# TUTORAT UE 3 2014-2015 – Biophysique
# CORRECTION Séance n°4 – Semaine du 06/10/2014

## *Radioactivité 1*
## Professeur Mariano-Goulart

*QCM n°1 :* **B, D, E**

A. Faux. L'interaction électromagnétique n'a pour cible que les particules chargées.
B. **Vrai**. Deux noyaux isotones ont le même nombre de neutrons. S'ils ont le même nombre de charge, cela signifie qu'ils ont le même nombre de protons et que ce sont donc des isotopes. Ainsi, si ces deux atomes ont le même nombre de protons et le même nombre de neutrons, cela signifie qu'ils ont en tout le même nombre de nucléons, c'est-à-dire que ce sont des isobares. Notons que ces deux noyaux sont alors identiques.
C. Faux. C'est l'inverse : les fermions regroupent effectivement les quarks et les leptons cependant, les quarks constituent les hadrons et au sein des leptons, on compte les électrons.
D. **Vrai**.
E. **Vrai**. L'interaction forte a une portée de l'ordre de $10^{-15}$ m tandis que celle de l'interaction faible est de $10^{-3}$ fm, donc $10^{-18}$ m.

*QCM n°2 :* **A, C, D**

A. **Vrai**. Par définition, un ion hydrogénoïde possède un seul électron.
$E = 13{,}6 \times \frac{Z^2}{n^2} <=> Z^2 = \frac{E \times n^2}{13{,}6} <=> Z = \sqrt{\frac{E \times n^2}{13{,}6}} = \sqrt{\frac{74 \times 3^2}{13{,}6}} = 7$ Donc l'ion possède 7 protons.
B. Faux. Une énergie d'ionisation est toujours positive, cependant la valeur est juste. On cherche l'énergie d'un électron à l'état fondamental, donc sur la couche n=1:
$Ei = 13{,}6 \times \frac{Z^2}{n^2} = 13{,}6 \times \frac{7^2}{1^2} = 666{,}4eV$ .
C. **Vrai**. Calcul de l'énergie d'ionisation de la couche L (n=2):
$E = 13{,}6 \times \frac{7^2}{2^2} = 166{,}6eV$ Soit $E = 166{,}6 \times 1{,}6.10^{-19} = 2{,}7.10^{-17} J$ .
D. **Vrai**. Calculons l'énergie d'ionisation de la transition pour en déduire la longueur d'onde :
$E = -13{,}6 \times (\frac{7^2}{3^2} - \frac{7^2}{2^2}) = +92{,}56eV$ Donc $\lambda = \frac{1240}{E} = \frac{1240}{92{,}56} = 13{,}4nm$ .
E. Faux. L'énergie a été calculée à l'item B : 666,4 eV soit 666,4 X $1{,}6.10^{-19}$ =$1{,}07.10^{-16}$J
On en déduit la fréquence $\nu = \frac{E}{h} = \frac{1{,}07.10^{-16}}{6{,}62.10^{-34}} = 1{,}61.10^{17} Hz$ .

## *QCM n°3 :* **C, D, E**

A. Faux. L'interaction électrostatique qui freine l'électron se fait avec le noyau.
B. Faux. Elle sera inversement proportionnelle. C'est pour cela qu'on utilise des particules lourdes et donc l'électron.
C. **Vrai**. Le spectre continu est dû au fait que la différence d'énergie cinétique se répartit inégalement et aléatoirement entre le (ou les) photon(s) de freinage et l'énergie thermique. Les raies sont dues aux éventuelles ionisations, donc aux photons de fluorescence, dont l'énergie est quantifiée.
D. **Vrai**.
E. **Vrai**. Rappel : Les RX sont observés lors des réarrangements électroniques donc lors des interactions électroniques ou de freinage. Les rayons gamma sont d'origine nucléaire.

## *QCM n°4 :* **F**

A. Faux. Il utilise le freinage d'électron.
B. Faux. On sait que l'énergie cinétique Ec = $\frac{1}{2}$ x m x $v^2$ avec v= $\frac{p}{m}$= $\frac{8{,}19.10^{-23}}{9{,}1.10^{-31}}$=90. $10^6$ m.$s^{-1}$ d'où
Ec = $\frac{1}{2}$ x m x $v^2$ = 0,5 x 9,1.$10^{-31}$x (90.$10^6$) ² = 3,6855.$10^{-15}$ J = 23,034 keV.
C. Faux. Avec une énergie cinétique maximale on a λ (nm)=$\frac{1240}{E\ (eV)}$ =$\frac{1240}{23{,}034.103}$ =0,0538 nm= 53,8 pm ; mais cette valeur correspond à λ minimum.
D. Faux. L'énergie nécessaire à l'électron pour passer de la couche K à L est de I$E_L$ – $E_K$I = 58 keV. De même, pour passer de la couche K à M, l'énergie nécessaire est de I$E_M$ – $E_K$I = 67 keV et pour passer de la couche L à M elle est de I$E_L$ – $E_M$I = 9 keV.
Cependant, les électrons accélérés ont une énergie maximale d'environ 23 keV (cf item B).
Par conséquent, ils n'ont pas assez d'énergie pour permettre les transitions entre les couches K et L et les couches K et M ; mais seulement entre les couches M et L. On observera donc la raie correspondant à la transition entre les couches M et L.
E. Faux. Il y a aussi émission de chaleur (effet Joule).
F. **Vrai**.

## *QCM n°5 :* **F**

A. Faux. C'est l'effet Auger.
B. Faux. Attention annihilation ≠ CP !
L'annihilation d'un électron et d'un position entraîne l'émission de deux photons gamma partant à 180 degré et possédant chacun une énergie de 511keV (= $m_e$.$c^2$)
Alors que la CP est la création d'un coupe particule et antiparticule (électron et positon) à partir d'un photon d'une énergie minimale >1,022 MeV (2 x 511 keV)
C. Faux. C'est la Conversion interne.
D. Faux. On enregistrera un photon X consécutif à la désexcitation d'un électron périphérique excité préalablement par l'absorption du photon gamma.
E. Faux. On obtient un spectre continu lors d'un freinage d'électron.
F. **Vrai**.

## *QCM n°6 :* **C, D, E**

A. Faux. On a Ed *(MeV)* = [M(Rn) – (M(Po) + M(He))](*u)* x931,5 (*MeV/c²*)=[$\mathcal{M}$(Rn) – ($\mathcal{M}$ (Po) + $\mathcal{M}$ (He))] x931,5 = 6,1479 MeV, or Eα = $\frac{\mathrm{M(Po)}}{\mathrm{M(Po)+M(He)}}$ . Ed = 6,031MeV et donc $E_{Po}$ = Ed – Eα = 0,1172 MeV.
B. Faux. $E_{Po}$ = 0,1172.$10^6$ x 1,6.$10^{-19}$ = 1,8750.$10^{-14}$ J et $m_{Po}$=205,9805 x 1,66.$10^{-27}$ =3,419.$10^{-25}$ kg. On utilise alors la formule permettant de calculer l'énergie cinétique du Po :
Ec = $\frac{1}{2}$.m.v² ↔ v = $\sqrt{\frac{2Ec}{m}}$ = 331,2 km.$s^{-1}$.
C. **Vrai**.
D. **Vrai**. C'est-à-dire des noyaux dont A, le nombre de masse, est supérieur à 150.
E. **Vrai**. Car l'énergie des noyaux d'hélium est unique, précise (et légèrement inférieure à Ed).

## *QCM n°7 :* **A, C, E**

A. **Vrai**. Plus on se rapproche de l'état fondamental, plus l'énergie d'ionisation est importante.

B. Faux. Calculons l'énergie associée à cette transition : $E = -13{,}6 \times (\frac{(11-7{,}8)^2}{3^2} - \frac{(11-4{,}2)^2}{2^2}) = 142eV$

Calculons la longueur d'onde : $\lambda = \frac{1240}{E} = \frac{1240}{142} = 8{,}75nm$=87,5 Å.

C. **Vrai**. L'énergie de liaison est toujours négative: $E = -13{,}6 \times \frac{(11-7{,}8)^2}{3^2} = -15{,}47eV$ .

D. Faux. Nous devons calculer l'énergie puis la longueur d'onde pour trouver la quantité de mouvement :

$E = 13{,}6 \times \frac{(11-4{,}2)^2}{2^2} = 157{,}216eV$ et $\lambda = \frac{1240}{E} = \frac{1240}{157{,}216} = 7{,}9nm$

$$\lambda = \frac{h}{p} \Leftrightarrow p = \frac{h}{\lambda} = \frac{6{,}62.10^{-34}}{7{,}9.10^{-9}} = 8{,}39.10^{-26}\,kg.m.s^{-1}.$$

E. **Vrai**. Nous devons calculer l'énergie pour en déduire la fréquence. Selon l'item C, E = 15,47 eV soit E = 15,47 X $1{,}6.10^{-19}$=$2{,}48.10^{-18}$ J

$$E = h\nu \Leftrightarrow \nu = \frac{E}{h} = \frac{2{,}48.10^{-18}}{6{,}62.10^{-34}} = 3{,}74.10^{15}\,Hz\ .$$

## *QCM n°8 :* **D**

A. Faux. $\lambda = \frac{\ln(2)}{T_{1/2}} = \frac{1}{\tau} = \frac{1}{11{,}54} = 0{,}087\,j^{-1}$.

B. Faux. On sait que 1 mCi = 37 MBq. Donc A = 128 X 37 = 4736 MBq.

$$A = \lambda.N <=> N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\frac{1}{\tau}} = A \times \tau = 4736.10^6 \times 11{,}54 \times 24 \times 3600 = 4{,}72.10^{15}\,noyaux.$$

Attention aux puissances et à convertir les jours en secondes pour ce calcul.

C. Faux. Calculons la demi-vie : $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{\ln(2)}{1/\tau} = \ln(2) \times \tau = \ln(2) \times 11{,}54 = 8\,jours$

L'activité sera divisée par 4 au bout de 2 fois la demi-vie soit 16 jours.

D. **Vrai.** On doit calculer la masse qui correspond au nombre de noyaux donné dans l'item B :

$$N = \frac{m}{M} \times Na <=> m = \frac{N \times M}{Na} = \frac{4{,}72.10^{15} \times 131}{6{,}022.10^{23}} = 1\mu g\ .$$

E. Faux. L'iode 131 est utilisé dans le cadre de radiothérapie métabolique par désintégration β-. La désintégration β+ est utilisée pour faire de la topographie par émission de positons (TEP).

## QCM n°9 : F

A. Faux. Le temps de vie moyen correspond à $\frac{1}{\lambda}$. Ainsi $\tau = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{5{,}73.10^{-8}} = 174{,}5.10^{5}\,s = 4848h$.

B. Faux. $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda} = \frac{\ln(2)}{5{,}73.10^{-8}} = 121.10^{5}\,s = 3360h = 140\,jours$.

C. Faux. Calculons dans un premier temps le nombre de noyaux initial : $N = n \times Na$

$N = \frac{m}{M} \times Na = \frac{80.10^{-6}}{210} \times 6{,}022.10^{23} = 2{,}29.10^{17}\,Noyaux$

De ceci, on peut en déduire l'activité : $A = \lambda.N = 5{,}73.10^{-8} \times 2{,}29.10^{17} = 1{,}31.10^{10}\,Bq$.

Attention aux unités !

D. Faux. $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$ donc $A(145j) = 1{,}31.10^{10} \times e^{-5{,}73.10^{-8} \times 145 \times 24 \times 3600} = 6{,}41.10^{9}\,Bq$

On sait que 37 MBq correspondent à 1 mCi d'où A(t)=$\frac{6412}{37} = 173mCi$.

E. Faux. L'activité correspond au nombre de désintégrations **par seconde** au sein d'un échantillon.

F. **Vrai**.

## QCM n°10 : A

A. **Vrai.** On sait que $\tau = \frac{1}{\lambda}$ et que $T_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$ ainsi $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)}$.

Pour le Molybdène : $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)} = \frac{66}{\ln(2)} = 95{,}22h$. Pour le Technétium : $\tau = \frac{T_{1/2}}{\ln(2)} = \frac{6}{\ln(2)} = 8{,}66h$.

B. Faux. Calculons l'activité du Technétium à 14h : On sait que $A(t) = A_0.e^{-\lambda t}$

D'où $A(14-6) = 69.10^{6}.e^{-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}} \times (14-6)} \Leftrightarrow A(8) = 69.10^{6}.e^{-\frac{\ln(2)}{6} \times 8} = 2{,}74.10^{7}\,Bq$

A partir de l'activité, on peut déterminer le nombre de noyaux : $A = \lambda.N$ d'où

$N = \frac{A}{\lambda} = \frac{2{,}74.10^{7}}{\frac{\ln(2)}{T_{1/2}}} = \frac{2{,}74.10^{7}}{\frac{\ln(2)}{6 \times 3600}} = 8{,}53.10^{11}\,noyaux$.

C. Faux. $A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$ d'où $A(2) = 164.10^{6} \times e^{-\frac{\ln(2)}{66} \times 2} = 1{,}61.10^{8}\,Bq = \frac{161}{37}\,mCi = 4{,}35mCi$.

D. Faux. Il faut calculer l'activité au bout de 18-6=12 heures.

$A(12) = A_0.e^{-\frac{\ln(2)}{T_{1/2}}.t} = 69.10^{6} \times e^{-\frac{\ln(2)}{6} \times 12} = 1{,}725.10^{7}$ Bq

Or $A = \lambda.N$ d'où $N = \frac{A}{\lambda} = \frac{A}{\frac{\ln(2)}{T_{1/2}}} = \frac{1{,}725.10^{7}}{\frac{\ln(2)}{6 \times 3600}} = 5{,}36.10^{11}\,noyaux$.

On peut ainsi en déduire la masse: $N = n \times Na = \frac{m}{M} \times Na$ d'où

$m = \frac{N \times M}{Na} = \frac{5{,}36.10^{11} \times 99}{6{,}022.10^{23}} = 8{,}84.10^{-11}\,g$.

E. Faux. 66 heures de demi-vie correspondent à 2,75 jours. A(t) = $\frac{A_0}{2^{\frac{t}{T}}} = \frac{A_0}{2^{\frac{8{,}25}{2{,}75}}} = \frac{A_0}{2^{3}}$.

Ainsi, au bout de 8,25 jours, l'activité est divisée par $2^3$ = 8.

*QCM n°11 :* **A, C, E**

A. **Vrai**. En effet, il s'agit d'une capture électronique qui comme la radioactivité béta + concerne les noyaux riches en protons.

B. Faux. $E_d = (\mathcal{M}(X) - \mathcal{M}(Y)).c^2 - E^i_K = (\mathcal{M}(X) - \mathcal{M}(Y)) \times 931{,}5.10^3 - 7{,}1 = 224{,}8435$ keV.

D'où $\mathcal{M}(X) = \frac{(224{,}8435 + 7{,}1)}{931{,}5.10^3} + \mathcal{M}(Y) = 54{,}938296$ u.

C. **Vrai**.

D. Faux. Il s'agit d'un photon X.

E. **Vrai**. C'est un Effet Auger.

*QCM n°12:* **D**

A. Faux. C'est l'inverse.

B. Faux. $X_3$ va évoluer en $X_2$ par fission.

C. Faux. $E_L = A \times \frac{E_L}{A} = 63 \times 8{,}7.10^6 = 548$ MeV $= 8{,}7696.10^{-11}$ J $\rightarrow E_L = \Delta m.c^2 \leftrightarrow \Delta m = \frac{E_L}{c^2} = 9{,}744.10^{-28}$ kg.

D. **Vrai**. Il s'agit du $^{63}Cu$.

E. Faux. La stabilité est caractérisée par l'énergie de liaison par nucléon soit $\frac{E_L}{A}$.