

Cours n°3
Le noyau





PLAN DU COURS

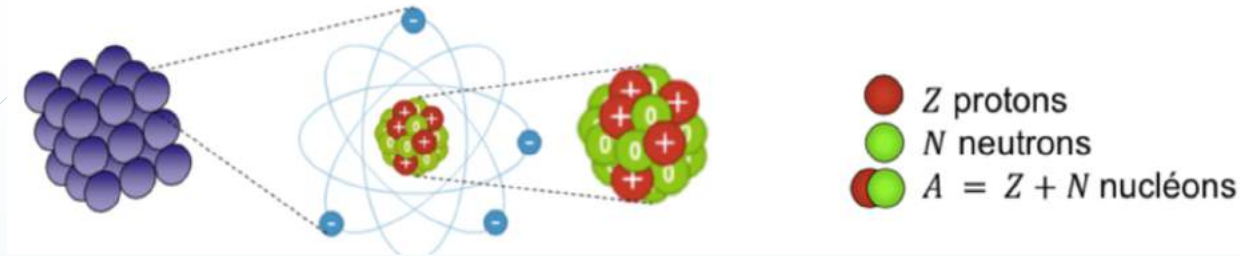
- I. Composition des nuclides
- II. Classification des nuclides
- III. Défaut de masse et énergie de liaison
- IV. Facteurs de stabilité nucléaire
- V. Forces nucléaires
- VI. Modèles nucléaires
- VII. Fission et fusion nucléaire

I. Composition des nuclides



Qui est cette jeune femme ?

Un noyau X est composé de **A nucléons**, répartis en **Z protons** et **N neutrons**

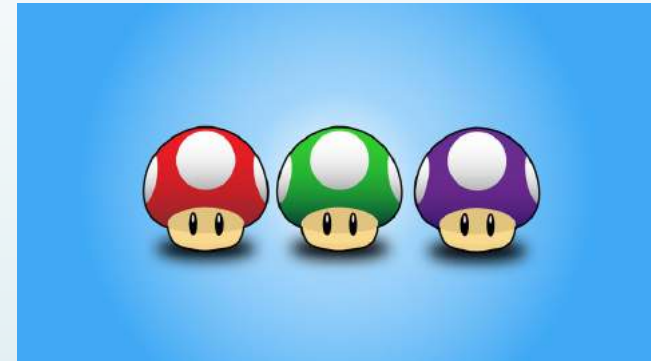


✓ **Nombre de protons Z = numéro atomique = nombre d'électrons = nombre de charges**

- Il est à l'origine de la classification de Mendeleïev
- Il est une particule stable à l'état libre

✓ **Nombre de neutrons N = A - Z**

- Le neutron est une particule **instable** hors du noyau se **transformant** spontanément selon la réaction suivante : ${}_0^1n \rightarrow {}_1^1p + {}_{-1}^0e + \bar{\nu}$
- Il possède une **demi-vie très courte**
- A représente la **valeur entière la plus proche** de la masse de l'atome en u (ex : si m = 15,994u alors A = 16)



Les **nucléons** sont eux mêmes constitués de **particules élémentaires** selon **3 familles** :

1. Les Quarks

- Quarks **up** avec une charge de **+2/3**
- Quarks **down** avec une charge de **-1/3**
- Un neutron est composé de 2 Quarks down et 1 Quark up (udd)
- Un proton est composé de 2 Quarks up et 1 Quark down (uud)

2. Les Leptons

- Électrons, neutrinos, antineutrinos

3. Les particules d'interaction


- Les bosons

Three Generations of Matter (Fermions)

	I	II	III
mass	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²
charge	2/3	2/3	2/3
spin	1/2	1/2	1/2
name	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV/c ² -1/3 1/2 d down	104 MeV/c ² -1/3 1/2 s strange	4.2 GeV/c ² -1/3 1/2 b bottom
Leptons	<2.2 eV/c ² 0 1/2 ν_e electron neutrino	<0.17 MeV/c ² 0 1/2 ν_μ muon neutrino	<15.5 MeV/c ² 0 1/2 ν_τ tau neutrino
	0.511 MeV/c ² -1 1/2 e electron	105.7 MeV/c ² -1 1/2 μ muon	1.777 GeV/c ² -1 1/2 τ tau



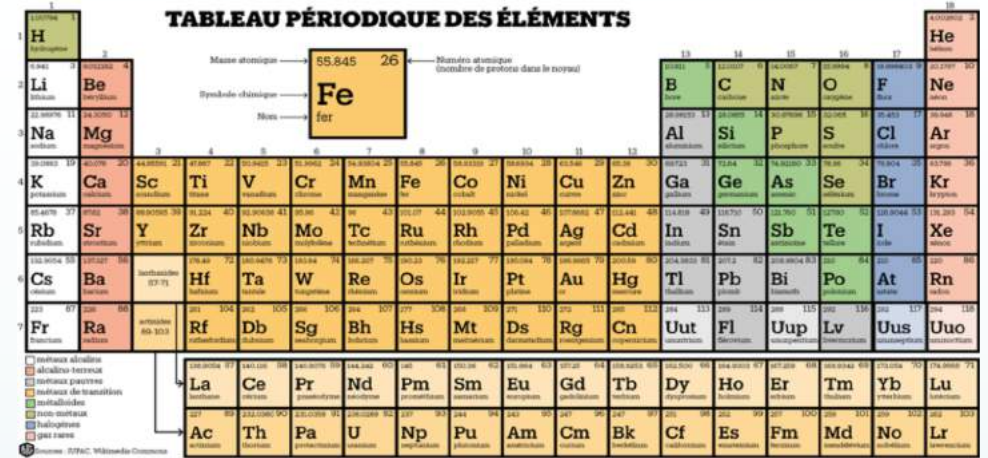
PLAN DU COURS

- 
- I. Composition des nuclides
 - II. Classification des nuclides
 - III. Défaut de masse et énergie de liaison
 - IV. Facteurs de stabilité nucléaire
 - V. Forces nucléaires
 - VI. Modèles nucléaires
 - VII. Fission et fusion nucléaire

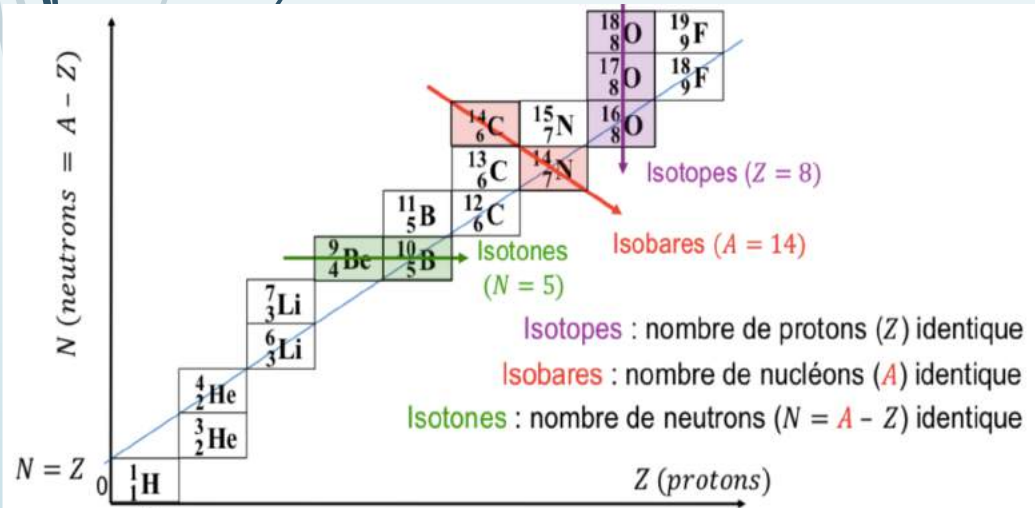
II. Classification des nuclides



✓ On a une classification « **chimique** » avec le tableau périodique des éléments = classification de Mendeleïev. On classe les éléments dans ce tableau grâce au **numéro atomique Z**.



✓ Pour une classification « **physique** », on utilise la **table des nuclides** :



+++

Les isotopes	Même nombre de Protons Z donc même élément chimique. Ils sont dans une même colonne.
Les isobares	Même nombre de nucléons A . Ils sont dans une même diagonale.
Les isotones	Même nombre de Neutrons N . Ils sont dans une même ligne.
Les isomères	Même Z et même A mais niveau d'énergie interne différent.



PLAN DU COURS

- I. Composition des nuclides
- II. Classification des nuclides
- III. Défaut de masse et énergie de liaison
- IV. Facteurs de stabilité nucléaire
- V. Forces nucléaires
- VI. Modèles nucléaires
- VII. Fission et fusion nucléaire

L'ENIGME DE LA FAMILLE



- Le papa est en prison, sa fille pleure devant un hôtel et la maman est ravie...
Pourquoi ???



Ils jouent au Monopoly 😊

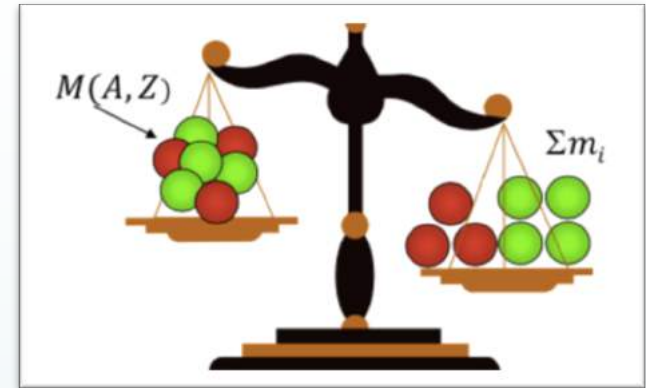
Moi quand je découvre le
QCM sur Tchernobyl au CC...

III. Défaut de masse et énergie de liaison



- ✓ La masse d'un noyau constitué est **inférieur** à la somme des masses de ses constituants (nucléons) :

$$M(A, Z) < \sum m_i$$

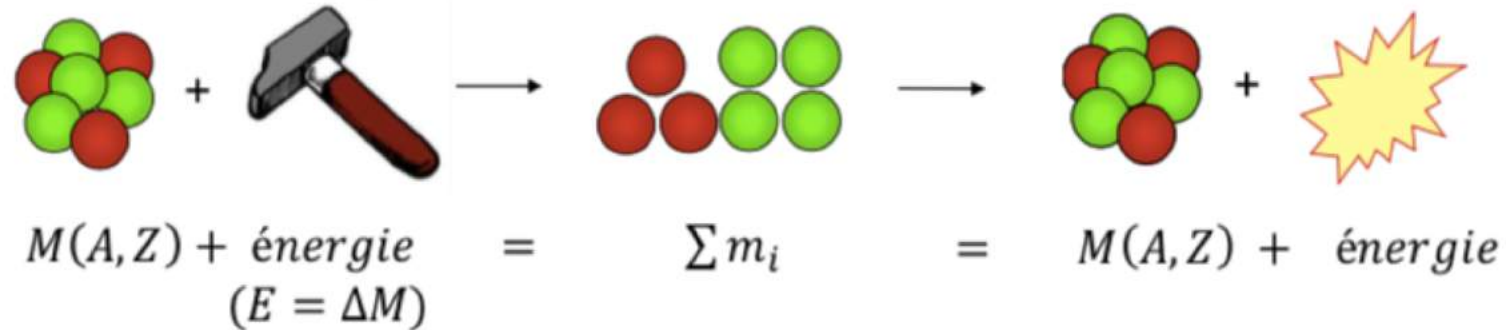


- ✓ Cette perte de masse est appelé **défaut de masse** :

$$\Delta M(A, Z) = \sum m_i - M(A, Z)$$

- ✓ Ce défaut de masse équivaut à une énergie : **l'énergie de liaison des nucléons**
 $E_L \text{ (MeV)} = 931,5 \times \Delta M \text{ (u)}$
- ✓ L'énergie de liaison des **électrons** est **négligeable** par rapport à celles des **nucléons** donc le défaut de masse de l'atome équivaut au défaut de masse du noyau.

- ✓ Cette **énergie de liaison des nucléons** est celle qui les lie entre eux dans le noyau, c'est donc l'énergie qu'il faut **apporter** si on veut **fragmenter (dissocier)** un noyau en ses nucléons élémentaires



Application du calcul de l' E_L du noyau d'Oxygène $^{16}_8\text{O} + +$

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

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

On sait que $E_L = 931,5 \times \Delta M$ donc,

$$E_L = 931,5 \times 0,137\text{u} = \mathbf{127,6 \text{ MeV}}$$

Données :

$$M(16,8) = 15,99491\text{u}$$

$$M_p = 1,00728\text{u}$$

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

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

PLAN DU COURS

- I. Composition des nuclides
- II. Classification des nuclides
- III. Défaut de masse et énergie de liaison
- IV. Facteurs de stabilité nucléaire
- V. Forces nucléaires
- VI. Modèles nucléaires
- VII. Fission et fusion nucléaire

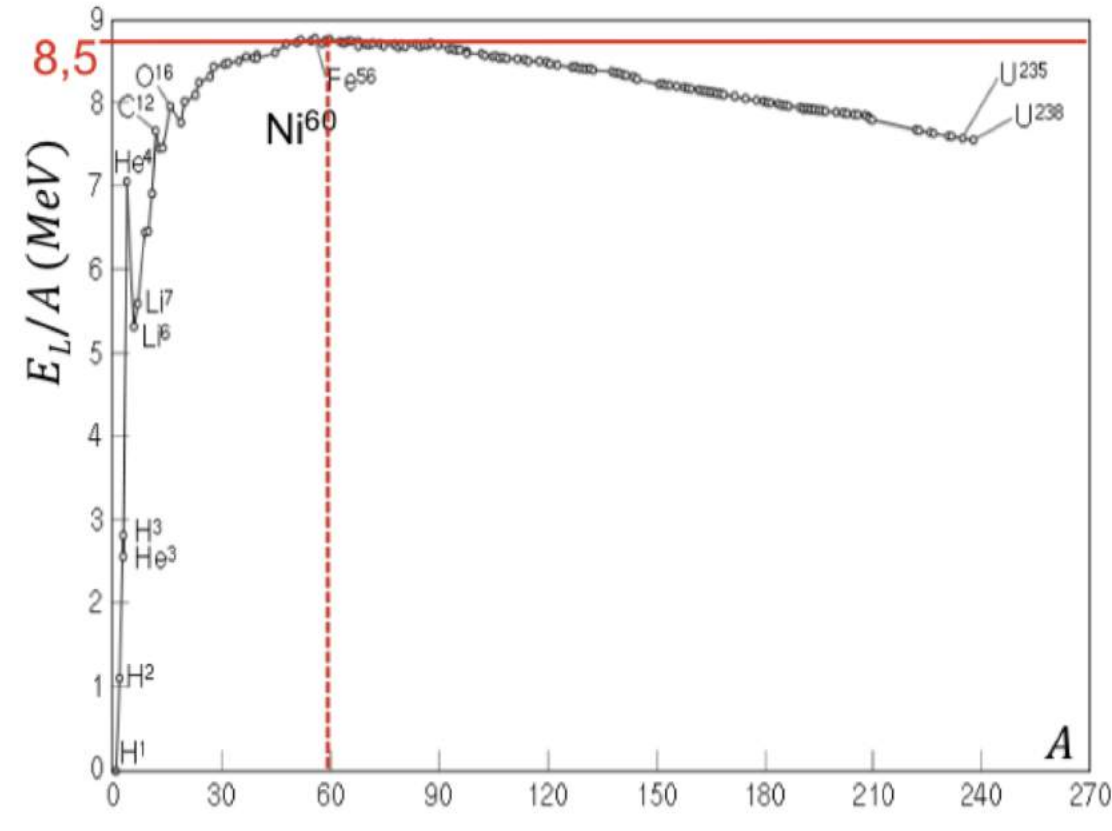


IV. Facteurs de stabilité nucléaire



Vous entrain de défoncer la Biophy
au CC 😊

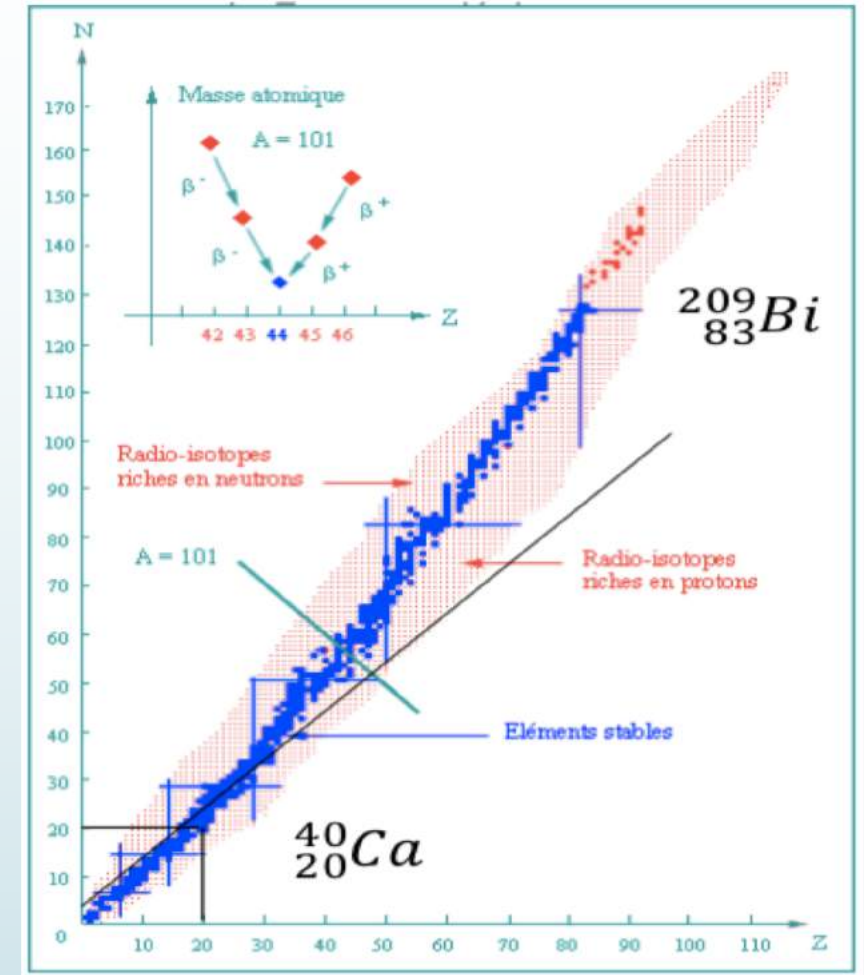
A. L'énergie de liaison par nucléons



- ✓ Plus l'énergie de liaison par nucléons (E_L/A) est **importante**, + le noyau est **stable**.
- ✓ Le but est donc d'avoir une **masse minimale** pour une **énergie de liaison maximale**
- ✓ E_L augmente jusqu'à son **maximum (8,5 MeV)**
- ✓ Le **Fer** et le **Nickel** sont les éléments les **plus stables**

B. Le nombre de neutrons

- ✓ La **répartition protons/neutrons** intervient dans la **stabilité** du noyau
- ✓ Pour les noyaux légers, $Z = N$ jusqu'au Calcium. Ils sont situés dans la **vallée de la stabilité**
- ✓ Pour les noyaux lourds, $N > Z$ car **+ de neutrons** sont nécessaires pour **diminuer les forces répulsives des protons**
- ✓ Au-delà du Bismuth 209, plus de stabilité possible




C. Parité du nombre de nucléons

<i>Z</i>	<i>N</i>	<i>A</i>	Nbre de noyaux stables
<i>pair</i>	<i>pair</i>	<i>pair</i>	166
<i>pair</i>	<i>impair</i>	<i>impair</i>	55
<i>impair</i>	<i>pair</i>	<i>impair</i>	51
<i>impair</i>	<i>impair</i>	<i>pair</i>	5

- ✓ La parité est un facteur de stabilité car les nucléons ont un spin de $+\frac{1}{2}$ ou $-\frac{1}{2}$
- ✓ Ils ont donc tendance à se regrouper par paires avec un nucléon de signe opposé pour un maximum de stabilité



PLAN DU COURS

- 
- I. Composition des nuclides
 - II. Classification des nuclides
 - III. Défaut de masse et énergie de liaison
 - IV. Facteurs de stabilité nucléaire
 - V. Forces nucléaires
 - VI. Modèles nucléaires
 - VII. Fission et fusion nucléaire

V. Forces nucléaires



Les forces nucléaires :

- ✓ Sont responsables de la cohésion (stabilité) du noyau
- ✓ Leurs intensités correspondent à l'énergie moyenne de liaison du noyau
- ✓ Sont liées aux interactions des nucléons entre eux

A. La force électrostatique

- ✓ De type **coulombien**
- ✓ Concerne uniquement les **protons** dans le noyau
- ✓ Elle est **répulsive** donc s'oppose à la cohésion du noyau
- ✓ Elle explique **l'excès de neutron des noyaux lourds** car les neutrons s'interposent entre les protons pour diminuer cette force de répulsion

B. Les forces nucléaires

- ✓ Sont de 2 types
- ✓ S'exercent à de distances très faibles
- ✓ Existents uniquement au niveau du noyau

Interaction faible	Interaction forte
	<ul style="list-style-type: none">• Attractive
<ul style="list-style-type: none">• Répulsive	<ul style="list-style-type: none">• Répulsive à très courte distance (permet l'incompressibilité du noyau)
<ul style="list-style-type: none">• Expliquent les transformations isobariques	<ul style="list-style-type: none">• 100 à 1000 fois > à la force électrostatique• Correspond à la mise en commun de particules d'interactions (les bosons) qui sont les gluons



PLAN DU COURS

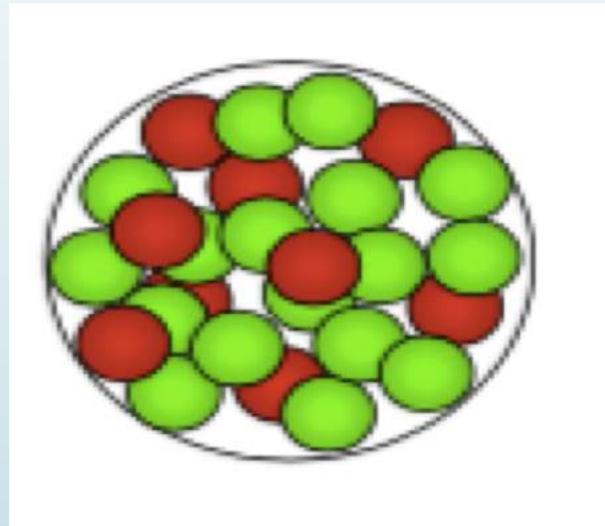
- I. Composition des nuclides
- II. Classification des nuclides
- III. Défaut de masse et énergie de liaison
- IV. Facteurs de stabilité nucléaire
- V. Forces nucléaires
- VI. Modèles nucléaires
- VII. Fission et fusion nucléaire

VI. Modèles nucléaires



A. Modèle de la goutte sphérique

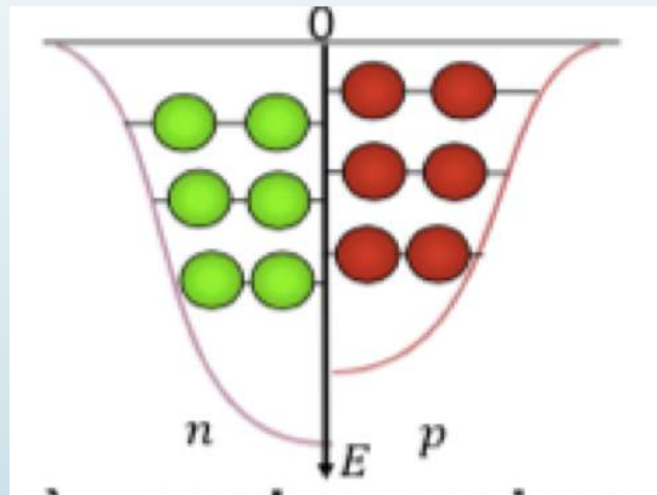
- ✓ Le noyau est une sphère contenant les nucléons liés entre eux par l'interaction forte
- ✓ Densité homogène des charges
- ✓ Explique l'**incompressibilité** du noyau
- ✓ Ne permet pas de comprendre les nombres magiques



B. Modèle en couche

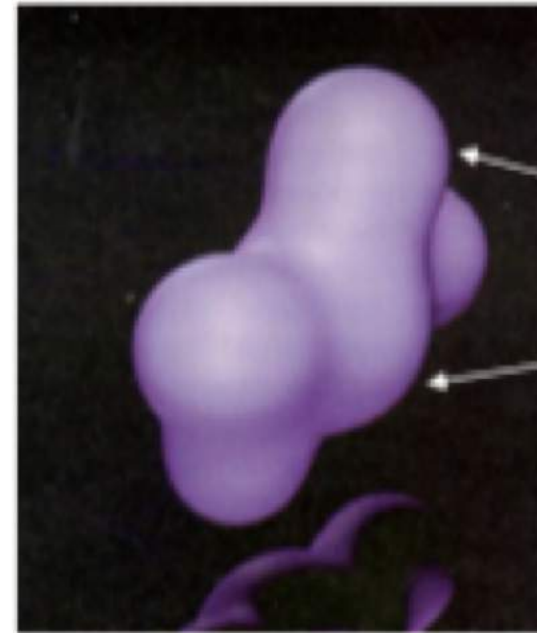


- ✓ Explique la **stabilité** particulière des noyaux à **nombre magique** : les couches pleines permettent une meilleure stabilité
- ✓ Explique l'existence du niveau fondamental et des **niveaux excités**
- ✓ **Répartition en couches**
- ✓ Système différent pour les protons et les neutrons



C. 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**



Halo de
neutrons

Cœur

Le recherche 2000

PLAN DU COURS

- I. Composition des nuclides
- II. Classification des nuclides
- III. Défaut de masse et énergie de liaison
- IV. Facteurs de stabilité nucléaire
- V. Forces nucléaires
- VI. Modèles nucléaires
- VII. Fission et fusion nucléaire





Instant Citation...

Il n'existe que 2 choses infinies, l'univers et la bêtise humaine...mais pour l'univers, je n'ai pas de certitude absolue.

Qui a dit cette jolie phrase ?

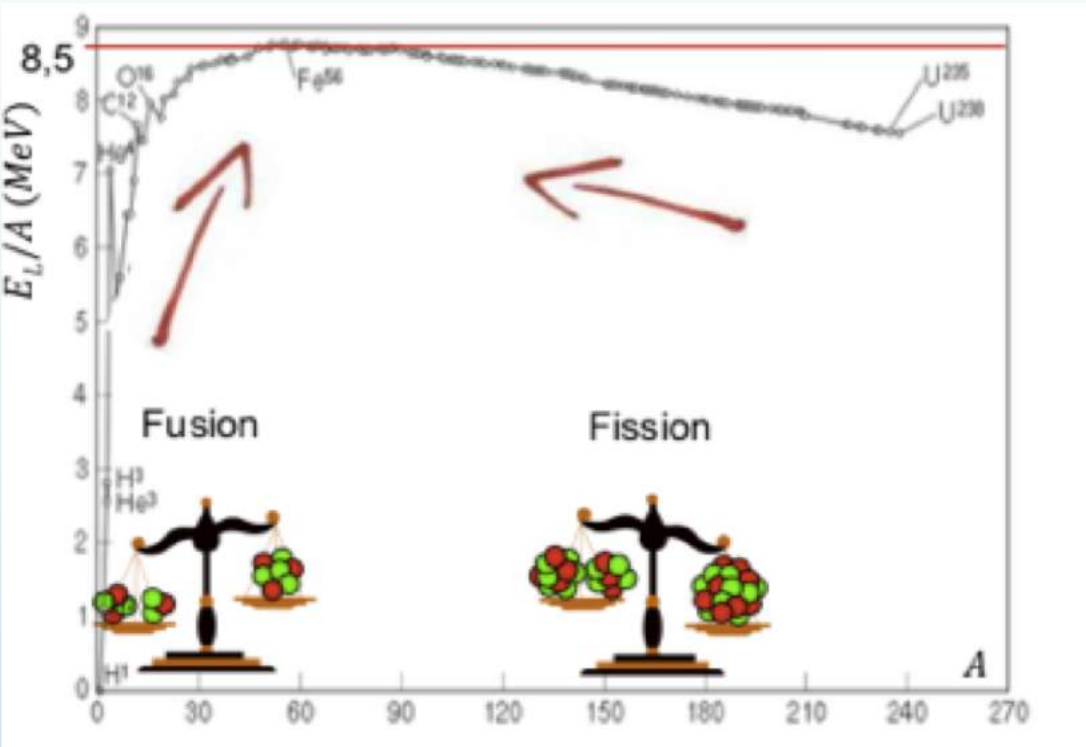
Albert Einstein <3

VII. Fission et fusion nucléaire



- ✓ Gain de masse = consommation d'énergie
- ✓ Perte de masse = libération d'énergie = augmentation de $E_L/A =$ augmentation de la stabilité

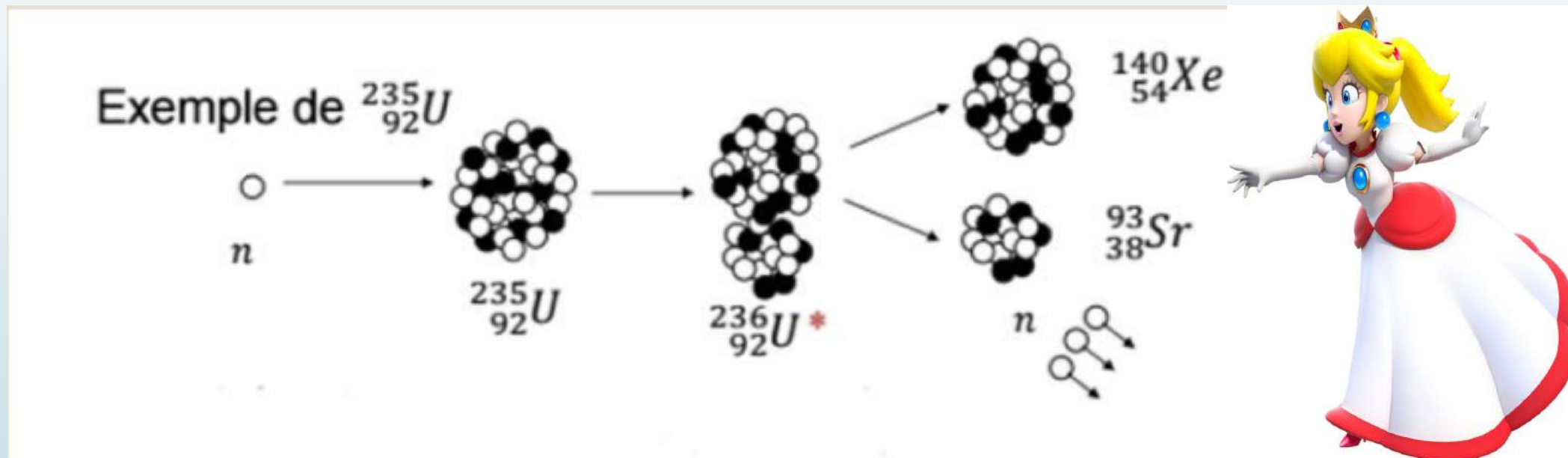
✓ La fusion et la fission **libèrent de l'énergie**



A. La fission nucléaire

Exemple de l'uranium :

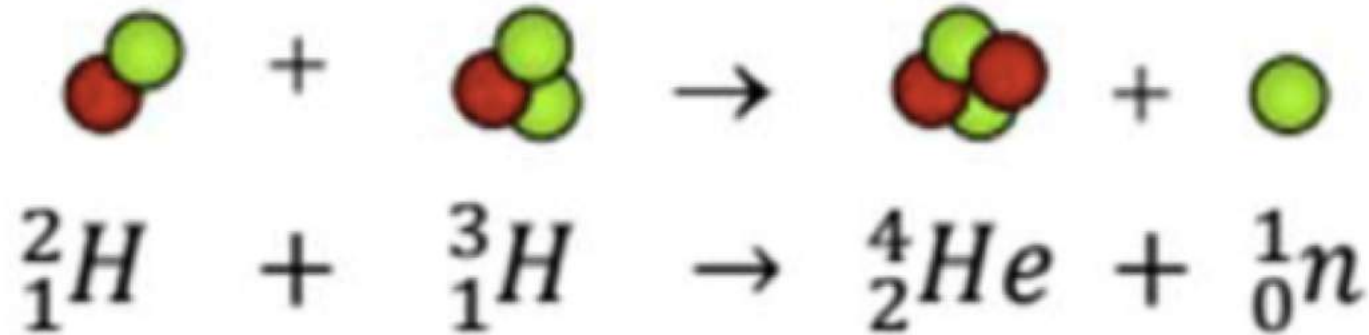
- ✓ On envoie un **neutron lent** qui va percuter un gros noyau (uranium).
- ✓ Le noyau devient alors **instable** et se sépare en **2 noyaux plus petits**. La réaction libère aussi 3 neutrons.



B. La fusion nucléaire

Exemple de la 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'Hélium** ${}^4_2\text{He}$ beaucoup **plus stable** et un neutron .





BONNE CHANCE POUR LA SUITE
LES (Mario) BROS

