

Métropole 2025 CORRECTION Yohan Atlan © https://www.vecteurbac.fr/	
CLASSE : Terminale STI2D	EXERCICE 4 : 6 points
VOIE : ☒ Générale	ENSEIGNEMENT : Physique-chimie
DURÉE DE L'ÉPREUVE : 0h54	CALCULATRICE AUTORISÉE : ☒ Oui sans mémoire, « type collège »

EXERCICE 4 : Au cœur d'un réacteur nucléaire

Partie 1 – Étude du combustible

Q1.

La proportion massique d'uranium 235 est :

$$P = \frac{m_{235}}{m_{\text{total}}} \times 100$$

$$P = \frac{7,1}{1000} \times 100$$

$$P = 0,71 \%$$

Or, le combustible nucléaire doit contenir entre 3% et 5% d'uranium 235.

Ainsi, la proportion d'uranium 235 dans l'uranium naturel est insuffisante. Il est donc nécessaire de l'enrichir en uranium 235.

Q2.

La réaction (A) est : ${}_0^1\text{n} + {}_{92}^{235}\text{U} \rightarrow {}_{38}^{94}\text{Sr} + {}_{54}^{140}\text{Xe} + 2{}_0^1\text{n}$

Un noyau d'uranium 235, après avoir capté un neutron, se divise en deux noyaux plus légers : le strontium 94 et le xénon 140, avec émission de neutrons. Il s'agit d'une réaction de fission.

Q3.

$$\Delta E = \Delta m \times c^2$$

$$\Delta E = 2,39 \times 10^{-28} \times (3,00 \times 10^8)^2$$

$$\Delta E = 2,15 \times 10^{-11} \text{ J}$$

Ainsi ΔE libérée lors de cette réaction nucléaire par le noyau d'uranium 235, vaut approximativement $\Delta E = 2,2 \times 10^{-11} \text{ J}$.

Q4.

$$N = \frac{m_{235}}{m_{\text{noyau}}}$$

$$N = \frac{0,070}{3,90 \times 10^{-25}}$$

$$N = 1,8 \times 10^{23}$$

Q5.

D'après la question 3, l'énergie libérée par une fission d'un noyau d'uranium 235 est : $\Delta E = 2,2 \times 10^{-11} \text{ J}$

D'après la question 4, le nombre de noyaux d'uranium 235 dans 1 kg de combustible est : $N = 1,8 \times 10^{23}$

L'énergie totale libérée est donc :

$$E = N \times \Delta E$$

$$E = 1,8 \times 10^{23} \times 2,2 \times 10^{-11}$$

$$E = 4,0 \times 10^{12} \text{ J.kg}^{-1}$$

Le pouvoir calorifique du propane vaut : $PC_{\text{propane}} = 4,6 \times 10^7 \text{ J.Kg}^{-1}$

Comparons-les :

$$\frac{E}{PC_{\text{propane}}} = \frac{4,0 \times 10^{12}}{4,6 \times 10^7} = 8,7 \times 10^4$$

Ainsi 1 kg de combustible UO_2 libère 87000 fois plus d'énergie que 1 kg de propane.

Partie 2 – Assemblage de combustible

Q6.

$$P = P_{\text{unite}} \times V_{\text{total}}$$

$$P = 4,0 \times 10^8 \times 157 \times 5,1 \times 10^{-2}$$

$$P = 3,2 \times 10^9 \text{ W}$$

Q7.

$$\eta = \frac{P_{\text{électrique}}}{P_{\text{thermique}}}$$

$$\eta = \frac{1100 \times 10^6}{3,2 \times 10^9}$$

$$\eta = 0,34$$

$$\eta = 34 \%$$

Partie 3 – Pression de l'eau contenue dans la cuve du réacteur

Q8.

Dans la cuve, la pression reste constante $P = 155 \text{ bar}$ et la température de l'eau augmente de 190°C à 325°C .

Sur le diagramme (P, T) , cela correspond à un déplacement horizontal à pression constante, depuis le point A vers le point D.

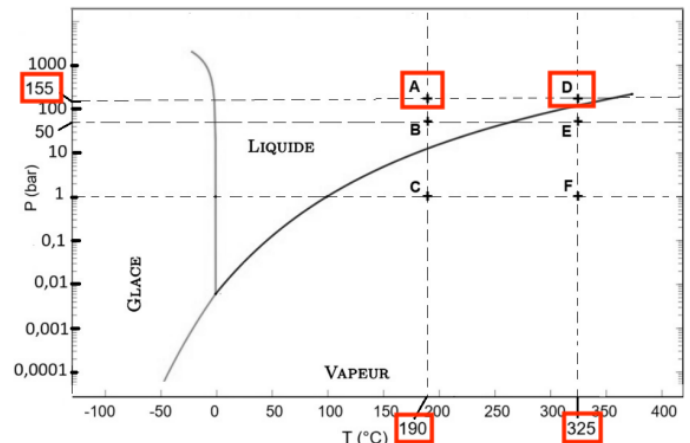


Figure 3 – Diagramme d'état (P, T) de l'eau

Q9.

À une pression de 50 bar, d'après le diagramme d'état de l'eau, l'eau liquide ne peut pas atteindre 325°C sans changer d'état.

En chauffant à 50 bar, on atteint la frontière liquide/vapeur avant 325°C : l'eau commence donc à vaporiser.

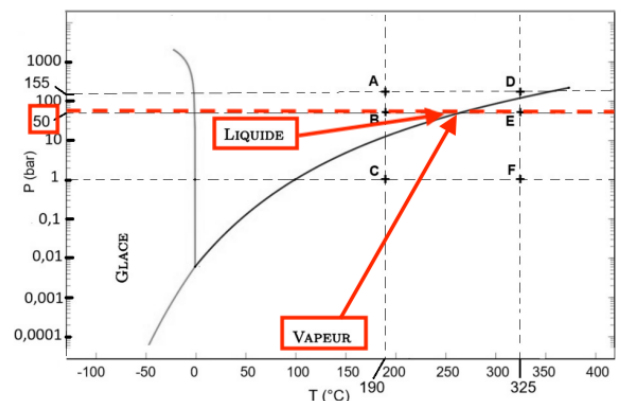
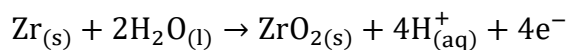


Figure 3 – Diagramme d'état (P, T) de l'eau

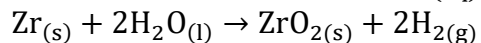
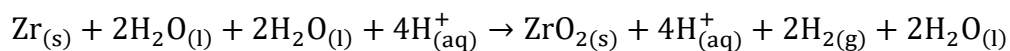
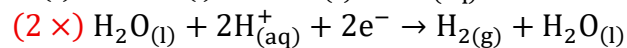
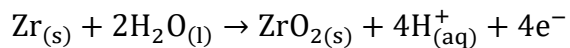
Partie 4 – Protection du combustible

Q10.



Le zirconium cède des électrons : c'est un réducteur.

Q11.



Q12.

La couche d'oxyde de zirconium ZrO_2 formée à la surface de la gaine est imperméable à l'eau.

Elle forme donc une couche protectrice qui empêche le contact direct entre $\text{Zr}(s)$ et $\text{H}_2\text{O}(l)$

Ainsi, l'eau ne peut plus attaquer directement le zirconium : la couche d'oxyde de zirconium formée à la surface de la gaine permet de la protéger de la corrosion.