

Nucléaire

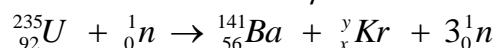
TEXTE (Extraits Encyclopédie AXIS)

Fission. Désintégration, spontanée ou provoquée (par bombardement de particules), d'un noyau atomique lourd en deux ou quelquefois trois noyaux. Elle est à l'origine de l'énergie nucléaire libérée dans les réacteurs et dans certaines armes nucléaires. La fission résulte de l'instabilité des noyaux lourds. Il en est ainsi essentiellement, parmi les éléments naturels, l'uranium, le thorium et, dans une moindre mesure, le protactinium, et parmi les éléments artificiels, le plutonium. La fission peut être spontanée ou induite. Elle se produit spontanément avec d'autant plus de facilité que l'élément est lourd. Elle peut, par ailleurs, être induite par un bombardement de particules possédant une énergie très exactement définie. La fission s'accompagne d'une *perte de masse* et d'une émission de neutrons. L'éjection de neutrons est à l'origine de la *réaction en chaîne* utilisée pour la production d'énergie nucléaire. En effet, pour un neutron incident provoquant une fission, il existe une moyenne de 2,5 neutrons émergents qui provoquent à leur tour 2,5 fissions, et ainsi de suite. La fission dégage une énergie totale environ 10 fois plus élevée que pour une molécule d'explosif chimique.

Fusion thermonucléaire. Processus selon lequel les atomes de deux ou de plusieurs éléments (de même nature ou de nature différente) se fondent en un seul. C'est là l'origine de l'énergie thermonucléaire. Dès 1919, J. Perrin avait affirmé que l'énergie rayonnante des *étoiles* provenait vraisemblablement de la fusion de quatre atomes d'hydrogène en un atome d'hélium et s'accompagnait d'un fort dégagement d'énergie dû à une *perte de masse* que la récente théorie de la relativité permettait déjà d'évaluer.

Exercice 1)

- Préciser les définitions générales des réactions de fusion et de fission nucléaire.
- L'une des réactions nucléaires de l'uranium donne du Baryum Ba et du Krypton Kr :

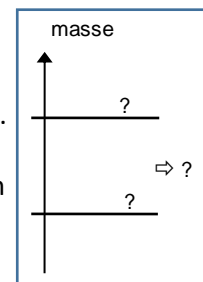


En précisant les lois utilisées déterminer les inconnues x et y concernant le noyau du Krypton ; en déduire la composition de ce noyau atomique.

- D'après l'équation ci-dessus expliquer ce que signifie le terme "*réaction en chaîne*" explosive (bombe A).
- Par quel procédé maîtrise-t-on cette réaction en chaîne dans une centrale électronucléaire ?

Exercice 2)

- Que signifie "*perte de masse*" utilisé dans le texte à propos de la fission nucléaire ?
- En utilisant l'exemple de la réaction de la question 1)b) compléter le diagramme ci-contre.
- Indiquer quel est l'état le plus stable et dans quel sens a lieu la réaction.
- Quel type de force (ou interaction) lie les nucléons dans le noyau atomique ; pourquoi l'un des états évoqués ci-dessus est-il plus stable que l'autre ?



Exercice 3)

- Dans le projet de maîtrise de la fusion thermonucléaire comme source d'énergie on souhaite exemplaire utiliser la réaction suivante : ${}^2_1\text{H} + {}^3_1\text{H} \rightarrow {}^y_x\text{He} + {}^1_0\text{n}$ déterminer x et y du noyau d'hélium He
- Pourquoi s'agit-il en effet d'une réaction de fusion et pourquoi libère-t-elle de l'énergie ?
- Le deutérium ${}^2_1\text{H}$ et le tritium ${}^3_1\text{H}$ sont des isotopes de l'hydrogène ${}^1_1\text{H}$: expliquer ce terme isotope.
- Quelle est la particule représentée par le symbole ${}^1_0\text{n}$?

Exercice 4)

- Dans la relation d'Einstein $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ expliquer la signification des termes ΔE , Δm , et c
- Qu'est-ce que cette relation permet de calculer ?
- La réaction de fusion évoquée à la question 3)a) correspond à une perte de masse de $3 \cdot 10^{-3}$ kg (3 grammes) pour 1 kilogramme de mélange utilisé. Montrer, en le calcul numérique effectué, que l'énergie libérée est égale à $2,7 \cdot 10^{14}$ J.
- Comparer à la réaction de fission de l'uranium dont la perte de masse est de 1 gramme par kilogramme d'uranium utilisé. Commenter cette comparaison.

Exercice 5)

- Écrire l'équation de la réaction de combustion complète du propane (hydrocarbure à 3 carbones) avec l'oxygène.
- Cette réaction de combustion libère une énergie de $4 \cdot 10^7$ J pour 1 kg de propane utilisé. Quelle masse de propane faudrait-il brûler pour obtenir la même énergie que celle calculée à la question 4)c). Conclure.

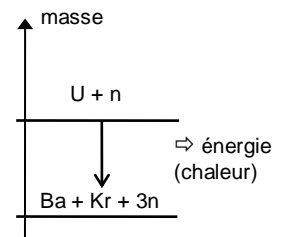
Correction

Exercice 1

- a) fusion : réunion de deux noyaux atomiques de petite taille ; fission : cassure d'un gros noyau atomique en deux noyaux plus petits
- b) conservation du nombre de charge : $92 + = 56 + x + 0$ donc $x = 36$
conservation du nombre de masse (nombre total de nucléons) : $235 + 1 = 141 + y + 3$ donc $y = 92$
composition du noyau : 36 protons et $92 - 36 = 56$ neutrons
- c) "réaction en chaîne" explosive : la réaction libère 3 neutrons qui vont provoquer 3 fissions qui à leur tour provoqueront 9 fissions et ainsi de suite ; la réaction se propage très rapidement dans tout le matériau fissile et produit un rapide et important dégagement de chaleur d'où l'explosion.
- d) on utilise des barres de contrôle constituées d'un matériau qui capte les neutrons ; en introduisant plus ou moins ces barres de contrôle dans le matériau fissile on évite la réaction en chaîne et on contrôle la puissance du réacteur.

Exercice 2

- a) "perte de masse" : la masse des produits est plus faible que la masse initiale ; ceci correspond à une libération d'énergie sous forme de chaleur
- c) état le plus stable : Ba + Kr + 3n
- d) Force nucléaire forte ; les nucléons sont mieux liés dans les noyaux de dimension moyenne



Exercice 3

- a) $y = 3+2-1 = 4$ et $x = 2$
- b) réaction de fusion : formation d'un noyau plus gros à partir de deux petits noyaux ; libération d'énergie car les nucléons sont mieux liés dans He que dans les deux H ; il y a perte
- c) isotopes : noyaux qui ont le même nombre de charge (de protons ; donc même élément chimique) mais qui diffèrent par le nombre de neutrons
- d) 1_0n : neutron

Exercice 4

- a) ΔE : énergie libérée par une réaction, Δm : variation de masse ("perte de masse"), C : vitesse de la lumière
- b) Elle permet de calculer l'énergie libérée par une réaction nucléaire par exemple
- c) $\Delta E = \Delta m C^2 = 3 \cdot 10^{-3} \cdot (3 \cdot 10^8)^2 = 2,7 \cdot 10^{14} \text{ J}$.
- d) 1 gramme par kilogramme d'uranium utilisé au lieu de 3 gramme par kilogramme : l'énergie libérée par la fission est trois fois plus faible que celle libérée par la fusion. La réaction de fusion est donc plus énergétique ; la perte de masse est plus grande ; la stabilisation plus importante

Exercice 5

- a) $C_3H_8 + 5 O_2 \rightarrow 3 CO_2 + 4 H_2O$.
- b) $m = 2,7 \cdot 10^{14} / 4 \cdot 10^7 = 7 \cdot 10^6 \text{ kg}$ (7000 tonnes de propane) ; la réaction de fusion nucléaire est donc beaucoup plus énergétique que la réaction de combustion chimique.
- c) réacteur : lieu de la réaction (nucléaire ou combustion) ; circuit d'eau : l'eau liquide est transformée en vapeur d'eau à haute température et haute pression par la chaleur dégagée par le réacteur ; condenseur : refroidissement et liquéfaction de la vapeur d'eau (pour que le cycle puisse se poursuivre) ; turbine : elle est mise en mouvement de rotation par la vapeur d'eau ; alternateur : production d'énergie électrique