Amérique du sud 2004 Du Big Bang aux éléments chimiques 10 points

Correction © http://labolycee.org

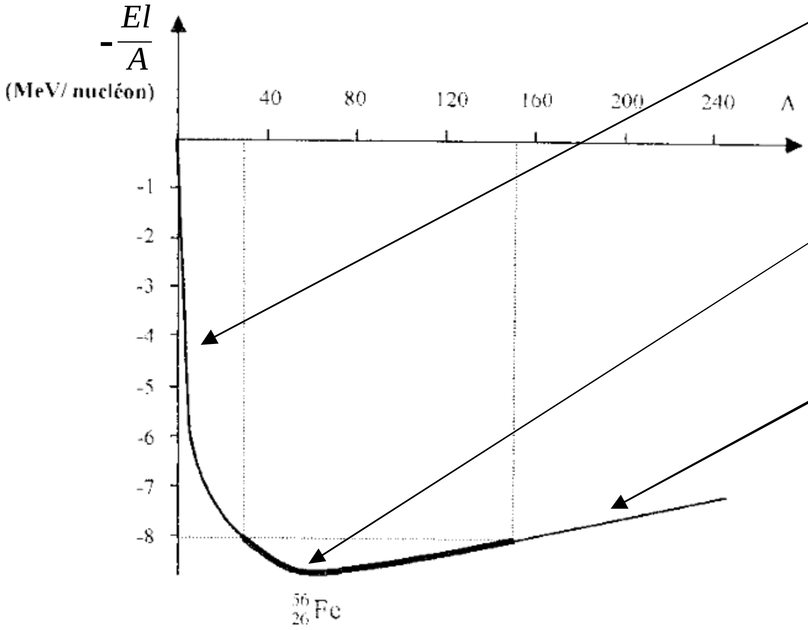
1.1. La dernière phrase du texte fait allusion à l'équivalence entre masse et énergie.
1.2. $E = m.c^2$
E énergie de masse en joules (J)
masse en kilogrammes (kg)
c célérité de la lumière en $m.s^{-1}$
2. $E = 2m_e.c^2$
$E = 2\times 9,11\times 10^{-31}\times(2,998\times 10^8)^2$
$E = 1,64\times 10^{-13}$ J
on divise le résultat précédent par $1,602\times 10^{-13}$
E = 1,02 MeV
3. Composition d'un noyau de deutérium ${}_1^2H$:
- Z =1 donc contient un proton
- et A–Z = 1 donc contient 1 neutron.

4.1. ${}_1^0e$ représente un positron, antiparticule de l'électron.
4.2. Il s'agit d'une réaction de **fusion** thermonucléaire.
4.3. Au cours d'une transformation nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons et du nombre de charges.
4.4. $\Delta m = \Sigma m_{finales} - \Sigma m_{initiales} = (m_{He} + 2m_e) - 4m_H$
$= (6,6447\times 10^{-27} + 2\times 9,11\times 10^{-31}) - 4 \times 1,6726\times 10^{-27}$
$= (66447\times 10^{-31} + 18,22\times 10^{-31}) - 4 \times 16726\times 10^{-31}$
$= ((66447+18)\times 10^{-31}) - 4\times 16726\times 10^{-31}$
$= - 439\times 10^{-31}$ kg = $\mathbf{-4,39\times 10^{-29}}$ **kg**
4.5. $E = \Delta m.c^2$ soit $E = - 4,39\times 10^{-29}\times(2,998\times 10^8)^2 = - 3,95\times 10^{-12}$ J
5. Une particule α est un noyau d'hélium ${}_2^4He$.
Le processus est appelé triple alpha car il y a fusion de trois noyaux d'hélium (particules α)
6.1. 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.
$El = \Delta m.c^2$ où Δm représente le défaut de masse (masse des nucléons séparés – masse du noyau)
El est positive, Δm est positif
El s'exprime en J ou en MeV.
6.2. ${}_6^{12}C \rightarrow 6\,{}_1^1p + 6\,{}_0^1n$
6.3. $\Delta m = \Sigma m_{finales} - \Sigma m_{initiales} = (6 \text{ x } m_p + 6 \text{ x } m_n) - m_{{}_6^{12}C}$
$= (6 \text{ x } 1,6726\times 10^{-27} + 6 \times 1,6749\times 10^{-27}) - 1,9944 \text{ x } 10^{-26} = 1,410 \text{ x } 10^{-28}$ kg
Soit $E_{liaison} = \Delta m.c^2 = 1,410 \text{ x } 10^{-28}\times(2,998\times 10^8)^2 = 1,267\times 10^{-11}$ J $= 79,1\times 10^6$ eV = 79,1MeV

6.4. Pour le carbone 12: $\frac{El}{A} = \frac{79,1}{12} = 6,59$ MeV/nucléon

6.5. 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.

6.6.1.



Domaine 1: Quand A augmente, alors $\frac{El}{A}$ augmente. Donc la stabilité des noyaux augmente.

Domaine 2: Quand A augmente alors $\frac{El}{A}$ varie peu. Les noyaux sont stables.

Domaine 3: Quand A augmente, alors $\frac{El}{A}$ diminue. Donc la stabilité des noyaux diminue.

6.6.2. 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.

6.6.3. 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 $\frac{El}{A}$ la plus élevée. Il est trop stable pour fissionner ou fusionner.

7.1. $N(t) = N_0 \,.\, e^{-\lambda.t}$

7.2. La demi-vie $t_{1/2}$ est la durée nécessaire pour la moitié des noyaux initialement présents se soient désintégrés. A $t_{1/2}$, on a $N(t + t_{1/2}) = N(t)/2$.

7.3. $N(t + t_{1/2}) = \dfrac{N(t)}{2}$ ce qui donne $N_0 \,.\, e^{-\lambda.(t+t1/2)} = \dfrac{N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}}{2}$

soit $N_0 e^{-\lambda t} \times e^{-\lambda t_{1/2}} = \dfrac{N_0 e^{-\lambda t_{1/2}}}{2}$ on en déduit $e^{-\lambda.t_{1/2}} = \dfrac{1}{2}$ ce qui donne $-\lambda \,.\, t_{1/2} = \ln \dfrac{1}{2}$

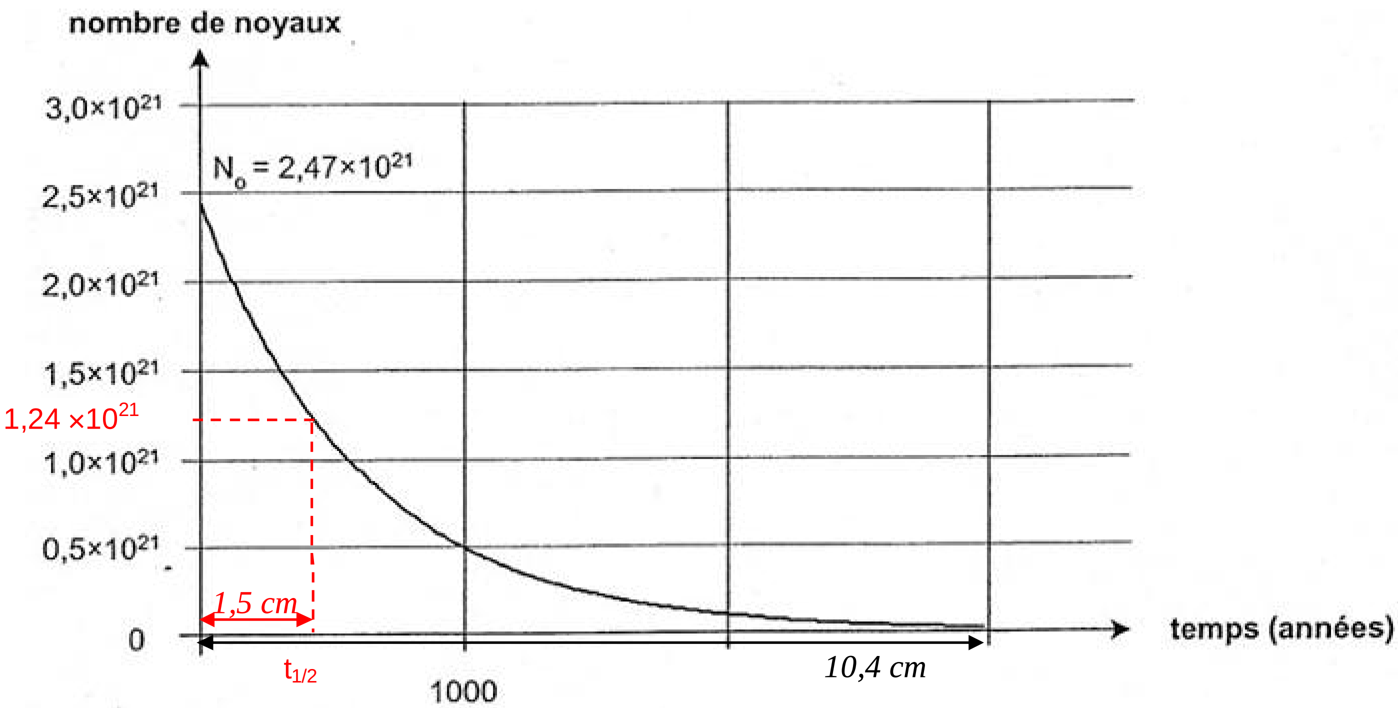
donc $-\lambda \,.\, t_{1/2} = -\ln 2$ soit $\mathbf{\ln 2 = \lambda \,.\, t_{1/2}}$

7.4. Sur la courbe on trace la droite horizontale $N = N_0 / 2 = 2{,}47 \times 20^{21} / 2 = 1{,}24 \times 10^{21}$ (en rouge) qui coupe le graphe en un point dont l'abscisse est $t_{1/2}$.

Graphiquement :

10,4 cm $\Leftrightarrow$ 3000 ans
1,5 cm $\Leftrightarrow$ $t_{1/2}$

$\mathbf{t_{1/2}} = 1{,}5 \times 3000 / 10{,}4 = \mathbf{4{,}3 \times 10^2}$ **ans**



7.5. On a la relation $\lambda = \ln(2) / t_{1/2}$ avec $\mathbf{t_{1/2} = 4{,}3\times10^2}$ **ans** $= 13{,}5 \times 10^9$ s

$$\lambda = \frac{\ln 2}{13{,}5\times10^{9}} = 5{,}1\times10^{-11}\ s^{-1}$$

7.6. *L'« américium 241 » se désintègre suivant la réaction :* ${}^{241}_{95}Am \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{237}_{93}Np$

Il s'agit d'une radioactivité **de type** α car un des noyaux fils formés est un noyau d'hélium ${}^{4}_{2}He$ appelé particule α.

7.7. D'après l'énoncé $A = \lambda.N$ et $N = N_0.e^{-\lambda.t}$ donc $A = \lambda.N_0.e^{-\lambda.t}$.

$$e^{-\lambda.t_1} = \frac{A(t_1)}{\lambda.N_0}$$

$$e^{\lambda.t_1} = \frac{\lambda.N_0}{A(t_1)}$$

$$\lambda.t_1 = \ln \frac{\lambda.N_0}{A(t_1)}$$

$$\boxed{t_1 = \frac{1}{\lambda}.\ln\frac{\lambda.N_0}{A(t_1)}}$$

$$t_1 = \frac{1}{5{,}1\times10^{-11}} \times \ln\frac{5{,}1\times10^{-11}\times2{,}47\times10^{21}}{3{,}7\times10^{3}} = 3{,}4\times10^{11}\ \text{s} = \frac{3{,}4\times10^{11}}{(365{,}25\times24\times3600)}\ \text{ans} = \mathbf{1{,}1\times10^{4}\ ans}$$

Il faut donc attendre 10^4 ans pour avoir des déchets de faible activité avec la fission

Remarque Avec la fusion cette attente est réduite à 100 ans soit une **durée 100 fois plus petite**.

Afrique 2007	Etude cinétique d'une réaction	10 points

1. La transformation étudiée

1.1. La fiole jaugée de volume 25,0 mL contenait V_1 = 1,0 mL de 2-chloro-2-méthylpropane.

Ce qui correspond à une quantité de matière $n_1 = \dfrac{\rho.V_1}{M}$.

Ensuite on a prélevé un volume V_0 = 5,0 mL de solution S, soit un volume cinq fois plus faible que celui de la fiole. Donc $n_0 = \dfrac{n_1}{5} = \dfrac{\rho.V_1}{5M}$.

$\mathbf{n_0} = \dfrac{0,85\times1,0}{5\times92,0}$ **= 1,8.10^{-3} mol**

1.2. *Équation chimique*		$(CH_3)_3C\text{-}Cl_{(l)}$ + 2 $H_2O_{(l)}$ =		$(CH_3)_3C\text{-}OH_{(l)}$ +	H_3O^+ +	$Cl^-_{(aq)}$
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)				
État initial	0	n_0	excès	**0**	***négligeable***	**0**
État intermédiaire	x	$\mathbf{n_0 - x}$	excès	$\mathbf{x}$	$\mathbf{x}$	$\mathbf{x}$
État final	x_{max}	$\mathbf{n_0 - x_{max} = 0}$	excès	$\mathbf{x_{max} = n_0}$	$\mathbf{x_{max} = n_0}$	$\mathbf{x_{max} = n_0}$

D'après le tableau, à chaque instant $[H_3O^+] = [Cl^-_{(aq)}]$.

1.3. Conductivité du mélange : $\sigma = \lambda^0\left(H_3O^+\right).[H_3O^+] + \lambda^0\left(Cl^-\right).[Cl^-_{(aq)}]$

$\sigma = \left(\lambda^0\left(H_3O^+\right)+\lambda^0\left(Cl^-\right)\right).[H_3O^+]$

1.4. Comme $[H_3O^+] = \dfrac{x}{V}$, on obtient $\boxed{\sigma = \left(\lambda^0\left(H_3O^+\right)+\lambda^0\left(Cl^-\right)\right).\dfrac{x}{V}}$

1.5. $x_\infty = \dfrac{\sigma.V}{\left(\lambda^0\left(H_3O^+\right)+\lambda^0\left(Cl^-\right)\right)}$ Attention V exprimé en m^3, V = 200,0 + 5,0 mL = 205,0 $\times10^{-6}$ m^3

$x_\infty = \dfrac{0,374\times205,0\times10^{-6}}{(349,8+76,3)\times10^{-4}}$ **= 1,80×10^{-3} mol**

$x_\infty = n_0 = x_{max}$ donc la **transformation est bien totale**.

1.6. $\sigma_\infty = \left(\lambda^0\left(H_3O^+\right)+\lambda^0\left(Cl^-\right)\right).\dfrac{x_\infty}{V} = \left(\lambda^0\left(H_3O^+\right)+\lambda^0\left(Cl^-\right)\right).\dfrac{x_{max}}{V}$

$\dfrac{\sigma}{\sigma_\infty} = \dfrac{x}{x_{max}}$ donc $\boxed{x = \dfrac{\sigma}{\sigma_\infty}.x_{max}}$

1.7. Pour σ = 0,200 $S.m^{-1}$, $x = \dfrac{0,200}{0,374}\times1,8\times10^{-3}$ **= 9,6×10^{-4} mol**

2. Exploitation des résultats

2.1. La vitesse volumique v de réaction est donnée par la relation: $v = \frac{1}{V}.\frac{dx}{dt}$ où V est le volume de la solution et x l'avancement de la réaction.

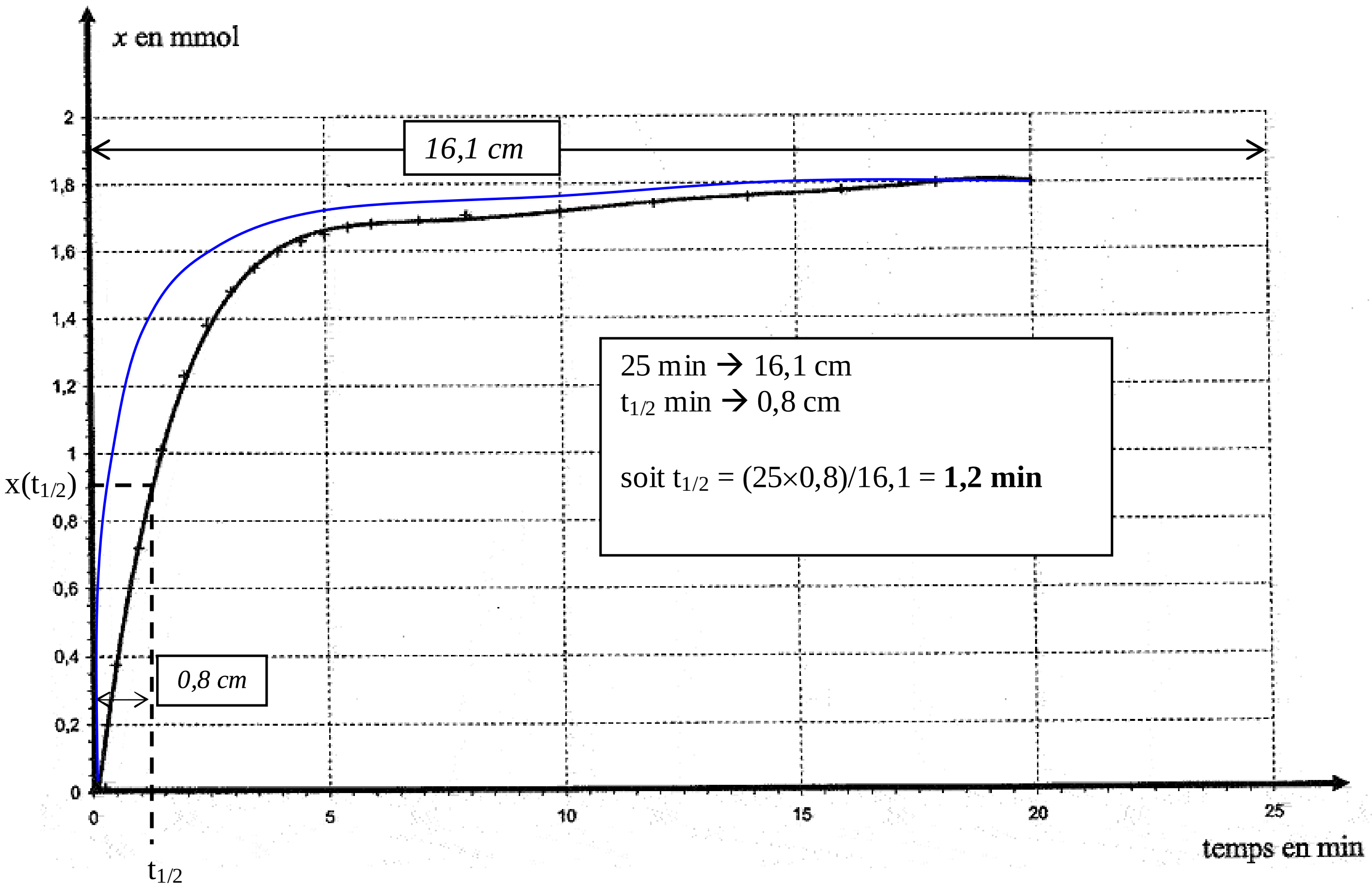
2.2. Le coefficient directeur de la tangente, à l'instant t, à la courbe x(t) est égal à $\frac{dx}{dt}$.

On trace la tangente et on calcule son coefficient directeur.
La vitesse volumique de la réaction s'en déduit en le divisant par le volume V de la solution.

2.3. Au cours du temps, la tangente à la courbe devient de plus en plus horizontale donc $\frac{dx}{dt}$ diminue.

La vitesse de réaction diminue puis tend vers zéro.
2.4. La concentration du réactif, 2-chloro-2méthylpropane, diminue au cours du temps. Il s'agit du facteur cinétique responsable de la diminution de la vitesse volumique de réaction.
2.5. Le temps de demi-réaction est la durée au bout de laquelle l'avancement atteint la moitié de sa valeur finale. Ici $x_f = x_{max} = n_0$ (la transformation est totale)

Pour $t = t_{1/2}$, on a $x(t_{1/2}) = \frac{n_0}{2} = 0,9$ mmol.



2.6. Même expérience à une température plus élevée.
2.6.1. Voir courbe bleue ci-dessus.
2.6.2. La température est un facteur cinétique. Si elle augmente, alors la vitesse volumique de réaction augmente. L'avancement final est atteint plus rapidement, donc **$t_{1/2}$ est plus faible**.