

Contrôle B Transformations nucléaires

Énergies massiques des combustibles, enrichissement de l'uranium, déchets

Durée : 1 h · calculatrice autorisée · 4 exercices indépendants · barème sur 20

Nom : Prénom : Classe : Note : / 20

★ CONSIGNES

Toute réponse doit être justifiée. Une expression littérale est attendue avant chaque calcul ; les résultats sont donnés avec leur unité et un nombre de chiffres adapté. Toute démarche, même partielle, sera valorisée.
Formulaire : dans une réaction nucléaire, le nombre de masse A et le nombre de charge Z se conservent.

Exercice 1 Vrai ou faux ?

4 pts ●●●○

Indiquer si chaque affirmation est vraie ou fausse, puis justifier par une phrase ou un calcul.

■ **DONNÉES** Énergies massiques (énergie libérée par kilogramme) : voir la figure 1 de l'exercice 2

- 1.1 « Deux isotopes d'un même élément chimique ont le même nombre de neutrons. »
- 1.2 « Une réaction de fusion libère de l'énergie, alors qu'une réaction de fission en consomme. »
- 1.3 « La fission de 1 kg d'uranium 235 libère plus d'un million de fois plus d'énergie que la combustion de 1 kg de charbon. »
- 1.4 « Dans une centrale nucléaire, la vapeur d'eau entraîne directement l'alternateur. »

Exercice 2 Comparer des combustibles

6 pts ●●●○

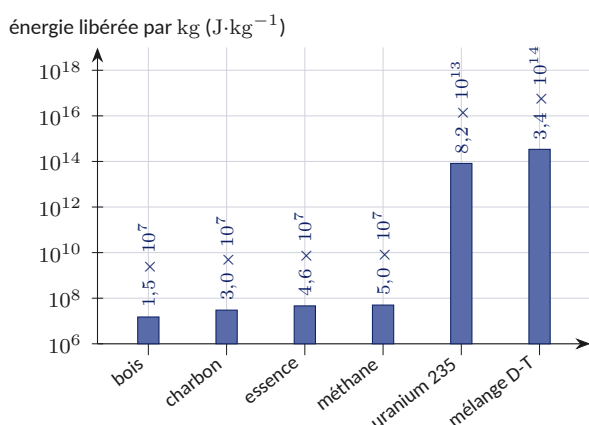
■ **DONNÉES** Énergies massiques (énergie libérée par kilogramme) : voir la figure 1 • masse volumique de l'essence : $0,75 \text{ kg} \cdot \text{L}^{-1}$ 

Figure 1 — Énergie libérée par kilogramme

Sur la figure 1, l'axe vertical est gradué en puissances de dix. Les quatre premiers combustibles libèrent leur énergie par *combustion*, l'uranium 235 par *fission* et le mélange deutérium-tritium par *fusion*.

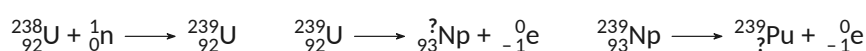
- 2.1 Relever les énergies massiques du bois et de l'uranium 235, puis calculer leur rapport. Pourquoi l'axe vertical est-il gradué en puissances de dix ?
- 2.2 Classer ces six combustibles en deux groupes selon le type de transformation mise en jeu. Quel ordre de grandeur sépare les deux groupes ?
- 2.3 Une voiture consomme $6,0 \text{ L}$ d'essence aux 100 km . Calculer la masse d'essence brûlée, puis l'énergie libérée. Quelle masse d'uranium 235 libérerait la même énergie ?
- 2.4 Le chauffage d'une maison nécessite $4,0 \times 10^{10} \text{ J}$ par an. Calculer la masse de bois, puis la masse de méthane, qui permettraient de fournir cette énergie.
- 2.5 Le mélange deutérium-tritium a la plus grande énergie massique du diagramme. Citer un avantage et une difficulté de la fusion par rapport à la fission.

Exercice 3 Du minéral au combustible

6 pts ●●●

L'uranium naturel extrait d'une mine contient, en masse, 0,70 % d'uranium 235 et 99,3 % d'uranium 238. Pour alimenter un réacteur, on l'*enrichit* jusqu'à 4,0 % d'uranium 235 ; on suppose que tout l'uranium 235 de l'uranium naturel traité est récupéré. Un assemblage de combustible contient 500 kg d'uranium ainsi enrichi. Énergie libérée par la fission de 1 kg d'uranium 235 : $8,2 \times 10^{13}$ J.

- 3.1 Donner la composition des noyaux $^{235}_{92}\text{U}$ et $^{238}_{92}\text{U}$. Justifier qu'ils sont isotopes, puis expliquer pourquoi on ne peut pas les séparer par une réaction chimique.
- 3.2 Calculer la masse d'uranium 235 contenue dans un assemblage, puis l'énergie qui serait libérée si la totalité de cet uranium 235 subissait la fission.
- 3.3 Quelle masse d'uranium naturel a-t-il fallu traiter pour obtenir l'uranium 235 d'un assemblage ? Exprimer le résultat en tonnes.
- 3.4 Dans le réacteur, l'uranium 238 capte parfois un neutron, ce qui conduit à la suite de transformations suivantes :



Compléter les deux dernières équations, puis expliquer pourquoi l'élément chimique change à chacune d'elles alors que le nombre de nucléons ne change pas.

- 3.5 Le cœur d'un réacteur de puissance thermique 2 700 MW contient 157 assemblages. En supposant que tout l'uranium 235 finisse par subir la fission, estimer la durée de fonctionnement permise par un chargement complet. Commenter, sachant qu'en pratique on remplace le tiers du combustible tous les 12 à 18 mois.
- 3.6 En France, les déchets radioactifs de haute activité représentent 0,2 % du volume total des déchets radioactifs (environ $1,7 \times 10^6 \text{ m}^3$), mais 96 % de leur radioactivité. Calculer leur volume et le comparer à celui d'une piscine olympique ($2,5 \times 10^3 \text{ m}^3$). En une ou deux phrases, citer un avantage et une limite de la production d'électricité par fission.

Exercice 4 Réaction en chaîne : contrôlée ou non

4 pts ●●●

Les neutrons émis par une fission peuvent provoquer d'autres fissions. On appelle k le nombre moyen de neutrons, issus d'une fission, qui provoquent à leur tour une fission : le nombre de fissions est alors multiplié par k à chaque génération. Dans un réacteur civil, on maintient $k = 1$; dans une arme nucléaire, on réalise $k = 2$ pendant un temps très court. La première fission constitue la génération 0. Une génération dure environ $1,0 \times 10^{-8}$ s et une fission libère $3,2 \times 10^{-11}$ J.

- 4.1 Pour $k = 2$, exprimer le nombre de fissions de la génération n en fonction de n . Calculer ce nombre pour $n = 80$, puis l'énergie libérée par cette seule génération.
- 4.2 Quelle durée s'est écoulée depuis la première fission ? Commenter.
- 4.3 La combustion de 1 000 tonnes de charbon libère $3,0 \times 10^{13}$ J. Comparer avec le résultat de la question 4.1 : qu'est-ce qui distingue surtout les deux situations ?
- 4.4 Pour $k = 1$, combien de fissions ont lieu à chaque génération ? Quel dispositif permet de maintenir $k = 1$ dans un réacteur ? Expliquer comment il agit.