



# PAES – 1<sup>er</sup> Semestre 2011-2012

## BIOPHYSIQUE DES RADIATIONS

### Noyaux

Dans la famille ordinaire (matière qui nous entoure) :

#### 2 types de particules :

- Leptons : électron et neutrino de l'électron
- Quarks : u (up) et d (down)
  - ➔ Les nucléons sont composés de 3 quarks : Proton : uud ; Neutron : udd

Isotopes : Z identique (symbole chimique identique)

Isobares : A identique

Isotones : A - Z identique

Isomères : A et Z identiques (différence d'énergie interne)

$$\begin{aligned} R_{\text{noyau}} &= 10^{-15} \text{ m} \\ R_{\text{atome}} &= 10^{-10} \text{ m} \\ \rho_{\text{noyau}} &= 10^{15} \text{ g.cm}^{-3} \\ 1u &= 931,5 \text{ MeV}/c^2 \end{aligned}$$

	Défaut de masse	Ordre de grandeur
Masse d'un noyau constitué < $\Sigma$ des masses de ses nucléons.	$\Delta M_{\text{noyau}}(A, Z) = M_{\text{noyau}}(A, Z) - \Sigma m_{\text{nucléons}}$	MeV
Masse d'un atome constitué < $\Sigma$ des masses des nucléons et des électrons.	$\Delta M_{\text{atome}}(A, Z) = M_{\text{noyau}}(A, Z) + Z.m_{e^-} - M_{\text{atome}}(A, Z)$	KeV
Masse d'une molécule constituée < $\Sigma$ des masses de ses atomes.	$\Delta M_{\text{molécule}} = M_{\text{molécule}} - \Sigma m_{\text{atomes}}$	eV

Energie de liaison :  $E_L = \Delta M.c^2 = 931,5.\Delta M \text{ MeV}$  (avec  $\Delta M$  en u)

A tout groupe cohérent de particules correspond un défaut de masse qui est lié à l'énergie de liaison de ces particules entre-elles.

En pratique :  $\Delta M_{\text{noyau}}(A, Z) = \Delta M_{\text{atome}}(A, Z)$

Si l'énergie de liaison par nucléon  $\nearrow \Leftrightarrow$  la stabilité du noyau  $\nearrow$ .

$E_L/A$  augmente avec A jusqu'à 8,5 MeV (pour A = 58), puis diminue avec les noyaux lourds.

Certains noyaux légers sont particulièrement stables (nombres magiques).

#### Vallée de la stabilité :

- Pour les noyaux légers, Z = N
- Au-delà de  $^{40}_{20}\text{Ca}$  N > Z (la vallée de la stabilité s'élève au-dessus de la 1<sup>ère</sup> diagonale)
- Pour A > 200, pas de stabilité possible

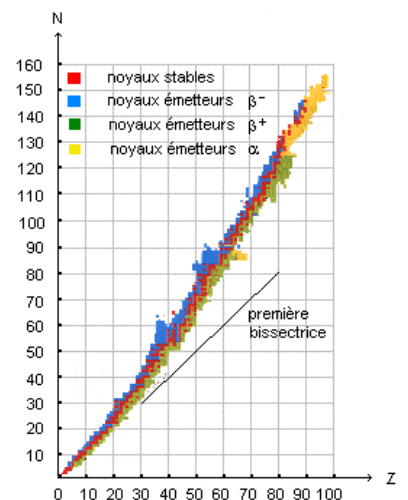
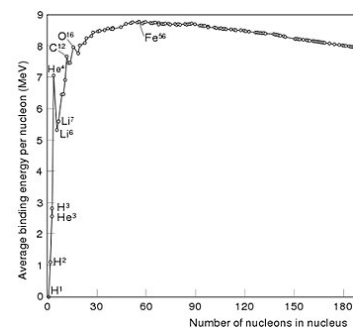
La majorité des noyaux stables ont Z et N pairs, très peu de noyaux sont stables avec Z et N impairs. Les autres noyaux sont stables avec Z ou N pair  $\Rightarrow$  les nucléons ont tendance à se regrouper par pairs ( $\pm \frac{1}{2}$ ).

#### Forces nucléaires :

Force électrostatique : force répulsive concernant les protons  $\Rightarrow$  explique l'excès de neutron des noyaux lourds

Interaction faible : force répulsive  $\Rightarrow$  explique les transformations radioactives

Interaction forte : force attractive (mais répulsive à très courte distance)  $\Rightarrow$  assure la cohésion du noyau grâce à la mise en commun de gluons



**Modèles nucléaires :**

- Modèle de la goutte sphérique :
  - Nucléons confinés dans une goutte
    - ➔ Incompressibilité
    - ➔ Sphérique
    - ➔ Densité homogène des charges
- Modèle en couches :
  - Nucléons caractérisés par des nombres quantiques
  - Système différent pour les protons et les neutrons
    - ➔ Stabilité des noyaux à nombre magique
    - ➔ Existence d'un niveau fondamental et de niveaux excités
- Modèle mixte :
  - Un cœur sur le modèle en couches
  - Un halo de neutrons périphérique en cas d'excès de neutrons qui explique la stabilité particulière

**Fusion :** concerne les atomes pour lesquels  $A < 58$

**Fission :** concerne les atomes pour lesquels  $A > 58$