. **Vrai.** La probabilité du phénomène de la création de paire est trop faible pour l'utiliser en santé.

B. **Vrai.** Sachant qu'il y a un transfert d'énergie du photon vers un électron, qui peut être ionisant si son énergie est supérieure à 13,6 eV.

C. **Vrai.**

D. **Vrai** : l'effet photoélectrique est proportionnel au numéro atomique au cube : $\mu_{PE} = C \cdot \rho \cdot \frac{Z^3}{E^3}$

E. **Vrai.**

QCM n°3 : A

A. **Vrai.**

B. Faux. On sait que $N = N_0 \cdot e^{-\mu \cdot x}$, on cherche à trouver μ on obtient alors la formule :

$$\mu = -\frac{\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)}{x} = -\frac{\ln\left(\frac{209}{2900}\right)}{50} = 0.053\text{mm}^{-1} \text{ (attention aux unités !)}$$

C. Faux.

D. Faux. $CDA = \frac{\ln(2)}{\mu} = \frac{\ln(2)}{0.053} = 13.18\text{mm}$

E. Faux. $LPM = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0.053} = 19\text{mm}$

QCM n°4 : A, B, C, D, E

- A. **Vrai.** Il y a aussi le fait que la probabilité d'un choc neutron/noyau soit faible.
B. **Vrai.**
C. **Vrai.** Par diffusion élastique, inélastique et par chocs directs avec d'autres électrons.
D. **Vrai.** L'interaction neutron/matière peut entraîner une ionisation par des phénomènes de diffusion ou une capture radiative.
E. **Vrai.** Pour un proton, le parcours est $R(\mu m) = \frac{E(MeV)}{0.15} = \frac{5}{0.15} = 33\mu m$
Pour un électron, la portée est $P(mm) = \frac{E(MeV)}{0.2} = \frac{5}{0.2} = 25mm$

QCM n°5 : B, D

A. Faux. On cherche la demi-vie $T = \frac{\ln(2)}{\lambda}$, on cherche donc la constante λ et on va utiliser la formule

$$A = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \leftrightarrow \frac{A}{A_0} = e^{-\lambda \cdot t} \leftrightarrow \ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = -\lambda \cdot t \leftrightarrow \lambda = -\frac{\ln\left(\frac{A}{A_0}\right)}{t} = -\frac{\ln\left(\frac{350}{500}\right)}{10} = 0,0356j^{-1} \text{ donc}$$

$$T = \frac{\ln(2)}{0,0356} = 19,4 \text{ jours}$$

- B. **Vrai.** Voir A)
C. Faux. Voir A) attention aux unités.
D. **Vrai.** On sait que $A_0 = \lambda \cdot N_0$ (attention ici il faut mettre la constante de radioactivité en s^{-1} !)

$$N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{500 \cdot 10^6}{\frac{0,036}{24 \cdot 3600}} = 1,21 \cdot 10^{15}$$

E. Faux. Voir D

QCM n°6 : A, B

A. **Vrai.** On cherche N_0 , $N_1 = N_0 \cdot e^{-\mu_{tissus} \cdot x}$, $N_0 = \frac{N_1}{e^{-\mu_{tissus} \cdot x}} = \frac{5 \cdot 10^9}{e^{-0,014 \cdot 150}} = 4 \cdot 10^{10}$

B. **Vrai.** Attention l'épaisseur traversé n'est pas de 20cm mais toujours 15cm puisque le fémur se trouve dans la cuisse, la faisceau traverse en fait 10cm de tissus et 5cm d'os. On rappelle que

$$\mu = \frac{1}{LPM}$$

$$N_2 = N_0 \cdot e^{-\mu_{tissus} \cdot (x-x') - \mu_{fémur} \cdot x'} = \frac{5 \cdot 10^9}{e^{-0,014 \cdot 150}} \cdot e^{-(0,014 \cdot 100) - (\frac{1}{1,8} \cdot 5)} = 6,26 \cdot 10^8$$

- C. Faux. Voir B)
D. Faux. $C = \frac{|N_1 - N_2|}{N_1 + N_2} = \frac{5 \cdot 10^9 - 6,26 \cdot 10^8}{5 \cdot 10^9 + 6,26 \cdot 10^8} = 0,78$, pas d'unité !
E. Faux. Voir D)

QCM n°7 : C

Pour résoudre cet exercice il faut tout d'abord calculer l'exposition X correspondant à la charge produite

par le faisceau d'électrons par kg d'air.

$$X = \text{nbr ionisations} \cdot \text{charge} = 9,55 \cdot 10^{14} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \\ = 1,528 \cdot 10^{-4} \text{ Cb/kg soit environ } 0,15 \text{ mCb/kg.}$$

→ **C est Vrai**

On peut ensuite calculer la dose absorbée suivant la relation :

$$D = 34X \cdot \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{tissu}}}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{air}}} = 34 \times 1,528 \cdot 10^{-4} \times \frac{8,6 \cdot 10^{-3}}{1,7 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-1}} = 26,28 \text{ mGy.} \rightarrow \text{E est Faux.}$$

Pour la dose équivalente : $H = w_{\text{électrons}} \times D = 1 \times 26,28 = 26,3 \text{ mSv.} \rightarrow \text{D est Faux.}$

Pour la dose efficace : $E = w_{\text{tissu}} \times H = 0,01 \times 26,28 = 2,63 \cdot 10^{-1} \text{ mSv.} \rightarrow \text{A et B sont Faux. Attention aux unités !}$

QCM n°8 : D

- A. Faux. Ceci est vrai pour la dose efficace.
- B. Faux. Ce sont les effets déterministes précoces qui surviennent à partir de ce seuil d'exposition.
- C. Faux. Elles entraînent des effets stochastiques à long terme.
- D. **Vrai.** On a $E = \sum w_T \cdot (D_{T,r})$ avec w_T le coefficient de sensibilité tissulaire et w_r le coefficient d'efficacité biologique du rayonnement.
- E. Faux. Au contraire, les gonades sont les plus radiosensibles avec un coefficient de sensibilité $w_T = 0,20$ car les cellules ont un fort taux de division cellulaire.

QCM n°9 : B, C, D

- A. Faux. On a $a = w_{proton} \times D_{proton} + w_{neutron} \times D_{neutron}$. On en déduit $D_{neutron} = \frac{H - w_{proton} \times D_{proton}}{w_{neutron}} = \frac{0,120 - 5 \times 0,015}{8} = 5,625 \cdot 10^{-3} Gy$ soit 5,63 mGy.
- B. **Vrai.** Cf item A
- C. **Vrai.** $E_{vessie} = w_{vessie} \times H = 0,05 \times 0,120 = 6 \cdot 10^{-3} Sv = 6 mSv$.
- D. **Vrai.** $E_{colon} = w_{colon} \times H$ d'où $w_{colon} = \frac{E_{colon}}{H} = \frac{14,4 \cdot 10^{-3}}{120 \cdot 10^{-3}} = 0,12$.
- E. Faux. On a $w_{colon} > w_{vessie}$, le colon est donc plus radiosensible que la vessie.

QCM n°10 : A, C

- A. **Vrai.** $\bar{D} = A_0 \sum \tau_h \times S(r_k \leftarrow r_h) = 260 \times 60(5,7 \times 10^{-9} + 18 \times 2 \cdot 10^{-7} + 21 \times 3 \cdot 10^{-6} + 9 \times 10^{-4} + 120 \times 10^{-5}) = 33,8 mGy$.
- B. Faux. $E = H_T \times w_T = D_{T,r} \times w_r \times w_T = 33,8 \times 1 \times 0,025 = 845 \mu Sv$.
- C. **Vrai.** Si l'activité injectée est divisée par 2, la dose efficace, tout comme la dose absorbée, est divisée par 2. Elle est donc de 422,49 μSv .
- D. Faux. Ici il faut comparer les produits $\tau_h \times S(r_k \leftarrow r_h)$ de chaque organe. Ainsi on trouve que l'irradiation est due principalement à l'activité des poumons et du reste de l'organisme.
- E. Faux. Le seuil des effets déterministes est de 250 mGy or ici la dose absorbée est inférieure.

QCM n°11 : A, D, E

- A. **Vrai.** On utilise la formule $D = \frac{\mu}{\rho} \cdot F$ où $F = \frac{E_{total}}{S}$, donc $D = \frac{A \cdot E \cdot \tau \cdot \mu}{4\pi \cdot r^2 \cdot \rho} = \frac{2 \cdot 37 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 60 \cdot 60}{4\pi \cdot 1,5^2} \cdot 0,2 = 60 mGy$ (Il faut faire attention à tout passer en SI !)
- B. Faux. Voir A)
- C. Faux. $D = \frac{2 \times 37 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 135 \cdot 60}{4\pi \cdot 1,5^2} \cdot 0,2 = 136 mGy$ (Toujours attention aux unités)
- D. **Vrai.** Le seuil pour un effet déterministe est 250mGy, et ici $D = \frac{2 \cdot 37 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 60 \cdot 60 \cdot 5}{4\pi \cdot 1,5^2} \cdot 0,2 = 302 mGy$
- E. **Vrai.** On cherche τ pour $D=250mGy$, $\tau = \frac{D \cdot 4\pi \cdot r^2}{A \cdot E \cdot \frac{\mu}{\rho}} = \frac{250 \cdot 10^{-3} \cdot 4\pi \cdot 1,5^2}{2 \cdot 37 \cdot 10^9 \cdot 200 \cdot 10^3 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 0,2} = 14925s = 248,75 min$

QCM n°12 : F

- A. Faux. $H = W_{Rphoton} \cdot D = 1 \cdot 60 = 60 mSv$
- B. Faux. Voir A)
- C. Faux. $E_{estomac} = W_{Testomac} \cdot H = 0,02 \cdot 60 = 12 mSv$
- D. Faux. $E_{vessie} = W_{Tvessie} \cdot H = 0,015 \cdot 60 = 9 mSv$
- E. Faux. $E_{naturelle} = 2,4 mSv/an$, on $E_{paces} = W_{Tpaces} \cdot H = 1 \times 60 = 60 mSv > 2,4 mSv$

QCM n°13 : A, B, C, D, E

A. **Vrai.** %fixation aux poumons = $\frac{A_{\text{poumons}}}{A_0} \times 100 = \frac{1700}{3800} \times 100 = 44,7$.

B. **Vrai.** $\dot{D} = A_h \times S(\text{utérus} \leftarrow \text{poumons}) = 1700 \times 4,09 \cdot 10^{-9} = 6,95 \cdot 10^{-6} \text{ mGy/s}$.

C. **Vrai.** $\bar{D} = A_0 \times \tau \times S(\text{utérus} \leftarrow \text{poumons}) = 3800 \times 40 \times 3600 \times 4,09 \cdot 10^{-9} = 2,24 \text{ mGy}$.

D. **Vrai.** $\tilde{A}_h = A_0 \times \tau = 3800 \times 40 = 152 \cdot 10^3 \text{ MBq.h} = 152 \text{ GBq.h}$

E. **Vrai.** $E = H \times w_T = D \times w_r \times w_{\text{utérus}} = 2,24 \times 1 \times 0,05 = 0,112 \text{ mSv}$.

QCM n°14 : B, E

A. Faux. $D = \frac{\mu}{\rho} \times F = 0,07 \cdot 10^3 \times 2,5 \cdot 10^{-6} = 1,75 \cdot 10^{-4} \text{ Gy} = 0,175 \text{ mGy}$.

B. **Vrai.** $E = H \times w_{T(\text{foie})} = D \times w_r \times w_{T(\text{foie})} = 0,175 \times 1 \times 0,05 = 8,75 \mu\text{Sv}$.

C. Faux. $E = H \times w_{T(\text{rein})} = D \times w_r \times w_{T(\text{rein})} = 0,175 \times 1 \times 0,025 = 4,375 \mu\text{Sv}$.

D. Faux. Selon la loi en $1/d^2$, pour diviser l'irradiation par 4 il faut multiplier la distance à la source par 2.

Calculons donc la distance séparant le sujet de la source : $F = \frac{dE}{dS} = \frac{A \times t \times E}{4\pi \times r^2}$ On en déduit

$$r^2 = \frac{A \times t \times E}{4\pi \times F} \text{ d'où } r = \sqrt{\frac{A \times t \times E}{4\pi \times F}} = \sqrt{\frac{1800 \cdot 10^6 \times 90 \times 60 \times 550 \cdot 10^3 \times 1,6 \cdot 10^{-19}}{4\pi \times 2,5 \cdot 10^{-2}}} = 1,65 \text{ m. Le sujet doit donc se placer à } 2r = 3,3 \text{ m de la source.}$$

E. **Vrai.** De même, pour diviser l'irradiation par 16 il faut multiplier par 4 la distance. Le sujet doit donc se placer à $4r = 6,6 \text{ m}$ de la source.