

: ENERGIE NUCLEAIRE : REACTIONS SPOUNTANNEES, FUSION ET FISSION

I. CARACTERISTIQUE DU NOYAU

I.1 : les composants du noyau : les nucléons

Le noyau atomique est un assemblage de particules appelées nucléons. Il existe deux types de nucléons : les protons et les neutrons

La composition d'un noyau est déterminée par deux nombres :

- Le nombre de protons représenté par le numéro atomique ou nombre de charge Z.
- Le nombre de nucléons représenté par le nombre de masse A.

le nombre de neutrons est alors représenté par N, tel que $N=A-Z$

La notation d'un noyau atomique de l'élément X(ou nucléide) est : A_ZX

I.2 : les isotopes

groupe de plusieurs atomes de même numéro atomique, correspondant donc au même élément chimique, mais dont les nombres de masses sont différents.

Exemples:

${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$ sont des isotopes de l'élément Hydrogène.

${}^{12}_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$ sont des isotopes de l'élément Carbone.

${}^{235}_{92}\text{U}$, ${}^{238}_{92}\text{U}$ et ${}^{239}_{92}\text{U}$ sont des isotopes de l'élément Uranium

II. LE RAPPORT ENTRE LA MASSE ET L'ENERGIE

la conservation de la masse a été prévue par la théorie d'Albert Einstein. Elle stipule que tout système de masse m possède une énergie propre appelée énergie de masse définie par :

$E = mC^2$ où $C = 3.10^8 \text{ m/s}$ est la célérité de la lumière (sa vitesse dans le vide).

Remarque :

- Au défaut de masse Δm , il correspond une énergie de liaison E_L définie par :

$$E_L = [Zm_p + (A - Z)m_N - m_{\text{noyau}}]C^2$$

Par définition, l'énergie de liaison E_L est l'énergie qu'il faut fournir au noyau de masse m, pour le séparer en nucléons isolés et immobiles.

- La masse m d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses des nucléons qui le constituent ($m < Zm_p + Nm_n$).

Cette différence de masse est appelée défaut de masse et est notée :

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n - m]$$

- La stabilité d'un noyau est mesurée par l'énergie de liaison par nucléons E_A définie par :

$$E_A = \frac{E_L}{A}$$

Un noyau est d'autant plus stable que son énergie de liaison par nucléon est élevée.

L'énergie de liaison par nucléon des noyaux les plus stables est environ **8MeV/nucléon**. Leur nombre de masse est tel que $20 < A < 195$. Ils sont surtout groupés autour du nickel ($Z = 60$)

$$1u = \frac{1}{12} \frac{M(C)}{N}$$

$$1u = 1,67.10^{-27} \text{ kg}$$

$$1u = 931,5 \text{ MeV}/C^2$$

III. RADIOACTIVITE

III.1 : définition

La radioactivité (naturelle) est l'ensemble des transformations (désintégrations) spontanées aléatoire et inéluctables des nucléides instables (radioéléments).

III.2 : lois de conservations

Lors d'une désintégration radioactive il ya conservation du nombre de charge Z et du nombre de nucléons.

III.3 : Période radioactive ou demi-vie

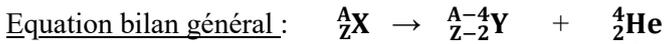
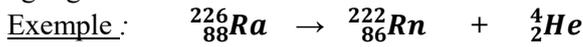
La période radioactive T est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents se sont désintégrés. Elle s'exprime en seconde et est définie par la relation : $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

λ est la constante radioactive elle s'exprime en s^{-1}

III.4 : les différents types de radioactivités

- La radioactivité α

Au cours d'une désintégration α , un noyau lourd instable expulse un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$ et donne un noyau fils plus léger généralement dans un état excité.

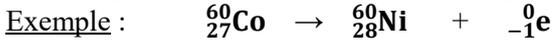


γ

Les particules alpha sont des noyaux d'Hélium (${}^4_2\text{He}^{2+}$)

- La radioactivité β^-

Des noyaux sont dits radioactifs β^- s'ils émettent des électrons notés ${}^0_{-1}\text{e}$ Et d'une particule appelée antineutrino $\bar{\nu}$ (particule neutre et sans masse).

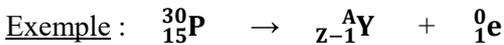


γ

Les particules β^- sont des électrons.

- La radioactivité β^+

Deux noyaux sont dits radioactifs β^+ s'ils émettent des positons ou positrons ${}^0_{+1}\text{e}$ (particules portant une charge +e) et des neutrinos ν .



γ

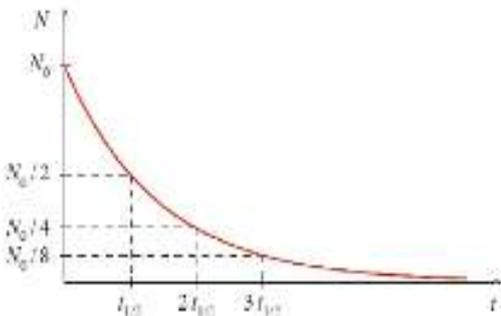
Les particules β^+ sont des positons. Leur masse est égale à celle des électrons. Leur charge est $q = +e = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{C}$.

Type de radioactivité	Noyau père	\rightarrow	Particule émise	+	Noyau fils
α	${}^A_Z\text{X}$	\rightarrow	${}^4_2\text{He}$	+	${}^{A-4}_{Z-2}\text{Y}^*$
β^-	${}^A_Z\text{X}$	\rightarrow	${}^0_{-1}\text{e}$	+	${}^A_{Z+1}\text{Y}^*$
β^+	${}^A_Z\text{X}$	\rightarrow	${}^0_{+1}\text{e}$	+	${}^A_{Z-1}\text{Y}^*$

le noyau fils est en général dans un état excité (renferment un excès d'énergie), il est alors noté Y^* . il libère son énergie sous forme de rayonnement γ .

II.5 loi de décroissance

soit N_0 le nombre de noyaux radioactifs initialement présents. Au bout du temps nT le nombre de noyaux présents est donné par la relation : $N = \frac{N_0}{2^n}$



II.6 : activité radioactif

l'activité A d'une quantité donnée d'un élément radioactif est le nombre moyen de désintégration par second. Elle est exprimée en becquerel(Bq). $A = A_0 e^{-\lambda t}$

II.7 : effets physiologiques

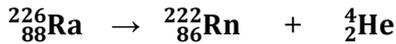
Les fortes doses de radiations provoquent des lésions caractéristiques, elles endommagent gravement le système vasculaire provoquant des œdèmes cérébraux qui se traduit par un état de choc et des perturbations neurologiques.

IV. ENERGIE LIBEREE AU COURS DES REACTIONS NUCLEAIRES

IV.1. Réactions nucléaires spontanées

Dans une réaction nucléaire spontanée, la masse des noyaux après réaction est toujours inférieure à la masse des noyaux avant réaction.

Exemple : Considérons la radioactivité alpha suivante :



Comparez les masses des noyaux avant et après réaction.

On donne : $m({}^{226}_{88}\text{Ra}) = 225,9971\text{u}$; $m({}^{222}_{86}\text{Rn}) = 221,9703\text{u}$; $m\alpha = 4,0015\text{u}$.

Réponse :

$$m_{\text{avant}} = m({}^{226}_{88}\text{Ra}) = 225,9971\text{u}$$

$$m_{\text{après}} = m({}^{222}_{86}\text{Rn}) + m\alpha = 221,9703 + 4,0015 = 225,9718\text{u}$$

Conclusion : La masse après réaction est inférieure à la masse d'avant réaction.

- **Perte de masse** :

On appelle perte de masse la différence entre la masse totale avant réaction et la masse totale après réaction.

Faire l'AN pour l'exemple précédent. AN : $\Delta m = (225,9971 - 225,9718) = 0,0253\text{u}$

- **Energie libérée**

$$\Delta E = \Delta m C^2.$$

Où ΔE est l'énergie libérée et Δm est la perte de masse.

Application

En se référant à l'exemple précédent, calculer en MeV puis en joule l'énergie libérée par la réaction. On donne : $1\text{u} = 931,5\text{MeV}/c^2$ et $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}\text{joule}$.

Réponse :

$$\Delta E = \Delta m C^2 \quad \text{AN : } \Delta E = 0,0253 \cdot 931,5 = 23,57\text{MeV}$$

$$\Delta E = 23,57 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13} = 37,7 \cdot 10^{-13}\text{joule}$$

IV.2. Réactions nucléaires provoquées : Fission et fusion

Une réaction nucléaire est dite provoquée ou artificielle si la transformation est obtenue par choc d'un neutron sur un noyau lourd ou par choc entre deux noyaux légers.

– **Réaction de fission**

La fission est une réaction nucléaire provoquée résultant de la division d'un noyau lourd ($A > 200$) sous l'impact d'un neutron.

Exemple : Considérons la réaction de fission suivante :



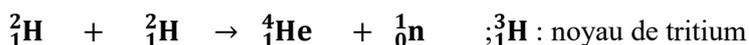
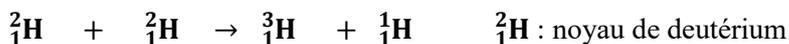
La perte de masse est : $\Delta m = [(m_{\text{U}} + m_{\text{n}}) - (m_{\text{Xe}} + m_{\text{Sr}} + 2m_{\text{n}})]$

l'énergie libérée est : $\Delta E = \Delta m C^2$.

– **Réaction de fusion**

La fusion est une réaction nucléaire provoquée au cours de laquelle deux noyaux légers (faible nombre de masse) s'unissent (se fusionnent) pour former un noyau plus lourd.

Exemples :



Pertes de masse :

- 1^{ère} équation : $\Delta m = [m({}^3_1\text{H}) + m({}^1_1\text{H}) - [m({}^2_1\text{H}) + m({}^2_1\text{H})]]$

- 2^{ème} équation : $\Delta m = [m({}^4_2\text{He}) + m({}^1_0\text{n}) - [m({}^2_1\text{H}) + m({}^2_1\text{H})]]$

On donne: $m({}^2_1\text{H}) = 2,013\text{u}$; $m({}^4_2\text{He}) = 4,001\text{u}$; $m({}^1_0\text{n}) = 1,008\text{u}$.

Calculer la perte de masse de l'équation 2.

AN : $\Delta m = [4,001 + 1,008 - (2,013 + 2,013)] = 0,983\text{u}$.

NB : l'énergie de stellaire

Il ya au cœur du soleil une température de l'ordre de plusieurs dizaines de millions de degrés qui permet qui permet la fusion de noyaux légers comme ceux de l'hydrogène et l'hélium

IV : LES APPLICATIONS

les applications sont nombreuses on peut citer entre autres :

IV.1 : Centrales nucléaires

Une centrale nucléaire est une centrale thermique qui utilise comme chaudière un réacteur nucléaire pour produire de la chaleur. C'est aussi une centrale électrique et c'est la principale application de l'énergie nucléaire dans le domaine civil.

IV.2 : Datation

Pour déterminer l'âge du matériau mort, on mesure l'activité résiduelle du carbone 14 d'un échantillon de matériau mort et on applique la formule

IV.3 : bombe atomique

Au cours d'une réaction de fission, l'énergie dégagée devient très vite considérable. Non contrôlée, la réaction en chaîne conduit à une explosion : c'est le principe de la bombe atomique ou bombe A.