

Fiche récap : cours sur le noyau

Rappels :

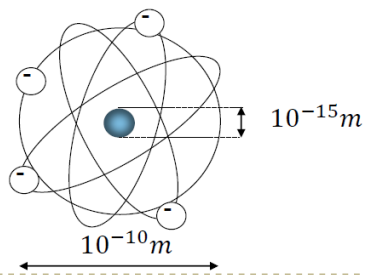
- Rayons X = émis par le cortège électronique
- Radioactivité = au niveau du noyau
- noyau = nuclide = nucléide

Historique :

- Antiquité :
 - **Démocrite** → matière composée de particules élémentaires indivisibles et invisibles, qu'il nomme **atomes**
 - **Aristote** → son principal opposant, **théorie des 4 éléments** (eau, air, feu, terre)
- 1805 : **Dalton** → l'atome est une **sphère dure pleine de matière**
- 1897 : **Thomson** → premier à découvrir les **composants de l'atome**, modèle en **pudding au raisin** (électrons répartis dans un environnement positif)
- XXème siècle : 2 zones → noyau + et nuage électronique –
- **Rutherford** : électrons gravitent dans un nuage autour du noyau, modèle **planétaire**
- **Bohr** : notions de **couches électroniques** avec des électrons d'énergies définies

Expérience de Rutherford :

- Faisceau de particules α projetées sur une feuille d'or + couronne détectrice placée à 360° autour
- Résultats : majorité des particules traversent la feuille, un petit pourcentage dévié et 1/20000 rebondissent
- Conclusion : l'atome est plein de vide → structure lacunaire, masse des électrons très faible, concentrée quasi-exclusivement dans le noyau



Nomenclature :

A = nbre de nucléons = nbre de masse

Z = nbre de protons (ou d'électrons) = numéro atomique = nbre de charge



A = nombre de masse

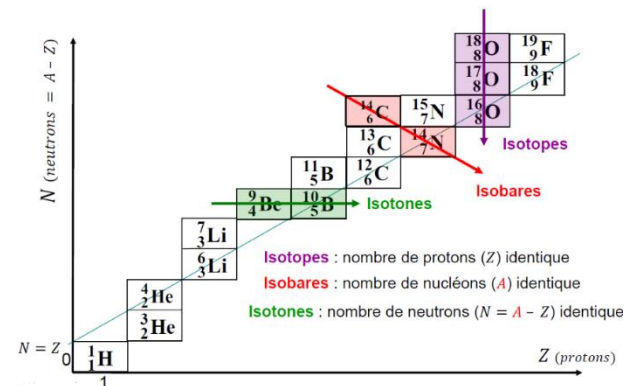
Z = numéro atomique

Classifications :

- En fonction du Z → classification périodique, adaptée à la chimie
- En fonction du A → table des nuclides, adaptée à la physique nucléaire, tient compte du nombre de neutrons et permet de classer tous les noyaux naturels et radioactifs

Définitions+++ :

- **Isotopes** : Deux nucléides avec le **même nombre de protons Z**, mais des A différents. Les isotopes sont indiscernables chimiquement.
- **Isobares** : Deux nucléides avec le **même nombre de masse A**, mais des Z différents. Deux isobares sont donc deux éléments chimiques différents.
- **Isotones** : Deux nucléides avec le **même nombre de neutrons** (A et Z sont différents). Deux isotones sont donc deux éléments chimiques différents.



Abondance isotopique :

fraction molaire de chaque isotope dans le mélange, en %, la majorité des éléments chimiques existant à l'état naturel sous la forme d'un mélange de plusieurs isotopes. La somme des abondances isotopiques d'un même élément chimique est égale à 100%.

Les nucléons :

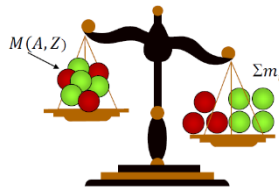
- Proton : existe à l'état libre $\frac{1}{1}p$ ou $\frac{1}{1}H$ ou H^+
- Neutron : instable en dehors du noyau, $\frac{1}{2}$ vie de 10 minutes environ selon la réaction : $\frac{1}{0}n \rightarrow \frac{1}{1}p + \frac{0}{-1}e + \bar{\nu}$
- Le neutron est légèrement plus lourd que le proton. Ce ne sont pas les particules les plus élémentaires de la matière.

Les particules élémentaires :

- Les **Quarks** (famille I) : up (+2/3 e) et down (-1/3 e), prisonniers des nucléons, expliquant leurs charges $\rightarrow p = 2u + 1d = 1e$ et $n = 1u + 2d = 0e$
- Les Leptons (famille I) : électrons et neutrino de l'électron, peuvent se déplacer librement.
- Les particules d'interactions : les Bosons

Energie de liaison et défaut de masse :

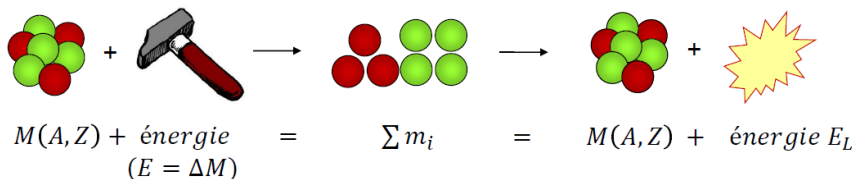
LA MASSE D'UN NOYAU CONSTITUÉ EST INFÉRIEURE À LA SOMME DES MASSES DE SES NUCLÉONS PRIS SÉPARÉMENT.



- Le défaut de masse correspond à cette différence de masse entre le noyau constitué et la somme des masses de ses nucléons pris séparément. (pour le détail du calcul, allez voir la fiche complète)
- Ce défaut de masse correspond à une énergie selon la loi d'équivalence masse-énergie, l'énergie de liaison des nucléons \rightarrow énergie qu'il faut fournir pour dissocier le noyau :

$$\bullet E_L = \Delta M \times c^2 \text{ avec } E \text{ en Joules, } \Delta M \text{ en Kilogrammes et } c = 3.10^8 \text{ m/s}$$

$$\bullet E_L = 931,5 \times \Delta M \text{ avec } E \text{ en MeV et } \Delta M \text{ en u}$$

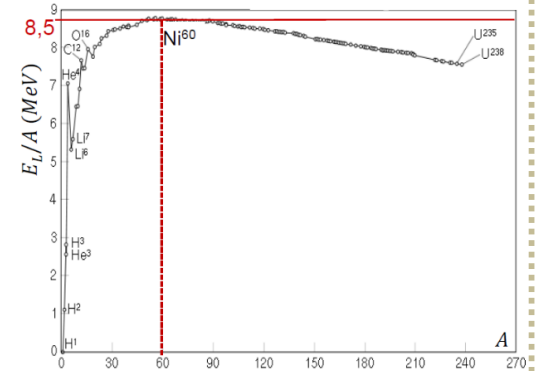


- Ordres de grandeurs de l'énergie de liaison à différentes échelles :
Noyau/nucléons \rightarrow MeV ; Atome/électrons \rightarrow keV ; Molécules/atomes \rightarrow eV

Facteurs de stabilité nucléaire :

- **Energie de liaison par nucléon** $E_{L/A}$: on divise l'énergie de liaison du noyau par le nombre de nucléon A, plus $E_{L/A}$ est élevée plus le noyau est stable.

Explication des pics pour les noyaux légers : nombres « magiques » pour le A et/ou le Z $\rightarrow 2, 8, 20, 50, 82$



- **Nombre de neutrons** : pour les noyaux légers ($A < 20$) $\rightarrow N = Z$; pour les noyaux lourds ($A > 20$) $\rightarrow N > Z$

- **Parité du nombre de nucléons** : la grande majorité des noyaux stables ont un nombre de protons et de neutrons qui est pair.

Forces nucléaires :

Sont liées aux interactions des nucléons entre eux au sein du noyau, elles sont responsables de la stabilité ou de l'instabilité de ce dernier.

- Interaction forte :

Nucléaire spécifique, attractive, $100x$ à $1000x >$ force électrostatique, s'exerce à très faible distance, correspond à la mise en commun des Gluons (famille des Bosons)

- Interaction faible :

Nucléaire spécifique, discrète, s'exerce à très courte distance, à l'intérieur même des nucléons, permet de changer un proton en un neutron et inversement \rightarrow à l'origine des transformations isobariques

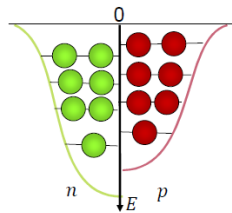
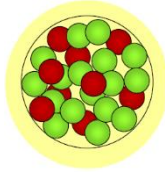
- Force électrostatique :

Non spécifique du noyau, proportionnelle au produit des deux charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare, concerne les protons (vu les neutrons sont neutres), répulsive (car le même signe se repousse), explique l'excès de neutrons des noyaux lourds

Modèles nucléaires :

- Modèle de la **goutte sphérique** : noyau assimilé à un liquide constitué de nucléons confinés dans cette goutte, incompressible, sphérique, permettant une densité homogène des charges.

- Modèle en **couche** : analogue à celui des atomes, nucléons caractérisés par des nombres quantiques, répartis en couches remplies successivement, explique la stabilité des nombres magiques par le remplissage complet des couches, et l'existence d'un état fondamental et excité du noyau (pour les transformations isomériques).



Réactions de fission et de fusion nucléaire :

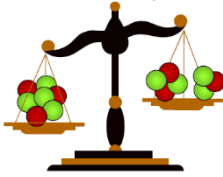
- **Fusion** : on fusionne deux petits noyaux en un noyau de taille plus importante, le noyau obtenu est plus léger, on a donc libéré de l'énergie

- **Fission** : on part d'un gros noyau que l'on fissionne en deux noyaux plus petits, le système final a une masse plus faible, on a donc aussi libéré de l'énergie. Dans les deux cas → perte de masse globale = libération d'énergie (loi d'équivalence masse-énergie)

Au niveau de noyaux ?

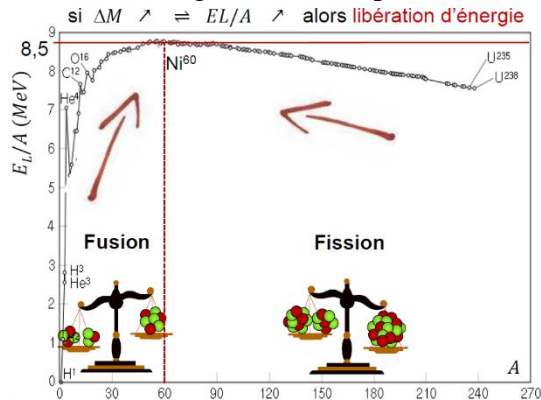


Fusion de 2 petits ?



Fission d'un gros ?

Cela s'explique par l'augmentation de l'énergie de liaison par nucléon $E_{L/A}$ dans les deux situations :



Calculs d'énergie libérée lors de fissions ou fusions nucléaires :

Méthodologie ultra simplifiée, allez voir la fiche complète pour ces calculs

1- Calcul de l'énergie avant et après la réaction → on multiplie chaque $E_{L/A}$ par le A de l'atome correspondant pour avoir l'énergie de liaison totale par atome, puis on additionne les énergies de liaison avant la réaction d'un côté, et après la réaction d'un autre côté

2- On fait la différence entre les deux et ça donne l'énergie libérée au cours de la réaction

Exemples d'applications :

- Fission : fission spontanée de l'uranium-235, très lente, peu être induite par un bombardement de neutrons pour former l'uranium-236, très instable. Utilisations dans la bombe A nucléaire, et dans le civil dans les centrales nucléaires.

- Fusion : existe à l'état naturel dans le soleil, bombe H pour hydrogène, recherche scientifique avec les réacteurs thermonucléaires ITER, dans le but de produire de l'électricité grâce à la fusion.