



TUTORAT UE 3 2015-2016 – Biophysique

CORRECTION Séance n°4 – Semaine du 05/10/2015

Radioactivité 1

Mr MARIANO-GOULART

QCM n°1 : A, C

A. **Vrai.** La durée de vie moyenne : $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{T}{\ln(2)}$ d'où la demi-vie $T = \ln(2) \times \tau = 2,07944$ heures soit **124,8 minutes.**

B. **Faux.** $A(t) = \lambda N(t)$

D'où $A_0 = \lambda N_0$

Avec A le nombre de désintégrations par seconde (Bq), λ la probabilité qu'un isotope se désintègre par seconde (s^{-1}) et N le nombre de noyaux non désintégrés.

$A_0 = \frac{1}{3 \times 3600} \times 5.10^{12} = \mathbf{462,96 MBq}$. On divise par 37 pour trouver 12,5 mCi.

C. **Vrai.** Cf. item B.

D. **Faux.**

$$N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} \quad \text{puisque } A(t) = \lambda N(t)$$

On utilise la formule de la demi-vie ($T = \frac{\ln(2)}{\lambda}$) pour passer à la formule :

$$A(t) = A_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}} \quad \text{soit } A(t) = \frac{A_0}{2^{\frac{t}{T}}} \quad (\text{avec } T \text{ la demi-vie et } t \text{ le temps écoulé dans la même unité})$$

On cherche t :

$$2^{\frac{t}{T}} = \frac{A_0}{A(t)}$$

$$\frac{t}{T} \times \ln(2) = \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right)$$

$$t = \ln\left(\frac{A_0}{A(t)}\right) \times \frac{T}{\ln(2)} = 3,81 \text{ heures soit } \mathbf{3 \text{ heures et } 49 \text{ minutes.}}$$

E. **Faux.** $N(t=24h) = \frac{N_0}{2^{\frac{24}{T}}} = 1,7^9$ noyaux restants. Soit $5.10^{12} - 1,7^9 = \mathbf{5.10^{12}}$ noyaux désintégrés, soit la quasi totalité. On aurait pu s'épargner le calcul en considérant qu'au delà de 7 demi-vies moins d'1% de la quantité initiale est encore présente.

QCM n°2 : F

A. **Faux.** Portée de 10^{-15} mètres (femtomètres et non picomètres), donc de l'ordre de grandeur du noyau atomique. Le reste de la phrase est vraie : l'interaction forte cible les hadrons.

B. **Faux.** L'interaction faible cible tout type de particules tandis que l'interaction forte ne cible que les hadrons (dans le noyau entre protons et neutrons).

C. **Faux.** L'élément en question devient PLUS stable (Cf. la courbe d'Aston).

- D. Faux. $R = \sqrt[3]{A} \times r$ (avec $r \approx$ dimension d'un nucléon) d'où $R = \sqrt[3]{63} \times 1,4 \cdot 10^{-15}$ et donc le diamètre vaut : $D = R \times 2 \approx 11,1 \text{ fm}$.
- E. Faux. Le carbone 13 et l'azote 14 sont deux isotones (isoto**N**e, même **N**, même nombre de **N**eutrons ; isob**A**re, même **A**, même nombre de nucléons ; Iso**T**ope, même nombre de pro**T**ons).
- F. **Vrai**.

QCM n°3 : E

- A. Faux. Les réactions de fusion concernent majoritairement les noyaux légers comme l'hydrogène (Cf. Courbe d'Aston).
- B. Faux. La capture électronique peut donner un spectre à plusieurs raies, puisque l'électron capté par le noyau laisse une case quantique vide qui va être comblée par la désexcitation des électrons plus périphériques.
- C. Faux. C'est la radioactivité β^+ . En effet dans les deux cas on a des noyaux riches en protons qui peuvent soit se transformer en neutrons par émission d'un positon soit se transformer en neutrons en captant un électron.
- D. Faux. C'est l'inverse.
- E. **Vrai**.

QCM n°4 : B, C, D

A. Faux. $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda}$ d'où la constante radioactive $\lambda = \frac{\ln 2}{8 \times 24 \times 3600} \approx 1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1}$

B. **Vrai**. $A_0 = \lambda \times N_0$ d'où le nombre de moles de l' ^{131}I $N_0 = \frac{A_0}{\lambda} = \frac{2 \cdot 10^8}{\frac{\ln 2}{8 \times 24 \times 3600}} \approx 1,994 \cdot 10^{14}$

C. **Vrai**. $m_0 = n_0 \times M = \frac{N_0}{N_A} \times M = \frac{A/\lambda}{N_A} \times M = \frac{\frac{2 \cdot 10^8}{\ln 2}}{6,022 \cdot 10^{23}} \times 131 \approx 4,34 \cdot 10^{-8} \text{ g} \approx 43 \text{ ng}$

- D. **Vrai**. Activité, nombre de noyaux et masse sont des grandeurs directement proportionnelles, on peut

donc y appliquer les mêmes formules. D'où $m(10j) = \frac{m_0}{2^T} = \frac{\frac{2 \cdot 10^8}{\ln 2}}{\frac{8 \times 24 \times 3600}{6,022 \cdot 10^{23}} \times 131} \times \frac{10}{2^8} \approx 1,8 \cdot 10^{-8} \text{ g}$

- E. Faux. Si 95% de l'iode est désintégré, il reste donc 5% de A_0 .

$A = 0,05 \times A_0 = \frac{A_0}{2^T}$ d'où $0,05 = \frac{1}{2^T} \leftrightarrow \frac{1}{0,05} = 2^T \leftrightarrow \ln\left(\frac{1}{0,05}\right) = \frac{T}{1} \times \ln 2 \leftrightarrow T = \frac{\ln\left(\frac{1}{0,05}\right)}{\ln 2} \times 8 = 34,58$ jours soit un peu moins de 35 jours.

QCM n°5 : B, E

- A. Faux. C'est par interaction électrostatique (à cette échelle l'interaction gravitationnelle est négligeable devant l'interaction électrostatique) avec le noyau de la cible et non le cortège électronique. Le freinage électronique n'a lieu qu'avec des solides, dont les atomes ont un numéro atomique élevé

- B. **Vrai**.

- C. Faux. Cette formule n'est applicable que dans le vide (où la vitesse est égale à $3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), or nous sommes dans un milieu solide.

- D. Faux. L'électron s'arrête net donc on peut écrire $E_c = E_\phi + E_{\text{thermique}}$ d'où $E_\phi = E_c - E_{\text{thermique}}$ et

$\lambda(\text{nm}) = \frac{1240}{E_\phi(\text{eV})} = \frac{1240}{E_c - E_{\text{thermique}}} = \frac{1240}{150000 - \frac{4 \cdot 10^{-15}}{1,6 \cdot 10^{-19}}} = 9,92 \cdot 10^{-3} \text{ nm}$. Attention dans le milieu solide en question,

la longueur d'onde du photon est de $\frac{\lambda_{\text{vide}}}{n}$.

E. **Vrai.** On obtiendra des raies caractéristiques de l'atome qui a interagi avec l'électron incident. En effet les photons de freinage vont ioniser des électrons entraînant par la suite des désexcitations par photons X de fluorescence dont l'énergie est caractéristique de l'atome considéré.

QCM n°6 : B, D

- A. **Faux.** Le rapport signal sur bruit est proportionnel à la racine carrée du taux de comptage moyen donc si le taux de comptage est multiplié par 4, le rapport signal sur bruit est multiplié par $\sqrt{4}$ donc multiplié par 2.
- B. **Vrai.**
- C. **Faux.** Pour un examen chez un même patient, plus le taux de comptage est élevé, plus la vitesse de balayage du détecteur est faible.
- D. **Vrai.** $\frac{S_2}{B_2} = \sqrt{C_2} = \sqrt{4 \times C_1} = 2 \times \sqrt{C_1} = 2 \times \frac{S_1}{B_1} \leftrightarrow C_2 = (2 \times \frac{S_1}{B_1})^2 = (2 \times 1,5)^2 = 9$
- E. **Faux.** On sait que $\frac{S_n}{B_n} = \frac{S_2}{B_2} \times 1,3$ d'où $\sqrt{C_n} = 1,3 \times \sqrt{C_2} \leftrightarrow C_n = 1,3^2 \times C_2$. Par ailleurs on sait que la vitesse de balayage est inversement proportionnelle au taux de comptage donc la nouvelle vitesse de balayage est divisée par $1,3^2$ soit 1,69.

QCM n°7 : A, E

- A. **Vrai.**
- B. **Faux.** E (MeV) = $[M(\text{Co}) + m_e - M(\text{Fe})] \times 931,5 - E_k^i$ (si masses en uma) d'où
 $E = [\mathcal{M}(\text{Co}) - 27 \cdot m_e + m_e - (\mathcal{M}(\text{Fe}) - 26 \cdot m_e)] \times 931,5 - 75 \cdot 10^{-3} = (57,93575 - 57,933277) \times 931,5 - 75 \cdot 10^{-3} = 2,2$ MeV
- C. **Faux.** Conversion en joules (on multiplie par $1,6 \cdot 10^{-19}$ sans oublier de passer de MeV en eV) et cela donne $3,5658 \cdot 10^{-13}$ J.
- D. **Faux.** E (MeV) = $[M(^{58}_{27}\text{Co}) - (M(^{58}_{26}\text{Fe}) + m_e)] \times 931,5$ (si masses en uma)
 $E_d = (\mathcal{M}(\text{Co}) - 27 \times m_e - [\mathcal{M}(\text{Fe}) - 26 \times m_e + m_e]) \times 931,5 = (\mathcal{M}(\text{Co}) - \mathcal{M}(\text{Fe}) - 2 \cdot m_e) \times 931,5 = 1,37$ MeV.
- E. **Vrai.**

QCM n°8 : C, E

- A. **Faux.** Il s'agit de la fluorescence, de l'effet Auger et de la **conversion interne**.
- B. **Faux.** On a d'abord la dé-excitation et l'émission d'un quantum puis l'ionisation ou l'excitation d'un électron Auger, et enfin la création d'un rayon X car un électron plus périphérique ou ionisé va combler la case quantique laissée vide.
- C. **Vrai.**
- D. **Faux.** Le rayonnement γ est produit par la désexcitation du noyau de l'atome, par contre il va ensuite pouvoir ioniser un électron du cortège électronique entraînant la création d'un rayon X car un électron plus périphérique ou ionisé va combler la case quantique laissée vide.
- E. **Vrai.**

QCM n°9 : A, B, C, E

- A. **Vrai.**
- B. **Vrai.**
- C. **Vrai.** Des isotones sont des atomes ayant le même nombre de neutrons. Or la différence entre le nombre de masse (A) et le numéro atomique (Z) correspond au nombre de neutrons (N).
- D. **Faux.** Elle est inférieure du fait notamment de l'interaction forte.
- E. **Vrai.** $1 \text{ uma} \times c^2 = 931,5 \text{ MeV}$. $\Delta E = 931,5 \times \Delta m = 931,5 \times 2,5 = 2328,75 \text{ MeV} = 3,726 \cdot 10^{-10} \text{ J}$.

QCM n°10 : A, B

- A. **Vrai.** Par exemple : tube à rayons X et ostéodensitomètres bi-photoniques.
- B. **Vrai.** L'énergie rayonnée augmente avec l'énergie cinétique et Z^2 .
- C. **Faux.** Ils sont attirés par les protons du noyau des cibles (les particules de même charge se repoussent).

- D. Faux. Elle se fait également sous forme de chaleur.
 E. Faux. Le spectre est mixte (continu du fait de l'émission de photons X de freinage et présence de raies caractérisant l'atome cible)

QCM n°11 : F

- A. Faux. C'est l'énergie d'ionisation qui est toujours positive, l'énergie de liaison est égale en valeur absolue mais négative.
 B. Faux. $E_{i(L)} = -E_L = 13,6 \times \frac{Z^2}{n^2} = 13,6 \times \frac{11^2}{2^2} = 411,4 \text{ eV}$.
 C. Faux. $E_{i(M)} = 13,6 \times \frac{11^2}{3^2} = 182,8 \text{ eV} = 2,9 \cdot 10^{-17} \text{ J}$.
 D. Faux. $\Delta E_i = E_{i(L)} - E_{i(M)} = 411,4 - 182,8 = 228,6 \text{ eV}$. De plus on ne peut pas parler d'énergie d'ionisation, il s'agit ici de l'énergie associée à la transition électronique concernée : une désexcitation (et non une ionisation). L'électron va donc sur un niveau énergétique inférieur, il perd de l'énergie donc le signe de ΔE_L est négatif et $\Delta E_i = -\Delta E_L$.
 E. Faux. L'énergie perdue par l'électron est conférée à un photon d'énergie ΔE_i .
 $\lambda = 1240/\Delta E_i = 5,43 \text{ nm}$.

QCM n°12 : A, C, E

- A. **Vrai**.
 B. Faux. $\lambda = \ln(2)/T_{1/2} = \ln(2)/(138 \times 24 \times 3600 + 9 \times 3600) = 5,8 \cdot 10^{-8} \text{ s}^{-1}$.
 C. **Vrai**. $\tau = 1/\lambda = 4791 \text{ h}$.
 D. Faux. $A_0 = \lambda \times N_0$ donc $N_0 = 1,43 \cdot 10^{23}$. Lorsque A_0 est en Bq on doit utiliser la constante radioactive en s^{-1} car les Bq sont des désintégrations/s.
 E. **Vrai**. $M_0 = A_0 \cdot M / \lambda \cdot N_A = 49,8 \text{ g}$.

QCM n°13 : B, C

- A. Faux. La TEP se réalise par désintégration β^+ , or dans ce cas, il s'agit d'une radioactivité β^- pouvant être utilisée en radiothérapie.
 B. **Vrai**. Un anti-neutrino est également libéré.
 C. **Vrai**. $E_d = (m_x - m_y) \cdot c^2 = (130,9061246 - 130,9050824) \cdot 931,5 = 0,9708093 \text{ MeV}$.
 D. Faux. $E_d = 0,9708093 \text{ MeV} = 1,55 \cdot 10^{-13} \text{ J}$.
 E. Faux. L'énergie disponible se répartit de manière aléatoire et continue entre l'électron et l'anti-neutrino, le spectre d'émission est donc continu.

QCM n°14 : A, B, D, E

- A. **Vrai**. Un neutron se transforme en proton (avec émission d'un électron), on a donc le même nombre de nucléons.
 B. **Vrai**.
 C. Faux. L'énergie disponible se répartit de manière aléatoire et continue entre l'électron et l'anti particule.
 D. **Vrai**.
 E. **Vrai**.