

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 : $m(\text{noyau}) < \sum m(\text{nucléons})$

- Il y a donc une perte de masse qui est convertie en énergie, appelé le défaut de masse : $\Delta M(A,Z) = \sum m(\text{nucléons}) - M(A,Z)$.
- 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

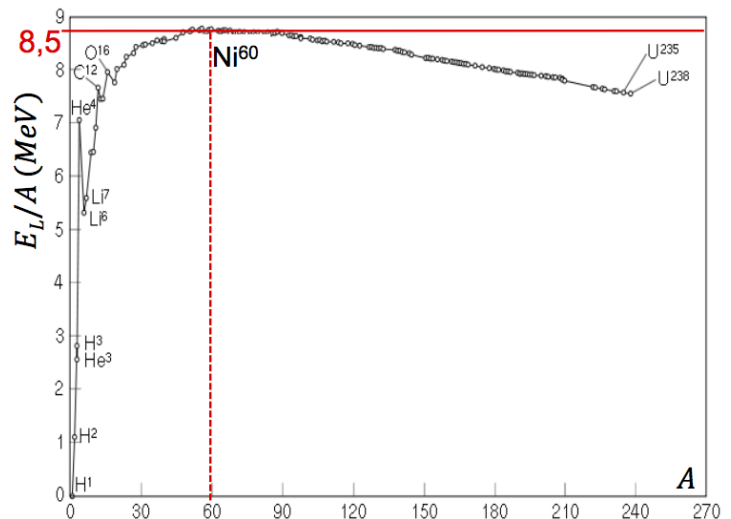
1) L'énergie de liaison par nucléons

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).



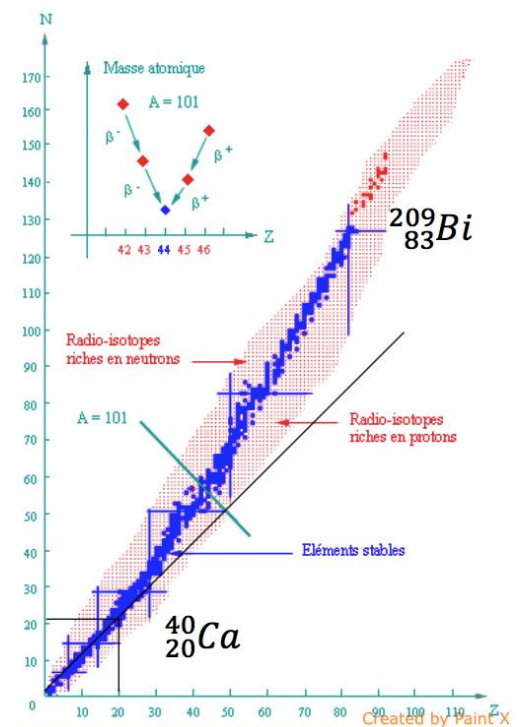
☛ **Pas E_L/A supérieure à 8,5 MeV.**

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^{ère} 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

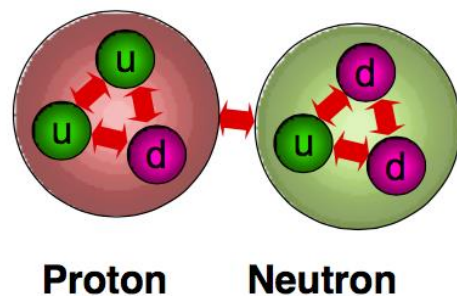
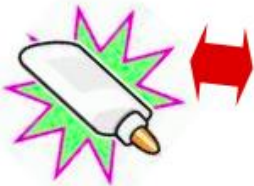
- 2 types
- S'exercent à des distances très faibles (10^{-15}m)
- Existent uniquement au niveau du noyau

a) L'interaction faible

- Répulsive
- Explique les transformations isobariques

b) L'interaction forte

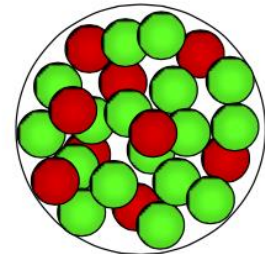
- Attractive : assure la cohésion des nucléons
- $100 \text{ à } 1000 > F_{\text{électrostatique}}$
- Répulsive à très courtes distances : permet l'incompressibilité des nucléons
- Correspond à la mise en commun de particules d'interactions entre les quarks : les gluons.



VII) Modèles nucléaires

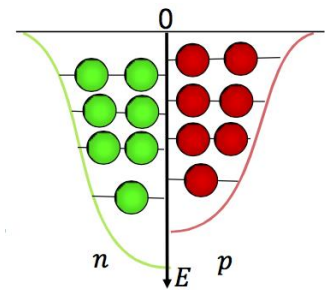
1) Modèle de la goutte sphérique

- 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



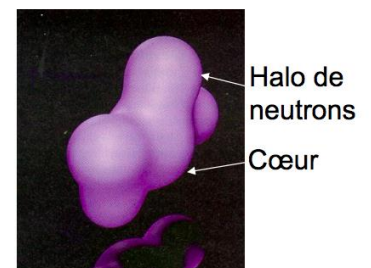
2) Le modèle en couche

- 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.

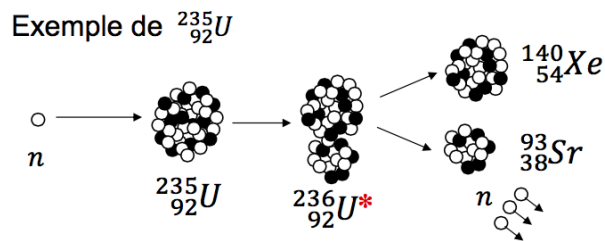


Le recherche 2000

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

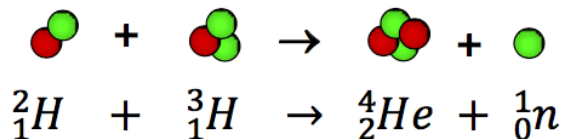


Applications : Bombe atomique (bombe A), centrales nucléaires.
La fission d'1 g d'uranium produit autant d'énergie que **2 tonnes de pétrole**.

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.