



Exercice 1

Dans une centrale nucléaire, les noyaux d'uranium ${}^{235}_{92}\text{U}$ subissent la fission sous le choc d'un neutron lent. Un des nombreux processus possibles conduit à la formation d'un noyau de lanthane ${}^{144}_{57}\text{La}$, d'un noyau de brome ${}^{88}_{35}\text{Br}$ et de plusieurs neutrons.

- Définissez l'énergie de liaison d'un noyau.
- Donnez l'expression littérale qui permettra son calcul.
- Calculez, en MeV, l'énergie de liaison d'un noyau ${}^{235}_{92}\text{U}$
- Calculez l'énergie de liaison par nucléon de ce noyau.
- Ecrivez l'équation de la réaction de fission étudiée.
- Exprimez l'énergie libérée par la fission d'un noyau ${}^{235}_{92}\text{U}$ en fonction des énergies de liaison par nucléon du noyau père et des noyaux fils et calculez la valeur de cette énergie en MeV.
- Dans le cœur de la centrale, de nombreuses autres réactions de fission du noyau ${}^{235}_{92}\text{U}$ se produisent. La perte de masse est, en moyenne, de 0,200 u par noyau.
 - Calculez, en MeV, l'énergie moyenne libérée par la fission d'un noyau. Ce résultat est-il en concordance avec celui de la question 6 ?
 - Calculez, en joule, l'énergie moyenne libérée par une mole de noyaux ${}^{235}_{92}\text{U}$
- Dans une centrale nucléaire, l'énergie nucléaire est transformée en énergie électrique. Une centrale fournit une puissance électrique moyenne $P_e = 1000$ MW avec un rendement $r = 25\%$.
 - Quelle est sa puissance nucléaire P_n consommée ?
 - Quelle est, en joule, l'énergie nucléaire consommée chaque année ?
 - Quelle est, en tonne, la masse d'uranium 235 consommée annuellement ?

Données :

- Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
- $1\mu = 1,66055 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ et $1\text{MeV} = 1,602 \cdot 10^{-13} \text{ J}$
- Masse d'un proton : $m(p) = 1,0073\mu$ / Masse d'un neutron : $m(n) = 1,0087\mu$
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 2,998 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- Masse du noyau d'uranium 235 : $m({}^{235}_{92}\text{U}) = 235,0134\mu$
- Energies de liaison par nucléon :
 $E_l/A({}^{144}_{57}\text{La}) = 8,28 \text{ MeV/nucléon}$ / $E_l/A({}^{88}_{35}\text{Br}) = 8,56 \text{ MeV/nucléon}$

Exercice 2

L'air contient du radon 222 en quantité plus ou moins importante. Ce gaz radioactif naturel est issu des roches contenant de l'uranium et du radium. Le radon se forme par désintégration du radium (lui-même issu de la famille radioactive de l'uranium 238), selon l'équation de réaction nucléaire suivante : ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$

- Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration? Justifier votre réponse.
- Défaut de masse**
 - Donner l'expression littérale du défaut de masse Δm du noyau de symbole ${}^A_Z\text{X}$ et de masse m_X
 - Calculer le défaut de masse du noyau de radium Ra. L'exprimer en unité de masse atomique u.
- Écrire la relation d'équivalence masse-énergie.
- Le défaut de masse Δm (Rn) du noyau de radon Rn vaut $3,04 \times 10^{-27} \text{ kg}$
 - Définir l'énergie de liaison E_l d'un noyau. Calculer, en joule, l'énergie de liaison $E_l(\text{Rn})$ du noyau de radon.
 - Vérifier que cette énergie de liaison vaut $1,71 \times 10^3 \text{ MeV}$.
 - En déduire l'énergie de liaison par nucléon E_l/A du noyau de radon. Exprimer ce résultat en MeV.nucléon^{-1} .
- Bilan énergétique.**
 - Établir littéralement la variation d'énergie ΔE de la réaction en fonction de m_{Ra} , m_{Rn} et m_{He} , masses respectives
 - des noyaux de radium, de radon et d'hélium. Exprimer ΔE en joule.

Données :

$1u = 1,66054 \times 10^{-27} \text{ kg} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; soit $1 \text{ MeV} = 1,60 \times 10^{-13} \text{ J}$

Nom du noyau ou de la particule	Radon	Radium	Hélium	Neutron	Proton
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	${}^4_2\text{He}$	${}_0^1n$	${}_1^1p$
Masse (en μ)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007

Exercice 3

Un réacteur d'une centrale nucléaire fonctionne à l'uranium enrichi, constitué de 3% d'uranium 235, fissile, et de 97 % d'uranium 238, non fissile.

Par choc avec un neutron, le noyau ${}^{235}_{92}\text{U}$ subit la fission suivante : ${}_0^1n + {}^{235}_{92}\text{U} \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_x\text{Sr} + y {}_0^1n$

Partie 1 : type de réaction.

- 1) La réaction nucléaire de fission est-elle une réaction spontanée ou provoquée ? Justifier la réponse.
- 2) a) Qui est à l'origine de la découverte de la radioactivité naturelle ? Citer 3 types de radioactivité naturelle.
b) Le nom de ces 3 types de radioactivité naturelle est associé à l'une des particules émises lors de ces désintégrations : quelles sont précisément ces particules ?

Partie 2 : étude de la réaction de fission nucléaire.

- 1) Déterminer x et y pour compléter cette réaction.
- 2) Calculer la différence de masse Δm de cette réaction en unité de masse atomique « u », puis en kilogramme. Montrer qu'il s'agit d'une perte de masse.
- 3) En déduire l'énergie E, exprimée en Joule, libérée par la fission d'un noyau d'uranium 235.
- 4) En déduire l'énergie libérée E', exprimée en Joule, par la fission d'une mole de noyaux.
- 5) On appelle tonne équivalent pétrole (tep), l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole. Exprimer E' en tep. Conclure.

Données :

$$1 \text{ u} = 1,66 \times 10^{-27} \text{ kg}, 1 \text{ tep} = 41,9 \times 10^9 \text{ J}, c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

$$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1},$$

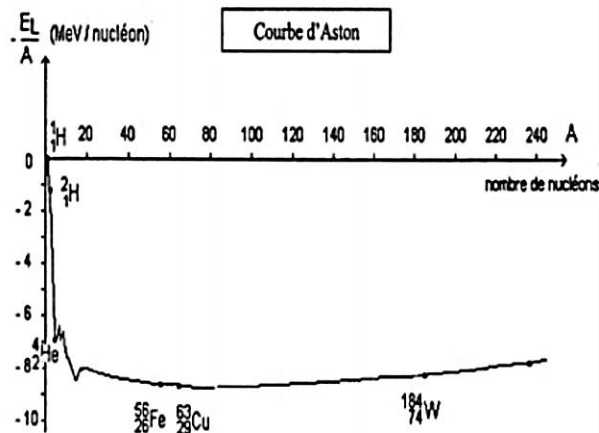
Masse de quelques entités (en unité de masse atomique : u)

Entités	${}_0^1n$	${}^{94}_x\text{Sr}$	${}^{139}_{54}\text{Xe}$	${}^{235}_{92}\text{U}$
Masse (u)	1,0087	93,8946	138,8882	235,0134

Exercice 4

Dans une centrale nucléaire, on utilise l'uranium 235 comme combustible. l'une des réaction de fission de l'uranium 235 est : ${}^{235}_{92}\text{U} + {}_0^1n \rightarrow {}^{139}_{53}\text{I} + {}^{94}_{39}\text{Y} + x {}_0^1n$

1. Quelle est la composition du noyau d'uranium 235 ?
2. Trouver la valeur de x en justifiant.
3. Définir l'énergie de liaison d'un noyau.
4. Sur la courbe d'Aston, l'opposé de l'énergie de liaison par nucléon - E_l/A est portée sur l'axe des ordonnées et le nombre de nucléons A est porté sur l'axe des abscisses. Quelle est l'énergie de liaison par nucléon du noyau le plus stable ?
5. Placer les noyaux cités ci-dessus sur la courbe d'Aston et comparer leur stabilité.
6. À partir de la courbe, justifier la réaction de fission. Sous quelle forme apparaît cette énergie libérée par la fission ?



Exercice 5

Les « combustibles » utilisés dans le réacteur de fusion ne nécessitent pas de transport de matière radioactive. En effet, le deutérium n'est pas radioactif. Le tritium est fabriqué sur site, à partir d'un

élément Y non radioactif suivant la réaction : $Y + {}^1_0n \rightarrow {}^4_2He + {}^3_1H$

1- Le tritium

1-1- Donner la composition et le symbole du noyau Y en précisant les règles de conservation.

1-2- On donne un extrait de la classification périodique : H (Z=1), He (Z=2), Li (Z=3), Be (Z=4), B (Z=5).

2- Le noyau de deutérium

2-1- Donner la composition du noyau de deutérium 2_1H .

2-2- Le deutérium et le tritium sont des isotopes. Justifier cette affirmation.

2-3- Donner l'expression littérale puis la valeur du défaut de masse $\Delta m({}^2_1H)$ du noyau de deutérium.

2-4- En déduire l'énergie $E({}^2_1H)$ correspondant à ce défaut de masse en J puis en MeV et donner sa signification physique.

3- Étude de la réaction de fusion ${}^2_1H + {}^3_1H \rightarrow {}^4_2He + {}^1_0n$ (1)

Donner l'expression littérale de l'énergie libérée par cette réaction en fonction des données de l'énoncé et calculer cette énergie en MeV.

4- Ressources en deutérium.

On trouve le deutérium en abondance dans l'eau de mer. La ressource dans les océans est estimée à $4,6 \times 10^{13}$ tonnes.

La réaction (1) libère une énergie de 17,6 MeV.

4-1- On assimile la masse d'un atome de deutérium à la masse de son noyau.

4-1-1- Déterminer le nombre N de noyaux présents dans la masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4-1-2- En déduire l'énergie E libérée par une masse $m = 1,0$ kg de deutérium.

4-2- La consommation annuelle énergétique mondiale actuelle est d'environ 4×10^{20} J. On fait l'hypothèse simplificatrice selon laquelle le rendement d'une centrale à fusion est équivalent à celui d'une centrale nucléaire. Ceci revient à considérer que seule 33% de l'énergie libérée par la réaction de fusion est réellement convertie en électricité.

4-3-1- Estimer en années, la durée Δt nécessaire pour épuiser la réserve de deutérium disponible dans les océans répondant à la consommation annuelle actuelle.

Données : masse du neutron : $m(n) = 1,674927 \times 10^{-27}$ kg ; masse du proton : $m(p) = 1,672622 \times 10^{-27}$ kg
 $m({}^2_1H) = 3,344497 \times 10^{-27}$ kg ; $m({}^3_1H) = 5,008271 \times 10^{-27}$ kg ; $m({}^4_2He) = 6,646483 \times 10^{-27}$ kg

$1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}/c^2$; $1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$; $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$