Série P_{15}: REACTIONS NUCLEAIRES

EXERCICE 1

Le fer et le cobalt sont des métaux très utilisés dans l'industrie. Ils présentent des propriétés physiques assez voisines et sont des matériaux de base pour les aimants permanents.

Un laboratoire nucléaire décide de comparer d'abord la stabilité du noyau de **cobalt-59** qui représente la quasi-totalité du cobalt naturel à celle du noyau de **fer-59** radioisotope lourd utilisé comme traceur dans l'étude du métabolisme du fer, puis d'étudier la radioactivité du **fer-59**.

5.1 Etude comparative de la stabilité des noyaux de Fer-59 ($^{59}_{26}Fe$) et de Cobalt-59 ($^{59}_{27}Co$)

5.1.1 Donner la composition de chaque noyau. Préciser ce que les deux noyaux ont en commun.**(0,5 point)**

5.1.2 Calculer en MeV les énergies de liaison $E_\ell(^{59}_{26}Fe)$ du fer- 59 et $E_\ell(^{59}_{27}Co)$ du cobalt -59 **(0,5 point)**.

L'énergie de liaison d'un noyau $^{A}_{Z}X$ de masse m(X) est donnée par : $E_\ell = [\, Z\, m_p+(A-Z)\, m_n - m(X)\,].C^2$

5.1.3 Les valeurs des énergies de liaison permettent-elles de comparer la stabilité des deux noyaux ? Justifier puis comparer la stabilité des noyaux $^{59}_{26}Fe$ et $^{59}_{27}Co$. **(0,5 point)**

5.2 Etude de la radioactivité du noyau de fer - 59

Le noyau de fer $^{59}_{26}Fe$ se désintègre spontanément en noyau de cobalt avec émission d'une particule $^{A}_{Z}X$.

5.2.1 Ecrire, en précisant les lois utilisées, l'équation de désintégration du fer 59 ($^{59}_{26}Fe$). **(0,5 point).**

5.2.2 Nommer la particule émise et expliquer son origine. **(0,5 point)**

5.2.3 Pour déterminer l'activité initiale A_0 d'un échantillon de $^{59}_{26}Fe$ radioactif, le laboratoire dispose, à un instant pris comme origine du temps (t= 0), d'un échantillon de masse m_0=1,5 mg. La mesure de l'activité A(t) de cet échantillon chaque intervalle de dix jours, lui a permis de constater que $\frac{A(t)}{A(t+10)} = 1{,}17$ (t est exprimé en jours)

5.2.3.1 Définir l'activité A (t) d'un échantillon radioactif et l'exprimer en fonction de A_0, de la constante radioactive λ et de la date t. **(0,5 point)**

5.2.3.2 Calculer la valeur de λ et en déduire celle de la demi-vie T. **(0,5 point)**

5.2.3.3 Calculer l'activité A_0. **(0,25 point)**

5.2.4 Déterminer la masse de fer désintégrée à l'instant t= 10 jours. **(0,25 point)**

Données : 1u= 931,5MeV/ C² = $1{,}66.10^{-27}$kg ; célérité dans le vide : C= 3.10^{8} $m.s^{-1}$; Masses particules : m_p= 1,00728u ; m_n= 1,00867u ; Masse noyaux au repos : $m(^{59}_{26}Fe)$= 58,9348755u ; $m(^{59}_{27}Co)$= 58,9331950u.

EXERCICE 2 (N°11 page 389 Collection KANDIA 2015)

EXERCICE 3 (N°12 page 389 Collection KANDIA 2015)

EXERCICE 4

Le cobalt $^{60}_{27}Co$ radioélément très utilisé en médecine pour le traitement du cancer (« bombe au cobalt ») est obtenu par bombardement neutronique du cobalt « naturel » $^{59}_{27}Co$.

1- Ecrire l'équation de production du cobalt $^{60}_{27}Co$. **(0,25 pt)**

2- Le cobalt $^{60}_{27}Co$ est radioactif β^- et a une constante radioactive λ= 4.10^{-9} s^{-1}.

2.1- Ecrire l'équation de la réaction de désintégration de $^{60}_{27}Co$. **(0,5 pt)**

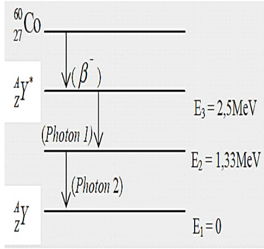
2.2- Calculer en MeV l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de cobalt 60. On donne $_{25}Mn$; $_{26}Fe$; $_{27}Co$; $_{28}Ni$ et $_{29}Cu$.

3- Le noyau fils Y est obtenu à l'état excité d'énergie E_3= 2,50 MeV. Sa désexcitation s'effectue en deux étapes comme indiqué ci-après. :

Calculer les longueurs d'onde λ_1 et λ_2 des deux photons émis au cours de la désexcitation du noyau fils Y.

4- Un centre hospitalier dispose d'un échantillon de «cobalt 60» de masse m_0= 1 µg

4.1- Déterminer le nombre de noyau No contenus dans l'échantillon à la date t = 0.



4.2- Soit N(t) le nombre de noyaux présents dans l'échantillon à la date t. Etablir la relation $N(t) = N_0\, e^{-\lambda t}$. **(0,5 pt)**

4.3- Le technicien du laboratoire est chargé de contrôler cette source, tous les ans, en déterminant son activité.

4.3.1. Définir l'activité A(t) d'une substance radioactive puis l'exprimer en fonction de A_o (activité à l'instant $t_0 = 0s$), λ et t. **(0,5 pt)**

4.3.2. Le technicien obtient les résultats suivants :

t (ans)	0	1	2	3	4	5	7
A (10^7 Bq)	3,980	3,515	3,102	2,670	2,368	2,038	1,540
ln A							

a) Recopier puis compléter le tableau et tracer le graphe lnA= f (t). **(01 pt)**

b) En déduire la constante radioactive λ du «cobalt 60». **(0,5 pt)**

On donne : Constante d'Avogadro $N_A = 6{,}02.10^{23} mol^{-1}$; $M(^{60}_{27}Co) = 60 g.mol^{-1}$; m(Co)= 59,919010u ; $m(^{60}_{28}Ni)$= 59,915439u ; masse électron $m_{e^-} = 5{,}486.10^{-4}u$; 1u= 931,5MeV/C² ; Célérité de la lumière $C = 3{,}00.10^{8} m.s^{-1}$; Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $1eV = 1{,}6.10^{-19}J$

EXERCICE 5 N°21 page 391 Collection KANDIA 2015)

EXERCICE 6

Données : $m(^{235}U)$= 235, 20 u ; $m(^{140}Xe)$= 138,955 u ; $m(^{94}Sr)$ = 94,945 u ; m_n =1,008 u ; $1u = 1{,}6605.10^{-27}$ kg ;

Dans une centrale nucléaire, une des réactions possibles est représentée par l'équation :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{x}_{54}Xe + ^{94}_{y}Sr + 2\left(^{1}_{0}n\right)$$

1 Calculer les valeurs de x et y en précisant les règles utilisées.

2- Calculer en MeV l'énergie libérée lors de la fission d'un noyau d'uranium $^{235}_{92}U$.

3- Sachant que les 30% de l'énergie par noyau sont transformés en énergie électrique , calculer en kg la consommation journalière d'uranium d'une centrale qui fournit **$1{,}5.10^{8}$ M.J** par jour . On suppose qu'au niveau du réacteur toutes les réactions nucléaires sont identiques à la réaction précédente.

4- Les produits de fission sont radioactifs et se transforment en d'autres produits, eux –mêmes radioactifs. Parmi ces déchets, on trouve le césium 137 radioactif β^-.

4-1 Ecrire l'équation de désintégration d'un noyau de césium 137. On donne : $_{53}I$; $_{54}Xe$; $_{55}Cs$ $_{56}Ba$ et $_{57}La$.

4-2- La demi-vie **$t_{1/2}$** du césium est égale à 30 ans, calculer sa constante radioactive λ et donner sa signification physique. **(1 point)**

4-3- A un instant choisi comme origine des dates, on dispose d'un échantillon de césium 137 de masse m_0. Donner l'expression de la masse m de césium 137 restant à l'instant de date t en fonction de m_0 et **$t_{1/2}$**.

4-4- Montrer qu'à la date $t = nt_{1/2}$, la masse m de césium restante est $m = \frac{m_0}{2^n}$ et en déduire la durée approximative au bout de laquelle la masse restante de césium est égale à 1% de sa masse initiale .

EXERCICE 7 (Extrait Bac S1S3 2000)*N.B* : *On utilisera exclusivement les données de l'énoncé.*

1) Définir ce qu'est la fission et la fusion. Illustrer chaque définition par un exemple.

2) Dans une centrale nucléaire, l'une des réactions de l'uranium 235 peut se résumer ainsi :

$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{94}_{38}Sr + ^{140}_{54}Xe$ + ……? Compléter l'équation de la réaction.

3) Quelle est l'énergie libérée lorsqu'un noyau d'uranium est consommé ? L'exprimer en MeV et en J.

On donne les énergies de liaison par nucléon ($E_{l/A}$) :

$^{A}_{Z}X$	$^{235}_{92}U$	$^{94}_{38}Sr$	$^{140}_{54}Xe$
$E_{l/A}$ (MeV/nucleon)	7,4	8,4	8,2

4) Cette centrale nucléaire utilisant la fission de l'uranium 235 fournit une puissance électrique de 900 Mégawatt (900 MW). Le rendement de la transformation d'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30 %. En considérant qu'un atome d'uranium 235 dégage en moyenne une énergie de 200 MeV, calculer :

a) le nombre de fissions par seconde se produisant dans la centrale nucléaire.

b) la masse d'uranium 235 qu'il faut utiliser pour faire fonctionner cette centrale durant une année. (on l'exprimera en tonnes). Au besoin, la masse d'un nucléon est $1 u = 1{,}66.\,10^{-27}$ kg.

EXERCICE 8 (N°25 392 Collection KANDIA 2015) **AU TRAVAIL !**