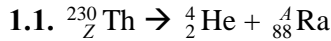


Correction II. TEMPS DE DEMI-VIE ET TEMPS DE DEMI-REACTION (5,5 pts)

1. Temps de demi-vie

Nouvelle Calédonie Mars 2004



On applique les lois de conservation de Soddy:

- conservation du nombre de nucléons donc $230 = 4 + A$ soit $A = 226$

la nombre de protons ou le nombre de neutrons ne se conserve pas toujours, par contre le nombre de nucléons se conserve toujours

- conservation du nombre de charge donc $Z = 2 + 88$ soit $Z = 90$



α est un noyau d'hélium. Ne pas dire atome, puisqu'en nucléaire on raisonne en terme de noyaux.

1.2. Le temps de demi-vie est la **durée** au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon se sont désintégrés. **A apprendre par cœur.**

Donc à $t = t_{1/2}$, on a $N(t_{1/2}) = N_0 / 2$.

Soit $N(t_{1/2}) / N_0 = 0,5$

Graphiquement, on cherche la date pour laquelle pour $N(t) / N_0 = 0,5$, on vérifie alors que $t_{1/2} = 7,5 \times 10^4$ années. Attention le graphique donné n'est pas $N(t)$ mais bien $N(t) / N_0$

1.3. Loi de décroissance radioactive: $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$

$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \quad \lambda = \frac{\ln 2}{7,5 \times 10^4} \quad \lambda = 9,2 \times 10^{-6} \text{ année}^{-1}$$

1.4. Le temps de demi-vie est caractéristique de la **nature des noyaux**. Il est indépendant des autres paramètres.

1.5. Pour répondre à cette question, on applique les lois de conservation de Soddy:

- 1^{ère} transformation:



${}_Z^A\text{X}$ est donc un noyau d'hélium ${}_2^4\text{He}$, **la première désintégration est de type α .**

- 2^{nde} transformation:



${}_Z^A\text{X}$ est un électron ${}_{-1}^0\text{e}$, **la seconde désintégration est du type β^- .**

- Accès à Z_4 et Z_5 :

Un élément chimique est caractérisé par son numéro atomique Z .

Le noyau ${}_{Z_4}^{234}\text{U}$ appartient à l'élément uranium, donc **$Z_4 = 92$.**

Le noyau ${}_{Z_5}^{230}\text{Th}$ appartient à l'élément thorium, donc **$Z_5 = 90$.**

1.6.1. $A(t) = -\frac{dN(t)}{dt}$ avec $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$

On dérive la fonction $N(t)$ par rapport à la variable t :

$$A(t) = -\frac{dN(t)}{dt} = -\frac{d(N_0 \times e^{-\lambda t})}{dt} = -N_0 \times \frac{d(e^{-\lambda t})}{dt} = \lambda \cdot N_0 \times e^{-\lambda \cdot t}$$

soit $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

1.6.2. Pour le ${}^{230}\text{Th}$: appelons λ_1 la constante radioactive de ce noyau

$$A(t) = \lambda_1 \cdot N({}^{230}\text{Th})$$

Pour le ${}^{238}\text{U}$: appelons λ_2 la constante radioactive de ce noyau

$$A(t) = \lambda_2 \cdot N({}^{238}\text{U})$$

A « l'équilibre séculaire », les deux populations des noyaux d' « uranium 238 » et de « thorium 230 » ont même activité. Donc $\lambda_1 \cdot N(^{230}\text{Th}) = \lambda_2 \cdot N(^{238}\text{U})$

Soit $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$, comme λ_1 et λ_2 sont constantes alors le rapport $\frac{N(^{230}\text{Th})}{N(^{238}\text{U})}$ est constant.

2. Temps de demi-réaction :

L'équation d'une réaction d'oxydo-réduction s'obtient par l'addition de deux demi-équations.

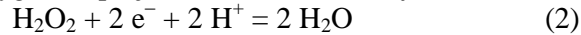
La première pour le couple indiqué $\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}_2$

oxydation de l'eau oxygénée qui joue alors le rôle de réducteur



La deuxième pour le couple $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ recherché

réduction de l'eau oxygénée qui joue alors le rôle d'oxydant



(1)+(2): $2 \text{H}_2\text{O}_2 = \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$

équivalent à $\text{H}_2\text{O}_2 = \frac{1}{2} \text{O}_2 + \text{H}_2\text{O}$

2.2. Transformation chimique lente car la transformation chimique dure environ 1h.

Transformation chimique totale car en fin de transformation $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$, le seul réactif (donc limitant) est totalement consommé.

2.3. Définition: à apprendre par cœur

Le temps de demi-réaction est la durée nécessaire pour que l'avancement x atteigne la valeur $x_{\text{final}}/2$.

Ici la transformation est totale, soit $x_{\text{final}} = x_{\text{max}}$ donc pour $t = t_{1/2}$ on a $x = \frac{x_{\text{max}}}{2}$.

Détermination de $t_{1/2}$:

$$[\text{H}_2\text{O}_2](t_{1/2}) = \frac{n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - \frac{x_{\text{max}}}{2}}{V} \quad \text{où encore } [\text{H}_2\text{O}_2](t_{1/2}) = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 - \frac{x_{\text{max}}}{2V}$$

où V est le volume réactionnel et $n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$ est la quantité de matière initialement présente de peroxyde d'hydrogène.

L'eau oxygénée est totalement consommée donc $n_0(\text{H}_2\text{O}_2) - x_{\text{max}} = 0$

soit $x_{\text{max}} = n_0(\text{H}_2\text{O}_2)$

donc $x_{\text{max}} = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 \times V$

on remplace dans l'expression précédente $[\text{H}_2\text{O}_2](t_{1/2}) = [\text{H}_2\text{O}_2]_0 - \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_0}{2}$

$$[\text{H}_2\text{O}_2](t_{1/2}) = \frac{[\text{H}_2\text{O}_2]_0}{2}$$

Graphiquement on trouve $[\text{H}_2\text{O}_2] = \frac{9,0 \times 10^{-2}}{2}$ pour $t = t_{1/2} = 5 \text{ min}$ **attention pas trop C.S.**

2.4. Effet de la concentration initiale

Pour $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 1,8 \times 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$, la courbe 2 permet de déterminer $t_{1/2} = 5 \text{ min}$ ou 6 min .

Il semble que la concentration molaire initiale n'ait que peu ou pas d'influence sur la valeur du temps de demi-réaction.

2.5. Effet de la température

Avec une température plus faible et $[\text{H}_2\text{O}_2]_0 = 9,0 \times 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, l'allure de la courbe est la même (décroissance exponentielle), mais $[\text{H}_2\text{O}_2] = 0 \text{ mol.L}^{-1}$ après une durée plus longue et $t_{1/2}$ sera plus élevé.

3. Conclusion

Facteurs qui peuvent influencer	Age de l'échantillon	Quantité initiale de noyaux ou de réactifs	Température du milieu	Nature du noyau ou du réactif
Temps de demi-vie	Indépendant	Indépendant	Indépendant	Dépendant
Temps de demi-réaction	Indépendant	Indépendant (dans cet exercice)	Dépendant	Dépendant