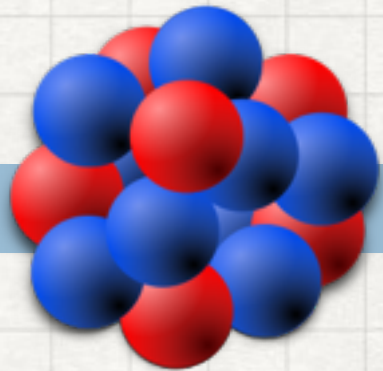


BIOPHY

# RADIOACTIVITÉ : LE NOYAU ATOMIQUE

COURS N°3



Année 2019–2020

# PLAN

- 1 **Composition et classification**
- 2 **Énergie de liaison et défaut de masse**
- 3 **Facteurs de stabilité nucléaire**
- 4 **Forces nucléaires**
- 5 **Modèles nucléaires**
- 6 **Réactions de fissions et fusions nucléaire**



## L'ATOME : UNE SPHÈRE PLEINE



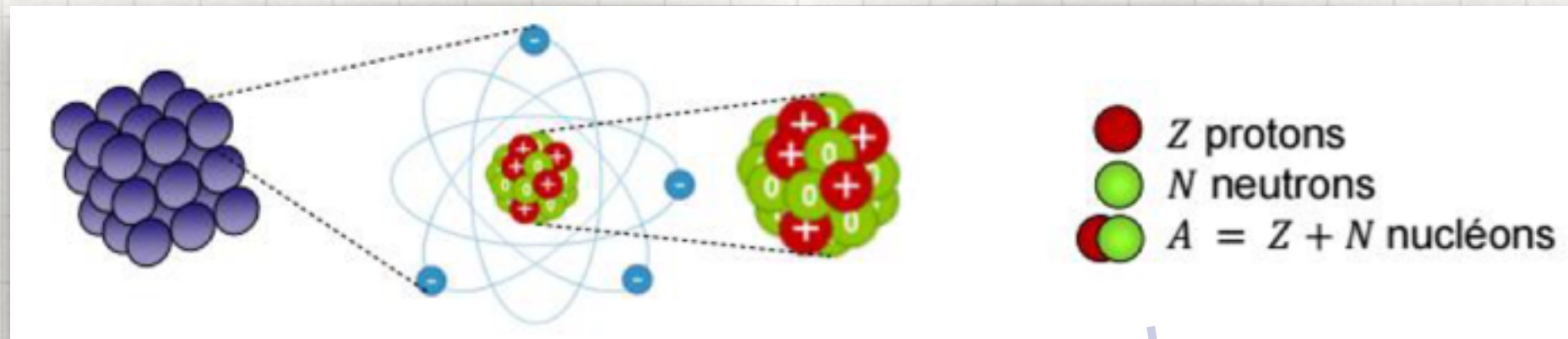
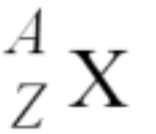
- Démocrite
- John Dalton
- Thomson

Jusqu'à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle : **atome sphère pleine positive** où étaient accrochées des **charges négatives**.

## Le modèle planétaire de **Rutherford**

Masse concentrée **noyau chargé +** et les **électrons chargés -** sont **refoulés** à la périphérie du vide péri-nucléaire.

# 1. COMPOSITION



Le noyau est constitué de A nucléons, répartis en Z protons et N neutrons.

A = nombre de masse = nombres de nucléons = nombre de protons + nombre de neutrons

Z = numéro atomique = nombres de protons

N = A - Z = nombre de neutrons



# 1. COMPOSITION



Les **NUCLÉONS** sont constitués eux-même de **particules élémentaires**.

Les quarks :

→ u = up avec une charge =  $+2/3$

→ d = down avec une charge =  $-1/3$

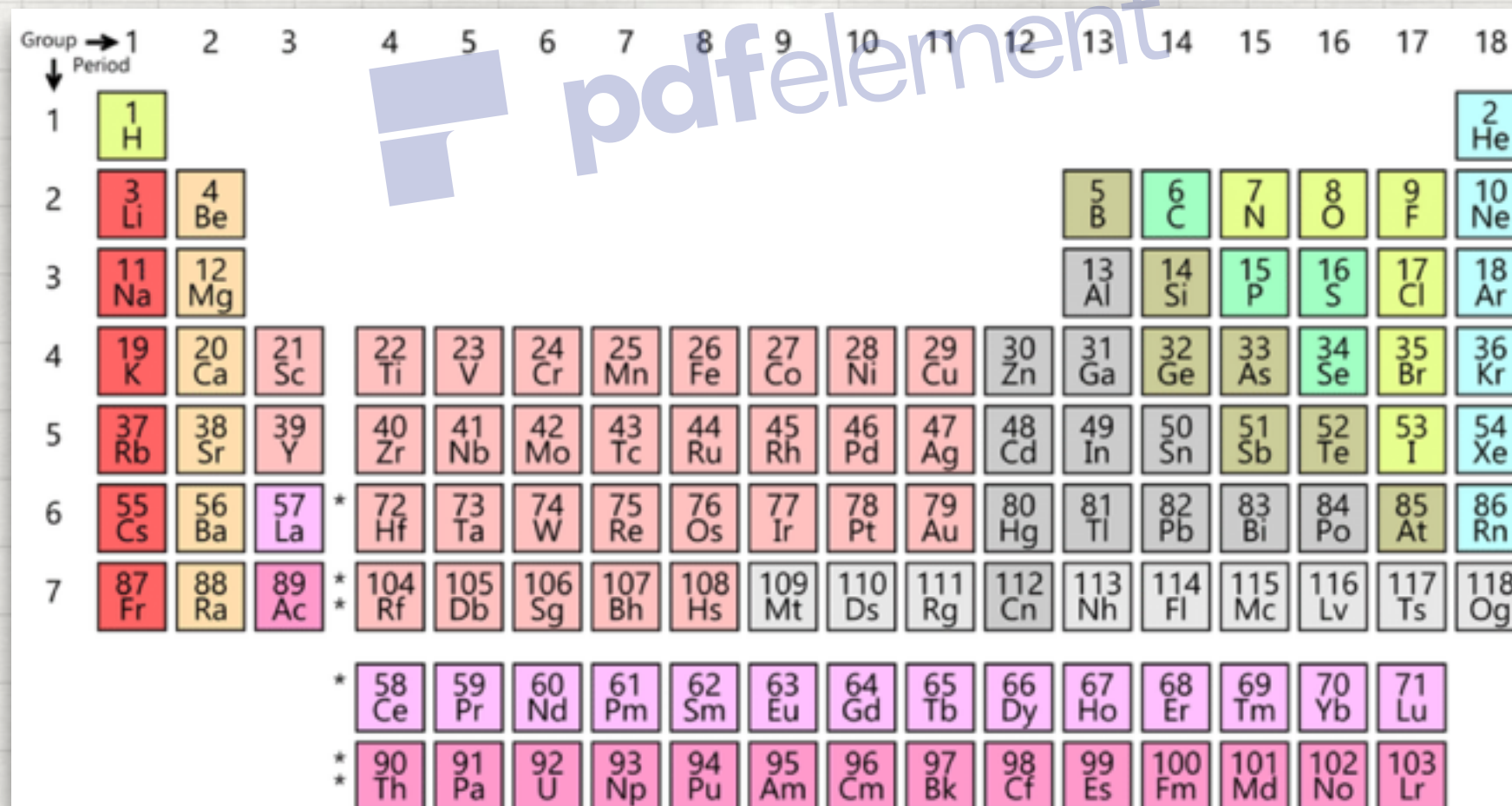
protons et neutrons sont composés de 3 quarks

→ proton = uud =  $+2/3 + 2/3 - 1/3 = +1$

→ neutron = udd =  $-1/3 - 1/3 + 2/3 = 0$

## 2. CLASSIFICATION

Classification périodique des éléments de **MENDELEEV**  
= classification chimique  
→ les éléments sont rangés par **Z croissant**



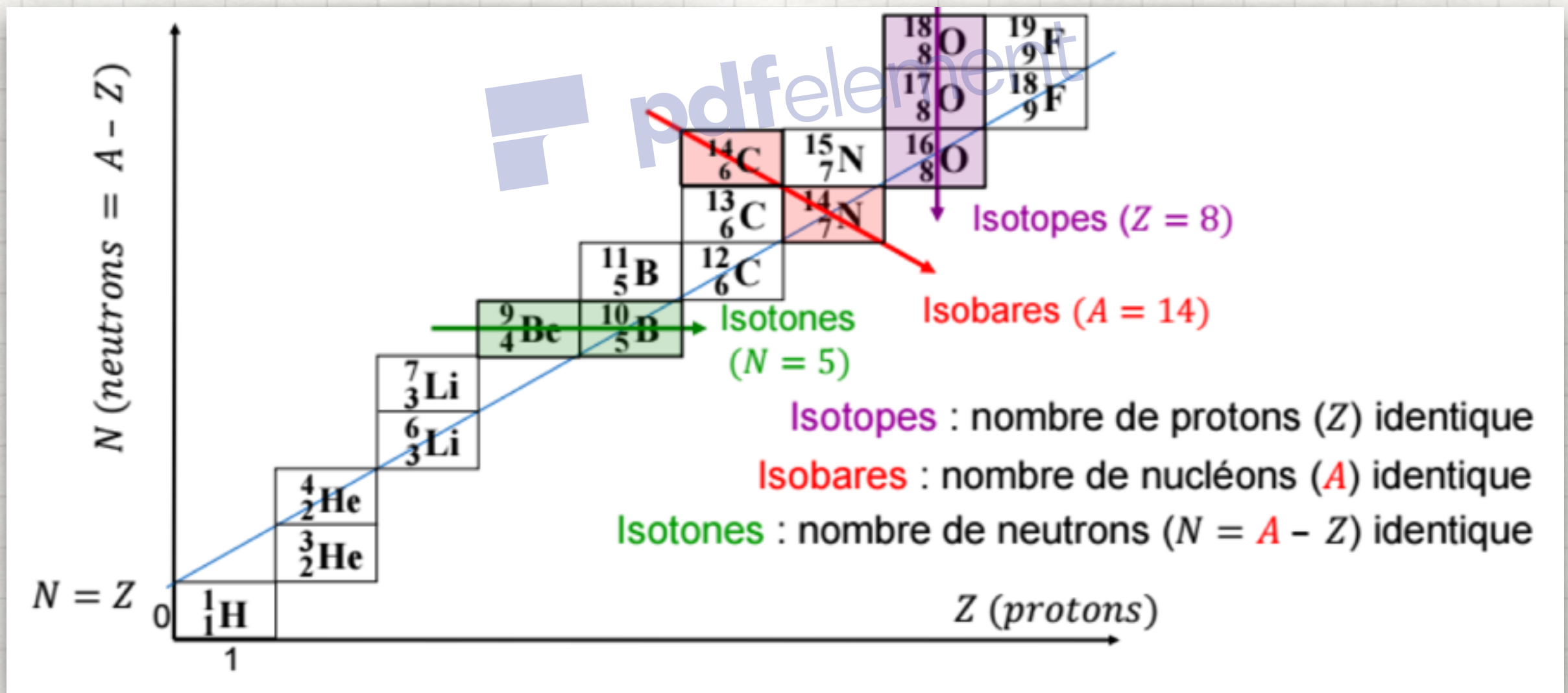
The image shows a standard periodic table of elements, color-coded by groups. A large, semi-transparent watermark 'pdfelement' is overlaid across the center. To the left of the table, there are labels for 'Group' (1 to 18) and 'Period' (1 to 7). The elements are arranged in rows (periods) and columns (groups). The table includes the following elements:

Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	57 La *	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac *	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				* 58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
				* 90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	

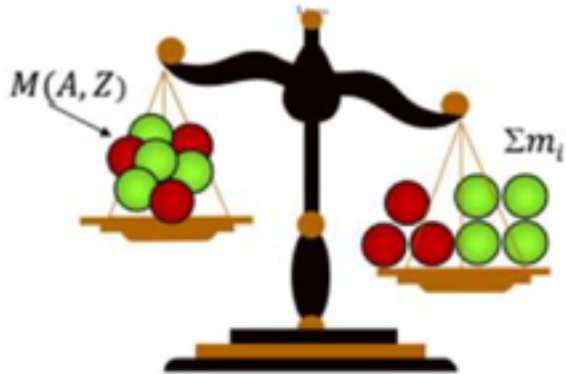


## 2. CLASSIFICATION

Classification des **NUCLIDES**  
= classification de physique nucléaire



## 2 ÉNERGIE DE LIASON & DÉFAUT DE MASSE



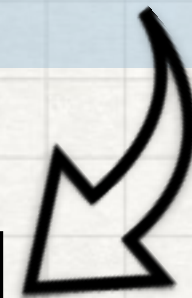
La masse d'un noyau constitué de A nucléons est **inférieure** à la somme des masses de ses constituants →  $M(A, Z) < \sum m_i$

Cette perte de masse est appelée **défaut de masse** :  $\Delta M(A, Z) = \sum m_i - M(A, Z)$

Ce défaut de masse est équivalent à l'énergie de liaison EL des nucléons du noyau

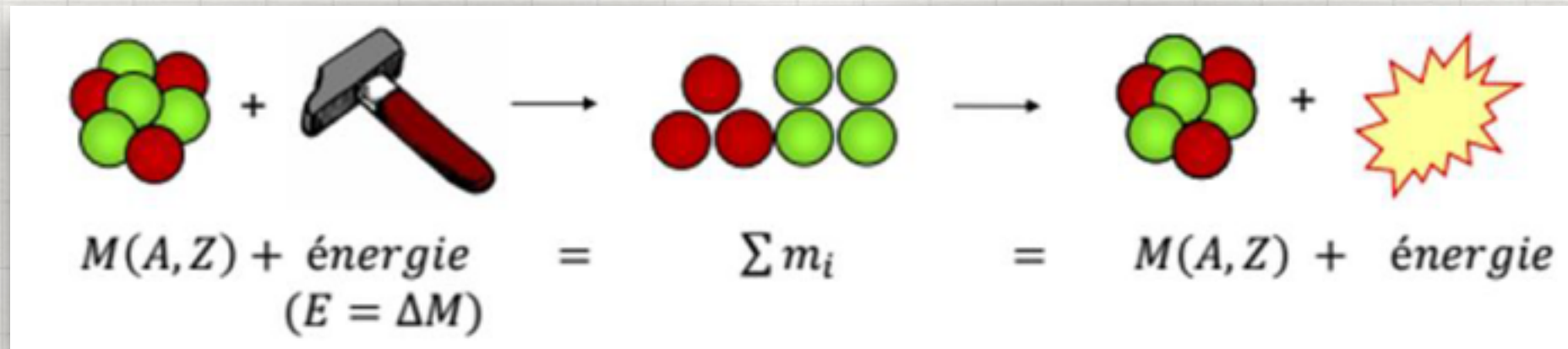


$$EL = 931,5 \cdot \Delta M(A, Z) \text{ en Mev}$$





## 2 ÉNERGIE DE LIASON & DÉFAUT DE MASSE



→ Exemple de calcul de l'énergie de liaison de l'atome de magnésium.

On calcule d'abord le défaut de masse  $\Delta M$  :

$$\Delta M = 12m_e + 12m_p + 12m_n - \mathcal{M}(24,12)$$

$$\Delta M = 0,0066 + 12,08736 + 12,108 - 24,9850 = 0,2169 \text{ u}$$

Données :

$$\mathcal{M}(24,12) = 23,985$$

u

$$m_p = 1,00728 \text{ u} \quad m_n$$

$$= 1,009 \text{ u}$$

$$m_e = 0,00055 \text{ u}$$

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

$$EL = 0,2169 \times 931,5 = 202 \text{ MeV}$$

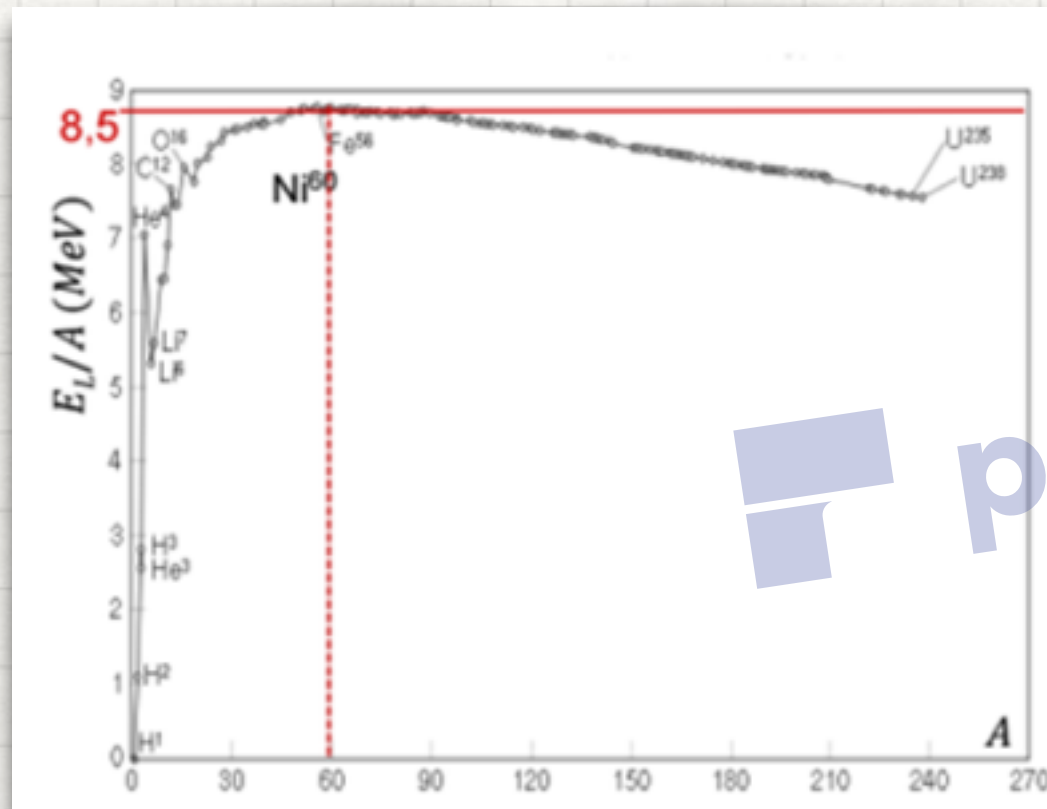
## 1. L'ÉNERGIE DE LIAISON PAR NUCLÉONS

Pour comparer la stabilité des différents noyaux, on considère l'énergie de liaison rapportée aux nombres de nucléons =  $EL/A$ .

+  $EL/A$  grand + le noyau est stable



## 1. L'ÉNERGIE DE LIAISON PAR NUCLÉONS



Valeur MAX = 8,5 MeV

Niquel-60 un des éléments les plus stables

Certains noyaux légers on observe des combinaisons particulières avec une grande stabilité → **les nombres magiques**

$^4He$  doublement magique → **très stable** = Pic à 7 Mev/nucléons

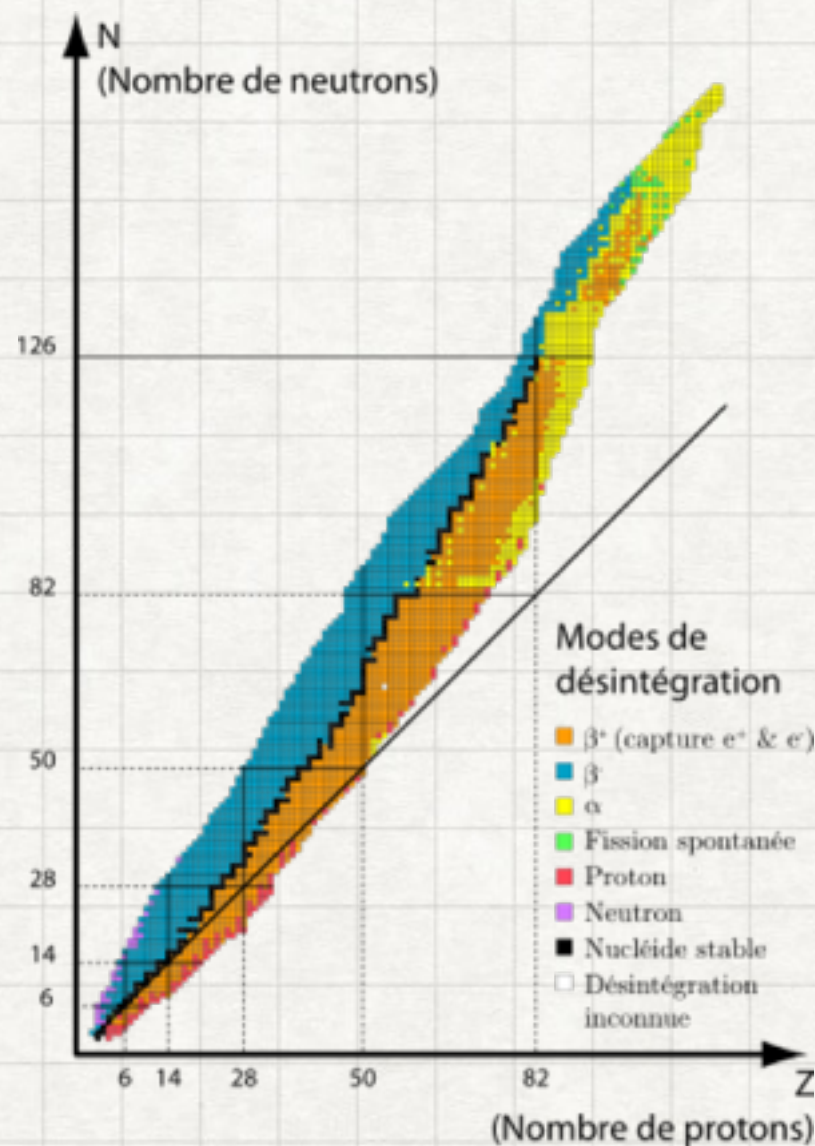
## 2. LA PARITÉ DU NOMBRE DE NUCLÉONS

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 pour donner un système plus stable.

Z	N	A	Nbre de noyaux stables
pair	pair	pair	166
pair	impair	impair	55
impair	pair	impair	51
impair	impair	pair	5



## 3. LE NOMBRE DE NEUTRONS (A-Z)



Les noyaux stables sont regroupés au niveau de la **vallée de la stabilité**.

→ Les **noyaux légers** sont sur la première diagonale  $N=Z$ .

→ Les **noyaux lourds** on a  $N>Z$  car il faut plus de neutrons pour diminuer la répulsion des charges des protons.

- Responsables de la cohésion du noyau
- Leurs intensités correspondent à l'énergie moyenne de liaison du noyau
- Elles sont liées aux interactions des nucléons entre eux

## 1. LA FORCE ÉLECTROSTATIQUE

- De type coulombien
- Concerne uniquement les protons dans le noyau
- Elle est répulsive : s'oppose à la cohésion
- Elle permet d'expliquer l'excès de neutrons dans les noyaux lourds : les neutrons s'interposent entre les protons pour diminuer cette force de répulsion.



## 2. LES FORCES NUCLÉAIRES SPÉCIFIQUES

- De 2 types
- S'exercent à de distances **très faibles** (10<sup>-15</sup>m)
- Existent uniquement au niveau du noyau

## INTERACTION FAIBLE

- **Répulsive**
- Explique les transformations isobariques

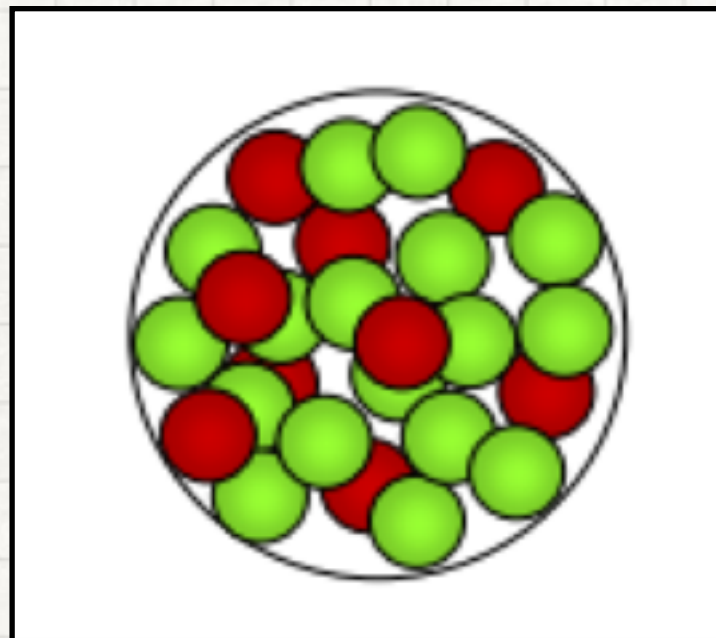


## INTERACTION FORTE

- **Attractive**
- 100 à 1000 fois > à la force électrostatique
- **Répulsive à très courte distance**, ce qui permet l'incompressibilité des nucléons
- Correspond à la mise en commun de particules d'interactions entre les quarks : les gluons

## 1. MODÈLE DE LA GOUTTE SPHÉRIQUE

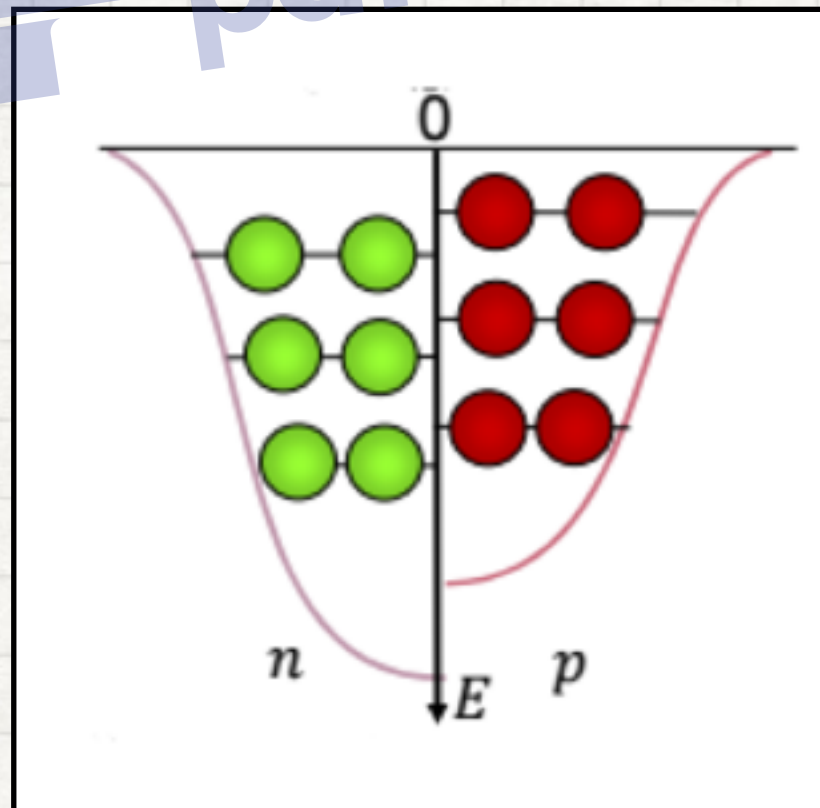
- Le noyau est une sphère contenant les nucléons liés entre eux par l'interaction forte
- Densité homogène des charges
- Explique **l'incompressibilité** du noyau
- Ne permet pas de comprendre les nombres magiques





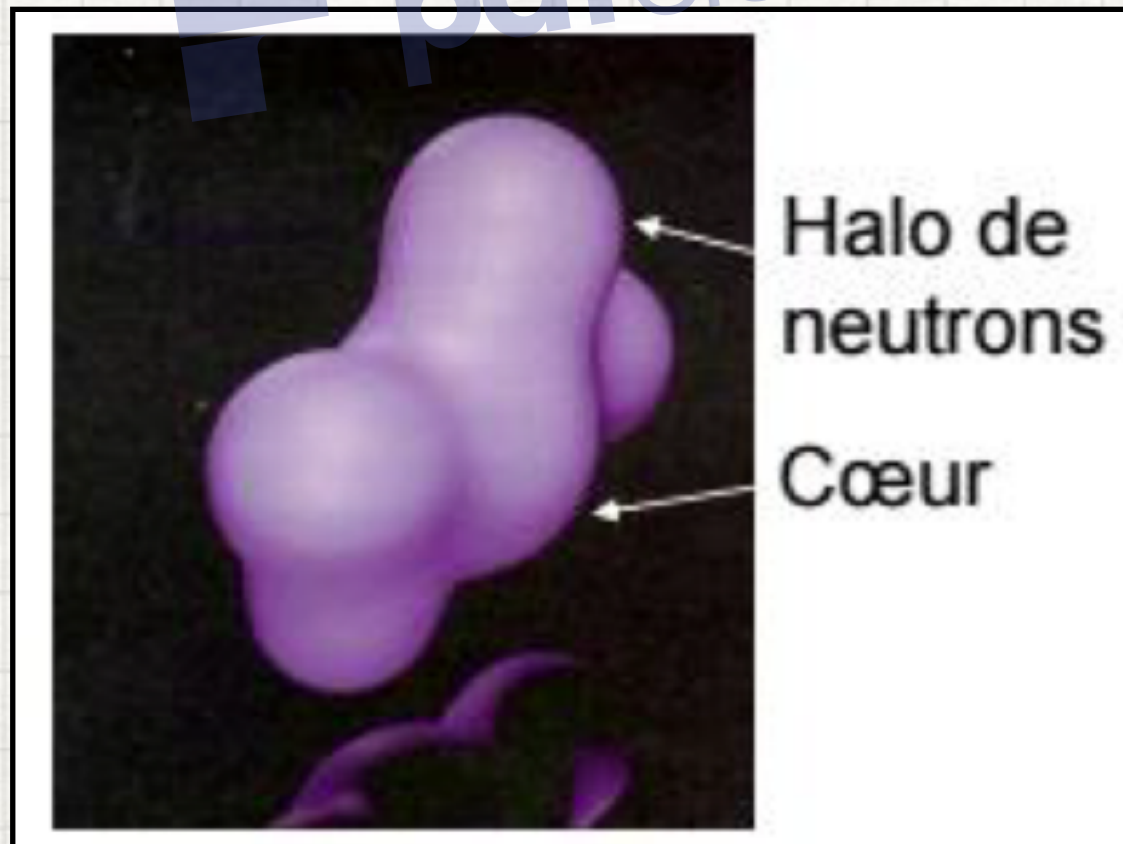
## 2. MODÈLE EN COUCHE

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



## 3. 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







**Perte de masse = augmentation de  $E_{L/\alpha}$**

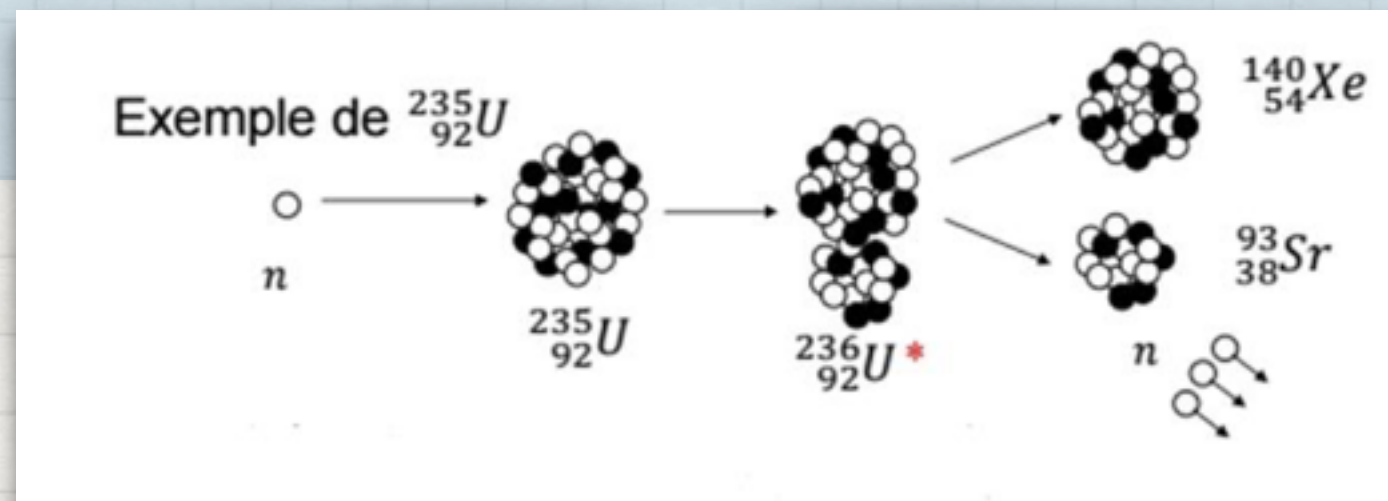


## 1. FISSION

1 **noyau + lourd** peut libérer de l'énergie en se fragmentant pour former **2 noyau + léger** mais avec un **rapport  $E_L/A$  plus élevé**.

Exemple de la fission de l'uranium :

On envoie un neutron 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.





## 2. FUSION NUCLÉAIRE

**2 noyaux légers** peuvent fusionner pour donner un **noyau plus gros mais plus léger** avec un **rapport  $E_L/A$  plus élevé**.

Exemple de la fusion de deux isotopes de l'hydrogène :

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



MERCI POUR VOTRE  
ATTENTION

