UE3 CORRECTION

1er semestre 2017 - Séance 5
Matière - Rayonnements

QCM1 : A propos des modèles atomiques :

a- **VRAI** : C'est le nombre d'électrons et leur répartition en couches (fixés par le nombre de protons) qui définissent un élément chimique.
b- **FAUX** : Le rayon nucléaire moyen est proportionnel à $A^{1/3}$.
c- **VRAI** : Dans le modèle de Rutherford, l'électron devrait s'écraser sur le noyau au bout d'un temps fini.
d- **FAUX** : Le rayon est quantifié, il peut prendre un nombre infini de valeurs discrète déterminées par le nombre quantique *n*.
e- **VRAI**.

Réponses a,c,e

QCM2 : L'énergie des photons correspondant aux raies de Lyman s'écrit :
$E_\varphi = |\Delta E|_n = 13{,}6\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$ pour *n* variant entre 2 et $+\infty$.

a- **VRAI** : Une raie de Lyman correspond à une désexcitation d'un électron donc à une perte d'énergie.
b- **FAUX** : L'énergie d'une désexcitation vers la couche 1 varie entre $|\Delta E|_2 = 13{,}6(1 - 1/2^2) = 10{,}2$ eV et $|\Delta E|_\infty = 13{,}6$ eV.
c- **VRAI** : On calcule ces longueurs d'ondes avec la formule $E(\text{eV}) = 1240/\lambda(\text{nm})$ et on trouve les valeurs $\lambda_2 = \frac{1240}{10{,}2} \simeq 122$ nm et $\lambda_\infty = \frac{1240}{13{,}6} \simeq 91$ nm.
d- **VRAI** : D'après la formule de Rydberg $\frac{1}{\lambda} = R_H\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$. L'énergie d'un photon est $E(\text{eV}) = 1240/\lambda(\text{nm})$, donc $E_\varphi = 1240 \times R_H\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$. Cette énergie est aussi égale à $E_\varphi = 13{,}6\left(1 - \frac{1}{n^2}\right)$. On en déduit que $R_H(\text{nm}^{-1}) \times 1240 = 13{,}6$. Au final, $R_H \simeq 0{,}01097\ \text{nm}^{-1}$.
e- **FAUX**.

Réponses a,c,d

QCM3 :

a- **FAUX** : Seuls les électrons sont des particules élémentaires.
b- **VRAI**.
c- **VRAI**.
d- **VRAI** : Elles ont une portée infinie.
e- **FAUX** : Les gluons sont le support de l'interaction forte, responsable de l'attraction des quarks entre eux. C'est l'interaction électromagnétique qui permet aux particules chargées de s'attirer ou se repousser.

Réponses b,c,d

QCM4 :

a- **FAUX** : L'ion béryllium est un atome hydrogénoïde (1 seul électron). L'énergie électronique dépend seulement du nombre quantique principal n.

b- **FAUX** : $E_K = -13{,}6 \times Z^2/n^2 = -13{,}6 \times 4^2/1 = -217{,}6$ eV. Le rayonnement doit donc avoir une énergie supérieure à $E\varphi = hf = -E_k$ soit $f > 217{,}6 \times 1{,}6.10^{-19}/(6{,}62.10^{-34}) = 5{,}26.10^{16}$ Hz $= 5{,}26.10^{10}$ MHz. Le rayonnement doit donc avoir une fréquence <u>supérieure</u> à $5{,}26.10^{10}$ MHz.

c- **VRAI** : $E_L = -13{,}6 \times Z^2/n^2 = -13{,}6 \times 4^2/2^2 = -54{,}4$ eV. Le rayonnement doit donc avoir une énergie supérieure à $E\varphi = -E_L \Leftrightarrow 1240/\lambda > 54{,}4 \Leftrightarrow \lambda/1240 < 1/54{,}4 \Leftrightarrow \lambda < (1/54{,}4) \times 1240 = 22{,}8$ nm.
La longueur d'onde du rayonnement doit être inférieure à 22,8 nm.

d- **VRAI** : $\lambda = 2\pi . r_3/n$ avec $r_3 = n^2 . r_0$ et $r_0 = 0{,}53/Z$ donc $\lambda = 2\pi n \times 0{,}53/Z = 2\pi \times 3 \times 0{,}53/4 = 2{,}49$ Å ≈ 250 pm.

e- **VRAI** : Les différents niveaux d'énergies de l'ion béryllium sont :
$E_K = -217{,}6$ eV ; $E_L = -54{,}4$ eV et $E_M = E_K/9 = -13{,}6 \times 16/9 = -24{,}2$ eV.
En cas de désexcitation électronique, on obtient un rayonnement d'énergie 163,2 eV (de L à K), 193,4 eV (de M à K) ou de 30,2 eV (de M à L). Ces rayonnements ont des longueurs d'onde respectivement de 7,60 nm, 6,41 nm et 41,05 nm.

Réponses c,d,e

QCM5 :

a- **FAUX** : $E_c = \frac{1}{2}mv^2$ donc $v = \sqrt{2E_c/m} = \sqrt{\frac{2 \times 0{,}01 \times 1{,}6.10^{-19}}{1{,}008666 \times 1{,}66.10^{-27}}} \simeq 1382$ m.s^{-1}.

b- **VRAI** : La quantité de mouvement est conservée dans cette réaction donc :
$p_{après} = p_{avant} = m \times v = 1{,}008666 \times 1{,}66.10^{-27} \times 1382 \simeq 2{,}3.10^{-24}$ kg.m.s^{-1}.

c- **VRAI** : $\Delta m = 36 \times m_p + 57 \times m_n - M_n({}^{93}_{36}Kr)$
$= (36 \times 1{,}007276 + 57 \times 1{,}008666 - 92{,}93127) \times 1{,}66.10^{-27} = 1{,}37.10^{-27}$ kg.

d- **FAUX** : $E_d = (234{,}99332 + 1{,}008666 - (92{,}93127 + 139{,}910605 + 3 \times 1{,}008666)) \times 931 = 124{,}9$ MeV.

e- **VRAI**.

Réponses b,c,e

QCM6 :

a- **FAUX** : D'après la conservation du nombre de charge et du nombre de masse, l'équation de la réaction est la suivante ${}^{235}_{92}U \rightarrow {}^{231}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$, il s'agit d'une désintégration α.

b- **VRAI**.

c- **FAUX** : Le rayonnement α est beaucoup moins pénétrant que les neutrons du fait de la plus grande masse de la particule α et de sa charge +2e.

d- **FAUX** : $E_d = (234{,}99332 - 4{,}001506) \times 931 - (215\,094{,}7993 - 90 \times 0{,}511) \simeq 4{,}57$ MeV.

e- **VRAI** : La particule α emporte toute l'énergie disponible sous forme d'énergie cinétique, qui vaut Ec $= 4{,}57.10^6 \times 1{,}6.10^{-19} = 7{,}31.10^{-13}$ J.

Réponses b,e

QCM7 :

a- **VRAI**.

b- **VRAI**.

c- **VRAI**.

d- **VRAI**.

e- **VRAI**.

Réponses a,b,c,d,e

QCM8 :

a- **FAUX** : On obtient l'équilibre suivant via deux désintégrations β-.

$$^{90}_{38}\mathrm{Sr} \rightarrow {}^{90}_{39}\mathrm{Y} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\bar{\nu} \text{ et } {}^{90}_{39}\mathrm{Y} \rightarrow {}^{90}_{40}\mathrm{Zr} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e} + {}^{0}_{0}\bar{\nu}.$$

C'est donc l'activité du noyau père, le strontium 90 ($T_{1/2} = \ln2\times\tau = 28,77$ ans) qui impose l'activité de son noyau fils, l'yttrium 90 ($T_{1/2} = \ln2\times\tau = 63,77$ heures).

b- **FAUX** : Pour atteindre l'équilibre séculaire, il faut attendre un temps $t = 10\times T_{1/2}({}^{90}_{39}\mathrm{Y})$. Soit t = 10×63,77/24 = 26,57 jours.

c- **FAUX** : Par désintégration β^-.

d- **VRAI** : $Ed = \Delta M\times931 = (M({}^{90}_{38}\mathrm{Sr}) - M({}^{90}_{39}\mathrm{Y})) \times 931 = (89,907738 - 89,9071519)\times931 = 546$ keV.

e- **VRAI** : $Ed = \Delta M\times931 = (M({}^{90}_{39}\mathrm{Y}) - M({}^{90}_{40}\mathrm{Zr})) \times 931 = (89,9071519 - 89,9047044)\times931 = 2,28$ MeV. L'énergie cinétique maximale des électrons émis par l'yttrium est de 2,28 MeV. La portée de ces électrons est donc supérieure à ceux émis par le strontium (Ec_{max} = 546 keV)

Réponses d,e

QCM9 :

$^{210}_{84}\mathrm{Po} \longrightarrow {}^{y}_{x}\mathrm{Pb} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}$ donc y = 210 - 4 = 206 et x = 84 - 2 = 82.

$A = \lambda.N$ avec $\lambda = \ln2/T$ et A = 1 Ci = $3,7.10^{10}$ Bq,

soit $N = A/\lambda = 3,7.10^{10}\times(138\times24\times3600)/\ln2 = 6,36.10^{17}$ atomes.

La masse de l'échantillon de polonium est de donc $m = N.M/N_A = 6,36.10^{17}\times210/6,02.10^{23} = 2,22.10^{-4}$ g soit 0,222 mg.

$Ed = [Mn({}^{210}_{84}\mathrm{Po}) - Mn({}^{206}_{82}\mathrm{Pb}) - Mn({}^{4}_{2}\mathrm{He})].c^2 = (209,9368 - 205,929489 - 4,001506)\times931 = 5,4$ MeV.

Réponse d

QCM10 :

a- **VRAI**.

b- **FAUX** : Elle peut être obtenue par désintégration β^-.

c- **VRAI**.

d- **VRAI** : Le noyau métastable produit un rayonnement γ, qui peut ioniser un électron du nuage électronique de l'atome, phénomène appelé conversion interne.

e- **VRAI** : Ce sont des noyaux lourds donc fissibles et ils sont riches en neutrons donc émetteur β^-.

Réponses a,c,d,e

QCM11 :

a- **FAUX** : Différence de masse atomique entre père et fils : $\Delta M = (66,928217- 66,9271273)\times931 = 1,015$ MeV/c^2 < 1,022 MeV/c^2. La désintégration du gallium se fait donc par capture électronique.

b- **FAUX** : La désintégration se faisant par capture électronique, le noyau est donc riche en protons. L'équation simplifiée de la réaction est : ${}^{1}_{1}\mathrm{p} + {}^{0}_{-1}\mathrm{e}_K \rightarrow {}^{1}_{0}\mathrm{n}$

c- **VRAI** : $E_d = 1,0150 - Ei_{,K} < 1,015$ MeV.

d- **VRAI** : Par désexcitation sur la lacune en K d'un e- situé sur L_1, on peut mesurer des RX d'énergie : $E\varphi = 1,856 - 0,738 = 1,118$ keV.

e- **VRAI** : Par effet Auger, le rayonnement de 1,118 keV peut ioniser un e- situé sur une couche plus externe comme sur L_2. Une fois que l'électron ionisé n'a plus d'énergie cinétique, il peut se désexciter en réintégrant le nuage électronique sur la lacune en L_2. Il émet alors un rayon X de fluorescence d'énergie $E\varphi = 0,698$ keV soit une fréquence $f = E/h = 0,698\times1,6.10^{-16}/(6,62.10^{-34}) = 1,7.10^{17}$ Hz.

Réponses c,d,e

QCM12 :

a- **FAUX** : $\lambda = \ln2/T = \ln2/(3,3\times24\times60) = 1,459.10^{-4}$ min^{-1}. Soit une probabilité de 0,0146 %.

b- **VRAI** : $\tau = 1/\lambda = T/\ln2 = 3,3/\ln2 = 4,76$ j.

c- **FAUX** : $A(t) = A_0/2^{10/3,3} = 0,122A_0$. L'activité a donc diminué de 88%.

d- **FAUX** : Au bout de 10 jours et dans un litre, $A(t) = 0,122A_0$ avec $A_0 = 3,6.10^{15}$ désintégrations. $L^{-1}.h^{-1}$. Donc dans 7 mL, $a(t) = (0,122\times7/(1000\times3600))\times3,6.10^{15} = 8,57.10^{8}$ désintégrations.s^{-1} (Bq). $N(t) = a(t)/\lambda = a(t).T/\ln2 = 8,57.10^{8}\times3,3\times24\times3600/\ln2 \approx 3,5.10^{14}$ noyaux.

e- **VRAI** : $m = n\times M = (N/N_A)\times M = (3,5.10^{14}/6,02.10^{23})\times67 \approx 4.10^{-8}$ g.

Réponses b,e

QCM13 :

a- **FAUX** : Pour les tissus biologiques, l'effet photoélectrique prédomine pour des énergies inférieures à 50 keV alors que l'effet Compton prédomine pour des énergies supérieures à 50 keV.
b- **VRAI** : Pour les os, le Z moyen est plus grand que pour les muscles, on voit sur le schéma des zones de prédominance que la transition se fait pour une énergie plus grande.
c- **FAUX** : Le coefficient µ s'exprime dans ce domaine par la loi de Bragg et Pierce et est inversement proportionnel à l'énergie des photons au cube. A 25 keV l'atténuation est donc 8 fois plus grande qu'à 50 keV.
d- **FAUX** : Dans ce domaine d'énergie, µ ne dépend que la masse volumique.
e- **VRAI** : $LPM = 1/\mu$, et $\mu_{\text{poumons}} < \mu_{\text{muscle}}$ donc $LPM_{\text{poumons}} > LPM_{\text{muscle}}$.

Réponses b,e

QCM14 :

a- **FAUX** : C'est l'effet Compton qui prédomine ici.
b- **VRAI** : CDA = ln 2 / 0,05 = 13,86 cm.
c- **VRAI** : La traversée de la couche de muscle de 10 cm et la couche de graisse de 3 cm causent une atténuation de facteur $e^{-0{,}18\times10}e^{-0{,}13\times3} = e^{-0{,}18\times10-0{,}13\times3}$. Si on pose que ce facteur vaut $e^{-\mu_{\text{moy}}\times13}$, on en deduit que $\mu_{\text{moy}} \times 13 = 0{,}18 \times 10 + 0{,}13 \times 3$, soit $\mu_{\text{moy}} = 0{,}168$ cm^{-1}.
Rq : on peut aussi obtenir ce résultat en calculant le coefficient moyen pondéré par les distances : $\mu_{\text{moyen}} = (\mu_m \times x_A + \mu_g \times x_B) / (x_A + x_B) = (0{,}18\times10 + 0{,}13\times3) / (10+3) = 0{,}168$ cm^{-1}.
d- **FAUX** : Le facteur d'atténuation est $e^{-0{,}05\times13} = 0{,}522$, ce qui signifie que 48% des photons ont été atténués mais que 52% continuent leur course.
e- **FAUX** : Les deux faisceaux parcourent le même trajet, donc subissent la même atténuation, à part dans la portion $x_A + x_B$. On calcule donc que $N_2/N_1 = e^{-0{,}05\times13}/e^{-0{,}18\times10-0{,}13\times3} = 4{,}67$.

Réponses b,c

QCM15 :

a- **VRAI**.
b- **VRAI** : On cherche r tel que $P_{\text{reçue}}$ par la cible soit inférieure à 1 W : $\frac{P_{\text{tot}}}{4\pi r^2} \times S_{irr} < 1$.
soit $r > \sqrt{\frac{P_{\text{tot}}}{4\pi} \times S_{irr}} = \sqrt{\frac{200}{4\pi} \times 1{,}5} = 4{,}89$ m.
c- **VRAI** : A 2 m de la source la puissance reçue par la cible est $\frac{P_{\text{tot}} \times S_{irr}}{4\pi 2^2} = 5{,}97$ W. Une épaisseur de plomb de 3 mm laisse passer : $\frac{1}{2^{x/CDA}} = \frac{1}{2^{0{,}3/0{,}1}} = 0{,}125$ soit 12,5% des photons de 100 keV. La puissance reçue par la cible avec cette protection de plomb sera donc de 5,97×0,125 = 0,75 W < 1 W.
d- **FAUX** : Une épaisseur de plomb de 9 mm laisse passer : $\frac{1}{2^{x/CDA}} = \frac{1}{2^{9/40}} = 0{,}86$ soit 86% des photons de 500 keV. La puissance reçue par la cible avec cette protection de plomb sera donc de 5,97×0,86 = 5,13 W > 1 W.
e- **VRAI** : L'énoncé nous dit que $e^{-\mu\times30} = 1 - 0{,}993 = 0{,}007$ pour le béton. Soit $\mu = -\frac{\ln(0{,}007)}{30} = 0{,}165$.
On cherche alors x l'épaisseur de béton minimale telle que $\frac{P_{\text{tot}} \times S_{irr}}{4\pi r^2} e^{-\mu x} < 1$ W, soit $\frac{P_{\text{tot}} \times S_{irr}}{4\pi r^2} < e^{\mu x}$ puis $x > \frac{1}{\mu} \ln\left(\frac{P_{\text{tot}} \times S_{irr}}{4\pi r^2}\right) = \frac{1}{0{,}165} \ln\left(\frac{200\times1{,}5}{4\pi\times2^2}\right) = 10{,}82$.

Réponses a,b,c,e