



### III) Défaut de masse et énergie de liaison

**Définition** : la masse d'un noyau constitué est **inférieure** à la somme des masses de ses nucléons :  $(m_{\text{noyau}}) < \Sigma m_{\text{nucléons}}$

- Il y a donc une perte de masse qui est convertie en énergie, appelé le défaut de masse :  $\Delta M(A,Z) = \Sigma m_{\text{nucléons}} - M(A,Z)$ .
- Le défaut de masse équivaut à une **énergie** : l'énergie de liaison des nucléons  $\rightarrow E_L = 931,5 \times \Delta M$

	Nucléons	Electrons	Atomes
Énergie de liaison (ordre de grandeur)	MeV	keV	eV

Remarque :  $E_L$  (électrons) **négligeable devant celle des nucléons** donc le défaut de masse de l'atome équivaut à celui de son noyau.

Formules :

Masses :

$$\begin{aligned}\Delta M(A,Z) &= (Z \times m_p + N \times m_n) + Z \times m_e - M(A,Z) > 0 \\ &= Z \times m_h + N \times m_n - M(A,Z) > 0\end{aligned}$$

Hydrogène : 1,008 u  
Proton : 1,007u  
Neutron : 1,009 u

On a 2 cas de figures :

- Lors de la fragmentation d'un noyau : il faut **apporter** de l'énergie, pour **rompre** l'énergie de liaison qui lie les nucléons entre eux.
- Lors de la formation d'un noyau : il y a **libération** d'énergie, issue de l'énergie des nucléons entre eux au sein du noyau.

## IV) Facteurs de stabilité nucléaires

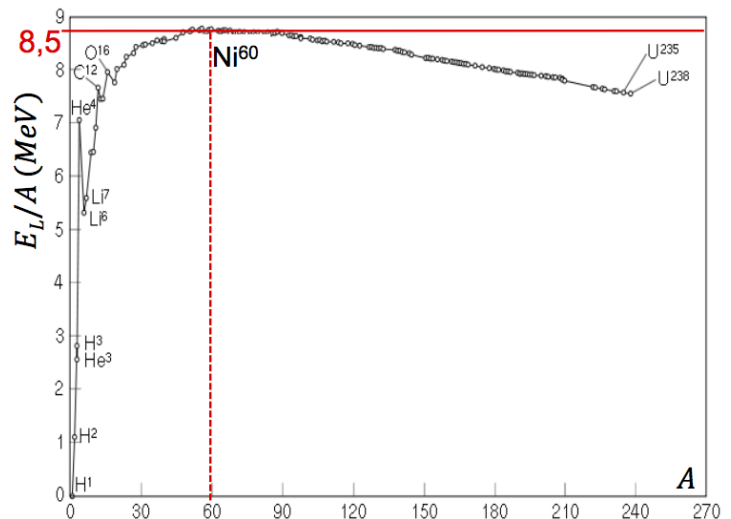
### 1) L'énergie de liaison par nucléons

Plus l'énergie de liaison par nucléons est importante plus le noyau est stable (+++).

→  $E_L/A$  augmente jusqu'à son maximum (8,5 MeV) puis diminue pour les noyaux les plus lourds ( $A > 120$ )

→ le fer et le nickel sont les plus stables.

→ On observe des maxima pour certains noyaux légers à combinaison stables (nombres magiques).



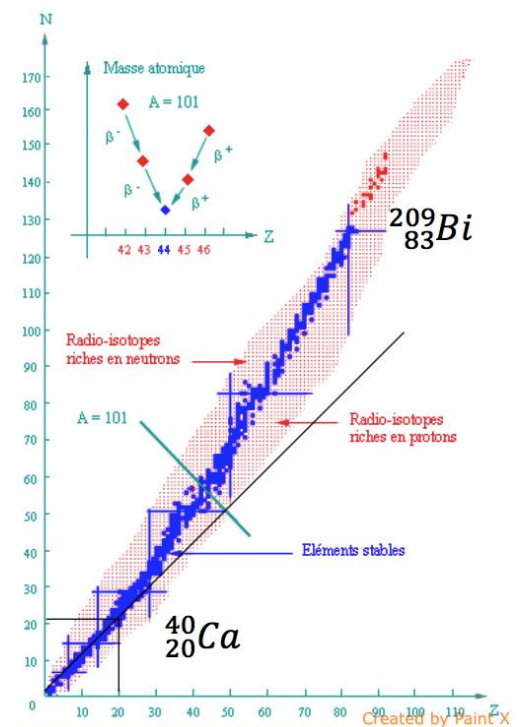
☛ **Pas  $E_L/A$  supérieure à 8,5 MeV.**

### 2) Le nombre de neutrons

- La répartition neutrons/protons intervient dans la stabilité du noyau.
- Pour les noyaux légers, jusqu'à  ${}^{40}_{20}\text{Ca}$ , on a  $Z=N$ , ils sont situés sur la 1<sup>ère</sup> bissectrice.
- Au delà il faut plus de neutrons : ils diminuent la répulsion des charges due aux protons, ils stabilisent le noyau (on s'écartent de la bissectrice).
- La vallée de la stabilité atteint un maximum pour le bismuth 209 : **pour  $A > 209$  il n'y a plus de noyaux stables.**

### 3) Parité du nombre des nucléons.

- La parité est un facteur de stabilité : les nucléons ont un spin de  $\pm 1/2$ . Les nucléons ont tendance à se regrouper par paire avec un nucléon de spin opposé pour donner un système **plus stable.**



## VI) Forces nucléaires

- Responsables de la cohésion, la stabilité du noyau
- Leurs intensités correspondent à l'énergie moyenne de liaison du noyau
- Liées aux interactions des nucléons entre eux.

### 1) La force électrostatique

- Type coulombien :  $1/r^2$
- Concerne **uniquement les protons** dans le noyau
- **Répulsive** : s'oppose à la cohésion
- Permet d'expliquer l'excès de neutrons dans les noyaux lourds : ils s'interposent entre les protons :  $d$  augmente donc  $Z$  diminue.

### 2) Les forces nucléaires spécifiques

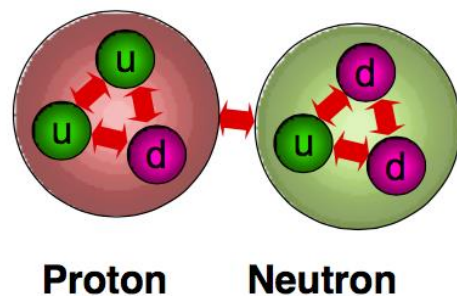
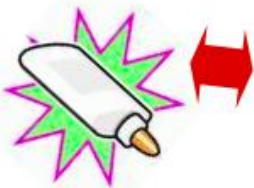
- 2 types
- S'exercent à des distances très faibles ( $10^{-15}\text{m}$ )
- Existent uniquement au niveau du noyau

#### a) L'interaction faible

- Répulsive
- Explique les transformations isobariques

#### b) L'interaction forte

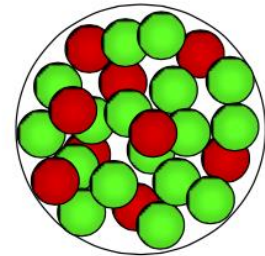
- Attractive : assure la cohésion des nucléons
- $100 \text{ à } 1000 > F_{\text{électrostatique}}$
- Répulsive à très courtes distances : permet l'incompressibilité des nucléons
- Correspond à la mise en commun de particules d'interactions entre les quarks : les gluons.



## VII) Modèles nucléaires

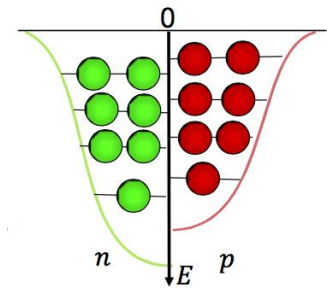
### 1) Modèle de la goutte sphérique

- Le noyau est une sphère contenant les nucléons liés entre eux par l'interaction forte.
- Explique l'incompressibilité du noyau
- Ne permet pas de comprendre les nombres magiques
- Densité homogène des charges



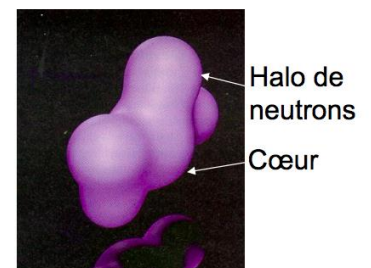
### 2) Le modèle en couche

- Explique la stabilité particulière des noyaux à nombres magiques : les couches pleines permettent une meilleure stabilité.
- Explique l'existence d'un niveau fondamental et de niveaux excités



### 3) Le modèle mixte

- Représente le noyau avec un cœur et un halo de neutrons à la périphérie.
- Explique la stabilité particulière de certains noyaux lourds riches en neutrons.

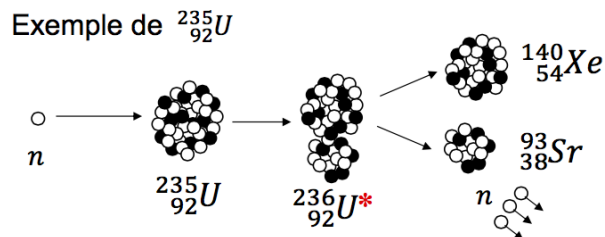


*Le recherche 2000*

## VIII) Fission et fusion nucléaires

### 1) Fission

- a) Le noyau (U) capte un **neutron lent** → il devient **instable**  
b)  $^{235}_{92}\text{U}$  instable se fragmente alors en 2 noyaux de **masse inférieure** et éjecte 3 neutrons → réactions en chaîne

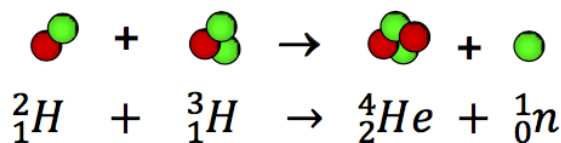


Applications : Bombe atomique (bombe A), centrales nucléaires.  
La fission d'1 g d'uranium produit autant d'énergie que **2 tonnes de pétrole**.

### 2) La fusion

- Certains petits noyaux peuvent fusionner pour former un noyau plus gros et des neutrons.
- La fusion est **thermonucléaire** : il faut une température extrêmement élevée pour amorcer la réaction.
- L'énergie libérée est transmise aux neutrons sous forme **d'énergie cinétique**.

Exemple:



Applications : bombe à hydrogène (bombe H), soleil, ITER  
La fusion d'1g d'hélium produit autant d'énergie que 12 tonnes de pétrole.

- A masse égale, la fusion produit 6 fois plus d'énergie que la fission.
- A une masse de matière très faible, on produit une énergie considérable, d'où l'intérêt porté au réacteur thermonucléaire capable de produire de l'énergie grâce à la fusion.

