

ETAPE : Master 2 Pro

UE : P1PY9223

Epreuve de : Filiales énergétiques

Date : Mardi 3 janvier 2017 à 10h30

Durée : 2h00

Documents non autorisés

Examen de Mr. M. Aiche

Exercice 1 (Connaissances générales en physique nucléaire et en physique des réacteurs)

Confirmer ou infirmer les propositions indiquées dans le document joint (Voir Doc. 1).

Exercice 2 (Capture neutronique par le xénon)

Comparer les énergies libérées lors des captures radiatives d'un neutron par le xénon 135 et par le xénon 136. Comment peut-on expliquer cet écart ?

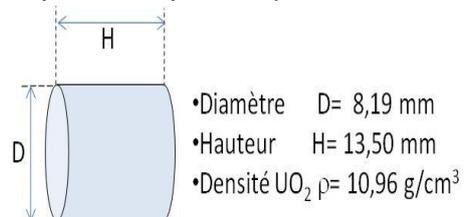
On donne : en unité de masse atomique (uma)

 $^{135}\text{Xe} : 134,907130 \text{ uma}$ $^{136}\text{Xe} : 135,907214 \text{ uma}$ $^{137}\text{Xe} : 136,911557 \text{ uma}$

Neutron : 1,008665

Exercice 3 (Burn up dans un réacteur thermique)

Le combustible d'un réacteur nucléaire du type REP de 900 MWe est composé de 11 millions de pastilles d'uranium enrichi à 3%. Les pastilles sont introduites dans des crayons cylindriques creux en zircaloy, à raison de 265 pastilles par crayon. En vous appuyant sur les données de la figure ci-contre :



1° Calculer la masse totale de la pastille.
En déduire le nombre total d'atomes de ^{235}U et ^{238}U présents dans celle-ci.

2° Dans le cœur du réacteur règne un flux de neutrons thermiques supposé constant : $\phi_n = 2 \cdot 10^{14} \text{ n} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$.

On appelle σ_d , σ_c et σ_f les sections efficaces respectivement de diffusion, de capture radiative et de fission. On donne :

$$\sigma_f^{U5} = 585 \text{ barns}$$

$$\sigma_c^{U5} = 99 \text{ barns}$$

$$\sigma_d^{U5} = 16 \text{ barns}$$

$$\sigma_f^{U8} = 0 \text{ barns}$$

$$\sigma_c^{U8} = 2,68 \text{ barns}$$

$$\sigma_d^{U8} = 10,0 \text{ barns}$$

- 2-a Expliquer brièvement chacun de ces processus d'interaction.
- 2-b Calculer les sections efficaces macroscopiques Σ_d , Σ_c et Σ_f correspondant à chacun des processus pour les deux isotopes ^{235}U et ^{238}U . En déduire la section efficace macroscopique totale d'absorption dans une pastille ainsi que le libre parcours moyen d'un neutron thermique dans celle-ci.
- 2-c Quelle est l'atténuation totale du flux au centre de la pastille.

Pour simplifier le calcul, on supposera dans tout le problème que les neutrons arrivent perpendiculairement à l'une des faces circulaire de la pastille.

3° On définit le taux de réaction τ (s^{-1}) des neutrons avec la pastille du combustible par la relation : $\tau = \phi_n \sigma N S e$, où ϕ_n est le flux de neutrons incident, σ la section efficace microscopique du processus d'interaction, N le nombre d'atomes par cm^3 du combustible, S la surface de diamètre D couverte par le flux de neutrons et e l'épaisseur traversée par les neutrons ($0 < e < H$).

Calculer le taux de fission dans la pastille en supposant que le flux de neutrons ne subit aucune atténuation dans la pastille.

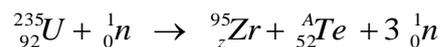
4° On considère maintenant le cas plus réaliste d'une atténuation non négligeable du flux à travers la pastille. Montrer que dans ce cas le taux de fissions dans la pastille a pour expression :

$$\tau = \phi_n S \frac{\Sigma_f}{\Sigma_a} (1 - e^{-\Sigma_a H})$$

Que représente les quantités Σ_f et Σ_a ? Détailler le ou les processus mis en jeu ainsi que les noyaux concernés. *On rappelle que le flux s'atténue de façon exponentielle dans un matériau.*

Quel est alors le taux de fissions dans une pastille ?

5° La fission de ^{235}U donne lieu fréquemment à la réaction suivante :



5-a Compléter la réaction ci-dessus en précisant les valeurs de z et A .

5-b Déterminer la variation de masse au cours de la transformation d'un noyau d'uranium.

5-c En déduire l'énergie libérée par cette réaction nucléaire. Sous quelle forme cette énergie apparaît-elle ?

5-d On suppose que toutes les fissions sont identiques à la précédente. Calculer la quantité réelle d'énergie libérée par seconde dans une pastille. Exprimer la puissance dégagée en MW dans un crayon puis dans l'ensemble du cœur du réacteur.

5-e La puissance calculée en 5-d du réacteur est-elle compatible avec celle des réacteurs REP actuels ? Sur quelle(s) donnée(s) peut-on intervenir pour ramener la puissance du réacteur à 1 GW ?

5-f Calculer la masse ^{235}U consommée par jour de fonctionnement du réacteur.

5-g Au bout de combien de temps est-ce que ^{235}U ne représentera plus que 1% du combustible ? On supposera que la variation de la masse totale de ^{238}U est négligeable.

6° En fait, les deux noyaux fils sont des émetteurs de particules β^- de durée de demi-vie

$$T_{1/2} = 64.032 \text{ j pour } {}^95_2Zr \text{ et } T_{1/2} = 1,4 \text{ s pour } {}^A_{52}Te$$

6-a Ecrire leurs équations de désintégration, sachant que les noyaux produits sont des isotopes du Niobium (Nb) et de l'Iode (I).

6-b Evaluer les énergies libérées lors de ces deux transformations nucléaires et les comparer à celles de la réaction de fission.

6-c En supposant que le Nobium et l'Iode sont des éléments stables, déterminer l'équation de l'évolution du nombre de noyaux Nb et I produits en fonction du temps. On supposera que le combustible de départ est neuf et par conséquent les deux isotope Nb et I ne sont pas présents.

Données :

$$1 \text{ uma} = 931,5016 \text{ MeV}/c^2 ; 1\text{eV} = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ J.}$$

$${}_{92}^{235}\text{U} : 234,99333 \text{ uma}$$

$${}_{Z}^{95}\text{Zr} : 94,88604 \text{ uma}$$

$${}_{52}^A\text{Te} : 137,90062 \text{ uma}$$

Masse des noyaux

$${}^{138}\text{I} : 137,89324 \text{ uma}$$

$${}^{95}\text{Nb} : 94,88429 \text{ uma}$$

$${}^1_0n : 1,00866 \text{ uma}$$

- Fin -