Bienvenue !

Visiter

"Physique Fine enjah "

sur youtube

Pour plus comprendre le cours

Chapitre : 5 Réactions Nucléaires Provoquées

- Définition:

Une réaction nucléaire est une transmutation qui se produit au niveau du noyau de $l'atome$. Dans une réaction nucléaire on a :

- Conservation du nombre de masse .
- Conservation du nombre de charge .
- Conservation de $l'énérgie$ totale .

- Réaction nucléaire : $\begin{cases} Fission\ nucléaire\ . \\ Fusion\ nucléaire\ . \end{cases}$

- ***Fission nucléaire :***

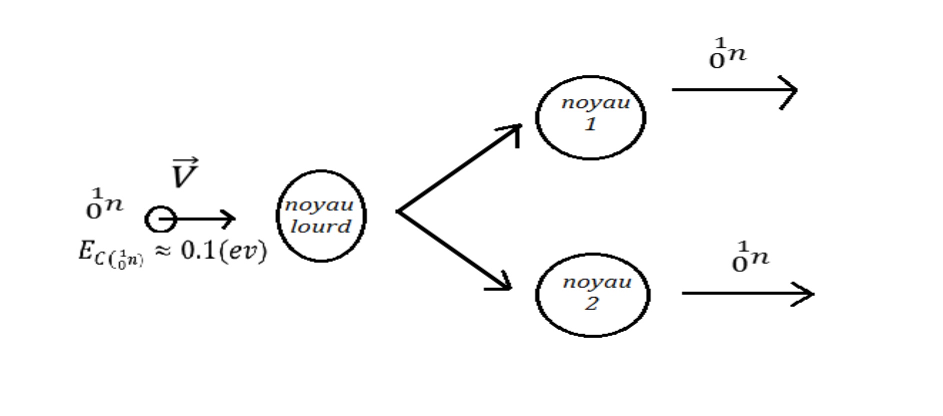
- ***Définition:***

Une fission nucléaire se produit quand un noyau lourd est bombardé par un neutron ayant une énérgie convenable .

Cette énérgie convenable , faut être de l'ordre de : $E_{C({}_0^1n)} \approx 0.1(ev)$.

Le noyau se divise alors en deux ou plusieurs noyaux plus légérs et plus stables .

- *Dans cette figure , un noyau lourd est bombardé par un neutron , il se divise en 2 noyau plus légérs et plus stable , en donnant 2 neutrons .*



- *Le noyau le plus utilisé dans ce type des réactions est : L'uranium* ${}^{235}_{92}U$ *.*

- *L'énérgie résultant est de l'ordre de 200 Mev , pour une durée de* 10^{-12} *(s) .*

- *On dit que le noyau est fissile , s'il est lourd comme l'*${}^{235}_{92}U$ *et bombardé par un neutron et se décompose en deux noyaux légérs .*

- *<u>Exemple :</u>*

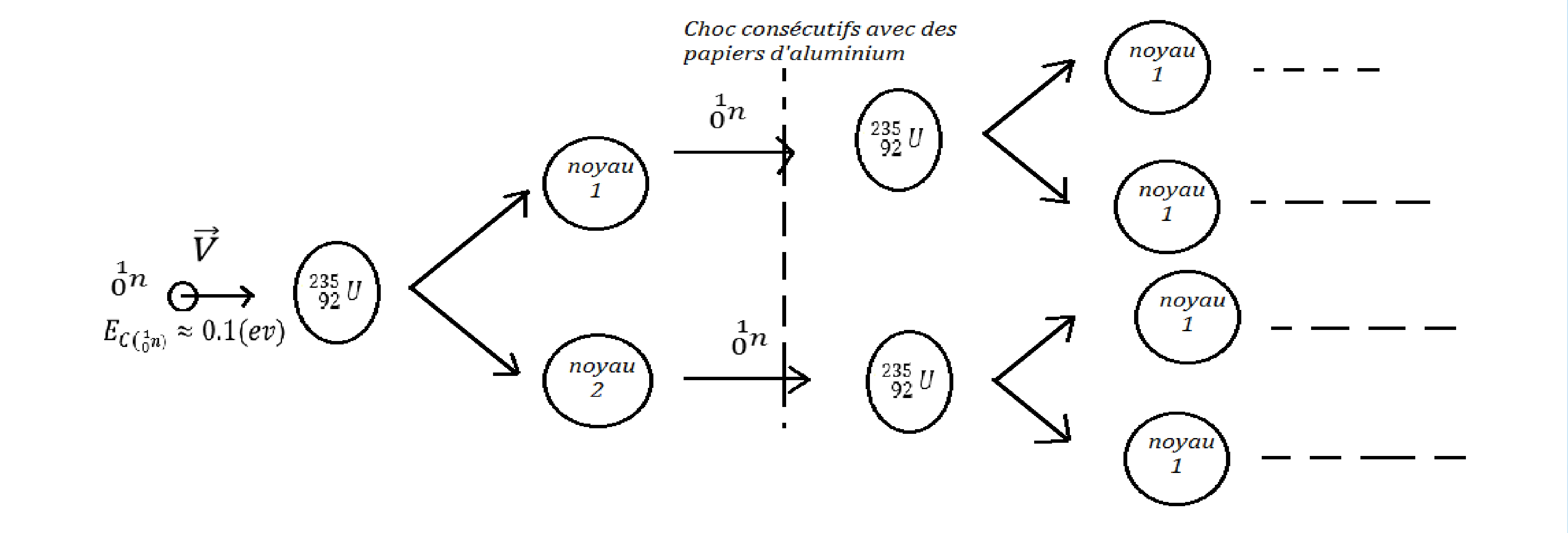
$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n $$

Mais la réaction la plus probable est :

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{95}_{42}Mo + {}^{139}_{57}La + 2\,{}^{1}_{0}n + 7\,{}^{0}_{-1}e + 7\,{}^{0}_{0}\bar{\nu} $$

Réaction en chaîne :

C'est une fission d'un seul noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ libère entre 2 et 3 neutrons .



- ✓ *Pour assurer la continuité de ces phénomènes , il faut que les neutrons produits ont une énérgie cinétique de l'ordre de 0.1 ev . Dans le but d'assurer ce condition , les neutrons sont entrés ont chocs consécutifs avec de papiers d'aluminium , pour diminuer leur vitesses , et parsuite leur énérgies cinétiques .*

$$^{1}_{0}n + Chocs\ consécutifs\ avec\ l'Al : (E_{C(Mev)} \rightarrow 0.1(ev))$$

- ***Fusion nucléaire :***

- *Définition:* *Il ya une réaction de fusion nucléaire quand deux noyaux légérs s'unissent pour former un seul noyau plus lourd et plus stable .*

$$\begin{cases} {}^{1}_{1}H \ : Proton \\ {}^{2}_{1}H \ : Deutérium \\ {}^{3}_{1}H \ : Tritium \end{cases}$$

- *Exemple :*

$${}^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{+1}e + {}^{0}_{0}\nu \quad , \qquad E_L = 0.42\ Mev$$

$${}^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \rightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{0}_{0}\gamma \quad , \qquad E_L = 5.49\ Mev$$

$$4\ {}^{1}_{1}H \rightarrow {}^{4}_{2}He + 2\ {}^{0}_{+1}e + 2\ {}^{0}_{0}\nu + {}^{0}_{0}\gamma \quad , \qquad E_L = 24.68\ Mev$$

- *Température :* $t = 10^8\ K$, $E_C = 0.1\ Mev$
- *Rq :* $\mathrm{T}k = T^0C + 273.15$
- *Temps :* $10^{-11} \rightarrow 10^{-9}$ *(s) .*
- *Réaction naturel de fusion : Soleil .*
- *<u>Comparaison : Fusion-Fission:</u>*

<u>Fission:</u>	*<u>Fusion</u>*
Uranium	*Hydrogène : Plus abondant*
Déchets	*Ni déchets ni toxines*
$235(u) \rightarrow 200Mev$	$4(u) \rightarrow 25Mev$
$\frac{E_{Lib}}{A} = \frac{200}{235} = \frac{0.85Mev}{Nuc}$	$\frac{E_{Lib}}{A} = \frac{25}{4} = 6.25\frac{Mev}{nuc}$
Donc : $1u \rightarrow 0.85\ Mev$	$Donc : 1u \rightarrow 6.25\ Mev$
Quelque soit la température .	$température : t = 10^8\ K$
Contrôle	*Pas de contrôle*

- *Pour assurer la condition de température de la réaction de fusion nucléaire , en commence par une réaction de fission qui augmente la température .*

- *Ces deux types de réactions (Fissions et Fusion) est appelée provoquées , ce n'est pas comme les réactions radioactives qui sont aléatoire . Les fissions et les fusions se faire sous conditions bien détérminées , et forcées de l'éxtérieur .*

- *<u>Déchets nucléaires :</u>*

1. *Déchets de court période* $(T \leq 30\ ans)$ *sont généralement des émétteurs* β^- $, \beta^+$ $,\ et\ \gamma$.

- ⇒ *Les déchéts sont placées dans des fûtes métalliques et des conteneurs en beton , puis stockés sous terre ou lacher dans l'océane .*

2. *Déchets de long période* $(T > quelques\ centaines\ ou\ milliers\ d'années)$ *ce sont des émétteurs* α .

- ⇒ *Stockés à la surface de la terre à fin d'assurer leur refroidissement , puis ils sont enfermés dans des cuves en acier inoxydable pour être enterrés dans le sous – sol à plusieurs centaines de mètres de profondeur .*

- *Remarque :* *La plupart des questions données dans le chapitre 4 (radioactivité) , sont demandées dans ce chapitre , avec une substitution des réactions .*

- *Exercice :*

Le soleil est essentiellement constitué de protons et de neutrons à très haute température . Les protons subissent des réactions nucléaires conduisant à la formation de noyaux d'hélium ,
Le bilan de ces réactions est :

$$ {}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + {}_{1}^{0}e + {}_{0}^{0}\nu $$

1. *Equilibrez cette réaction de fusion en indiquant les lois de conservations appliquées.*

✓ *Sol:* $x\,{}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + y\,{}_{1}^{0}e + y\,{}_{0}^{0}\nu$

Conservation de nombre de masse : $x = 4 + 0 + 0\,, donc : x = 4$
Conservation du nombre de charge : $x = 2 + y + 0\,, donc : y = 2$

Alors : $4\,{}_{1}^{1}H \rightarrow {}_{2}^{4}He + 2\,{}_{1}^{0}e + 2\,{}_{0}^{0}\nu$

2. *Quelle est en u , la masse transformé en noyau d'hélium ? Déduisez le pourcentage de la masse des noyaux d'hydrogène nécessaire à la formation d'un noyau d'hélium , transformée en énérgie .*

- *On donne :* $m_{^1_1H} = 1.00728\,u$, $m_\alpha = 4.0015\,u$, $m_{\beta^+} = 5.486 \times 10^{-4}\,u$.

- *<u>Sol:</u>* $\Delta m = m_H - m_\alpha - m_{\beta^+} = 4(1.00728) - 4.0015 - 2(5.486)(10^{-4})$

Donc : $\Delta m = 0.02652\,u$,

Alors : $\Delta m = 0.02652 \times 931.5\,Mev/C^2 \Rightarrow \Delta m = 24.70598\,Mev/C^2$.

Donc : $E_L = \Delta m C^2 = 24.70598\,(Mev/C^2)\,(C^2) \Rightarrow E_L = 24.70598\,Mev$.

Le pourcentage est : $P = \frac{\Delta m}{4m_H} \times 100 = \frac{0.02652}{4(1.00728)} \times 100 \Rightarrow P = 0.658\%$.

3. *La masse du soleil est $M = 2 \times 10^{30}\ kg$. On admet qu'il s'étindra quand un dixième de sa masse actuelle sera une fusion nucléaire , En admettant que 0.7 % de la masse d'hydrogène qui aura fusionnée se transformera en énérgie nucléaire ,*

- *Détérminer La masse totale d'hydrogène transformée en énérgie nucléaire jusqu'à l'extinction du soleil . Et l'énérgie totale rayonnée pendant le même durée , exprimées en Joule .*

✓ *Sol:*

$$M_S = 2 \times 10^{30}\ Kg\ ,\ M_H = \frac{M_S}{10} = 2 \times 10^{29}\ kg\ .$$

$$\frac{\Delta m}{M_H} = 0.7\ \% \Rightarrow \Delta m = 0.7 \times 10^{-2} \times 2 \times 10^{29} = 1.4 \times 10^{27}\ .$$

$$E_L = \Delta m C^2 = 1.4 \times 10^{27} \times (3 \times 10^8)^2 \Rightarrow E_L = 1.26 \times 10^{44}\ J\ .$$

b) *La puissance rayonnée par le soleil dans l'éspace est* $P = 4 \times 10^{26}\ W$ *.*
Calculer , en années , la durée pendant laquelle le soleil rayonnera avant de s'eteindre .

- ✓ *Sol:*

$$P = \frac{E}{t} \Rightarrow t = \frac{E}{P} = \frac{1.26\times10^{44}}{4\times10^{26}} = 3.15 \times 10^{17}\ (s)\ .$$

En années : $t = \dfrac{3.15\times10^{17}}{60\times60\times24\times365.25} \Rightarrow t = 9.98 \times 10^{9}$ *ans .*

- ***Remarque :***

Pour un espèce : $C_t\ (\frac{J}{Kg})$ *, donc l'énérgie fourni :* $E = m \times C_t$

- ***Exercice:***

On considère la réaction nucléaire suivante :

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{Z}^{A}X + {}_{0}^{1}n $$

1. *Compléter la réaction en précisant s'il s'agit d'une réaction de fission ou de fusion .*

- ***Sol:*** ${}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{Z}^{A}X + {}_{0}^{1}n$

Conservation du nombre de masse : $2 + 2 = A + 1$ *, donc :* $A = 3$
Conservation du nombre de charge : $1 + 1 = Z - 0$ *, donc :* $Z = 2$

C'est l'isotope helium ${}_{2}^{3}He$ *, alors :*

$$ {}_{1}^{2}H + {}_{1}^{2}H \rightarrow {}_{2}^{3}He + {}_{0}^{1}n \ \ (FUSION) $$

2. *On donne :* $m_{{}^2_1H} = 2.0141\,u\,, m_X = 3.0162\,u\;,\; m_n = 1.0087\,u$.

a) *Calculer , en Mev puis en joule , l'énérgie produite par cette réaction .*

✓ <u>*Sol:*</u> $\Delta m = 2m_{{}^2_1H} - m_X - m_n = 2(2.0141) - 3.0162 - 1.0087 = 0.0033\,u$

Donc : $\Delta m = 0.0033 \times 931.5\,(Mev/C^2)$ *alors :* $\Delta m = 3.07395\,Mev/C^2$.

$E_L = \Delta m C^2 = 3.07395\,(Mev/C^2)(C^2) \Rightarrow E_L = 3.07395\,Mev$

$E_L = 3.07395 \times 1.6 \times 10^{-13} \Rightarrow E_L = 4.918 \times 10^{-13}\,J$.

b) *Détérminer la masse du deutérium nécessaire pour obtenir la même énérgie que celle produite par la combustion de 1 Kg du charbon , on donne* $C_t = 30 \times 10^3\;KJ/Kg$.

✓ <u>*Sol:*</u>

$$E_{Ch} = m \times C_t = 1 \times 30 \times 10^3 \times 10^3 = 3 \times 10^7\,J$$

$m_{2({}^2_1H)} = 4.0282\,u = 4.0282 \times 1.6605 \times 10^{-27}\,Kg = 66.88 \times 10^{-28}\,Kg$

$66.88 \times 10^{-28}\ kg \ \rightarrow E_L$, *donc :* $m \rightarrow E_{Ch} \Rightarrow m = \frac{E_{Ch} \times 2m_{{}^2_1H}}{E_L}$

$$\Rightarrow m = \frac{3 \times 10^7 \times 66.88 \times 10^{-28}}{4.918 \times 10^{-13}} = 4.0797 \times 10^{-7}\ kg$$

c) *Il est probable que les futurs réacteurs thermonucléaires exploitent des réactions avec le deutérium . Quelle sera la consommation jouranlière de deutérium d'un réacteur fonctionnant selon la réaction précédente et fournissant une puissance de 1300 MW ? On supposera que 30 % de l'énergie libérée est transformée en énergie électrique .*

- ✓ *Sol:*

$$\rho = \frac{P_{electrique}}{P_{nucléaire}} = \frac{30}{100} \Rightarrow P_{nuc} = \frac{Pele}{0.3} = \frac{1300}{0.3} = 4.33 \times 10^3\ MW$$

$$E = P \times t = 4.33 \times 10^3 \times 10^6 \times 1 \times 24 \times 60 \times 60 = 3.743 \times 10^{14}\ J$$

$66.88 \times 10^{-28}\ kg \ \rightarrow E_L$, donc : $m \rightarrow E \Rightarrow m = \frac{E \times 2m_H}{E_L} = \frac{66.88 \times 10^{-28} \times 3.743 \times 10^{14}}{4.918 \times 10^{-13}}$

Donc : $m = 5.09011\ kg$.

d) 1 m^3 d'eau contient 33 g de deutérium . Quelle conclusion en tirez – vous ?

✓ Sol:

$1\ m^3 \rightarrow 0.033\ Kg$ de deutérium

$V\ m^3 \rightarrow 5.09011\ Kg$, donc : $V = \frac{5.09011}{0.033} = 154.24\ m^3$.

Remarque:

Si $E_{Lib} < 0$, on dit que : $E = -E_{Lib} > 0$ est l'énérgie absorbée par la réaction .

- ***Exercice:***

1. *On donne les trois réactions suivantes , Compléter et nommer - les :*
(On donne : ${}^{239}_{93}Np$*)*

$$ {}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow X $$

$$ X \rightarrow Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu} $$

$$ Y \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu} $$

- ***Sol:*** ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow X$

Conservation du nombre de masse : $238 + 1 = A\ , donc : A = 239$
Conservation du nombre de charge : $92 + 0 = Z\ , donc : Z = 92$

Donc : ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{92}U$ *Fusion. (Capture Neutronique)*

➢ $^{239}_{92}U \rightarrow Y + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

Conservation de nombre de masse : $239 = A + 0 + 0$ *, donc :* $A = 239$
Conservation de nombre de charge : $92 = Z - 1 + 0$ *, donc :* $Z = 93$

Alors : $^{239}_{92}U \rightarrow {}^{239}_{93}Np + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$ *(Radioactivité)*

➢ $^{239}_{93}Np \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$ *(Radioactive)*

✓ *La somme donne :*

$$^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{239}_{94}Pu + 2\,{}^{0}_{-1}e + 2\,{}^{0}_{0}\bar{\nu}$$

➢ *<u>Remarque</u> : Une des réactions possibles de* $^{239}_{94}Pu$:

$^{239}_{94}Pu + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{102}_{42}Mo + {}^{135}_{52}Te + 3\,{}^{1}_{0}n$ *, C'est une réaction de fission en chaîne .*

Exercice fondamentale (**)

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + 2\,^{1}_{0}n + 7\,^{0}_{-1}e + 7\,^{0}_{0}\bar{\nu}$$

On donne : $m_P = 1.00727\ u\ , m_n = 1.00866\ u\ , m_{\beta^-} = 5.4(10^{-4})\ u$,

$m_{Mo} = 94.99361\ u\ \ et\ \frac{E_l}{A}(U) = 7.73\ Mev/nuc$.

1. Détérminer m_{La} si $E_{Lib} = 199\ Mev$.

✓ *Sol:*

$$E_L = \Delta m C^2 = 199\ Mev\ , alors\ \Delta m = 199\ Mev/C^2$$

Donc : $\Delta m = \frac{199}{931.5} = 0.21363\ u$

$$E_l(U) = \frac{E_l}{A} \times A = 7.73 \times 235 = 1816.55\ Mev$$

$$\Delta m(U) = \frac{E_l}{C^2} = 1816.55\ Mev/C^2$$

Alors : $\Delta m(U) = \frac{1816.55}{931.5} = 1.95013\ u$

Donc : $[(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - m(U) = \Delta m(U)$

Alors : $[(92 \times 1.00727) + \big((235 - 92)(1.00866)\big] - 1.95013 = m(U)$

Donc : $m(U) = 234.95709\ u$.

Revenos au Δm *de la réaction :*

$$\Delta m = m_U + m_n - m_{Mo} - m_{La} - 2m_n - 7m_{\beta^-}$$

Donc : $m_{La} = 234.95709 - 1.00866 - 94.99361 - 7(5.4 \times 10^{-4}) - 0.21363$

Alors : $m_{La} = 138.73741\ u$.

2. Détérminer une relation entre E_{lib} , $E_l\left({}^{235}_{92}U\right)$, $E_l\,(Sr)$ et $E_l\,(Xe)$, on donne :

$$ {}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{94}_{38}Sr + {}^{140}_{54}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n $$

✓ <u>Sol:</u>

$$ E_l(X) = \Delta m C^2 = ([(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - m_X)C^2 $$

Alors : $\frac{E_l(X)}{C^2} = ([(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - m_X)$

Donc : $m_X = [(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - \frac{E_l(X)}{C^2}$.

➢ Pour l'énérgie liberée :

$$ \begin{aligned} \Delta m &= m(U) + m(n) - m(Sr) - m(Xe) - 2m(n) \\ &= m(U) - m(n) - m(Sr) - m(Xe) \end{aligned} $$

Donc :

$$\Delta m = [(1.00727)(92-38-54)] + [(1.00866)((235-92)-1-(94-38)-(140-54)] - \frac{E_l}{C^2}(U) + \frac{E_l}{C^2}(Sr) + \frac{E_l}{C^2}(Xe)$$

Alors : $\Delta m = \frac{1}{C^2}\,(E_l(Sr) + E_l(Xe) - E_l(U))$

Donc : $\Delta m C^2 = E_l(Sr) + E_l(Xe) - E_l(U)$

Alors : $E_{Lib} = E_l(Sr) + E_l(Xe) - E_l(U)$.

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \rightarrow ^{95}_{42}Mo + ^{139}_{57}La + 2\,^{1}_{0}n + 7\,^{0}_{-1}e + 7\,^{0}_{0}\bar{\nu}$$

- ✓ <u>*Sol:*</u>

$$E_l(X) = \Delta m C^2 = ([(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - m_X)C^2$$

Alors : $\frac{E_l(X)}{C^2} = ([(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - m_X)$

Donc : $m_X = [(Z \times m_P) + (N \times m_n)] - \frac{E_l(X)}{C^2}$.

- *Pour l'énérgie liberée :*

$$\Delta m = m(U) + m(n) - m(Mo) - m(La) - 2m(n) - 7m_{\beta^-}$$
$$= m(U) - m(n) - m(Mo) - m(La) - 7m_{\beta^-}$$

Donc : $\Delta m = [(m_P)(92 - 42 - 57)] + [(m_n)((235 - 92) - 1 - (95 - 42) - (139 - 57)] - 7m_{\beta^-} - \frac{E_l}{C^2}(U) + \frac{E_l}{C^2}(Mo) + \frac{E_l}{C^2}(La)$

Alors :

$$\Delta m = -7m_P + 7m_n - 7m_{\beta^-} - \frac{E_l}{C^2}(U) + \frac{E_l}{C^2}(Mo) + \frac{E_l}{C^2}(La)$$

Donc : $\Delta m C^2 = 7(m_n - m_P - m_{\beta^-})C^2 + E_{l(Mo)} + E_{l(La)} - E_{l(U)}$

Parsuite : $E_{Lib} = 7(m_n - m_P - m_{\beta^-})C^2 + E_{l(Mo)} + E_{l(La)} - E_{l(U)}$.