Corrigé de l'examen final module (**Phys-atom&nucl**)

Questions de cours (3 pts):

1. Les relations d'incertitude de Heisenberg
$\Delta E\Delta t \geq \hbar/2$ et $\Delta r_i \Delta p_i \geq \hbar/2 \quad (i = x, y, z)$

2. pour que la totalité des atomes d'une substance radioactive se désintegrent il faut que $t \to \infty$.

3. La série de Balmer correspond aux transitions des orbites $n_i \geq 3$ vers l'orbite n_f=2 $\in$ domaine visible.

Exercice 1 (6 pts):

1. La masse du noyau $M = \mathcal{M} - Zm_e$
L'énergie de liaison $B = Zm_p + (A-Z)\,m_n - M$
$= Zm_p + (A-Z)\,m_n - \mathcal{M} + Zm_e$

2. mass nucl. M et énergie de liaison B :

${}^{61}_{28}$Ni$\to$ M = 60.93106-28$\times$5.4858$\times10^{-4}$=60.915 70uma
$B = (28 \times 1.007\,277 + 33 \times 1.008\,665 - 60.915\,70\,)\times 931.5 = 534.7\,\text{MeV}$
${}^{60}_{28}$Ni$\to$ M = 59.93079-28$\times$5.4858$\times10^{-4}$=59.915 43uma
$B = (28 \times 1.007\,277 + 32 \times 1.008\,665 - 59.915\,43\,) \times 931.5 = 526.9\,\text{MeV}$
${}^{60}_{27}$Co$\to$ M = 59.93382-27$\times$5.4858$\times10^{-4}$=59.919 01uma
$B = (27 \times 1.007\,277 + 33 \times 1.008\,665 - 59.919\,01\,) \times 931.5 = 524.8\,\text{MeV}$
l'énergie de sépar. du proton ${}^{61}_{28}\text{Ni} + s_p \to {}^{60}_{27}\text{Co} + {}^{1}_{1}\text{p}$
$s_p\left({}^{61}_{28}Ni\right) = M\left({}^{60}_{27}\text{Co}\right) + m_p - M\left({}^{61}_{28}\text{Ni}\right)$
= (59.91901+1.007277-60.915 70)$\times$931.5 = 9.862 MeV
l'énergie de sépar. du neutron ${}^{61}_{28}\text{Ni} + s_n \to {}^{60}_{28}\text{Ni} + {}^{1}_{0}\text{n}$
$s_n\left({}^{61}_{28}Ni\right) = M\left({}^{60}_{28}Ni\right) + m_n - M\left({}^{61}_{28}\text{Ni}\right)$
= (59.91543+1.008 665-60.91570)$\times$931.5 = 7.82 MeV
$s_p\left({}^{61}_{28}Ni\right) = 9.86$Mev et $s_n\left({}^{61}_{28}Ni\right) = 7.82$Mev

Exercice 2 (6 pts):

1. La constante radioactive λ de l'iode ${}^{128}_{53}I$:
$t_{1/2}$=25 min $\to \lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} = \frac{\ln 2}{25\times 60} = 4.62 \times 10^{-4} s^{-1}$

2. Le Nbr. de noyaux créés par irradiation est K.
$-\lambda N$ est la dimunition du Nbr. de noyaux par désintegration. Donc $\frac{dN}{dt} = K - \lambda N$:

3. On a eq. diff. non homogène.

L'éq. homogène $\left(\frac{dN}{dt} + \lambda N = 0\right)$ admet comme sol.: $N(t) = Ce^{-\lambda t}$

P.ar la méthode de variation de la Cte on peut déduire la sol. de l'éq. non homogène: $C \to C(t)$
$\frac{dN}{dt} = C'e^{-\lambda t} - \lambda Ce^{-\lambda t} = C'e^{-\lambda t} - \lambda N \to C'e^{-\lambda t} = K$
$C = \frac{K}{\lambda}e^{\lambda t} + A \Rightarrow N(t) = \left(\frac{K}{\lambda}e^{\lambda t} + A\right)e^{-\lambda t} = \frac{K}{\lambda} + Ae^{-\lambda t}$
La condition initiale: $N(0) = 0 \to \frac{K}{\lambda} + A = 0$
$\to A = -\frac{K}{\lambda} \Rightarrow N(t) = \frac{K}{\lambda}\left(1 - e^{-\lambda t}\right)$

4. $N_{\max} = N(+\infty) = \frac{K}{\lambda}$.

5. Arret du processus d'irradiation:
$N(t) = \frac{K}{\lambda}e^{-\lambda t}$ puisque $N_0 = N_{\max} = \frac{K}{\lambda}$

Exercice 3 (5 pts):

1. l'éq. de désintégration: ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}\alpha$

2. **Conservation** de l'énergie:
$T_\alpha + T_Y = M_X - M_Y - M_\alpha := Q$
Conservation de la quantité de mouvement:

$\vec{0} = \vec{p}_Y + \vec{p}_\alpha \overset{p_Y = p_\alpha}{\to} T_Y = \frac{P_y^2}{M_Y} = \frac{P_\alpha^2}{M_Y} = \frac{M_\alpha}{M_Y}\frac{P_\alpha^2}{M_\alpha} \sim \frac{4}{A-4}T_\alpha$
$T_\alpha + \frac{4}{A-4}T_\alpha = Q \to T_\alpha = \frac{A-4}{A}Q$ et $T_Y = \frac{4}{A}Q \quad (1)$
En cinématique la masse d'un noyau est pratiquement égale à la masse de l'atome. Ce dérnier peut être approximer par le nombre de masse A (en uma)

3. ${}^{A}_{Z}X \to {}^{A-4}_{Z-2}Y^* + {}^{4}_{2}\alpha \quad et \quad {}^{A-4}_{Z-2}Y^* \to {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{0}_{0}\gamma$

pour $T_{\alpha 1}$ on utilise l'éq. (1) $T_{\alpha 1} = \frac{A-4}{A}Q$
de même: $T_{\alpha 2} + T_{Y*} = M_X - M_{Y*} - M_\alpha := Q^*$
donc $T_{\alpha 2} = \frac{A-4}{A}Q^*$

1. **La désexcitation de** Y^* :
$E_\gamma = M_{Y*} - M_Y = Q - Q^* = \frac{A}{A-4}T_{\alpha 1} - \left(\frac{A}{A-4}T_{\alpha 2}\right)$

$$\Rightarrow E_\gamma = \frac{A}{A-4}\left(T_{\alpha 1} - T_{\alpha 2}\right)$$