2006/09 Polynésie EXERCICE II : AU SOLEIL D'ITER (5,5 points)
Correction http://labolycee.org ©

1. Étude de la réaction de fusion $^{2}_{1}H + ^{3}_{1}H \rightarrow ^{4}_{2}He + ^{1}_{0}n$

1.1. Variation de masse = m(produits) – m(réactifs)

= m($^{4}_{2}He$) + m($^{1}_{0}n$) – m($^{2}_{1}H$) – m($^{3}_{1}H$)

= (4,00150 + 1,00866 – 2,01355 – 3,01550)×1,66054×10^{-27}

variation de masse = –3,13676×10^{-29} kg *valeur stockée en mémoire*

Toute réaction nucléaire s'accompagne d'une perte de masse. Cette perte de masse va s'accompagner d'une libération d'énergie (équivalence masse-énergie)

1.2. E énergie produite = – énergie cédée par les réactifs
E = – [m(produits) – m(réactifs)].c²

$$E = -\frac{3,13676\times10^{-29}\times(2,998\times10^{8})^2}{1,602\times10^{-13}}$$

E = 17,60 MeV *calcul effectué avec la valeur non arrondie de Δm*

1.3. nombre de noyaux présents dans m = 1,0 g de noyaux de deutérium noté N
masse d'un noyau de deutérium, notée m_D : m_D = 2,01355 u soit $m_D = 2,01355\times1,66054\times10^{-27}$

$m_D = 3,34358\times10^{-27}$ kg

$m_D = 3,34358\times10^{-27}\times10^{3}$ g

$m_D = 3,34358\times10^{-24}$ g

$$N = \frac{m}{m_D}$$

$$N = \frac{1,0}{3,34358\times10^{-24}}$$

N = 3,0×10^{23} noyaux *calculé effectué avec la valeur non arrondie de m_D*

1.4. nombre de noyaux présents dans m' = 1,5 g de noyaux de tritium noté N'

$$N' = \frac{m'}{m_T}$$

$$N' = \frac{1,5}{3,01550\times1,66054\times10^{-24}}$$

N' = 3,0×10^{23} noyaux

1.5. La réaction précédente aurait lieu 3,0×10^{23} fois libérant une énergie de 17,60×3,0×10^{23} = 5,3×10^{24} MeV.
Conversion en joules en multipliant par 1,602×10^{-13}
La fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium pourrait libérer **8,5×10^{11} J**.

1.6.1. Conversion en tep, on divise par 4,2×10^{10}
La fusion de 1,0 g de noyaux de deutérium avec 1,5 g de noyaux de tritium pourrait libérer **20 tep**.

1.6.2. Pour comparer l'intérêt énergétique de la fusion face à celui de la fission, calculons l'énergie libérée par la fission de 2,5 g d'uranium (pour avoir la même masse de réactifs).
E = 2,5×1,8 = 4,5 tep.
La fusion, pour une même masse de réactifs, libère entre quatre à cinq fois plus d'énergie que la fission.

2. Quelques précisions sur le tritium :

2.1. ${}^{6}_{3}Li + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{3}_{1}H$

2.2. ${}^{3}_{1}H \rightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{3}_{2}He$

2.3.1. relation (1) $\dfrac{\Delta N(t)}{\Delta t} = -\lambda.N(t)$ donc $\Delta N(t) = -\lambda.\Delta t.N(t)$

relation (2) $N(t+\Delta t) = N(t) + \Delta N(t) = N(t) - \lambda.\Delta t.N(t)$

$N(t+\Delta t) = N(t).[1 - \lambda.\Delta t]$

2.3.2. *Calculs à effectuer avec la valeur de λ en an^{-1}*

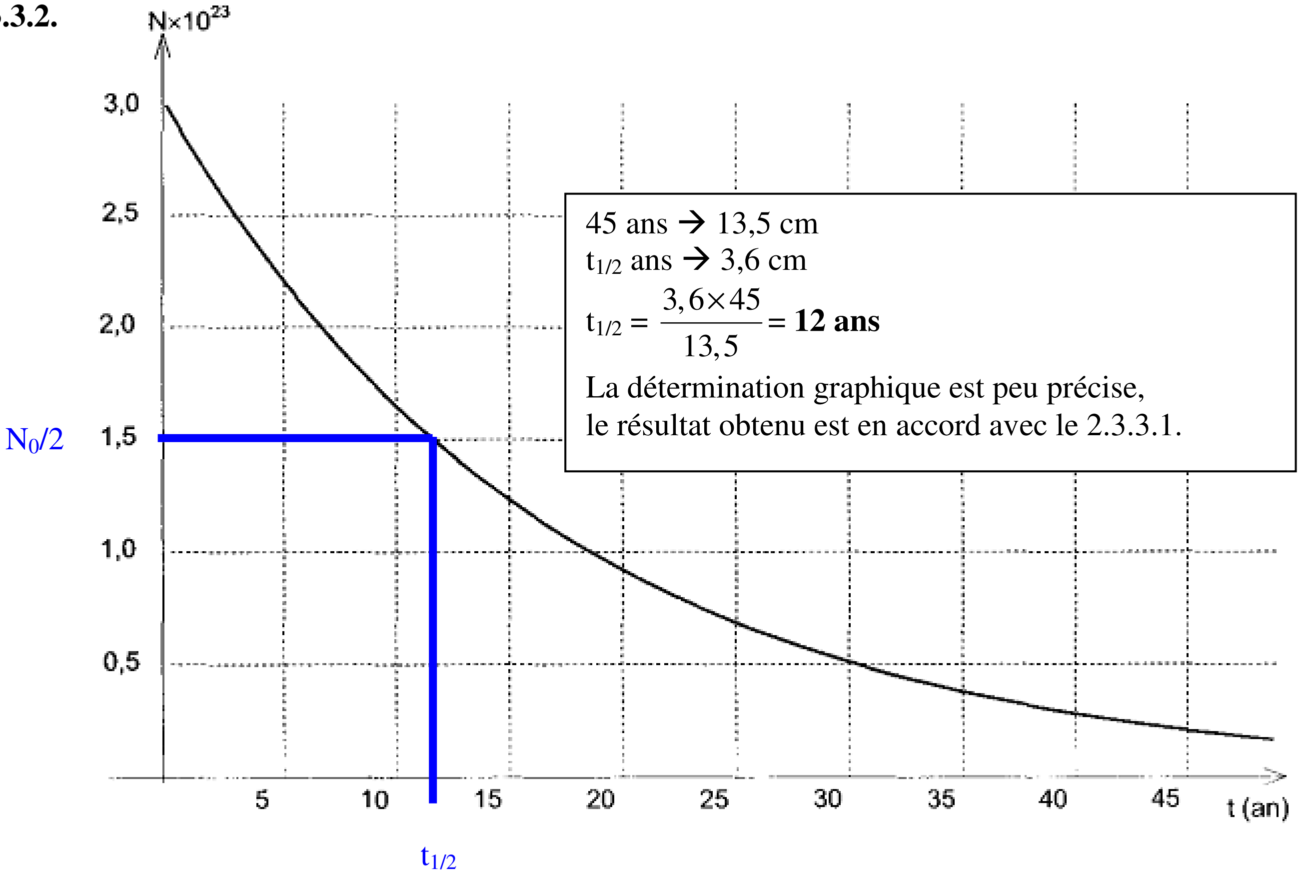
Date t (an)	0	1	2
N	$3{,}0\times10^{23}$	$2{,}8\times10^{23}$	$2{,}7\times10^{23}$

		$N(0+1) = N(0).[1-\lambda]$ $N(1)= 3{,}0\times10^{23}\times(1 - 5{,}65\times10^{-2})$	$N(1+1) = N(1).[1-\lambda]$ $N(2)= 2{,}8\times10^{23}\times(1 - 5{,}65\times10^{-2})$ *calcul avec N(1) non arrondi*

2.3.3.1. $t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}$

$t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{5{,}65\times10^{-2}} = 12{,}3$ ans

2.3.3.2.



45 ans → 13,5 cm

$t_{1/2}$ ans → 3,6 cm

$t_{1/2} = \dfrac{3{,}6\times45}{13{,}5} =$ **12 ans**

La détermination graphique est peu précise,
le résultat obtenu est en accord avec le 2.3.3.1.

2.3.4. <u>1ère méthode :</u> avec $-\Delta N = \lambda.\Delta t.N(t)$

$-\Delta N = 1{,}79\times10^{-9}\times1000\times3{,}0\times10^{23} = 5{,}37\times10^{17}$ noyaux désintégrés naturellement

$m = m_T\times(-\Delta N) = 3{,}01550\times1{,}66054\times10^{-27}\times5{,}37\times10^{17} = 2{,}7\times10^{-9}$ kg = 2,7µg

<u>Deuxième méthode :</u> Loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0.e^{-\lambda.t}$

$-\Delta N = N_0 - N(1000) = N_0 - N_0.e^{-\lambda.t} = N_0(1 - e^{-\lambda.t})$

$-\Delta N = 3{,}0\times10^{23}\times(1 - \exp(-1{,}79\times10^{-9}\times1000)) = 5{,}4\times10^{17}$ noyaux désintégrés naturellement

$m = m_T\times\Delta N = 5{,}4\times10^{17}\times3{,}01550\times1{,}66054\times10^{-27} = 2{,}7\times10^{-9}$ kg = 2,7 µg

Dans les deux cas, la masse des noyaux désintégrés naturellement est négligeable par rapport à la masse de tritium utilisée, on peut ne pas tenir compte de la désintégration naturelle du tritium.