

# TUTORAT UE 3 2014-2015 – Biophysique

## CORRECTION Séance n°5 – Semaine du 13/10/2014

### Radioactivité 2

#### Professeur Mariano-Goulart

#### QCM n°1 : C, E

A. Faux. Attention aux unités c'est des cm !

En effet  $\mu = 1/65 \text{ mm}^{-1}$  donc  $CDA = 65 \times \ln 2 \text{ mm} = 45,1 \text{ mm} = 4,51 \text{ cm}$ .

B. Faux. On utilise la loi de Bragg et Pierce car on est dans de l'effet photo-électrique :  $\mu = C \cdot \rho \cdot \frac{Z^3}{E^3}$ .

Ainsi, le coefficient linéique d'atténuation est inversement proportionnel à l'énergie au cube :

$$\frac{\mu_{50\text{keV}}}{\mu_{70\text{keV}}} = \left(\frac{70}{50}\right)^3 \Leftrightarrow \mu_{70\text{keV}} = \left(\frac{50}{70}\right)^3 \cdot \mu_{50\text{keV}} = 5,61 \text{ m}^{-1} = 5,61 \cdot 10^{-3} \text{ mm}^{-1}.$$

$$\text{Donc LPM} = \frac{1}{5,61 \cdot 10^{-3}} = 178,36 \text{ mm} = 17,836 \text{ cm}$$

C. **Vrai.**  $CDA = \ln 2 / (5,61 \cdot 10^{-3}) = 123,63 \text{ mm} = 12,363 \text{ cm}$ .

D. Faux. Appelons le nombre de photons de 50 keV initial par  $N_1$  :  $N(x) = \frac{N_1}{2^{\frac{x}{CDA}}} = \frac{N_1}{2^{\frac{170}{45,1}}} = \frac{N_1}{13,67}$

$N_{50\text{keV}}(170\text{mm}) = N_1 \cdot 0,073 \rightarrow 7,31\%$  des photons sont passés = 92,69% ont été absorbés.

E. **Vrai.** Appelons le nombre de photons de 70 keV initial par  $N_2$  :  $N(x) = \frac{N_2}{2^{\frac{x}{CDA}}} = \frac{N_2}{2^{\frac{170}{123,63}}} = \frac{N_2}{2,6}$

$N_{70\text{keV}}(170\text{mm}) = N_2 \cdot 0,385 \rightarrow 38,55\%$  des photons sont passés.

#### QCM n°2 : A, C, D, E

A. **Vrai.** Après traversé,  $N_{\text{total}} = N_{70\text{keV}} + N_{50\text{keV}} = 0,3 \times N_0 \times 0,385 + 0,7 \times N_0 \times 0,073 = N_0 \cdot (0,3 \times 0,385 + 0,7 \times 0,073) = N_0 \cdot 0,167 \rightarrow$  environ 83 % des photons ont été absorbé.

B. Faux. Cf A

C. **Vrai.**  $\frac{N_{70\text{keV}}}{N_{\text{total}}} = \frac{0,3 \times 0,385 \times N_0}{(0,3 \times 0,385 + 0,7 \times 0,073) \times N_0} = 0,693$

D. **Vrai.**  $N_{50\text{keV}} = N_0 \cdot 0,7 \cdot 0,073 = 8 \cdot 10^{16} \times 0,7 \times 0,073 = 4 \cdot 10^{15}$  photons

E. **Vrai.**  $\frac{1}{2^{\frac{3n}{8}}} = \frac{1}{8} = 0,125 \rightarrow 0,875$  absorbés

### QCM n°3 : F

- A. Faux. C'est l'inverse. On distingue les particules chargées lourdes notamment les protons et particules alpha et les particules chargées légères notamment les électrons et les positons.
- B. Faux. L'interaction est aléatoire vu que les neutrons n'ont pas de charge.
- C. Faux. C'est l'inverse. Le transfert linéique d'énergie (TEL) est la quantité d'énergie transférée au milieu cible par la particule incidente par unité de longueur de trajectoire.
- D. Faux. Les protons sont moins pénétrants que les électrons car les protons ont un TEL plus élevé (pénétration faible) et électrons ont un TEL relativement faible (pénétration forte).
- E. Faux. C'est la portée P et non le parcours.

### QCM n°4 : B, C, D

- A. Faux. La diffusion élastique est un changement de direction du photon sans échange d'énergie entre celui-ci et la matière. C'est dans la diffusion inélastique qu'il y a transfert partiel d'énergie à un électron qui est excité.
- B. **Vrai.** En dessous de 50 keV on a surtout l'effet photo-électrique qui prédomine.
- C. **Vrai.** C'est pour cela que l'on parle de diffusion.
- D. **Vrai.** La diffusion de ces photons entraîne des flous en mammographie. Il en est de même pour la diffusion Compton.
- E. Faux. C'est dans la diffusion inélastique où les électrons sont excités (par l'énergie partielle transférée par le photon).

### QCM n°5 : A

- A. **Vrai.** 1 photon  $\rightarrow$  1 électron + 1 positon
- B. Faux. Ce sont les valeurs de prépondérance de l'effet photo-électrique. Pour la création de paires, il faut que le photon ait une énergie supérieure à l'énergie de masse du positon et de l'électron soit 1,022 MeV.
- C. Faux. Un positon et non proton (Rappel :  $E=mc^2$ ).
- D. Faux. Pour qu'il y ait création de paires il faut des énergies supérieures à 1,022 MeV alors que la mammographie nécessite des photons d'environ 30 keV (d'où le flou en diffusion Thomson)
- E. C'est une interaction photon-matière et non particule-matière. ( par particule matière on parle de particule massique )

### QCM n°6 : F

- A. Faux. C'est les effets stochastiques ou aléatoires à long terme.
- B. Faux. La dose absorbée (de même que la dose équivalente) seule est inadaptée, en effet les effets tardifs, aléatoires dépendent du TEL du rayonnement ionisant et du type de tissu irradié.
- C. Faux. C'est la dose efficace.
- D. Faux. Dose absorbée = Gray ; Dose équivalente et dose efficace = Sievert.
- E. Faux. La dose efficace est la somme des doses équivalentes pondérées par le coefficient de sensibilité tissulaire.

### QCM n°7 : A, B, C

- A. **Vrai.**  $X = \frac{n \cdot C}{m} = 153,186 \cdot 10^{15} \times 1,6 \times 10^{-19} = 24,5 \cdot 10^{-3} \text{ C.Kg}^{-1} = 24,5 \text{ mC.Kg}^{-1}$ .
- B. **Vrai.**  $D_{\text{gaz}} = 34 X = 34 \times 24,5 \times 10^{-3} = 0,833 \text{ Gy}$ .
- C. **Vrai.**  $F = \frac{dE}{dS}$  en  $\text{J.m}^{-2}$
- D. Faux.  $(\mu/\rho)_{\text{gaz}} = (\ln 2 / 36) / 1,2 = 0,0160$  ;  $F = D_{\text{gaz}} / (\mu/\rho)_{\text{gaz}} = 0,833 / 0,0160 = 51,9 \text{ Jm}^{-2}$ .
- E. Faux. La fluence de cette source reçue par les tissus gonadiques = La fluence de cette source reçue par les particules gazeuses.

### QCM n°8 : A

A. **Vrai.**  $(\mu/\rho)_{\text{tissu}} = (\ln 2 / 0,06) / 1200 = 9,63 \times 10^{-3}$ .

$$D_{\text{tissu}} = 34 \times X \cdot \frac{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{tissu}}}{\left(\frac{\mu}{\rho}\right)_{\text{air}}} = 34 \times 24,5 \cdot 10^{-3} \times (9,63 \times 10^{-3} / 0,0160) = 0,5 \text{ Gy.}$$

B. Faux.  $H = w_R \times D_{\text{tissu}} = 1 \times 0,5 = 0,5 \text{ Sv}$ .

C. Faux.  $E = w_T \times H_{\text{tissu}} = 0,2 \times 0,5 = 0,1 \text{ Sv} = 100 \text{ mSv}$ .

D. Faux.

E. Faux.  $E(\text{naturelle}) = 2,5 \text{ mSv/an}$ .

### QCM n°9 : D, E

A. Faux. La dose moyenne absorbée est uniquement due au rayonnement gamma. A noter que les particules alpha ont un parcours de l'ordre du micromètre et la distance entre l'utérus et la thyroïde est de 50 cm. Ainsi, la majorité des particules alpha n'atteindront pas l'utérus vu qu'il y aura une atténuation conséquente.

B. Faux. Cf. item A

C. Faux.  $D = E / (w_R \times w_T) = 28 / (1 \times 0,025) = 1120 \text{ mGy}$

D. **Vrai.**  $w_R = 1$

E. **Vrai.**  $D > 250 \text{ mGy}$

### QCM n°10 : B, C, D

A. Faux.  $D = (\mu/\rho) \times F = 0,09 \times 10^{-4} \times 10^3 \times 4 \times 10^{-6} \times 10^4 = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ Gy}$  ;

$$H = D \cdot w_r = 3,6 \cdot 10^{-4} \times 1 = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ Sv} ;$$

$$E = D \cdot w_{\text{thyroïde}} = 3,6 \cdot 10^{-4} \times 0,05 = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Sv.}$$

B. **Vrai.** Pour le corps en entier  $w_T = 1$ . Donc la dose efficace est égale à la dose équivalente.

C. **Vrai.**  $E = 3,6 \cdot 10^{-4} \times 0,12 = 4,32 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}$ .

D. **Vrai.** Pour diviser l'irradiation par 4, il faut multiplier la distance par 2. Calculons d'abord la distance initiale entre le sujet et la source:  $F = dE / dS = A \times t \times E / (4\pi r^2)$  ;

$$r = \left\{ A \times t \times E / 4\pi F \right\}^{0,5} = \left\{ (4000 \times 10^6 \times 30 \times 60 \times 900 \cdot 10^3 \times 1,6 \cdot 10^{-19}) / (4\pi \times 4 \times 10^{-6} \times 10^4) \right\}^{0,5} = 1,436 ; 2r = 2,9\text{m}$$

E. Faux. Cf. item D.

### QCM n°11 : A, C

A. **Vrai.** Rappel sur la formule de la puissance surfacique :  $P_{\text{surf}} = \frac{\text{Puissance}}{\text{Surface}_{\text{exposée}}}$ .

On en déduit que  $\text{Surface}_{\text{exposée}} = \frac{\text{Puissance}}{P_{\text{surfacique}}}$ . Il nous reste plus qu'à trouver la valeur de la

puissance : celle-ci s'exprime en Watts, soit en J/s. On sait que Bruce a absorbé  $8 \cdot 10^{-17} \text{ Gy}$  soit  $8 \cdot 10^{-17} \text{ J/kg}$ . Bruce pèse 100 kg donc a absorbé  $8 \cdot 10^{-17} \times 100 \text{ J}$  soit  $8 \cdot 10^{-15} \text{ J}$ . Il est resté exposé

pendant 50 secondes donc la puissance est de  $\frac{8 \cdot 10^{-15}}{50} \text{ W}$  soit  $1,6 \cdot 10^{-16} \text{ W}$ . Ensuite on remplace

dans la formule et on trouve  $\text{Surface}_{\text{exposée}} = 0,85 \text{ m}^2$ .

B. Faux.  $N(x) = N_0 \cdot e^{-x/\text{LPM}} = 500 \cdot e^{-\frac{3}{4}} = 236,18 \text{ keV}$ .

C. **Vrai.** Bruce a absorbé  $8 \cdot 10^{-15} \text{ J} = \frac{8 \cdot 10^{-15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} \text{ eV} = 50000 \text{ eV} = 50 \text{ keV}$ . On calcule le rapport entre

ce que Bruce a absorbé et son rayon incident :  $50/236,18 = 0,2117 = 21,1\%$

D. Faux. Un rapport n'a pas d'unités ! Mais sinon le rapport fait bien  $50/500 = 0,1$

E. Faux. On cherche  $N(8\text{cm}) = 500 \cdot e^{-0,25 \cdot 8} = 67,67 \text{ keV}$  donc Bruce a absorbé  $(50/67,67) \times 100 \%$  soit 73,9% du rayonnement ayant traversé la cloison.

### QCM n°12 : A

- A. **Vrai.** On commence par chercher la période : elle correspond à la valeur associée à une activité de 8/2 MBq soit 4 MBq . Ainsi la période est de 5 jours. Or  $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$  donc  $\lambda = 0,1386 \text{ j}^{-1}$  soit  $5,78 \cdot 10^{-3} \text{ heures}^{-1}$ . Attention aux unités...
- B. Faux. Il faut attendre 5-7 fois le temps de la demi-vie. En effet, la loi de décroissance radioactive suit une loi décroissante monoexponentielle est n'est donc pas linéaire  $y = ax + b$ .
- C. Faux. On calcule la vie moyenne de l'isotope avec la formule :  $\tau = \frac{1}{\lambda}$  donc  $\tau = \frac{1}{5,77 \cdot 10^{-3}}$  heures soit 173,13 heures.
- D. Faux. A  $t=48\text{h}$  on a une activité de 6 MBq. On cherche N ( $48\text{h}=2\text{j}$ ). On utilise la formule :  $N(2\text{j}) = \frac{A(2\text{j})}{\lambda}$ . Il ne faut pas oublier de mettre  $\lambda$  en secondes<sup>-1</sup> car les Bq sont des désintégrations/s ! Donc on met  $\lambda = 0,1386/(24 \times 3600) = 1,604 \cdot 10^{-6} \text{ secondes}^{-1}$ . Donc  $N(2\text{j}) = \frac{6 \cdot 10^6}{1,604 \cdot 10^{-6}} = 3,74 \cdot 10^{12}$
- E. Faux.  $A = N\lambda \Leftrightarrow N = \frac{A}{\lambda} = \frac{8 \cdot 10^6}{\frac{\ln(2)}{5.3600.24}} = 4,99 \cdot 10^{12}$  noyaux.

### QCM n°13 : B, C, D

- A. Faux. Il repose sur la désexcitation provoquée des électrons de la couche p des atomes présents dans le tube La probabilité de désexcitation provoquée est proportionnelle au nombre d'électrons sur la couche p et nécessite donc de réaliser au préalable un pompage (ou inversion de population) afin d'envoyer le maximum d'électrons sur la couche p.
- B. **Vrai.** Tous les photons émis par la désexcitation ont même longueur d'onde puisqu'il s'agit d'atomes identiques. On a donc des ondes cohérentes qui se réfléchissent sur les miroirs et qui vont donner cette onde stationnaire.
- C. **Vrai.**
- D. **Vrai.**
- E. Faux. Il n'existe pas d'interaction électrochimique mais électromécanique qui permet la rupture mécanique de molécules par un champ électrique très intense ( $E > 10^7 \text{ V.m}^{-1}$ ). Les reste de l'item est vrai.

### QCM n°14 : A, C, D

- A. **Vrai.** L'hémoglobine est un exemple de chromophore, c'est pourquoi on utilise la spectrométrie optique-UV en oxymétrie de pouls.
- B. Faux. L'hémoglobine absorbe plus dans le rouge tandis que l'oxyhémoglobine absorbe plus dans l'IR. Ainsi si le rapport des absorbances R/IR diminue, cela signifie qu'il y a moins d'hémoglobine et plus d'oxyhémoglobine et donc que la saturation en O<sub>2</sub> augmente.
- C. **Vrai.**
- D. **Vrai.** On excite des électrons d'atomes fluorophores par une radiation, puis on enregistre l'énergie des photons émis par la désexcitation de ces mêmes électrons pour retourner à l'état fondamental. L'énergie de ces photons étant quantifiée et spécifique à chaque fluorophore, on arrive non seulement à identifier ceux qui sont présents en solution mais aussi à déterminer de manière précise leur concentration en évaluant la quantité de photons émis pour chaque type d'atome.
- E. Faux. La diffusion Raman est inélastique : une partie de l'énergie des photons incidents est absorbée par les électrons de la solution et les photons diffusés sont, de fait, de moindre énergie que les incidents. Le reste de l'item est vrai.