

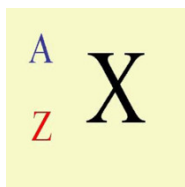
Tut' rentrée- cours 3

Radioactivité : le noyau atomique



I) Composition des nuclides

L'atome est constitué d'un noyau avec des électrons gravitant autour. Le noyau est constitué de A nucléons répartis en Z protons et N neutrons.



A= nombre de masse= nombre de nucléons
 Z= numéro atomique = nombre de protons= nombre de charges= nombre d'électron(si atome non ionisé)
 N= A-Z= nombre de neutrons

Les nucléons sont aussi constitués de particules élémentaires :

- ➔ les quarks : U/UP (+2/3) ; et D/DOWN (-1/3)
 - Neutron= udd = $-1/3 \times 2 + 2/3 = 0$
 - Proton= uud = $+2/3 \times 2 - 1/3 = +1$
- ➔ Les leptons : électrons et neutrinos de l'électron

II) Classifications

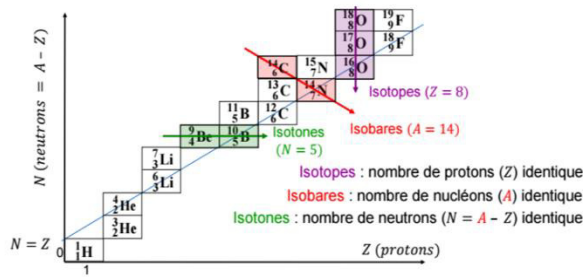
1) Classification périodique des éléments de Mendeleev = classification chimique

Les éléments sont rangés par Z croissants

Tableau périodique des éléments chimiques

Ex : l'oxygène, le 8eme élément, 8 protons

2) Classification des nuclides= de physique nucléaire

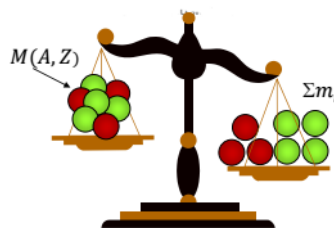


Petit mnémo :

- Isoto**P**es : même nombre de **P**rotons Z donc même élément chimique
*c'est top donc vers le haut -> même **colonne**
- Isob**A**res : même nombre de nucléons **A**
*je barre donc même **diago**
- Isoto**N**es : même nombre de **N**eutrons N.
* c'est monotone donc horizontal -> même **ligne**

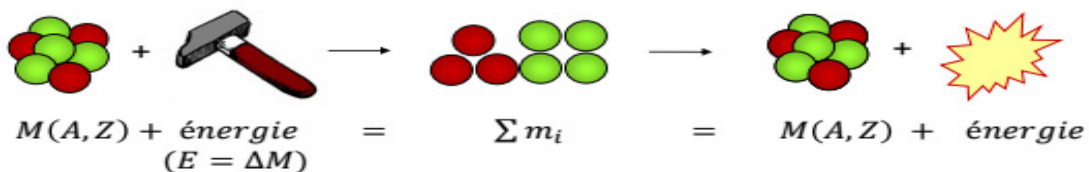
III) Energie de liaison et défaut de masse

La masse d'un noyau constitué de A nucléons est inférieure a la somme des masses de ses A nucléons pris séparément: $M(A,Z) < \sum m_i$



- Cette différence est le **défaut de masse** du noyau :
 $\Delta M(A,Z) = \sum m_i - M(A,Z)$
- C'est l'équivalent a l'énergie de liaison EL des nucléons du noyau:
 $AEL = 931,5 * \Delta M(A,Z)$ en Mev
- On a donc une perte de masse qui est convertie en énergie.

Cette énergie de liaison des nucléons est celle qui les lie entre eux dans le noyau, autrement dit c'est l'énergie qu'il faut apporter si on veut fragmenter un noyau en ses nucléons élémentaires.



Au contraire si on veut réunir des nucléons pour en faire un noyau, le noyau résultant aura une masse plus faible et de l'énergie sera libérée.

-Exemple de calcul de l'énergie de liaison de l'oxygène:

En pratique, la masse de l'atome $\mathcal{M}(A,Z)$ est plus pratique à déterminer que la masse du noyau $M(A,Z)$, on confond **défaut de masse de l'atome** et **défaut de masse du noyau**.

$$M(16,8) = 15,99491u$$

$$M_p = 1,00728u$$

$$M_n = 1,00866u$$

$$M_e = 0,00055u$$

On calcule d'abord le défaut de masse ΔM :

$$\Delta M = 8m_e + 8m_p + 8m_n - M(16,8)$$

$$\Delta M = 0,0044 + 8,05824 + 8,06928 - 15,99491 = 0,137u$$

Puis on calcule l'équivalent du défaut de masse en énergie de liaison

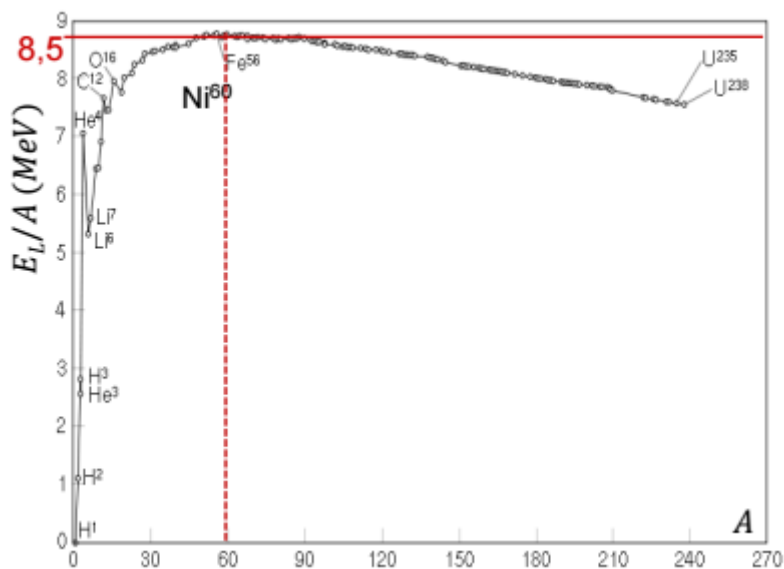
$$EL = 0,137 \times 931,5 = 127,6\text{MeV}$$

IV) Facteur de stabilité nucléaire

1) Energie de liaison par nucléon

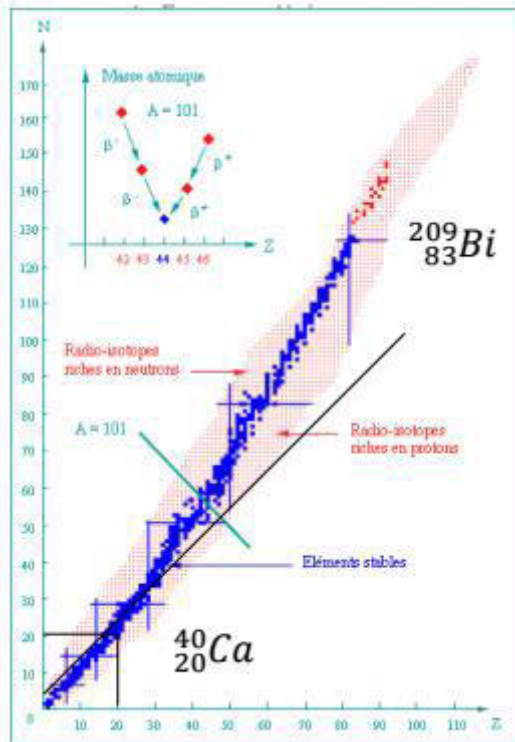
Pour comparer la stabilité des différents noyaux, on va considérer l'énergie de liaison par nucléon EL/A .

Plus EL/A est **grand**, plus le noyau est **stable**.



- EL/A augmente jusqu'à la valeur limite de **8,5 MeV** pour le **Nickel-60** puis diminue pour les noyaux lourds.
- On observe des maxima pour des noyaux légers à combinaisons stables (nombres magiques)
- L'hélium-2 est doublement magique -> pic à 7 m=MeV/nucléons

2) Le nombre de neutrons



La répartition protons/neutrons intervient dans la stabilité du noyau

- Pour les noyaux légers jusqu'au calcium- 20 on a $Z=N$. Ils sont situés sur la diagonale.
- Les éléments stables sont sur une ligne appelée **vallée de la stabilité** qui s'élève au dessus de la diagonale
- Pour les noyaux lourds, $N>Z$ car il faut plus de neutrons pour diminuer la répulsion des charges dues aux protons.

3) Parité du nombre de nucléons

La parité est un facteur de stabilité car les nucléons ont un spin de $\pm 1/2$ donc ils ont tendance à se regrouper par paire avec un nucléon de spin opposé.

V) Forces nucléaires

- Responsable de la **cohésion** du noyau
- Elles sont liées aux interactions des nucléons entre eux

1) Forces électrostatiques

- De type coulombiennes
- Concernent uniquement les protons (car chargé +) et donc répulsives
- Expliquent l'excès de neutrons dans les noyaux lourds

2) Forces nucléaires spécifiques

- Existent seulement au niveau du noyau
- S'exercent à des distances très faibles

Interaction faible	Interaction forte
<ul style="list-style-type: none"> - Répulsives - Explique transformation isobarique 	<ul style="list-style-type: none"> - Assure la cohésion du noyau - 100 à 1000 fois > à la force électrostatique ➔ Répulsive à faible distance ➔ Attractive entre 1 et $2 \cdot 10^{-15}m$

VI) Modèles nucléaires

3 modèles nucléaires ++

1) *Modèle de la goutte sphérique*

Le noyau est assimilé à un liquide constitué de nucléons qui sont confinés dans une goutte

- Incompressibilité
- Sphérique
- Densité homogène des charges
- N'explique pas comment les nucléons acquièrent de l'énergie

2) *Modèle en couche*

- Modèle analogue à celui des atomes
- Répartition en couche
- Nucléons caractérisés par des nombres quantiques
- Expliquer la stabilité de certains noyaux à nombre magiques
- Explique l'existence du niveau fondamental et des niveaux excités

3) *Modèle mixte*

- Un cœur basé sur le modèle en couches
- Un halo de neutrons périphérique

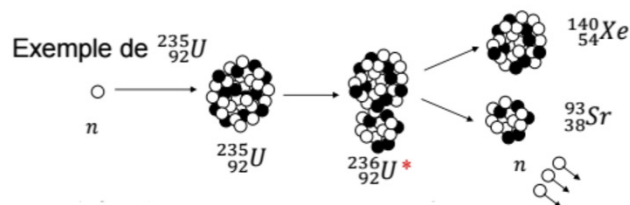
VII) Réaction de fission et fusion nucléaire

ΔM augmente \rightarrow E_L/A augmente \rightarrow libération d'énergie

1) *La fission nucléaire*

Exemple : fission de l'uranium

On envoie un neutron lent qui va percuter un gros noyau (uranium). Le noyau devient alors **instable** et se sépare en **2 noyaux plus petits**. La réaction libère aussi 3 neutrons.



Calcul de l'énergie libérée :

Données :

$$M(235,92) = 235,04\text{u}$$

$$M(140,54) = 139,92\text{u}$$

$$M(93,38) = 92,91\text{u}$$

$$m_n = 1,00866\text{u}$$

On calcule d'abord le défaut de masse ΔM :

$$\Delta M = M(235,92) + m_n - [M(140,54) + M(93,38) + 3 m_n]$$

$$\Delta M = 0,1927\text{u}$$

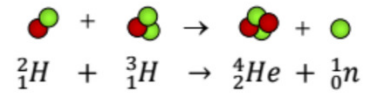
Puis on calcule l'équivalent du défaut de masse en énergie de liaison :

$$E_L = 0,1927 \times 931,5 = 179 \text{ MeV}$$

2) La fusion nucléaire

Exemple : fusion de 2 isotopes de l'hydrogène

Le deutérium ${}^2_1\text{H}$ et le tritium ${}^3_1\text{H}$ fusionnent pour donner un noyau d'Helium ${}^4_2\text{He}$, beaucoup plus stable, et un neutron.



Calcul de l'énergie libérée :

Données :

$$M(2,1) = 2,014102\text{u}$$

$$M(3,1) = 3,016049\text{u}$$

$$M(4,2) = 4,002603\text{u}$$

$$m_n = 1,00866\text{u}$$

On calcule d'abord le défaut de masse ΔM :

$$\Delta M = M(2,1) + M(3,1) - [M(4,2) + 1 m_n]$$

$$\Delta M = 0,018888\text{u}$$

Puis on calcule l'équivalent du défaut de masse en énergie de liaison :

$$E_L = 0,018888\text{u} \times 931,5 = 17,6 \text{ MeV}$$