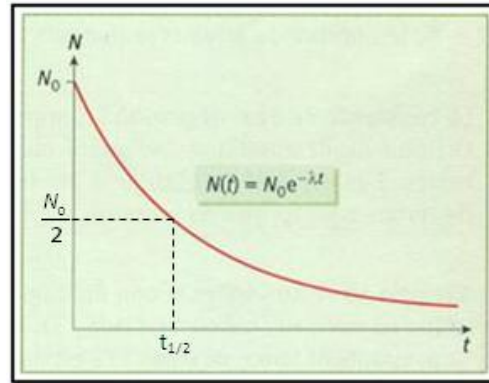


Décroissance radioactive

Points de cours	Explications ou utilisations
<ul style="list-style-type: none"> Représentation du noyau d'un atome : ${}^A_Z X$ avec $\begin{cases} A : \text{Nombre de nucléon ou nombre de masse} \\ Z : \text{Nombre de charges ou numéro atomique (nombre de protons)} \end{cases}$ 	
<ul style="list-style-type: none"> Deux noyaux isotopes sont des noyaux qui possèdent le même nombre de protons mais pas le même nombre de nucléons. 	<p>L'uranium ${}^{235}_{92}U$ et l'uranium ${}^{238}_{92}U$ sont deux noyaux isotopes. Seul le 235 est fissile (peut produire de l'énergie dans les centrales actuelles) malheureusement le plus abondant est le 238.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Un noyau est radioactif s'il est instable, s'il se désintègre spontanément. 	<p>Le diagramme de Segré (N,Z) permet de repérer les noyaux stables, ils sont situés dans une diagonale appelé vallée de stabilité.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Lors d'une équation de réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de charge et conservation du nombre de masse : <p>Pour ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A_1}_{Z_1} Y + {}^{A_2}_{Z_2} P$, les lois de conservation s'écrivent : $A = A_1 + A_2$ et $Z = Z_1 + Z_2$</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Voici les différents types d'émission rencontrés : <ul style="list-style-type: none"> ✓ <u>Radioactivité α</u> : ${}^A_Z X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2} Y + {}^4_2 He$ ✓ <u>Radioactivité β^-</u> : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z+1} Y + {}^0_{-1} e$ ✓ <u>Radioactivité β^+</u> : ${}^A_Z X \rightarrow {}^A_{Z-1} Y + {}^0_{+1} e$ ✓ <u>Désexcitation γ</u> : A l'issue de ces trois types de radioactivité, le noyau fils produit peut être dans un état excité. Alors il se désexcite suivant l'équation : ${}^A_Z Y^* \rightarrow {}^A_Z Y + \gamma$ 	
<ul style="list-style-type: none"> <u>Nombre de noyau qui se désintègre entre t et t+Δt</u> : $-\Delta N = \lambda \times N \times \Delta t \quad (\Delta N \text{ est négatif})$ <p>λ est appelé constante radioactive et est exprimée en s^{-1}</p> <p>On peut aussi définir la constante de temps : $\tau = \frac{1}{\lambda}$ qui s'exprime en s</p>	
<ul style="list-style-type: none"> Loi de décroissance radioactive : <p>D'après ce que nous avons vu précédemment, si Δt tend vers 0 le Δ devient une dérivée :</p> $\frac{dN}{dt} = -\lambda \times N$ <p>Cette équation différentielle admet comme solution : $N(t) = N_0 \times e^{-\lambda t}$ où N_0 est le nombre de noyaux radioactifs présents initialement.</p>	

- La demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif est égale à la **durée nécessaire pour que la moitié des noyaux de l'échantillon se soit désintégrée** :

$$N(t + t_{1/2}) = \frac{N(t)}{2}$$



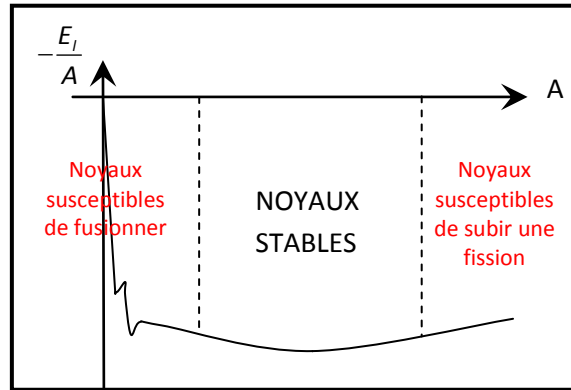
Energie des noyaux

Points de cours	Explications ou utilisations
<ul style="list-style-type: none"> Relation d'équivalence masse-énergie : $E = m \times c^2$ <p>Avec E l'énergie en Joules (J) m la masse en kilogramme (kg) c la vitesse de la lumière dans le vide en $m.s^{-1}$ ($3.00 \times 10^8 m.s^{-1}$)</p>	<p>C'est la fameuse relation d'Einstein publiée en 1905. Elle nous intéressera mais nous parlerons plutôt de variation d'énergie due à une variation de masse. Cette énergie est d'ailleurs appelée énergie de masse.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Lorsqu'il s'agit d'énergie de particule, le Joule est une unité d'énergie bien trop grande. On utilise alors l'électron-volt et ses multiples : $1eV = 1.6 * 10^{-19} J$	<ul style="list-style-type: none"> Un électron-volt est l'énergie cinétique acquise par un électron accéléré sous un potentiel de 1V Calculons l'énergie de masse de l'électron : $E_{e^-} = m_{e^-} \times c^2 = 9.31 \times 10^{-31} \times 3.0 \times 10^8 = 8.4 * 10^{-14} J$ $E_{e^-} = \frac{8.4 \times 10^{-14}}{1.6 \times 10^{-19}} = 5.2 \times 10^5 eV = 0.52 MeV$
<ul style="list-style-type: none"> La masse d'un noyau est toujours inférieure à la somme des masses des nucléons qui le compose : cette différence est appelé défaut de masse : $\Delta m = Z \times m_p + (A-Z) \times m_N - m_{noyau} > 0$ <ul style="list-style-type: none"> L'énergie de liaison correspond à l'énergie qu'il faut fournir à un noyau au repos pour le dissocier en nucléons isolés et immobiles. L'énergie de liaison d'un noyau est liée à son défaut de masse : $E_l = \Delta m \times c^2$	<ul style="list-style-type: none"> Calculons le défaut de masse et l'énergie de liaison d'un noyau d'Hélium : <p>Défaut de masse :</p> $\Delta m = 2 \times m_p + 2 \times m_N - m_{\text{He}}$ $= 2 \times 1.67262 \times 10^{-27} + 2 \times 1.67493 \times 10^{-27} - 6.64449 \times 10^{-27}$ $= 5.061 \times 10^{-29} \text{ kg}$ <p>Puis Energie de liaison :</p> $E_l = \Delta m \times c^2 = 5.061 \times 10^{-29} \times (3.0 \times 10^8)^2$ $= 4.6 \times 10^{-12} J = 28 MeV$

• **Energie de liaison par nucléon et courbe d'Aston :**

L'énergie de liaison par nucléons est la quantité E_l/A . Celle-ci intervient dans la courbe d'Aston qui représente la fonction $-E_l/A=f(A)$

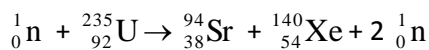
Cette courbe permet de repérer à la fois les noyaux stables, ceux qui pourraient fusionner et ceux qui pourraient subir une fission.



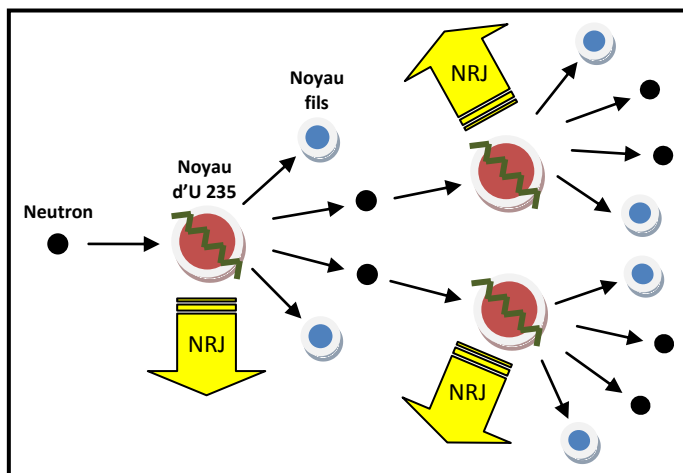
• **Réaction de fission nucléaire :**

✓ Elle a lieu quand un neutron rencontre un **noyau lourd** fissile qui donne naissance à **deux noyaux légers**.

✓ Citons le cas de l'uranium 235 utilisé dans les centrales, une des réactions possibles de fission est la suivante :



✓ Cette réaction dégage énormément d'énergie et donne naissance à deux neutrons qui peuvent de nouveau frapper deux noyaux d'uranium 235 : la réaction en chaîne a lieu.



✓ Les noyaux fils sont radioactifs et donc potentiellement dangereux par le rayonnement qu'ils émettent en se désintégrant.

• **Réaction de fusion nucléaire :**

✓ Deux noyaux légers vont fusionner pour donner naissance à un noyau plus lourd.

✓ Par exemple deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium peuvent fusionner pour donner de l'hélium selon la réaction : ${}_1^2\text{H} + {}_1^3\text{H} \rightarrow {}_2^4\text{He} + {}_0^1\text{n}$

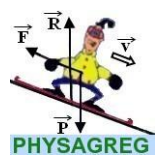
✓ **L'énergie libérée par nucléon** par cette fusion est encore plus grande que celle libérée par la fission, mais la difficulté est de rapprocher les deux isotopes de l'hydrogène qui, chargé positivement, se repoussent violemment.

• **Bilan énergétique des réactions nucléaires :** Par ex pour ${}_{Z_1}^{A_1}\text{X}_1 + {}_{Z_2}^{A_2}\text{X}_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}\text{X}_3 + {}_{Z_4}^{A_4}\text{X}_4$

✓ On utilise pour effectuer ce bilan la formule faisant intervenir le défaut de masse :

$$\Delta E = [(m(X_3) + m(X_4)) - (m(X_1) + m(X_2))] \times c^2$$

Cette formule est valable lorsque les unités sont le Joule, le kg et le $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

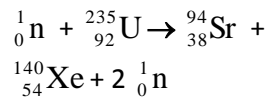


- ✓ On peut aussi rencontrer une autre formule dans laquelle l'énergie sera directement obtenue en MeV, elle fait intervenir la masse en une unité appelée **unité de masse atomique** : $1u = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$

Ainsi la formule devient : $\Delta E(\text{en MeV}) = \Delta m(\text{en } u) \times 931.5$

- **Comparons l'énergie par nucléon produite par la fission et celle produite par la fusion :**
On rappelle que les énergies obtenues sont négatives car le système cède l'énergie au milieu extérieur.

FISSION



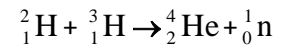
Noyau	Masse (u)
${}^{235}_{92}\text{U}$	234,9935
${}^{94}_{38}\text{Sr}$	93,8945
${}^{140}_{54}\text{Xe}$	139,8920
n	1,0087

$$\Delta E = (93,8945 + 139,8920 + 2 \times 1,0087 - 234,9935 - 1.0087) \times 931,5 = -184,7 \text{ MeV}$$

D'où par nucléon :

$$\Delta E = \frac{-184.7}{236} = -0.7826 \text{ MeV/nucléon}$$

FUSION



Noyau	Masse (u)
${}^2_1\text{H}$	2.0160
${}^3_1\text{H}$	3.0247
${}^4_2\text{He}$	4.0015
n	1,0087

$$\Delta E = (4.0015 + 1.0087 - 2.0160 - 3.0247) \times 931,5 = -28.41 \text{ MeV}$$

D'où par nucléon :

$$\Delta E = \frac{-28.41}{5} = -5.682 \text{ MeV/nucléon}$$

INTRODUCTION AU MONDE QUANTIQUE

Points de cours

Explications ou utilisations

- L'énergie d'un atome est **quantifiée**, elle ne peut prendre que des **valeurs discrètes bien définies**.
- Le **spectre de raies d'émission** d'un élément rend compte de cette quantification : en passant d'un état d'énergie à un autre de plus faible énergie, l'atome se désexcite en émettant un photon de longueur d'onde connue.

- si un atome se désexcite et passe d'un niveau d'énergie E_f à un niveau d'énergie E_i , il émet une radiation monochromatique de fréquence $\nu(\text{nu})$ qui vérifie :

$$\Delta E = E_f - E_i = h\nu = \frac{h \times c}{\lambda}$$

Avec ΔE , E_f et E_i des énergies en Joule (J)
 h la constante de Planck ($h=6.67 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$)
 ν la fréquence de l'onde émise en Hertz (Hz)
 c la vitesse de la lumière dans le vide en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
 λ la longueur d'onde de l'onde émise en m

