

1. Un déchet radioactif à vie courte dans le lait de vache

1.1. Un noyau radioactif est un noyau qui inévitablement, aléatoirement et indépendamment des conditions extérieures va se désintégrer en un noyau fils lui même instable ou stable.

1.2. Une particule α est un **noyau d'hélium** : ${}^4_2\text{He}$.

1.3. Une particule β^- est un **électron**. Une particule β^+ est un **positon**.

1.4. Il se produit **0,22 désintégration par seconde** dans un litre de lait.

1.5. Le temps de demi-vie est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs, initialement présents, se sont désintégrés.

1.6. Loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ où $N(t)$ est le nombre de noyaux à la date t , N_0 le nombre de noyaux à l'instant de date $t_0 = 0$ s, λ la constante radioactive en s^{-1} .

1.7.
$$N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$\frac{1}{2} = e^{-\lambda \cdot t_{1/2}}$$

$$\ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot t_{1/2}$$

$$-\ln 2 = -\lambda \cdot t_{1/2}$$

finalement
$$\lambda = \frac{\ln 2}{t_{1/2}}$$

1.8. $t_{1/2} = 30$ ans environ $\lambda = \frac{\ln 2}{30} = 2,3 \times 10^{-2} \text{ an}^{-1}$

On convertit $t_{1/2}$ en s.

$$t_{1/2} = 30 \times 365,25 \times 24 \times 60 \times 60 \quad \text{alors } \lambda = \frac{\ln 2}{30 \times 365,25 \times 24 \times 60 \times 60} = 7,3 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1}$$

1.9. L'activité est proportionnelle au nombre de noyaux radioactifs : $A(t) = \lambda \cdot N(t)$

$$N(t) = \frac{A(t)}{\lambda}$$

$$N(t) = \frac{0,22}{7,3 \times 10^{-10}} = 3,0 \times 10^8 \text{ noyaux de césium 137 dans un litre de lait.}$$

1.10. $n = \frac{N}{N_A}$ quantité de matière de noyaux

$$c = \frac{n}{V} \text{ soit } c = \frac{N}{N_A \cdot V}$$

$$c = \frac{3,0 \times 10^8}{6,02 \times 10^{23} \times 1,00} = 5,0 \times 10^{-16} \text{ mol.L}^{-1}$$

1.11. $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$ donc $\frac{A_0}{A(t)} = e^{\lambda \cdot t}$

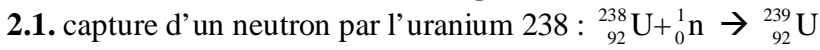
$$\ln \left(\frac{A_0}{A(t)} \right) = \lambda \cdot t$$

$$t = \frac{\ln \left(\frac{A_0}{A(t)} \right)}{\lambda}$$

$$A(t) = \frac{A_0}{100} \text{ donc } \frac{A_0}{A(t)} = 100$$

$$t = \frac{\ln(100)}{7,3 \times 10^{-10}} = 6,3 \times 10^9 \text{ s} \quad \text{ou} \quad t = \frac{\ln(100)}{2,3 \times 10^{-2}} = 2,0 \times 10^2 \text{ ans}$$

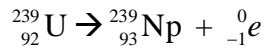
2. Les déchets radioactifs à vie longue



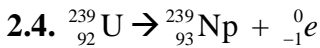
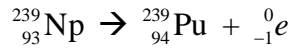
Lois de conservation : conservation du nombre de charges, et conservation du nombre de nucléons.

2.2. Le plutonium 239 ($Z = 94$) et l'uranium 239 ($Z = 92$) ne sont pas des isotopes car ils possèdent des numéros atomiques différents.

2.3. « En libérant un électron, l'uranium 239 se transforme en neptunium » :



« libère à son tour un électron et donne ainsi naissance au plutonium 239 »



Variation d'énergie au cours de cette transformation $\Delta E = [m({}^{239}_{93}\text{Np}) + m({}^0_{-1}\text{e}) - m({}^{239}_{92}\text{U})].c^2$

$$\Delta E = (239,05294 + 0,00055 - 239,05429) \times 1,66054 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$\Delta E = -0,00080 \times 1,66054 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$\Delta E = -1,2 \times 10^{-13} \text{ J}$$

$$\Delta E(\text{eV}) = \frac{\Delta E(\text{J})}{1\text{eV}}$$

$$\Delta E = -7,5 \times 10^5 \text{ eV} = -0,75 \text{ MeV}$$

La réaction d'un noyau d'uranium 239 libère vers le milieu extérieur $E = 7,5 \times 10^5 \text{ eV}$ (ou $1,2 \times 10^{-13} \text{ J}$).

2.5. Soit N_U le nombre de noyaux d'uranium 239 présents dans $m = 1,0 \text{ g}$ d'uranium : $N_U = \frac{m}{m_{{}^{239}_{92}\text{U}}}$.

L'énergie libérée par N_U noyaux est $E_{1g} = N_U \cdot E$

$$E_{1g} = \frac{m}{m_{{}^{239}_{92}\text{U}}} \cdot E$$

$$E_{1g} = \frac{1,0 \times 10^{-3}}{239,05429 \times 1,66054 \times 10^{-27}} \times 1,2 \times 10^{-13} = 3,0 \times 10^8 \text{ J} \quad (\text{attention : convertir } 1,0 \text{ g en kg})$$

3. Energie de liaison.

3.1. L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau pris au repos pour le dissocier en ses nucléons séparés eux mêmes au repos.

3.2. L'équation : ${}^{238}_{92}\text{U} \rightarrow 92 {}^1_1\text{p} + 146 {}^1_0\text{n}$

3.3. $El = \Delta m.c^2$ où Δm représente le défaut de masse (masse des nucléons séparés – masse du noyau)

$$\Delta m = (92 \times 1,007\,83 + 146 \times 1,008\,66) - 238,050\,79 = 1,934\,00 \text{ u} = 1,934\,00 \times 1,660\,54 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$= 3,211\,00 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

$$\text{Soit } El = \Delta m.c^2 = 3,211\,00 \times 10^{-27} \times (3,00 \times 10^8)^2 = 2,890 \times 10^{10} \text{ J} = 1\,806 \text{ MeV}$$

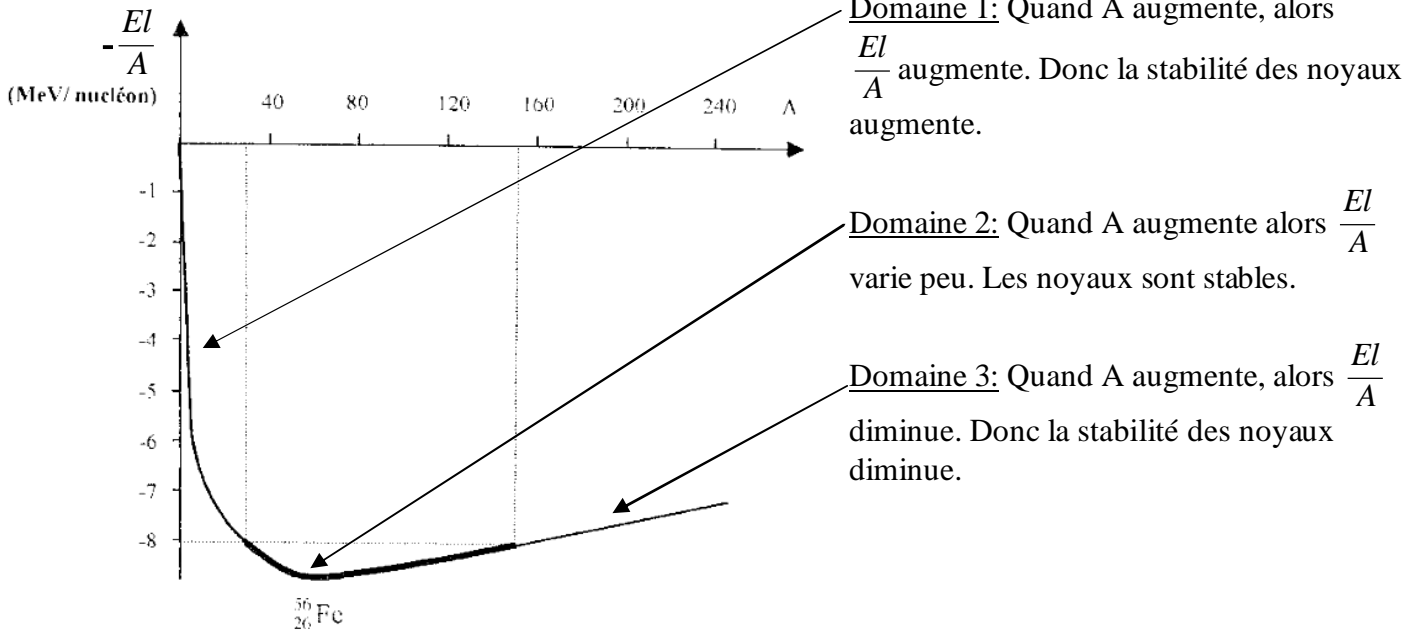
El est positive, Δm est positif

El s'exprime en J ou en MeV.

Soit $El/A = 1\,806/238 = 7,6 \text{ MeV/Nucléon}$.

3.4. Le noyau de fer est le plus stable, il possède $\frac{El}{A}$ la plus élevée. Il faut fournir plus d'énergie au noyau pour parvenir à le dissocier en ses nucléons isolés.

3.5.1.

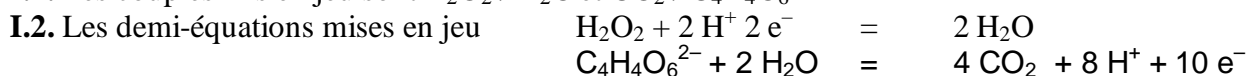


3.5.2. Dans le domaine 1, concernant les plus petits noyaux, des réactions de fusion nucléaire permettent de former des noyaux avec un nombre de nucléons plus élevés, et donc des noyaux plus stables. Dans le domaine 3, concernant les plus gros noyaux, des réactions de fission nucléaire permettent de former des noyaux avec un nombre plus faible de nucléons, et donc des noyaux plus stables.

3.6. La synthèse des éléments chimiques au cœur des étoiles s'arrête à l'élément fer car celui-ci est le plus stable des noyaux, il possède la valeur de $\frac{E_l}{A}$ la plus élevée. Il est trop stable pour fissionner ou fusionner.

I. Etablir l'équation-bilan.

I.1. Les couples mis en jeu sont $\text{H}_2\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$ et $\text{CO}_2 / \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$



II. Étude cinétique de la transformation chimique

II.1.a.

Si H_2O_2 est le réactif limitant alors $n_1 - 5x_{\text{max}} = 0$ soit $x_{\text{max}} = n_1/5$

Si $\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}$ est le réactif limitant alors $n_2 - x_{\text{max}} = 0$ soit $x_{\text{max}} = n_2$

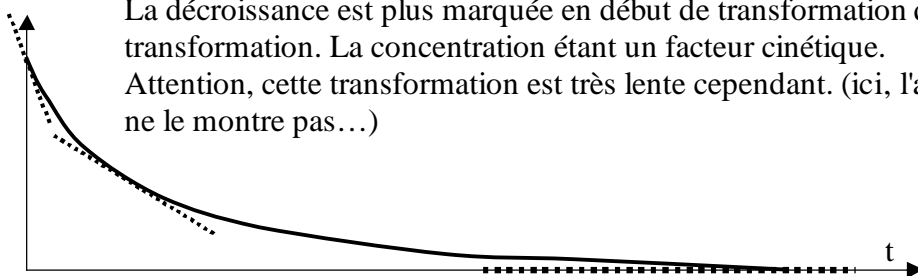
Ici $n_1 < 5n_2$, donc le réactif limitant est H_2O_2 et $x_{\text{max}} = n_1/5$

Equation chimique		$5 \text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) + \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6^{2-}(\text{aq}) + 2 \text{H}_3\text{O}^+(\text{aq}) = 10 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 4 \text{CO}_2(\text{g})$				
	Avancement (mol)	Quantités de matière (en mol)				
Etat initial	0	n_1	n_2	excès	excès	0
Etat intermédiaire	x	$n_1 - 5x$	$n_2 - x$	excès	excès	4x
Etat final	$x_{\text{max}} = n_1/5$	0	$n_2 - (n_1)/5$	excès	excès	$4n_1/5$

II.1.b. L'équation chimique fait apparaître des ions H_3O^+ qui sont apportés dans le milieu par un ajout d'acide.

II.1.c.

$[\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq})]$
en mol.L^{-1}



La courbe est décroissante, car H_2O_2 est un réactif donc est consommé. La décroissance est plus marquée en début de transformation qu'en fin de transformation. La concentration étant un facteur cinétique. Attention, cette transformation est très lente cependant. (ici, l'axe des temps ne le montre pas...)

II.2.a. $v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt}$ où V est le volume réactionnel considéré constant au cours de la transformation.

II.2.b. $v = -\frac{1}{5} \frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$

II.2.c. Comment évolue la vitesse au cours du temps?

La vitesse volumique de réaction diminue au cours du temps.

Justifier graphiquement sans calcul:

On reprend la courbe tracée au I.1.c.: voir les tracés de tangentes

$\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$ est égal au coefficient directeur de la tangente à la courbe $[\text{H}_2\text{O}_2](t)$ à l'instant t.

Ce coefficient directeur est très négatif initialement donc v est positive et élevée.

Puis $\frac{d[\text{H}_2\text{O}_2]}{dt}$ tend vers zéro, donc v tend vers zéro.

Pourquoi cette évolution?

La concentration en H_2O_2 diminue au cours du temps, ainsi la probabilité de choc efficace avec les ions tartrate est de plus en plus faible au cours du temps. La réaction a alors lieu de moins en moins fréquemment.

III. Catalyse homogène

II.1. Étude de la courbe 1

III.1.a. Les ions cobalt III donnent une coloration verte aux solutions. On peut suivre par **spectrophotométrie** l'évolution de leur concentration.

L'absorbance A de la solution, pour une longueur d'onde donnée, est proportionnelle à la concentration de l'espèce colorante (loi de Beer-Lambert $A = k \cdot C$). On choisira une longueur d'onde pour laquelle seuls les ions Co^{3+} absorbent la lumière.

En suivant l'évolution de l'absorbance, on a accès à l'évolution de $[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}]$ au cours du temps.

III.1.b. Zone 1: les ions cobalt II colorent la solution en rose.

Zone 3: la concentration en ions cobalt III est maximale, la solution est bien verte.

Zone 5: $[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}]$ faible, les ions Co^{3+} se sont transformés en ions Co^{2+} . La solution reprend une coloration rose.

III.1.c. Dans la zone 2, la coloration est verdâtre: présence de Co^{3+} et de Co^{2+} : la réaction (R_1) a lieu.

Dans la zone 3: $[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}]$ est maximale, mais elle commence à diminuer. La réaction (R_2) commence.

Dans la zone 4: $[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}]$ diminue, les ions Co^{3+} sont consommés. La réaction (R_2) se poursuit.

II.2. Vitesse de réaction

On trace la tangente en t_3 à la courbe représentative de $[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}](t)$.

On calculerait son coefficient directeur qui est égal à $\frac{d[\text{Co}^{3+}_{(\text{aq})}]}{dt}$.

On remplacerait sa valeur dans l'expression de v , on pourrait connaître la valeur de v .

II.3. Rôle du catalyseur

III.3.a. Le catalyseur n'apparaît pas dans l'équation chimique, car dans l'état final il est totalement régénéré. Il y a autant de Co^{2+} dans l'état initial que dans l'état final.

La courbe 1 montre que $[\text{Co}^{3+}]$ initiale est nulle donc $[\text{Co}^{2+}]$ est maximale.

Et $[\text{Co}^{3+}]$ tend vers zéro dans l'état final, donc $[\text{Co}^{2+}]$ est maximale et égale à $[\text{Co}^{2+}]$ initiale.

III.3.b. D'après le tableau d'avancement n_{CO_2} finale = $4x_{\text{max}}$.

Le catalyseur ne modifie pas la valeur de l'avancement final x_{max} , donc n_{CO_2} finale est la même que sans catalyseur.

III.3.c. On parle de catalyse homogène car le catalyseur et les réactifs sont dans une même phase liquide.