## EXERCICE II : L'ÉLÉMENT 117 S'AJOUTE AU TABLEAU PÉRIODIQUE (5 points)
## BAC S 2011 Polynésie

*Pour synthétiser l'élément chimique de numéro atomique 117, des physiciens ont projeté des noyaux de calcium sur une cible de berkélium.*
*Les textes encadrés s'inspirent d'un article paru dans le numéro 442 de juin 2010 du mensuel « La Recherche ».*

Données :

- Célérité de la lumière : $c = 3{,}00\times10^{8}$ m.s$^{-1}$
- L'électron-volt : 1 eV = $1{,}602\times10^{-19}$ J
- Unité de masse atomique : 1 u = $1{,}66054\times10^{-27}$ kg

On rappelle que la constante radioactive $\lambda$ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ sont reliés par la relation : $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

| Éléments | berkélium | californium | ununpentium | ununhexium | ununseptium |
|---|---|---|---|---|---|
| Symbole | Bk | Cf | Uup | Uuh | Uus |
| Numéro atomique Z | 97 | 98 | 115 | 116 | 117 |

| Particule | électron | positon | neutron | proton |
|---|---|---|---|---|
| Symbole | $^{0}_{-1}e$ | $^{0}_{1}e$ | $^{1}_{0}n$ | $^{1}_{1}p$ |
| Masse (u) | 0,000 55 | 0,000 55 | 1,008 66 | 1,007 28 |

### 1. Étude du projectile : le noyau de calcium 48

*Pour optimiser la création de noyaux lourds, les physiciens [...] ont choisi pour projectile un faisceau de calcium 48, un isotope rare du calcium comprenant 20 protons et 28 neutrons.*

1.1. À quelles conditions dit-on que deux noyaux sont isotopes ?

1.2. La masse du noyau de calcium 48 est $m_{noyau}$ = 47,941 6 u.
Exprimer son défaut de masse $\Delta m$ en fonction de sa masse $m_{noyau}$, de celles $m_p$ d'un proton et $m_n$ d'un neutron, ainsi que de son numéro atomique Z et de son nombre de masse A. Calculer $\Delta m$ en l'exprimant en unité de masse atomique u.

1.3. En déduire, en MeV, l'énergie de liaison $E_l$ du noyau de calcium 48 puis son énergie de liaison par nucléon E/A.

## 2. Étude de la cible de berkélium 249

*La première étape de la synthèse de l'élément 117 a consisté en la fabrication du berkélium : un mélange de curium et d'américium a été irradié durant 250 jours par un intense flux de neutrons [...]. Il a fallu ensuite 90 jours pour séparer et purifier les 22 milligrammes de berkélium produits. [...] Ce précieux élément, déposé sur un film de titane, [...] a été soumis, 150 jours durant, au flux de calcium. « Il fallait faire vite, selon Hervé Savajols, chercheur au Grand Accélérateur national d'ions lourds (GANIL), car l'isotope du berkélium utilisé ayant une période de 320 jours, à la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial ».*

2.1. On donne l'équation incomplète de la désintégration du noyau de berkélium 249 :

$$^{249}_{97}\text{Bk} \longrightarrow {}^{249}_{98}\text{Cf} + \ldots\ldots$$

En précisant les lois de conservation utilisées, identifier la particule émise. De quel type de radioactivité s'agit-il ici ?

2.2. La période radioactive peut aussi être appelée temps de demi-vie, noté $t_{1/2}$. Définir le temps de demi-vie.

2.3. Décroissance radioactive de la cible :

2.3.1. Rappeler l'expression de la loi de décroissance radioactive, en faisant intervenir la constante radioactive $\lambda$. On note $N_0$ le nombre initial de noyaux de berkélium et N le nombre de noyaux restants à la date t.

2.3.2. Exprimer le rapport $\frac{N}{N_0}$ en fonction de la date t et de la demi-vie $t_{1/2}$.

2.3.3. Sachant que le bombardement de la cible de berkélium a duré 150 jours, vérifier l'affirmation : *« À la fin de l'expérience, il ne restait que 70% du berkélium initial »*.

2.4. Activité de la source de berkélium de masse égale à 22 mg :

2.4.1. Déterminer le nombre initial $N_0$ de noyaux de berkélium 249 dans l'échantillon produit sachant que la masse d'un atome de berkélium 249 est $m_{atome} = 4{,}136 \times 10^{-25}$ kg.

2.4.2. Exprimer l'activité initiale $A_0$ de l'échantillon de berkélium 249 en fonction de $N_0$ et $t_{1/2}$. La calculer en becquerel.

## 3. Stabilité des noyaux

*Six noyaux de l'élément 117 ont été produits. Ces noyaux se sont désintégrés après une fraction de seconde en noyaux plus légers en émettant des particules $\alpha$ (noyaux d'hélium), ce qui a permis de mesurer les périodes de cet élément lourd.*

3.1. Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau d'ununseptium 293, de symbole $^{293}_{117}\text{Uus}$. Le noyau fils obtenu lors de cette transformation n'est pas dans un état excité.

3.2. On se propose d'étudier la stabilité des noyaux les plus légers, celle des noyaux les plus lourds n'étant que très relative. On fournit ci-dessous un fragment du diagramme (N, Z) présentant quelques noyaux parmi les plus légers.
3.2.1. Quel type de désintégration n'a pas été encore évoqué dans cet exercice ?
3.2.2. Dans le fragment de diagramme (N, Z) ci-dessous, les noyaux stables sont représentés dans une case grise. Choisir un noyau instable concerné par le type de désintégration évoqué dans la question 3.2.1. et écrire l'équation correspondante. On supposera que le noyau fils obtenu n'est pas dans un état excité.

