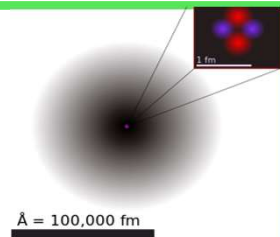


Unité 1: le modèle de l'atome

نموذج الذرة

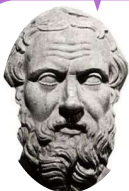
Situation de départ

A l'échelle microscopique les substances et les espèces chimiques sont formés
Des constituants extrêmement petits mais de structure complexe dites *atomes*
Quels sont les différents modèles qui le décrit ?
de quoi il est composé?

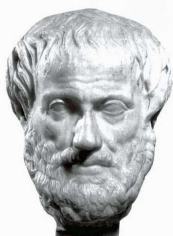


I- Évolution historique du modèle de l'atome

Dès *l'Antiquité*, les premiers "scientifiques" grecs croyaient que la matière était constituée de quatre éléments : la terre, l'eau, le feu et l'air. Cette théorie était le résultat d'observations de philosophes tels que **Thalès et Empédocle** lors de la combustion d'un morceau de bois (pendant la combustion, il y a production de fumée (air), de vapeur d'eau (eau) et de cendre (terre)



La théorie atomique la plus originale de l'époque fut proposée au **5ème siècle** avant la naissance de Jésus par **Démocrite**. Il énonça que la matière était constituée de particules infiniment petites et indivisibles appelées *atomos*. Entre ces particules existait un espace vide : la matière était donc discontinue.



Démocrite n'étant pas un philosophe très populaire en son temps, sa théorie ne trouva aucun appui et fut donc rejetée au profit d'une théorie de la continuité de la matière proposée par **Aristote**.

Aristote s'appuyait sur le concept des quatre éléments de base de Thalès et affirmait que les *atomos* ne pouvaient exister puisque invisibles à ses yeux. La conception aristotélicienne de la matière reçut l'appui des religieux de l'époque et traversa les siècles qui suivirent jusqu'au **18ème**. siècle



Lorsqu'en **1803** le chimiste britannique **John Dalton** (1766-1844) étudia les réactions chimiques, il fonda sa théorie sur l'existence de petites atomes de formes sphériques et qu'il en existe plusieurs types qui peuvent expliquer les propriétés de la matière. La théorie atomique de Dalton ne fut pas acceptée tout de suite dans la communauté scientifique car c'est seulement une hypothèse.



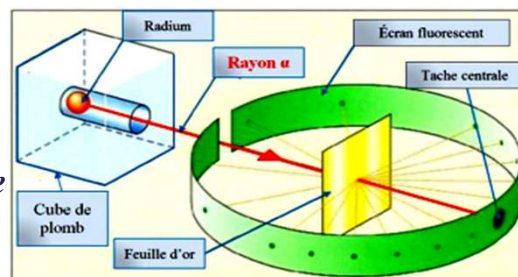
Avec les scientifiques suivants commençait un nouvel âge pour la science, plus axé sur la recherche et l'expérimentation. **Joseph John Thomson**, (1856-1940), découvre en **1897** le premier composant de l'atome: l'électron, particule de charge électrique négative au cours de ses expérimentations sur les flux de particules (électrons) créés par des rayons cathodiques.

Thomson avança en **1898** la théorie du « plum-pudding » ou « pain aux raisins » sur la structure atomique, dans laquelle les électrons sont considérés comme des « raisins » négatifs enfoncés dans un « pain » de matière positive. On appelle souvent **le modèle de Thomson**.





Ernest Rutherford, (1871-1937), physicien britannique, fut, en **1908**, lauréat du prix Nobel de chimie pour ses découvertes sur la structure de l'atome. En bombardant une mince feuille d'or avec des particules alpha (chargées positivement), il observa que la plupart des particules traversaient la feuille sans être déviées, alors que certaines étaient détournées.

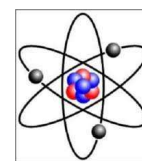


➤ Le nouveau modèle de l'atome avait les caractéristiques suivantes :

- L'atome est constitué de vide (la plupart des particules traversent la feuille d'or)
- Au centre de l'atome doit se trouver une masse importante positive (que Rutherford appela noyau) puisque les particules sont déviées en traversant la feuille d'or (+ et + se repoussent).



Le modèle de Rutherford fut modifié par **Niels Bohr** (1885-1962), physicien danois, il considère en **1913** que les électrons tournent autour du noyau selon des orbites de rayon défini, comme les planètes autour du soleil



Cependant, ce modèle a été largement critiqué sur la base des recherches de **Schrödinger** (1887-1961) et De **Broglie** (1892-1987), ils ont découvert en **1926** qu'il est impossible de connaître précisément la position des électrons : ils n'ont pas de trajectoire bien définie. Les électrons forment un nuage électronique.

II- Structure de l'atome

L'atome est constitué d'un noyau chargé positivement entouré par des électrons sous forme d'un nuage électronique

1- Les électrons

Un électron e^- est une particule de masse $m_{e^-} = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$ et de charge électrique négative $q_{e^-} = -e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$

- Avec
- e la charge élémentaire tel que : $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$
 - Le Coulomb C est l'unité de charge électrique en (SI)

2- Le noyau

Il est constitué de particules élémentaires appelées nucléons : les protons p et les neutrons n

Nucléon	Proton	Neutron
Symbole	p	n
Charge (C)	$q_p = +e = 1,6 \times 10^{-19}$	0
Masse (kg)	$m_p = 1,673 \times 10^{-27}$	$m_n = 1,675 \times 10^{-27}$

3- symbole du noyau

On représente le noyau atomique par le symbole suivant : ${}^A_Z X$

- Avec:
- A : nombre de nucléons, il est appelé aussi nombre de masse ($A = Z + N$)
 - Z : nombre de protons, appelé aussi numéro atomique.
 - N : nombre de neutrons ($N = A - Z$)

Remarque : L'atome est électriquement neutre $Q_{\text{atome}} = 0 \text{ C}$:

🔔 La charge électrique du noyau est la somme des **charges protons** : $Q_{\text{noyau}} = +Ze$

🔔 La charge électrique des électrons est : $Q_{\text{électrons}} = -Ze$

➡ Donc, le nombre d'électrons de l'atome est égal au **nombre de protons**

📄 **Application 1** : remplir le tableau suivant

L'atome	Les protons		Les neutrons		Les électrons	
	Le nombre	La charge	Le nombre	La charge	Le nombre	La charge
$^{16}_8\text{O}$						
$^{35}_{17}\text{Cl}$						

3- Masse et dimensions de l'atome

3-1 Masse de l'atome

La masse de l'atome est la somme de la masse de son noyau et ses électrons :

$$\text{masse (atome)} = \text{masse (noyau)} + \text{masse (électrons)}$$

$$m(\text{atome}) = Zm_p + (A - Z)m_n + Zm_e \quad \leftarrow \text{La masse exacte}$$

Puisque : $m_p \approx m_n$ et $m_e \ll m_p$:

$$m(\text{atome}) \approx Am_p \quad \leftarrow \text{La masse approchée}$$

➡ La masse de l'atome est **concentrée dans son noyau**

📄 **Application 2** : Calculer la valeur approchée de la masse des atomes suivants : $^{16}_8\text{O}$; $^{35}_{17}\text{Cl}$

On donne $m_p \approx m_n \approx 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$

3-1 Dimensions de l'atome

On peut représenter l'atome par une sphère de rayon d'ordre de grandeur 10^{-10} m .

Son noyau peut être représenté aussi par une sphère de rayon d'ordre de grandeur $10^{-15} = 1 \text{ fm}$.

Le rayon de l'atome est plus grand que celle du noyau 10^5 fois. Ce qui signifie qu'il existe **un grand vide autour du noyau**.

III-L 'élément chimique

1- Isotopes

Les isotopes sont des atomes ayant **le même numéro atomique Z** et de **nombre de nucléons A différent**

Exemple : $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$, $^{14}_6\text{C}$: isotopes de carbone.

Remarque : Chaque isotope se trouve dans la nature avec un certain pourcentage dit **abondance naturelle**

$^{12}_6\text{C}$	98,892%	$^{13}_6\text{C}$	1,108%	$^{14}_6\text{C}$	Instable (traces)
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------------	-------------------

2- Ions monoatomiques

Un ion monoatomique est un atome qui a perdu ou gagné un ou plusieurs électrons

- Un atome qui a perdu des électrons devient chargé **positivement** et il est dit **un cation**. Ex : Na^+
- Un atome qui a gagné des électrons devient chargé **négativement** et il est dit **un anion**. Ex : Cl^-

3- L'élément chimique

L'élément chimique est l'ensemble des entités chimiques caractérisées par le même **numéro atomique Z** ; donc l'identité de l'élément chimique dépend seulement du nombre de **protons** de son noyau.

Exemple : $^{16}_8\text{O}$; $^{17}_8\text{O}$; $^{16}_8\text{O}^{2-}$; $^{17}_8\text{O}^{2-}$: représentent tous l'élément oxygène caractérisé par $Z=8$.

4- Conservation de l'élément chimique

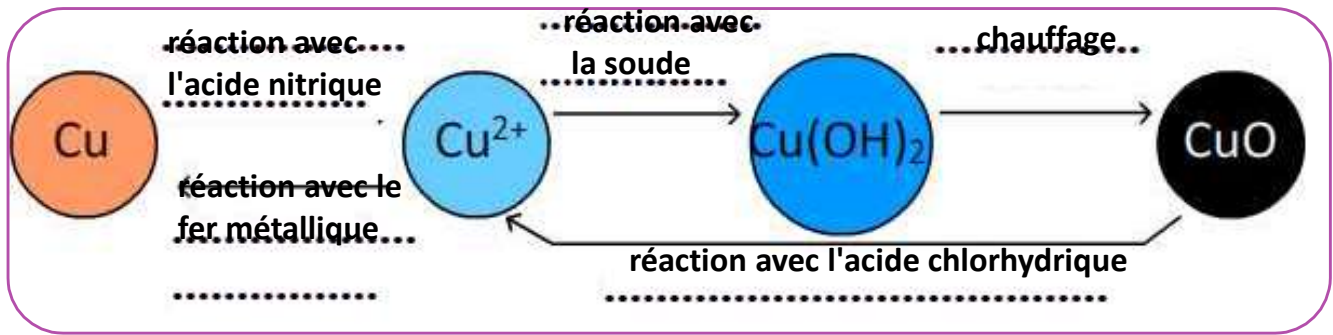
4-1 Activité expérimentale

On réalise des transformations chimiques pour tester l'action de l'ajout de plusieurs espèces chimiques sur le cuivre :

Cu



2 Après avoir regardé la vidéo de ces transformations compléter le schéma suivant



3 Qu'est-ce que l'on peut conclure à propos de l'élément cuivre au cours de ces transformations ?

le cuivre Cu change de forme au cours de ces transformations (Cu^{2+} ; $\text{Cu}(\text{OH})_2$, CuO) mais on peut le récupérer via des transformations chimiques réciproques on dit alors l'élément cuivre est conservé lors des transformations.

4-2 conclusion

Lors des transformations chimiques l'élément chimique se conserve c'est-à-dire son nombre de protons n'est pas changé.

III-Répartition électronique

1- Couches électroniques

Les électrons d'un atome se répartissent dans des couches électroniques. Chaque couche est représentée par une lettre. Pour les atomes dont le numéro atomique $1 \leq Z \leq 18$, les couches occupées sont les couches K, L, et M. La dernière couche occupée s'appelle la couche externe.

2- Règles de remplissage des couches électroniques

Première règle → Une couche électronique ne peut contenir qu'un nombre limité d'électrons

couche	K	L	M
Nombre d'électrons	2	8	8

Deuxième règle → Le remplissage des couches électroniques s'effectue en commençant par la couche K, puis la couche L, et enfin la couche M

Remarque. :

- La dernière couche occupée s'appelle la couche externe.
- Les couches externes jouent un grand rôle dans la chimie, car ce sont elles qui entrent dans les réactions et contiennent des électrons appelés électrons de valence.
- Lorsqu'une couche est pleine on dit qu'elle est saturée.
- La répartition des électrons se nomme la structure électronique de l'atome

Exemple. :

La structure électronique de l'atome de soufre ${}^{32}_{16}\text{S}$ est : $(K)^2 (L)^8 (M)^6$

Application 3 : Donner la structure électronique des atomes suivants : ${}^{16}_8\text{O}$; ${}^{35}_{17}\text{Cl}$

${}^{16}_8\text{O}$: ${}^{35}_{17}\text{Cl}$:

Exercice 1 Remplir le tableau suivant



L'élément chimique	${}^1_1\text{H}$	${}^4_2\text{He}$	${}^{12}_6\text{C}$	${}^{13}_6\text{C}$	${}^{19}_9\text{F}^-$	${}^{27}_{13}\text{Al}$	${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$
nombre de nucléons A							
Nombre de protons p							
Nombre de neutrons n							
Numéro atomique Z							
Nombre d'électrons e-							
Structure électronique							
Couche externe							
Nombre d'électrons externes							

Exercice 2 L'élément chimique : oxygène



Le noyau d'atome d'oxygène (O) est constitué de 16 nucléons. Sa charge électrique est $Q_{\text{noyau}} = + 8.e$

Données : La masse du proton $m_p = m_n = 1,7.10^{-27} \text{ kg}$, charge élémentaire : $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$

- Déterminer le **numéro atomique Z** de ce noyau, et déduire le **nombre de neutrons N**
- Calculer la **charge électrique** de ce noyau, et déduire la **charge électrique du nuage électronique**
- Donner le **symbole de son noyau**
- Calculer la **valeur approchée de la masse de l'atome d'oxygène**
- Donner la **structure électronique de l'atome d'oxygène**. Que peut-on dire sur sa **couche externe** ?
- Dans la nature, il existe différents atomes d'oxygène ${}^{16}_8\text{O}$, ${}^{17}_8\text{O}$, ${}^{18}_8\text{O}$
Que représentent ces atomes ? justifier votre réponse
- L'atome d'oxygène **se transforme en un ion en gagnant 2 électrons**
- ① l'élément oxygène se conserve-t-il au cours de cette transformation ? Donner le **symbole de l'ion formé**
- ② Donner la **charge électrique** de cet ion en fonction de la charge élémentaire e
- ③ Donner la **structure électronique** de cet ion. Que peut-on dire sur sa **couche externe** ?

Exercice 3 L'atome de sodium



Un atome isolé de sodium est composé d'un certain nombre de protons ; de 23 nucléons et de 11 électrons

Données : $m_n = 1,675.10^{-27} \text{ kg}$; $m_p = 1,673.10^{-27} \text{ kg}$; $m_e = 9,1.10^{-31} \text{ kg}$

- Déterminer le **numéro atomique Z** de cet atome justifier votre réponse
- En déduire sa **composition** et la **représentation de son noyau**
- Calculer la **masse de l'atome de sodium** et celle de son noyau
- Comparer ces deux masses et conclure
- Déterminer le **nombre d'atomes de sodium** dans un échantillon de masse $m=23,20\text{g}$
- Sachant que le rayon de l'atome de sodium est $r=190\text{pm}$ et le rayon de son noyau noté r' est 10^5 fois plus petit
- ① Déduire la valeur de r' en m
- ② Calculer l'ordre de grandeur de r et de r'
- ③ Peut-on dire que la structure de cet atome est lacunaire ?
- ④ Calculer le volume de l'atome de sodium et déduire sa masse volumique.