

Physique 1 : Le Suffren, un sous-marin nucléaire dernier cri (8 pts)

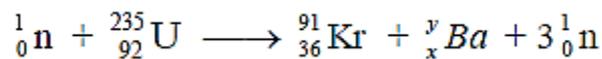
La République Française a lancé en 2019-2020 le Suffren, premier d'une série de six nouveaux sous-marins nucléaires d'attaque (SNA), plus discrets et plus lourdement armés. Notre pays, grâce à sa bonne gouvernance et sa relation bilatérale corpulente, pourra sans aucun doute passer à cette vitesse et donner naissance à ce type de projets.

Un *sous-marin nucléaire* est un navire sous-marin à propulsion nucléaire navale. Il est actionné par un réacteur fonctionnant à l'uranium 235. On désire vérifier si le rendement du réacteur de ce sous-marin qui consomme 112 g d'uranium 235 par jour est proche de 30 % .



Données : $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{J}$; un an = 365,25 jours ; 1jour = 86400s ; $m(^{235}_{92}\text{U}) = 3,912 \cdot 10^{-25}\text{ kg}$; $m(^{234}_{92}\text{U}) = 3,885 \cdot 10^{-25}\text{ kg}$; $m(^{238}_{94}\text{Pu}) = 3,952 \cdot 10^{-25}\text{ kg}$; $m(^4_2\text{He}) = 6,644 \cdot 10^{-27}\text{ kg}$; $1u = 931,5\text{ MeV} \cdot c^{-2}$; Constante radioactive du radium : $\lambda = 1,4 \cdot 10^{-11}\text{ s}^{-1}$; Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23}\text{ mol}^{-1}$; $c = 299.792.458\text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

1. Une des réactions nucléaires pouvant avoir lieu dans le réacteur est :



- 1.1. Comment appelle-t-on cette réaction ? Est-elle provoquée ou spontanée ? (0,5pt)
 - 1.2. Qu'appelle-t-on un neutron efficace ? répondre en **une seule ligne** (0,5pt)
 - 1.3. Définir en **une seule ligne** ce que c'est qu'un noyau fissile. (0,5pt)
 - 1.4. Déterminer les valeurs de x et y en appliquant les deux lois de Soddy. (0,5pt)
2. Le tableau suivant donne les énergies de liaison par nucléon pour les noyaux impliqués.

Noyau	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{91}_{36}\text{Kr}$	^A_ZBa
E_f/A (MeV/nucléon)	7,59	8,55	8,31

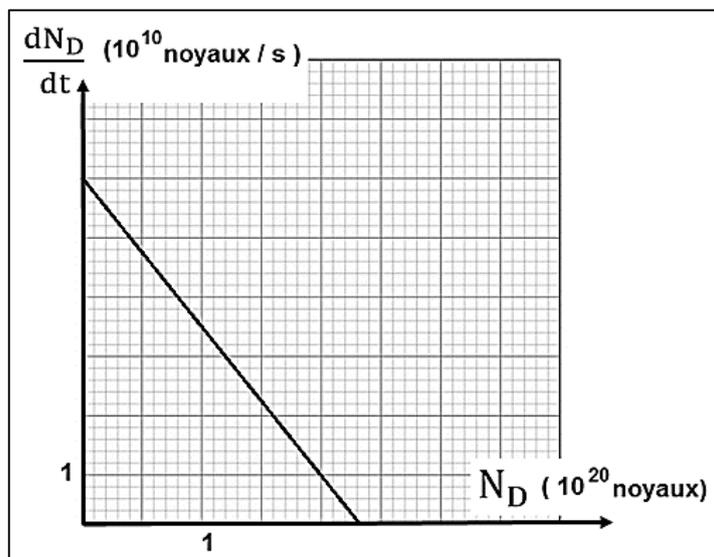
- 2.1. Quel est le noyau le plus stable parmi les trois consignées dans le tableau. (0,5pt)
 - 2.2. Définir l'énergie de liaison d'un noyau radioactif. (0,5pt)
 - 2.3. Vérifier que l'énergie libérée par cette réaction vaut $E_{\text{lib}} = 2,79072 \cdot 10^{-11}\text{J}$. (0,5pt)
 - 2.4. Déduire, en Joules, E_f l'énergie libérée par la fission de 112 g d'uranium 235. (0,5pt)
 - 2.5. Estimer η le rendement du réacteur de ce sous-marin, sachant que la puissance électrique qu'il fournit voisine de 27,7 MW. (1pt)
3. Il existe actuellement un autre projet américain dont l'objectif est de démontrer la possibilité scientifique et technologique de la production d'énergie par la fusion .La fusion la plus accessible est la réaction impliquant le deutérium ^2_1H et le tritium ^3_1H .C'est sur cette réaction que se concentrent les recherches concernant la fusion contrôlée. La demi-vie du tritium consommé au cours de cette réaction n'est que de 15 ans. De plus il y a très peu de déchets radioactifs générés par la fusion et l'essentiel est retenu dans les structures de l'installation ; 90 % d'entre eux sont de faible ou moyenne activité donc pas dangereux.
- 3.1. Ecrire l'équation de la réaction de fusion entre un deutérium et un tritium sachant que cette réaction libère un neutron et un noyau noté ^A_ZX à identifier . (0,5pt)
 - 3.2. L'énergie libérée au cours de cette réaction de fusion est de 17,6 MeV. Déduire, en MeV, E_{10} l'énergie libérée lors de la fusion de 10g de Deutérium et 10g de Tritium. (1pt)
 - 3.3. Conclure en indiquant 2 avantages que présenterait l'utilisation de la fusion par rapport à la fission pour la production d'électricité dans les centrales nucléaires. (0,5pt)

4. L'activité d'un échantillon radioactif était calculée par rapport au radium considéré comme étalon. Elle fut exprimée en curie (Ci) pendant des années, avant d'utiliser le Becquerel (Bq) comme unité. Le curie (1Ci) est l'activité d'un échantillon d'un gramme (1g) de radium 226. On peut vérifier chez soi que $1\text{Ci} = 3,73 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$. Quelle sera, en Becquerel (Bq), **demain 01-01-2021**, le pourcentage de diminution de l'activité d'un échantillon de radium dont l'activité en janvier 1898 était de 1,25Ci. (1pt)

PHYSIQUE 2 : Autour de la radioactivité du plutonium 238 (5 points)

Le plutonium ${}^{238}_{94}\text{Pu}$ est un isotope α -radioactif, il est utilisé dans des piles des moteur de commande pour orienter les satellites. La courbe ci-contre représente l'évolution de la dérivée des noyaux désintégrés par rapport au temps $\frac{dN_D}{dt}$ en fonction du nombre du **noyau désintégrée** N_D , dans un échantillon de plutonium 238 de masse m_0 . On note $t_{1/2}$ la période radioactive de ce noyau.

1. Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau du plutonium 238 sachant que le noyau fils est un noyau d'uranium. (0,5pt)
2. Vérifier que $N_D = N_0(1 - e^{-\lambda t})$. (avec N_0 le nombre initial des noyaux) (0,5pt)
3. Déduire l'expression de $\frac{dN_D}{dt}$ en fonction de λ , N_D , N_0 . (1pt)
4. Déterminer graphiquement les valeurs de λ et N_0 . (1pt)



5. Une pile d'un satellite contient une masse $m = 875\text{g}$ de plutonium 238, la puissance électrique moyenne fournie par cette pile est $P_e = 2,15\text{kW}$ et de rendement $r = 63\%$.
 - 5.1. Calculer, en joule, E_T l'énergie totale libérée par cette masse de plutonium. (1pt)
 - 5.2. Déduire, en années, la durée de fonctionnement de la pile. Commenter la valeur et la lier à la durée estimative de vie du satellite. (1pt)

■■■ FIN DU SUJET ■■■