

Bac S physique 2008 Exercice III : La Terre, une machine thermique

Transfert thermique et radioactivité du globe terrestre

Le potassium 40 et le diagramme {N,Z}

1.1.1/ Il faut juste tracer la droite $N=Z$.

1.1.2/ Le 40 dans potassium 40 et argon 40 signifie que ces noyaux ont $A=40$. On a donc :

Calcium 40 : $A=40$, $Z=20$ donc $N=20$

Potassium 40 : $A=40$, $Z=19$ donc $N=21$

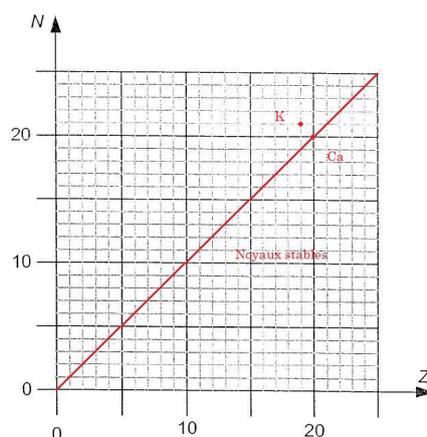


FIG. 1 – Droite des noyaux stables, place du Potassium et du Calcium 40

Le calcium 40 se situe sur la droite $N=Z$ et est donc stable, tandis que le potassium 40 n'y est pas et est donc instable.

1.1.3/ On a d'un côté le potassium 40, $A=40$, $Z=19$, $N=21$, et d'un autre côté le calcium 40, $A=40$, $Z=20$, $N=20$. Les lois de conservation à utiliser sont les suivantes : lors de transformations nucléaires, *le nombre de charge et le nombre de masse sont conservés*. Ici pour passer de K à Ca on garde la même valeur de A, mais la valeur de Z change. Il va donc falloir équilibrer l'équation de transformation de K en Ca par une particule portant une unité de charge sans porter d'unité de masse : ${}^{40}_{19}\text{K} \longrightarrow {}^{40}_{20}\text{Ca} + {}^0_{-1}\text{e}$ Cette particule portant un nombre de charge -1 et pas de nombre de masse est *l'électron*, dont l'émission par le potassium permet de respecter la conservation de Z dans la réaction.

La désintégration se fait avec émission d'électron, on est donc dans le cas d'une *radioactivité* β^- .

Autre désintégration du potassium 40

1.2.1/ La radioactivité avec émission d'un positron ${}^0_1\text{e}$ s'appelle la *radioactivité* β^+ .

1.2.2/ On calcule l'énergie au repos des constituants dans les deux membres de l'équation, et en comparant on trouve l'énergie libérée.

Pour les réactifs, c'est-à-dire simplement le potassium 40 on trouve une énergie : $E_r = m_K c^2$, d'où $E_r = 5.97256 * 10^{-9} J$.

Pour les produits, on a le calcium 40 et le positron d'où : $E_p = m_{Ca} c^2 + m_e c^2$, d'où $E_p = 5.97240 * 10^{-9} J$. On trouve donc moins d'énergie au repos pour les produits que pour le réactif, ce qui est logique : la différence entre les deux représente l'énergie libérée par la réaction, cédée à l'environnement et utilisable : $E_{libre} = E_p - E_r = -1.602 * 10^{-13} J$.

Pour convertir en eV : $1eV = 1.6 * 10^{-19} J \Rightarrow -1.602 * 10^{-13} J = \frac{-1.602 * 10^{-13}}{1.6 * 10^{-19}} eV = -1.001 * 10^6 eV$. Et comme $1MeV = 10^6 eV$, on a : $E_{libre} = -1.001 MeV$. Elle est négative car elle est perdue par le système.

Evolution temporelle et dynamique interne du globe terrestre

2.1/ Si on regarde un noyau précis, on ne peut pas prévoir exactement quand il va se désintégrer. Par contre un noyau radioactif va se désintégrer de façon *spontanée*, c'est-à-dire que le phénomène se produit même si l'atome est complètement isolée de toute action extérieure, et *aléatoire*, car le moment où cela va arriver n'est pas déterminé à l'avance pour un noyau donné.

2.2.1/ Le nombre de noyaux non désintégrés varie selon une *loi exponentielle décroissante*, exprimée par :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \quad (1)$$

La constante de décroissance radioactive λ a pour *dimension* l'inverse d'un temps, et donc pour *unité* les s^{-1} .

2.2.2/ On trace l'allure d'une exponentielle décroissante. Les deux point faciles à placer sont : pour $t = 0$ on sait qu'on part d'un nombre de noyaux fixé, N_0 , et pour $t = \frac{\ln 2}{\lambda}$, le nombre de noyaux restants a été divisé par 2 ($t = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow N(t) = N_0 e^{-\lambda * \frac{\ln 2}{\lambda}} = N_0 e^{-\ln 2} = N_0 e^{\ln 2^{-1}} = \frac{N_0}{2}$).

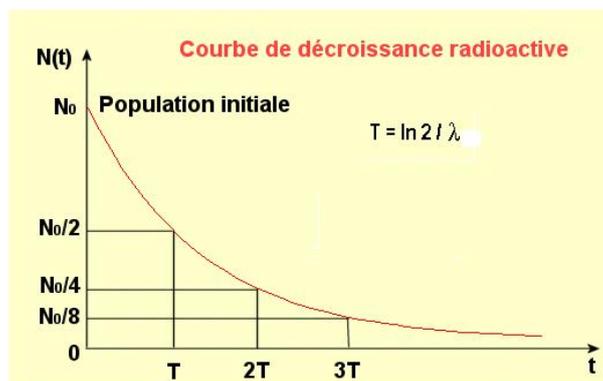


FIG. 2 – Décroissance exponentielle du nombre de noyaux, et temps de demi vie

2.2.3/ On voit sur le graphique que la pente de la courbe est plus forte au début, donc la

décroissance radioactive est la plus rapide à l'instant initial (ce que l'on peut confirmer par $\frac{dN}{dt} = -\lambda N_0 e^{-\lambda t}$, qui est en valeur absolue la plus forte à $t = 0$).

2.3/ Le texte nous dit que la quantité de noyaux d'uranium est diminuée de moitié tous les 4.5 milliards d'années. Donc si on appelle N_0 le nombre de noyaux actuellement actifs, dans 4.5 milliards d'années leur nombre sera devenu $\frac{N_0}{2}$. Puis 4.5 milliards d'années encore plus tard, parmi les $\frac{N_0}{2}$ noyaux, encore la moitié soit $\frac{N_0}{4}$ seront désintégrés. Cela fait au bout de 9 milliards d'années $\frac{N_0}{2}$ puis $\frac{N_0}{4}$ noyaux qui se seront désintégrés, soit en tout $\frac{3}{4}N_0$, donc *au bout de 9 milliards d'années les trois quarts des noyaux d'uranium actuellement radioactifs se seront désintégrés.*

2.4/ *Réponse b* : le texte nous dit que durant leur formation les continents ont intégré une partie des noyaux radioactifs, faisant ainsi diminuer plus vite le nombre de ceux qui restaient dans le manteau.