

Le noyau



Je vous sortirai la fiche complète un peu plus tard avec toutes les parties que j'ai passé par manque de temps à la TTR.

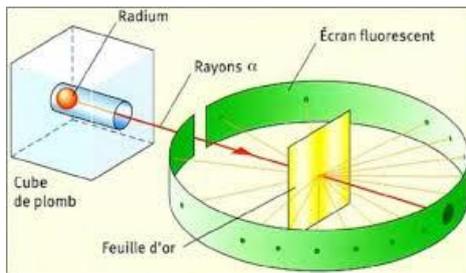
I/ Introduction : Rutherford et son expérience

Je vous passe la partie historique pour la TTR (de rien).

Rutherford a permis de découvrir la **structure de l'atome** à partir de son expérience de la feuille d'or. Elle consiste à projeter un faisceau de particule alpha issu d'uranium (noyau d'hélium) sur une fine feuille d'or avec une couronne d'émetteur à 360° autour.

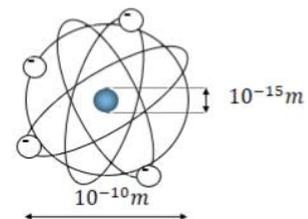
Il s'attendait à ce que le faisceau traverse avec très peu de déviation (modèle du pudding de l'époque) mais il se rend compte que la **majorité traverse sans être dévié**, un **petit % est dévié** un peu et **1 particule sur 20 000 rebondit** et tape le détecteur à 180°.

Cela vient totalement contredire le modèle de l'époque. On explique ces résultats car :



- ♥ La **plupart** des particules vont **traverser** le vide **sans être déviées**
- ♥ Un **petit pourcentage** va passer à proximité du noyau et être **dévié** du fait de la charge positive
- ♥ Et **1/20 000** vont rentrer en contact avec le noyau et **rebondir** sur la feuille d'or

Rutherford décrit donc une **structure lacunaire** et un **modèle planétaire** de l'atome : les électrons sont satellisés autour d'un noyau central positif concentré à $10^{-15}m$ qui contient la quasi-totalité de la masse de l'atome.



II/ Composition du noyau et classification :

Le noyau est donc un assemblage compact de protons et de neutrons :

- **A= nombre de nucléons** (neutron et de proton) = nombre de masse
- **Z= nombre de proton**= nombre d'électron, proportionnel à la charge électrique du noyau= nombre de charge, indissociable de l'élément chimique
- **X= symbole** de l'élément
- **N= nombre de neutron** (A-Z)



A = nombre de masse
Z = numéro atomique

A- Classement en fonction du nombre de proton : Tableau périodique des éléments

Le tableau périodique des éléments est la classification de Mendeleïev. Il **classe les atomes en fonction du Z croissant**. Les colonnes forment des familles avec des propriétés physico-chimiques similaires.

Classification périodique des éléments (de Mendeleïev).

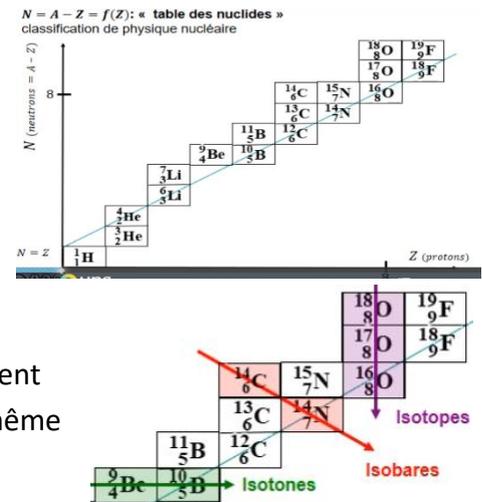
1 H									2 He
3 Li	4 Be								
11 Na	12 Mg								
19 K	20 Ca								
		5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
		13 Al							

B- Classement en fonction du nombre de neutrons : table des nuclides

Elle est plus adaptée à la radioactivité. On classe les atomes dans un repère cartésien avec en abscisse Z et en ordonné N. On classe alors 300 nuclides naturels assez stables et 2500 radioactifs.

Elle fait apparaître :

- ♥ Les **isotones** : même nombre **Neutron**
- ♥ Les **isotopes** : même nombre de **Proton**, même élément
- ♥ Les **isobares** : même nombre de **nucléons A**, pas le même élément



L'abondance isotopique est l'abondance d'un isotope d'un même élément. En effet certains éléments sont présents sous la forme d'un mélange de plusieurs éléments. C'est donc la fraction molaire dans le mélange.

C- Nombre de masse = nombre de nucléons

Comme dit dans le cours 1, il s'agit de la valeur entière la plus proche de la masse de l'atome ne u ou d'une mole d'atome en g. La masse du noyau est égale à la masse de l'atome moins la masse des électrons.

La masse du noyau dépend aussi de l'énergie de liaison entre les nucléons. On calcule cette énergie grâce au défaut de masse (revu plus loin). Le proton et le neutron n'ont pas exactement la même masse et c'est cette différence de masse qui représente la stabilité de l'univers et permet son existence. Elle est donc fondamentale.

D- Nucléons et particules élémentaires :

Les **nucléons** sont :

- ♥ Le **proton**, stable à l'état libre, de charge positive (1eV) et de masse 1,007 u
- ♥ Le **neutron**, instable à l'état libre, sans charge et de masse 1,009 u

Les **particules élémentaires** sont alors classées en 2 types et 3 familles. On ne s'intéresse qu'à la famille des **ordinaires (famille I)**, on y retrouve :

- ♥ Les **leptons** : ils se déplacent librement dans l'espace, il y a l'électron et l'antineutrino (difficile à observer)
- ♥ Les **quarks** : ils constituent les nucléons et sont prisonniers dans ces particules. Il y en a 2 types : quark up chargé $+2/3 e$ et les quark down chargé $-1/3e$.
Le **proton est donc uud** (=1e) et le **neutron udd** (=0e).

	I	II	III	
mass.	2.01	1.27 GeV/c ²	1.31 GeV/c ²	0
charge	2/3	2/3	2/3	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
name	u up	c charm	t top	γ photon
Quarks	d down	s strange	b bottom	g gluon
	ν _e electron neutrino	ν _μ muon neutrino	ν _τ tau neutrino	Z ⁰ Z boson
	e electron	μ muon	τ tau	W [±] W boson
Leptons				Bosons de gauge

III/ Energie de liaison et défaut de masse :

La **masse d'un noyau constitué est inférieure à la somme** des masses de ses **nucléons** qui le compose pris individuellement.

Ce défaut de masse (ΔM) est donc la somme de la masse des nucléons à laquelle on soustrait la masse totale du noyau. Ce **défaut de masse est lié à l'énergie de liaison** des nucléons. Cette énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir pour dissocier les nucléons.

$$E_L = \Delta M \text{ (kg)} * c^2 \text{ Joule}$$

On convertit

$$E_L = \Delta M \text{ (u)} * 931,5 \text{ MeV}$$

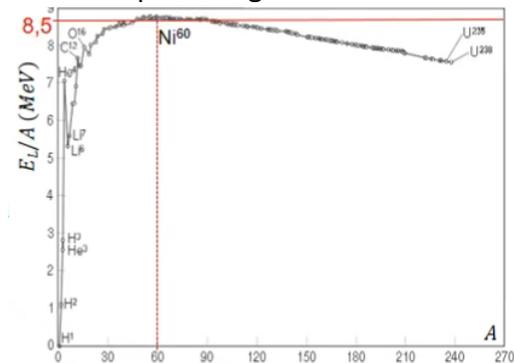
Récap : **L'énergie de liaisons des nucléons d'un noyau est l'énergie à apporter au noyau pour les dissocier et se transforme en masse ce qui explique le défaut de masse.** L'énergie de liaison dépend de l'échelle :

Nucléons → MeV	Electrons → keV	Atomes → eV
----------------	-----------------	-------------

IV/ Facteurs de stabilité :

A- Energie de liaison par nucléons

Energie qui lie les nucléons entre eux. On la représente sur une courbe sur laquelle on les classe par énergie de liaison totale du noyau/ nombre de nucléons.



On compare donc le rapport de stabilité qui dépend de chaque nuclide : **plus E/A augmente plus le noyau est stable avec un pic à 8,5 MeV** pour le nickel 60, puis **le nombre de masse augmentent** alors que la **courbe/stabilité décroît doucement**.

On remarque des **pics** pour certains noyaux : dû à une augmentation à un moment donné de l'énergie de liaison par nucléons et donc une **grande stabilité**. On appelle ça les **nombre magiques** (2.8.20.28.50.82.).

B- Parité du nombre de nucléons

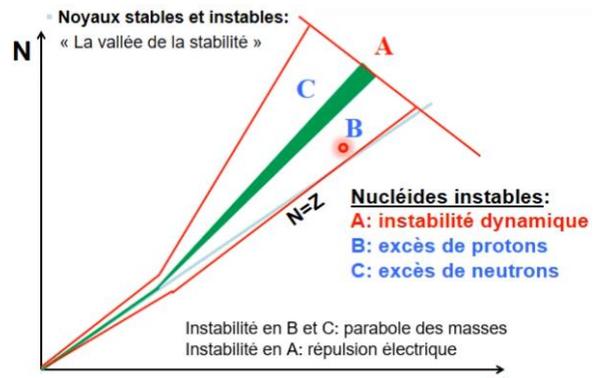
On remarque que la grande majorité des noyaux stables ont un nombre de proton et de neutron pair. Cela est dû au spin $\frac{1}{2}$ ou $-\frac{1}{2}$. S'ils se regroupent par paire avec un spin opposé : **les spins s'annulent et la stabilité augmente**.

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

C- Nombre de neutron :

Avec la table des nuclides, on remarque que les noyaux stables sont à un endroit précis :

- ♥ Les **noyaux <20 sont stables** sur la première bissectrice où $N=Z$,
- ♥ Puis la masse augmentant les noyaux stables doivent avoir un nombre de **neutrons supérieur à celui des protons**. Cela est dû à l'interaction répulsive coulombienne, il faut donc compenser les forces coulombienne en augmentant l'interaction forte entre les nucléons.

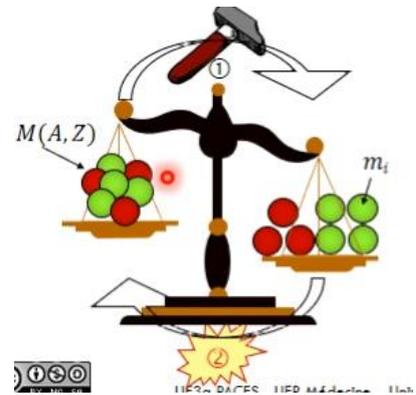


Les noyaux stables sont donc sur la vallée de la stabilité. Ceux qui sont en dehors sont alors radioactifs. Si $A > 200$ quoiqu'il arrive ils sont instables.

VII/ Fission et fusion :

On doit reprendre la loi d'équivalence masse énergie :

- ♥ Si on veut **séparer** un noyau on doit faire un **apport d'énergie** pour briser les liaisons. On va donc **apporter une masse**
- ♥ Si on **veut former** un noyau plus gros, les nucléons vont **acquérir une énergie de liaison** et donc **une perte de masse**



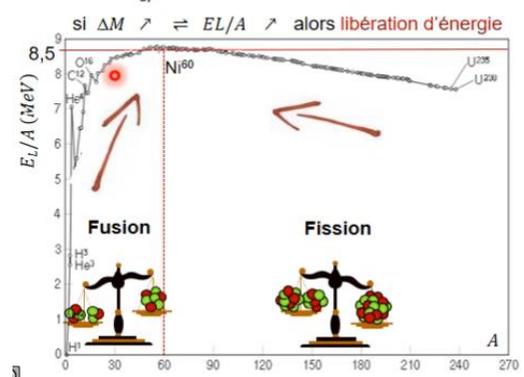
Récap : gain de masse → consommation d'énergie
perte de masse → libération d'énergie

Fusion et fission libère tous deux de l'énergie (fusion 6 fois plus).

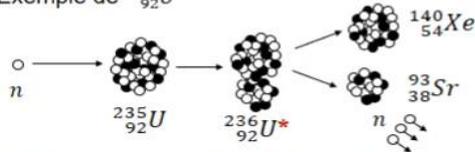
La **fusion** consiste à fusionner **2 noyaux plus petit en un plus gros**. On obtient une augmentation de l'énergie de liaison, une perte de masse et une libération d'énergie. Elle concerne les **noyaux légers de A faible** qui fusionnent en **augmentant l'énergie de liaison** et donc **perte de masse**. Ce défaut de masse entraîne une **libération d'énergie pour l'extérieur**.

La **fission** est dû à **noyau volumineux qui se sépare en 2 noyaux plus petits**. Le système final aura une masse plus faible car libération d'énergie. Elle a lieu pour les **noyaux lourds avec A fort**. Le noyau se sépare en 2 noyaux fils de **masse plus faibles** et donc **libération d'énergie**.

Exemple fission : uranium 235

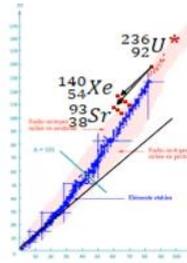


Exemple de $^{235}_{92}\text{U}$



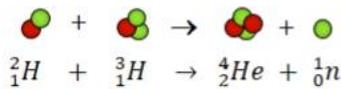
Calcul de l'énergie libérée (via l'évolution des E_L)

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccccccc}
 \frac{1}{0}n & + & \frac{235}{92}\text{U} & \rightarrow & \frac{140}{54}\text{Xe} & + & \frac{93}{38}\text{Sr} & + & 3\frac{1}{0}n \\
 E_{L/A} & & 0 & & 7,5 & & 8,2 & & 8,5 & & 0
 \end{array} \\
 & & \times 235 & & \times 140 & & \times 93 & & & & \\
 E_L (\Delta M) & & 0 & & 1762,5 & & 1148 & & 790,5 & & 0 \\
 \text{Total avant} & = & 1762,5 \text{ MeV} & & \text{après} & = & 1938,5 \text{ MeV} & & & & \\
 \Delta E_L & = & 1938,5 - 1762,5 = 176 \text{ MeV}
 \end{array}$$

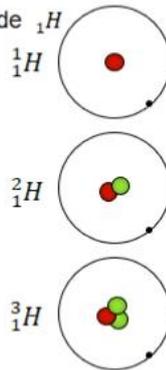


Exemple fission : bombarde avec un neutron l'uranium 235, qui devient de l'uranium 236 instable qui se fissionne en 2 noyaux plus petits.

Exemple:



Isotopes de ^1_1H



Exemple fusion : deutérium et tritium en hélium, c'est elle qui permet au soleil de produire l'énergie solaire.

Calcul de l'énergie libérée

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{ccccccc}
 \frac{2}{1}\text{H} & + & \frac{3}{1}\text{H} & \rightarrow & \frac{4}{2}\text{He} & + & \frac{1}{0}\text{n} \\
 E_{L/A} (\text{MeV}) & & 1 & + & 2,8 & \rightarrow & 7 & & 0
 \end{array} \\
 & & \times 2 & & \times 3 & & \times 4 & & \\
 E_L (\Delta M) & & \frac{2}{2} & & \frac{8,4}{8,4} & & \frac{28}{28} & & \\
 \text{Total avant} & = & 10,4 \text{ MeV} & & \text{après} & = & 28 \text{ MeV} \\
 \Delta E & = & 28 - 10,4 = 17,6 \text{ MeV libérés}
 \end{array}$$

Dédicace à Raphaël mon homme préféré que je love (prend moi une bouteille de Manzana pour la tournée que tu me dois)



Dédicace à Amélie, votre tutrice d'UE 3b pour qui j'ai eu un réel coup de cœur, j't'aime trop louloute et hâte de faire les 400 coups avec toi.



Dédicace à Marinoulou mon binome pendant ces 2 P1 sans qui j'aurais certainement abandonné pour partir faire de la télé réalité. La meilleure dentiste portugesh
Dédicace à Matilda qui est vraiment une fille en or (j'te love bb)

Dédicace à toute l'équipe du tutorat vous êtes vraiment les sangs j'vous aime tous (cc Julia, Sarah, Justine, Cloé, Yamina, Céleste, Yanis, Giorgio, Ricardo, Kévin, Valentin, Charlotte, Quentin etc...) et évidemment vos merveilleux chefs tut.

Dédicace à Thi-maï ma co-marraine du turfu et à Thomas mon pilier du confinement