

Le noyau

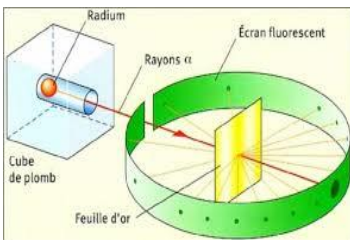


I/ Introduction : Rutherford et son expérience

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.

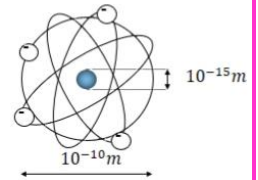
Il s'attendait à ce que le faisceau traverse avec très peu de déviation (modèle du pudding de l'époque) mais il se rend compte que la **majorité traverse sans être dévié**, un **petit % est dévié** un peu et **1 particule sur 20 000 rebondit** et tape le détecteur à 180°.

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
3	Li
11	Na
19	K

4	Be
12	Mg
20	Ca

5	B
13	Al

6	C
14	Si

7	N
15	P

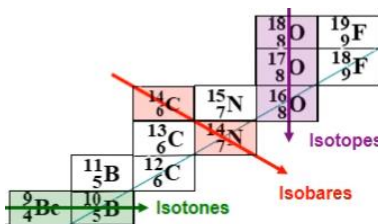
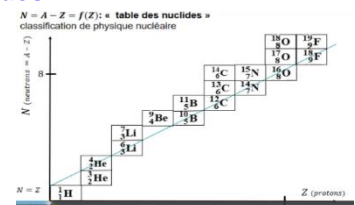
8	O
16	S

9	F
17	Cl

10	Ne
18	Ar

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

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 nucléides naturels assez stables et 2500 radioactifs.



Elle fait apparaître :

- ♥ Les **isotoNes** : même nombre **N**eutron
- ♥ Les **isotoPes** : même nombre de **P**roton, 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 en 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	IV
mass	2.2	1.7	1.7	0
charge	2/3	2/3	2/3	0
spin	1/2	1/2	1/2	1
nom	u up	c charm	t top	γ photon
	4.8	1.6	4.2	0
	1/3	1/3	1/3	0
	d down	s strange	b bottom	g gluon
	0.5	0.17	1.77	0.2
	1/2	1/2	1/2	1
	ν _e neutrino électronique	ν _μ neutrino muonique	ν _τ neutrino tauique	Z ⁰ Z boson
	0.511	106	1.777	80.4
	1	1	1	1
	e electron	μ muon	τ tau	W [±] W boson

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.

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

On convertit

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

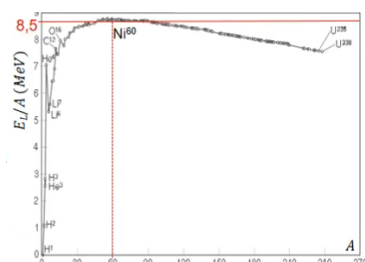
Ce défaut de masse (ΔM) est donc la somme de la masse des nucléons à laquelle on soustrait la masse totale du noyau. Ce **défaut de masse est lié à l'énergie de liaison** des nucléons. Cette énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir pour dissocier les nucléons.

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.**

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.

