EXERCICE II. DATATION DES VINS PAR RADIOACTIVITÉ (5,5 points)

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	$^{235}_{92}U$	$^{137}_{55}Cs$	$^{137}_{56}Ba$	$^{137}_{53}I$	^{97}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 u = $1{,}66054 \times 10^{-27}$ kg ;
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m.s^{-1} ;
- Electron-volt : 1 eV = $1{,}60 \times 10^{-19}$ J ;
- Energie de masse de l'unité de masse atomique : E = 931,5 MeV ;
- Constante de Planck : h = $6{,}62 \times 10^{-34}$ J.s.

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 :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{137}_{53}I + ^{97}_{Z}Y + x\,^{1}_{0}n$$

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 Δm 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 β^-.

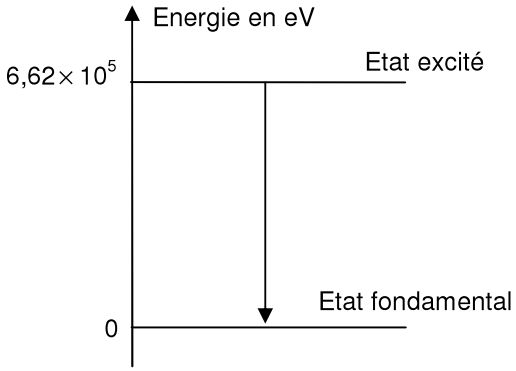
1.4. Nommer et donner la notation $^{A}_{Z}X$ de la particule émise lors d'une désintégration β^-. Combien de désintégrations β^- se sont produites pour obtenir un noyau de césium 137 à partir d'un noyau d'iode 137 ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 1 / 3
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

2. Vérifier un millésime grâce au césium 137

Le césium 137, de temps de demi-vie $t_{1/2}$ = 30 ans, se désintègre en baryum 137. La majorité des noyaux fils obtenus lors de cette désintégration se trouve dans un état excité. Au bout de quelques minutes les noyaux de baryum émettent un rayonnement pour revenir à leur état fondamental. Ce rayonnement, très pénétrant, s'échappe facilement du vin, traverse le verre de la bouteille et est détecté par un appareil qui mesure alors l'activité en césium 137 du vin analysé. L'activité en césium 137 d'un vin est faible et s'exprime en mBq (millibecquerel) par litre de vin. L'étude réalisée, en 2000, sur une série de vins de la région bordelaise d'origines et de millésimes différents, a conduit à la courbe **du document 1 de l'annexe**.

2.1.1. De quel type de rayonnement parle-t-on dans le texte ci-dessus ?
2.1.2. On donne le diagramme des niveaux d'énergie d'un noyau de baryum 137 :



Donner l'expression de l'énergie ΔE qui correspond à l'émission du rayonnement, en fonction de λ, la longueur d'onde associée à ce rayonnement. Calculer la valeur de λ.

En 2010, le laboratoire de la répression des fraudes a analysé une bouteille de vin dont l'étiquette indique l'année 1955. Les scientifiques ont mesuré une activité en césium 137 de A (2010) = 278 mBq par litre de vin.

2.2. Donner la loi de décroissance radioactive en explicitant chaque terme.
2.3. Définir le terme « temps de demi-vie ».

On rappelle que l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs est définie par $A(t) = \left|\frac{dN(t)}{dt}\right|$.

La relation entre la constante radioactive λ et le temps de demi-vie $t_{1/2}$ est : $t_{1/2} = \frac{ln2}{\lambda}$.

2.4. En déduire la relation entre l'activité $A(t)$, le nombre de noyaux $N(t)$ et λ(Cs), constante radioactive du césium 137.
2.5. Calculer le nombre de noyaux de césium 137 présents, en 2010, dans un litre du vin analysé.

On rappelle que l'activité d'un échantillon de noyaux radioactifs suit également une loi de décroissance exponentielle.

2.6. On prendra l'an 2000 comme origine des dates (t_0).
Montrer que l'activité A_0 (2000) que ce vin possédait en l'an 2000 a pour expression :

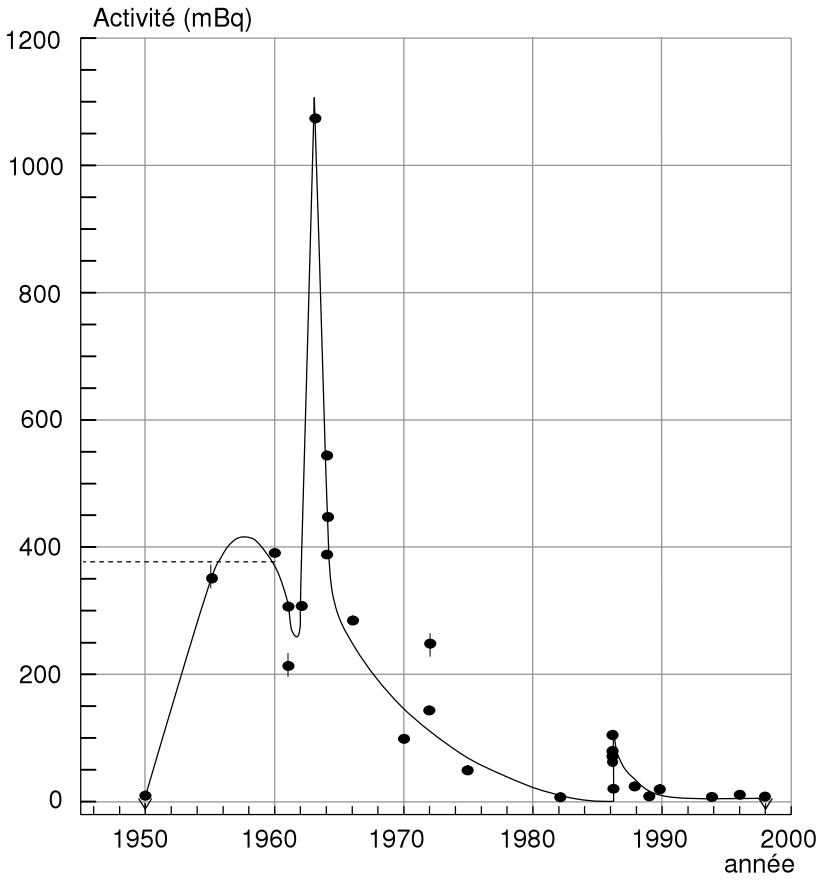
$$A_0\,(2000) = \frac{A(2010)}{e^{-\left(\frac{ln2}{3}\right)}}.$$

2.7. Calculer la valeur de A_0 (2000) pour un litre de ce vin.
2.8. Utiliser la courbe **du document 1 de l'annexe** pour en déduire le millésime ou les millésimes de ce vin. L'acheteur de ce vin peut-il être rassuré sur l'authenticité du vin ?
2.9. Pourquoi ne peut-on pas utiliser cette technique pour authentifier un vin trop jeune ou trop vieux (de 1920 par exemple) ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 2 / 3
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé scanner ou cliquer

FEUILLE ANNEXE DE L'EXERCICE II À RENDRE AVEC VOTRE COPIE

Document 1 : Évolution de l'activité du césium 137 pour les vins de la région de Bordeaux d'âge compris entre 1950 et nos jours (mesures faites en 2000). Les mesures de l'activité s'expriment en mBq par litre de vin.
Par exemple, l'activité mesurée en 2000, d'un litre de vin de 1960 est de 375 mBq.



Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer