

La collaboration entre des scientifiques du centre d'études nucléaires de Bordeaux-Gradignan et du laboratoire interrégional de Bordeaux de la direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes a permis de mettre au point une technique de datation des vins. En effet, ces deux laboratoires ont mis en évidence la présence d'un élément radioactif, le césium 137, dans certains vins. À l'exception du césium 133, naturellement présent dans l'environnement, tous les isotopes du césium sont artificiels et produits par des réactions nucléaires de fission. Une importante quantité de césium 137 a été libérée dans l'environnement lors des essais nucléaires atmosphériques effectués durant la période 1945-1980.

En 2000, une étude a été réalisée sur plusieurs vins de la région bordelaise. Les scientifiques ont pu conclure que le taux de césium 137 varie en fonction du millésime\* du vin.

\*Un millésime est le nombre désignant une année. En œnologie, c'est l'année de récolte des raisins ayant servi à produire un vin.

**Données :**

Noyau	Uranium 235	Césium 137	Baryum 137	Iode 137	Yttrium 97
Symbole	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{137}_{55}\text{Cs}$	$^{137}_{56}\text{Ba}$	$^{137}_{53}\text{I}$	$^{97}\text{Y}$

Particule ou noyau	Uranium 235	Iode 137	Yttrium 97	proton	neutron	électron
Masse en u	235,043930	136,917877	96,918129	1,00728	1,00866	0,00055

- Unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$  ;
- Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$  ;
- Electron-volt :  $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$  ;
- Energie de masse de l'unité de masse atomique :  $E = 931,5 \text{ MeV}$  ;

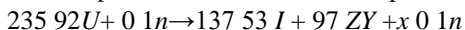
**1. Production de césium 137**

Le césium 137 est l'un des produits de fission de l'uranium.

1.1. Quand dit-on que des noyaux sont isotopes ?

1.2. Qu'appelle-t-on réaction nucléaire de fission ?

1.3. L'équation d'une des réactions possibles de fission d'un noyau d'uranium 235 est :



1.3.1. Déterminer les valeurs de Z et de x.

1.3.2. Cette réaction de fission peut donner une réaction en chaîne. Expliquer pourquoi.

1.3.3. Donner l'expression de la perte de masse  $\Delta m$  du système au cours de cette réaction. Calculer sa valeur en u, puis en kg.

1.3.4. Calculer en joules et en MeV l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium.

Les produits de fission comme l'iode 137 sont radioactifs et se transforment en d'autres noyaux eux-mêmes radioactifs. Parmi ces déchets, on trouve le césium 137 obtenu en quelques minutes par une suite de désintégrations  $\beta^-$ .

1.4. Nommer et donner la notation  $^A_Z\text{X}$  de la particule émise lors d'une désintégration  $\beta^-$ . Combien de désintégrations  $\beta^-$  se sont produites pour obtenir un noyau de césium 137 à partir d'un noyau d'iode 137 ?

1. Définir le terme demi-vie.
2. Définir l'activité d'une source radioactive.
3. Préciser son unité dans le Système International.
4. Déterminer graphiquement la période de demi vie.

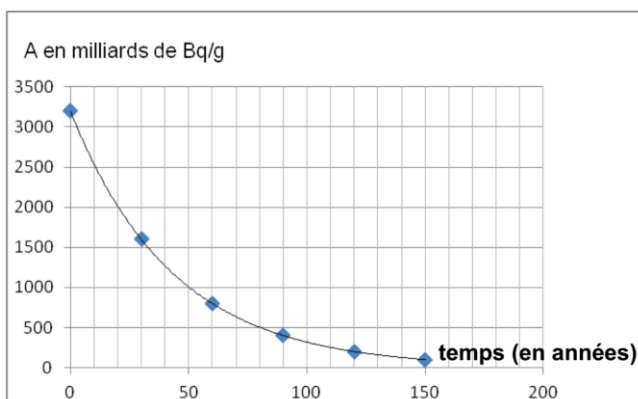


Fig.1 : Évolution de l'activité massique A du césium 137 en fonction

du temps.

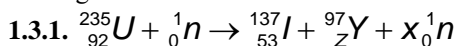
## Correction.

### Exercice n°1 :

#### 1. Production de césium 137

1.1. Lorsque des noyaux possèdent le même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents, on dit qu'ils sont isotopes.

1.2. Sous l'effet d'un neutron, un gros noyau se scinde en deux noyaux plus petits. Cette fission s'accompagne de la libération d'énergie et de neutrons.



Conservation du nombre de nucléons :  $235 + 1 = 137 + 97 + x$  ainsi  $x = 2$

Conservation du nombre de charges :  $92 + 0 = 53 + Z + 0$  ainsi  $Z = 39$ .

1.3.2. La fission libère deux neutrons qui peuvent à leur tour engendrer deux fissions qui peuvent engendrer quatre fissions, etc. Le nombre de fissions peut rapidement devenir très élevé : c'est la réaction en chaîne.

$$1.3.3. \Delta m = m_{\text{finale}} - m_{\text{initiale}} = \Sigma m_{\text{produits}} - \Sigma m_{\text{réactifs}}$$

$$\Delta m = m({}_{53}^{137}\text{I}) + m({}_{39}^{97}\text{Y}) + 2 m({}_0^1\text{n}) - m({}_{92}^{235}\text{U}) - m({}_0^1\text{n})$$

$$\Delta m = m({}_{53}^{137}\text{I}) + m({}_{39}^{97}\text{Y}) + m({}_0^1\text{n}) - m({}_{92}^{235}\text{U})$$

$\Delta m = 136,917877 + 96,918129 + 1,00866 - 235,043930 = -0,199264 \text{ u} = -0,19926 \text{ u}$  en conservant 5 décimales comme la masse du neutron, la masse la moins précise donnée.

$$\Delta m = -0,199264 \times 1,66054 \times 10^{-27} = -3,3088584 \times 10^{-28} \text{ kg} = -3,3089 \times 10^{-28} \text{ kg}$$

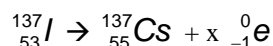
$$1.3.4. \text{Méthode 1 : } \Delta E = \Delta m \cdot c^2$$

$$\Delta E = -3,3088584 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2 = -2,98 \times 10^{-11} \text{ J}$$

**Méthode 2 :** Sachant que 1 u correspond à une énergie de 931,5 MeV, il suffit d'exprimer la variation de masse en u et de la multiplier par 931,5 pour avoir l'énergie libérée en MeV.

$$\Delta E = -0,199264 \times 931,5 = -186 \text{ MeV.}$$

1.4. Une désintégration  $\beta^-$  s'accompagne de la libération d'un électron  ${}_{-1}^0\text{e}$ .



Conservation de la charge électrique :  $53 = 55 - x$  donc  $x = 2$ .

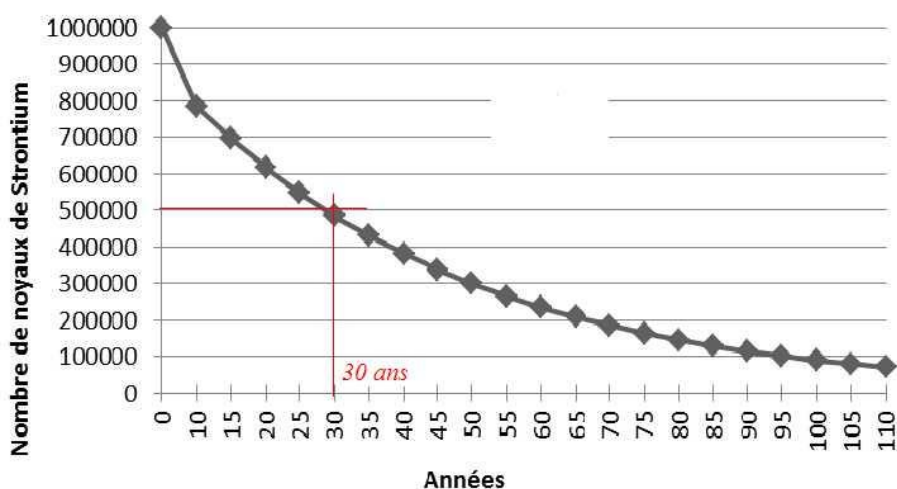
Il se produit deux désintégrations  $\beta^-$ .

2.1. Le **temps de demi-vie**  $t_{1/2}$  est la durée au bout de laquelle la moitié d'une quantité initiale de noyaux radioactifs contenus dans un échantillon s'est désintégrée.

2.2. L'**activité** **A** est le nombre de désintégrations que subit une population de noyaux radioactifs par seconde.

2.3. Elle s'exprime en becquerel (Bq).

**Courbe de décroissance radioactive du Strontium**



2.4. Graphiquement on trouve pour le césium 137 : 30 ans.