

### L'unité de masse atomique

Le kilogramme est une unité inadaptée à l'échelle du noyau atomique. En physique nucléaire on en utilise alors une autre : l'unité de masse atomique de symbole  $\mu$ . Cette unité est égale à 1/12 de la masse d'un atome de carbone 12.

1. Calculer la valeur d'une unité de masse atomique en kilogramme.
2. Compléter le tableau ci-dessous :

|                  | Carbone 12                  | Proton                     | Neutron                    | Electron              |
|------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------|
| Masse (en kg)    | $19,926\ 48 \cdot 10^{-27}$ | $1,672\ 62 \cdot 10^{-27}$ | $1,674\ 93 \cdot 10^{-27}$ | $9,11 \cdot 10^{-31}$ |
| masses (en $u$ ) |                             |                            |                            |                       |

### Défaut de masse d'un noyau

1. La masse d'un noyau d'uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  est égale à  $m(U) = 234,9935\mu$ . Comparer cette valeur à celle qu'on peut calculer à partir de la composition du noyau. Calculer l'écart relatif entre ces 2 masses.
  2. Répondre à la même question pour le noyau de cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$  de masse  $m({}^{63}_{29}\text{Cu}) = 62,91365u$ .
  3. Les calculs précédents peuvent être étendus à tous les noyaux et on observe toujours une masse du noyau inférieur à celle de l'ensemble des protons et neutrons avec un écart relatif de l'ordre de 1%.
- Pour tous les noyaux, on constate un défaut de masse  $\Delta m$  positif :  $\Delta m = Z \cdot m_p + (A - Z) \cdot m_n - m({}^A_Z\text{X})$
- Calculer le défaut de masse pour l'uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  et le cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ .

### L'énergie de liaison

En 1905, en élaborant sa théorie de la relativité restreinte, Einstein a abouti à la conclusion suivante : Toute particule de masse  $m$  possède au repos, une énergie  $E$  donnée par la relation :  $E = mc^2$  avec  $E$  en Joules ;  $m$  en kilogramme et  $c$  la célérité de la lumière dans le vide ( $C = 3,0 \cdot 10^8 \text{m/s}$ ).

Au défaut de masse  $\Delta m$  on associe alors une énergie  $E_l$  qu'il définissait comme l'énergie de liaison entre tous les nucléons du noyau. Donc on peut écrire la relation entre l'énergie de liaison  $E_l$  et le défaut de masse  $\Delta m$  sous la forme :  $E_l = \Delta mc^2$

1. Calculer l'énergie de liaison  $E_l$  des noyaux d'Uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  et de cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$
2. A l'échelle du noyau, le Joule est aussi une unité inadaptée et on utilise l'électron-volt avec  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{J}$

Quelle est l'énergie en Joules puis en MeV qui équivaut à une unité de masse atomique ?

Dans les questions suivantes on prendra la valeur  $1\mu = 931,5 \text{MeV}/c^2$

3. Calculer l'énergie de liaison  $E_l$  des noyaux d'Uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$  et de cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$  en MeV
4. On sait que le noyau de cuivre 63 est plus stable que le noyau d'uranium 235. Peut-on affirmer que plus l'énergie de liaison est grande plus le noyau est stable ?

5. C'est l'énergie de liaison par nucléon  $\mathcal{E} = \frac{E_l}{A}$  qui permet de comparer la stabilité des noyaux.

Calculer l'énergie de liaison par nucléon pour le noyau de cuivre 63 et pour le noyau d'uranium 235. Conclure

### La courbe d'Aston

L'énergie de liaison varie en fonction du nombre de masse du noyau. On représente ces différentes valeurs sur la courbe d'Aston.

1. On considère les noyaux

| noyau                       | ${}^2_1\text{H}$ | ${}^3_1\text{H}$ | ${}^{63}_{29}\text{Cu}$ | ${}^{235}_{92}\text{U}$ |
|-----------------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| $\mathcal{E}$ (MeV/nucléon) | 1                | 2,8              | 8,7                     | 7,7                     |

Placer approximativement les noyaux :

- d'hydrogène  ${}^2_1\text{H}$
- d'hydrogène  ${}^3_1\text{H}$

- de cuivre  ${}^{63}_{29}\text{Cu}$
- d'uranium  ${}^{235}_{92}\text{U}$

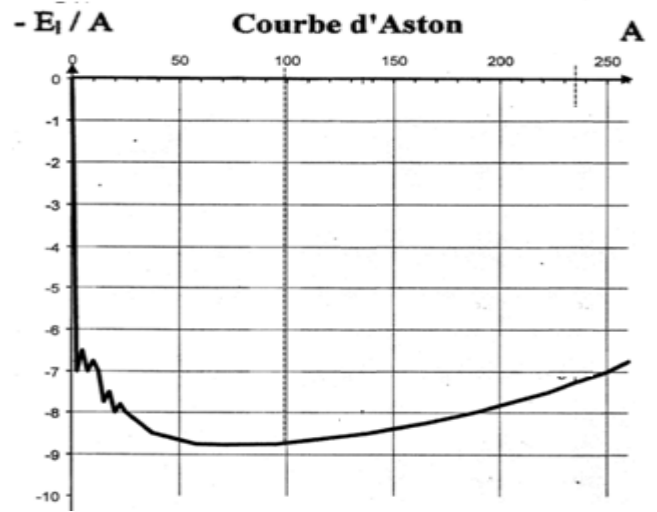
2. On peut définir 3 domaines sur ce graphe :

2-1. Le domaine des noyaux les plus stables ; pour quelles valeurs de A ?

2-2. Deux domaines de noyaux moins stables ; pour quelles valeurs de A ? Quelle est la différence entre ces 2 domaines ?

3. Que peuvent faire les noyaux de chacun de autres domaines pour devenir plus stables ?

Représenter ces transformations par des flèches en leur donnant un nom



## Bilan –masse et énergie

### Fission

bombardé par un neutron lent qu'il capture, un noyau d'uranium 235 peut donner naissance à un noyau de xénon 140, un noyau de strontium 94 et des neutrons libres.

L'équation -bilan s'écrit:  ${}^1_0\text{n} + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{94}_x\text{Sr} + {}^{140}_{54}\text{Xe} + y {}^1_0\text{n}$

**Données :**

$m({}^{235}_{92}\text{U})=234,9935\mu$  ;  $m({}^{94}\text{Sr})=93,8945\mu$  ;  $m({}^{140}\text{Xe})=139,8920\mu$  ;  $m(\text{n})=1,0087\mu$  ;

$1\mu=1,66 \cdot 10^{-27}\text{Kg}=931,5\text{MeV}/\text{C}^2$  ;  $1\text{MeV}=1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$

1. Trouver les entiers x et y en appliquant les lois de conservation (à rappeler).
2. Calculer l'énergie (en MeV et en J) libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235 .
3. Quelle est, en MeV, l'énergie libérée par un nucléon.
4. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?
5. Que peuvent faire ensuite les neutrons émis? Comment s'appelle une telle réaction ?
6. Que se passe-t-il si la réaction n'est pas « contrôlée » ?

### -Fusion

On considère la réaction nucléaire d'équation  ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^A_Z\text{X}$

**Données :**  $m({}^2\text{H}) = 2,01355\mu$  ;  $m({}^3\text{H}) = 3,01550\mu$  ;  $m({}^4\text{He}) = 4,00150\mu$  ;  $m({}^A_Z\text{X}) = 1,00867\mu$

$1\mu = 931,5 \text{ MeV}/\text{C}^2$

1. Donner le nom de cette réaction nucléaire.
2. Identifier la particule  ${}^A_Z\text{X}$  émise au cours de la réaction en précisant les lois utilisées.
3. Calculer l'énergie (en MeV et en J) libérée au cours de cette transformation
4. Quelle est, en MeV, l'énergie libérée par un nucléon.
5. Comparer énergétiquement la fission et la fusion et en déduire pourquoi les recherches s'orientent d'avantage sur la fusion.

### Radioactivité $\alpha$

Le radium  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  se désintègre spontanément en émettant une particule  $\alpha$ . et noyau fils isotope du radon.

**Données :**  $m({}^{226}\text{Ra}) = 225,9770\mu$  ;  $m(\text{Rn}) = 221,9703\mu$  ;  $m(\alpha) = 4,0015\mu$  ;  $1\mu=931,5\text{MeV}/\text{C}^2$

1. Écrire l'équation de désintégration du radium
2. Calculer l'énergie libérée lors de la désintégration :
  - d'un noyau de radium 226 (en MeV)
  - d'une mole de noyau de radium 226