Pondichéry 2009 Exercice 2 L'énergie du futur (5,5 points)

On sait depuis les travaux de Hans Bethe (1939) que l'énergie du rayonnement émis par le Soleil a pour origine la fusion nucléaire de l'hydrogène.

Les physiciens essaient de réaliser la même réaction en la contrôlant. Maîtriser sur Terre la fusion des noyaux légers à des fins de production d'énergie mettrait à disposition de l'Homme des ressources quasiment illimitées, ce qui pourrait résoudre les problèmes à venir que provoquera la baisse inéluctable des réserves pétrolières.
Tel est l'objectif des recherches engagées par les grandes nations industrielles avec le projet ITER, réacteur expérimental de fusion nucléaire.

Données

Le neutron ${}^{1}_{0}n$ est noté n.

Suivant la tradition, on appelle deutérium d le noyau ${}^{2}_{1}H$ et tritium t le noyau ${}^{3}_{1}H$.

On rappelle la valeur de l'unité de masse atomique u : 1 u = 1,66054. 10^{-27} kg.
On donne :

m(d) = 2,01355 u ; m(t) = 3,01550 u ; m(${}^{4}_{2}He$) = 4,00150 u ; m(n) = 1,00866 u.

2.1 Réaction deutérium tritium

C'est la réaction la plus facile à déclencher. Elle fait l'objet d'importantes recherches.
L'équation nucléaire en est :

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

2.1.1 Quelle est la composition des noyaux de deutérium et de tritium ? Comment qualifie-t-on de tels noyaux ?

2.1.2 D'une façon générale, qu'appelle-t-on fusion nucléaire ?

2.1.3 Avant la fusion, le système est constitué d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.
Après transformation, il est constitué des produits de la réaction nucléaire.
Calculer en unités de masse atomique la masse du système avant et après la fusion. Que peut-on déduire de la comparaison de ces deux valeurs ?

2.1.4 Calculer, en joules puis en MeV, l'énergie libérée par la fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium.
On donne : c = $3{,}00.10^{8}$ $m.s^{-1}$ et 1eV = $1{,}60.10^{-19}$ J.

2.1.5 La constante d'AVOGADRO vaut $N_A = 6{,}02.10^{23}$ mol $^{-1}$.
La masse molaire atomique du deutérium est d'environ 2 g.mol $^{-1}$.
Sachant qu'il est possible d'extraire 33 mg de deutérium d'un litre d'eau de mer, calculer en joules l'énergie obtenue à partir du deutérium extrait d'un mètre-cube d'eau de mer.

2.1.6 Le pouvoir énergétique du pétrole vaut 42,0 MJ.kg^{-1}.
Calculer la masse de pétrole qui produirait par combustion la même énergie.
Conclure.

2.2. Radioactivité

Le tritium est radioactif β^- ; sa demi-vie vaut $t_{1/2} = 12{,}3$ ans.

2.2.1 Qu'est-ce qu'un noyau radioactif ?

2.2.2 Définir les trois types de radioactivité.

2.2.3 Ecrire l'équation de la désintégration du noyau de tritium $^{3}_{1}H$ en rappelant les lois utilisées.

2.2.4 Quelle est la signification du terme demi-vie ?

2.2.5 A un instant pris comme origine des temps, le nombre de noyaux de tritium vaut N_0.
Quelle est l'expression du nombre N de noyaux à l'instant t en fonction de N_0, $t_{1/2}$ et t ?

2.2.6 Au bout de combien de temps N vaut-il le dixième de sa valeur initiale N_0 ?