Antilles Guyane 2007 EXERCICE II. LA DECOUVERTE DE LA RADIOACTIVITE ARTIFICELLE (5,5 points)
Correction http://labolycee.org ©

1. La source de particules alpha utilisée par les Joliot-Curie

1.1 Un noyau radioactif est un noyau instable qui se désintègre spontanément en un autre noyau avec émission de rayonnement et de particules.

1.2 Une particule alpha est un noyau d'hélium de symbole : ${}^{4}_{2}He$

Le noyau ${}^{4}_{2}He$ contient 2 protons (Z = 2) et 2 neutrons (A-Z = 4 - 2 = 2)

1.3 A est le nombre de nucléons appelé aussi nombre de masse. Il indique le nombre de protons additionné du nombre de neutrons.
Z est le numéro atomique appelé aussi nombre de charge. Pour un noyau, il indique le nombre de protons qu'il contient.

1.4 En utilisant les lois de conservations du nombre de nucléons A et du nombre de charge, il vient :

$${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$$

avec : 210 = 4 + A ⇔ A = 206
84 = 2 + Z ⇔ Z = 82 il s'agit de l'élément Pb.

finalement : $${}^{210}_{84}Po \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$$

2. La réaction probable proposée par les Joliot-Curie

2.1. Le noyau de l'atome de phosphore est *"composé de 15 protons et de 15 neutrons."*
donc Z = 15 et A = 15 + 15 = 30.
Le symbole du noyau de phosphore est ${}^{30}_{15}P$

2.2. Le noyau de l'atome de d'aluminium est *"composé de 13 protons et de 14 neutrons"*
donc Z = 13 et A = 13 + 14 = 27.
Le symbole du noyau d'aluminium est ${}^{27}_{13}Al$

Alors ${}^{27}_{13}Al + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{30}_{15}P$

On vérifie les lois de conservation : 27 + 4 = 1 + 30
13 + 2 = 0 + 15

2.3.1. Deux noyaux isotopes ont même nombre de protons (même Z) mais des nombres de neutrons différents (donc A différents).

2.3.2. Un autre isotope du phosphore 30 ${}^{30}_{15}P$ est le phosphore 31, ${}^{31}_{15}P$ car Z = 15 pour les deux noyaux mais ces deux noyaux diffèrent par leur nombre de neutrons, 15 pour ${}^{30}_{15}P$ et 16 pour ${}^{31}_{15}P$.

2.4.1 Le noyau stable de silicium est composé de 14 protons et de 16 neutrons, donc Z = 14 et A = 14 + 16 = 30.
Le symbole du noyau de silicium est ${}^{30}_{14}Si$.

Le symbole d'un positon est ${}^{0}_{1}e$.

L'équation nucléaire s'écrit alors $${}^{30}_{15}P \rightarrow {}^{30}_{14}Si + {}^{0}_{1}e$$

On vérifie les lois de conservation : 30 = 30 + 0
15 = 14 + 1

2.4.2. Il s'agit d'une radioactivité β^+ car il y a émission d'un positon.

2.4.3. équation ${}^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$

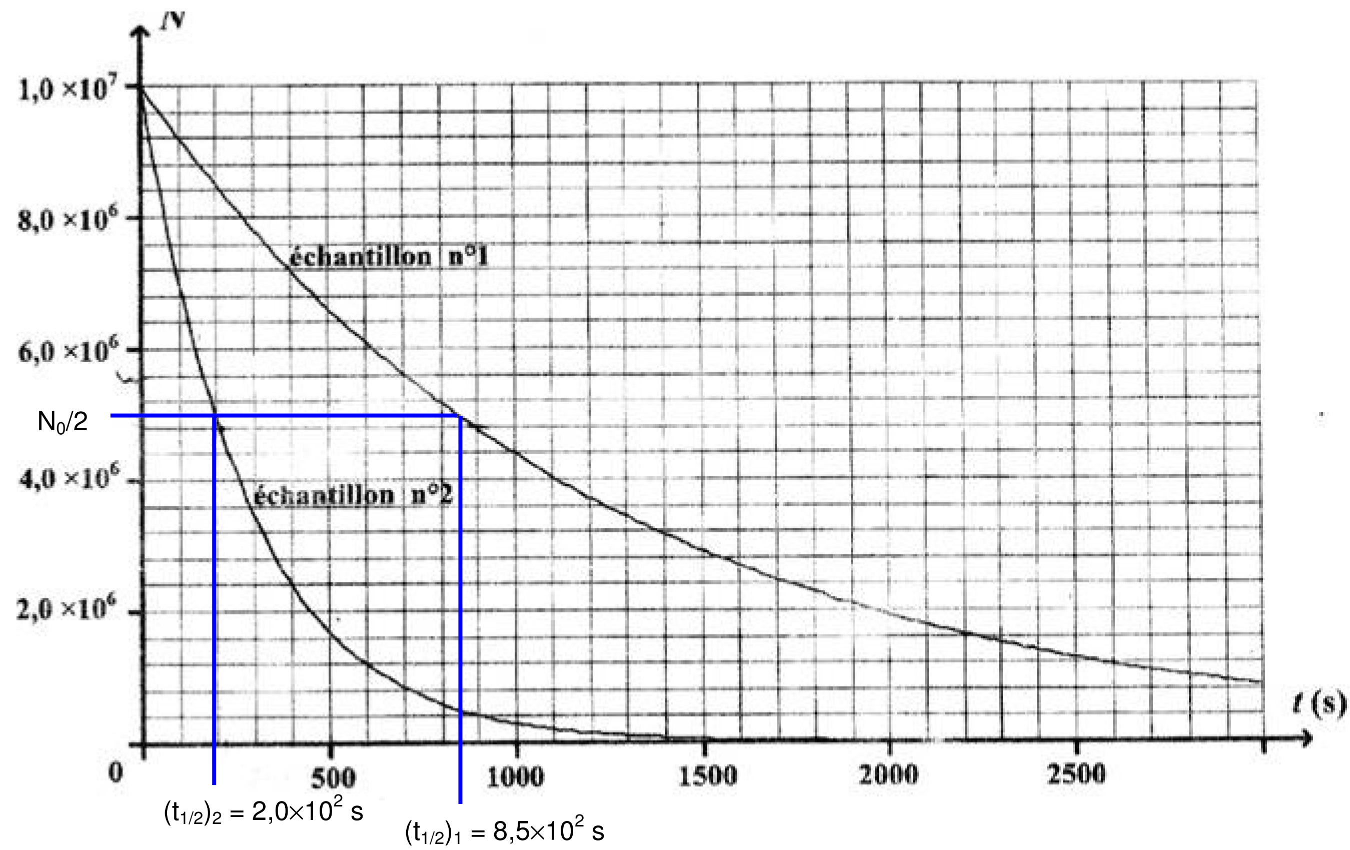
On vérifie les lois de conservation : 1 = 1 + 0
1 = 0 + 1

3. Les lois de décroissance de l'aluminium et du bore irradiés

3.1. Loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 . e^{(-\lambda . t)}$

3.2. <u>Méthode</u>: - pour $t = t_{1/2}$ on a $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$
- on trace donc la droite $N = N_0 / 2 = 1{,}0 \times 10^7 / 2 = 5{,}0 \times 10^6$ sur le graphe
- cette droite coupe le graphe N(t) en un point d'abscisse égale à $t_{1/2}$.

On obtient pour l'échantillon n°1, $t_{1/2} = 9{,}0\times10^2$ s et pour l'échantillon n°2, $t_{1/2} = 2{,}1\times10^2$ s. Voir ci-après.



3.3 Dans le texte on lit « demi-vie de l'aluminium : 3 minutes et 15 secondes » soit $t_{1/2} = 3\times60 + 15 = 195$ s. Ce résultat est proche de celui obtenu pour l'échantillon n°2. (la lecture graphique ne permet pas une grande précision). **L'échantillon n°2 correspond à l'aluminium.**
D'autre part, on lit « demi-vie du bore 14 minutes » soit $t_{1/2} = 14 \times 60 = 840$ s. Résultat proche de $(t_{1/2})_1 = 8{,}5\times10^2$ s donc l'**échantillon n°1 correspond au bore**.

4. L'aspect énergétique du bore irradié

4.1. Loi équivalence masse – énergie : L'énergie de masse E d'une particule au repos est égale au produit de la masse de la particule par le carré de la célérité de la lumière dans le vide.

$$\mathbf{E = m.c^2}$$

Avec E en J
m en kg
c en $m.s^{-1}$.

4.2. *remarque : ne pas confondre la variation de masse Δm indiquée ici (< 0, toute réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse) avec le défaut de masse (positif par définition).*

$\Delta m = m_{finale} - m_{initiale} = \Sigma\, m(\text{produits}) - \Sigma\,(\text{réactifs})$

$\Delta m = m({}^{13}_{7}N) + m({}^{1}_{0}n) - m({}^{10}_{5}N) - m({}^{4}_{2}He)$

$= 13{,}001898 + 1{,}008655 - 10{,}010194 - 4{,}001506$

$\mathbf{\Delta m = -\,1{,}147000.10^{-3}\ u}$

4.3.1. D'après 4.1. on a $\mathbf{\Delta E = \Delta m\ .\ c^2}$

4.3.2. *Attention : Pour calculer ΔE en J, il faut convertir Δm en kg.*

$\Delta m = -\,1{,}147000.10^{-3}\ u = -\,1{,}147000.10^{-3} \times 1{,}66054.10^{-27} = -1{,}904639.10^{-30}$ kg *(valeur stockée en mémoire)*

$\mathbf{\Delta E} = -1{,}904639.10^{-30} \times (3{,}00.10^{8})^2 = \mathbf{-\,1{,}71.10^{-13}\ J}$ *(valeur stockée en mémoire)*

$\mathbf{\Delta E} = -\,1{,}71.10^{-13} / 1{,}60218.10^{-19} = -\,1{,}07.10^{6}$ eV = – **1,07 MeV**.

4.3.3. Comme **ΔE est négatif** de l'énergie est libérée par le système au cours de la réaction nucléaire.