

Deuxième Partie :
constituants de la
matière

Unité 4

4 H

نموذج الذرة

Le modèle de l'atome



Tronc Commun
Chimie

I – L'évolution historique du modèle de l'atome:

1 – Activité :

Dès l'**Antiquité**, les premiers "scientifiques" **grecs** croyaient que la matière était constituée de quatre éléments : la **terre**, l'**air**, l'**eau** et le **feu**. Cette théorie **quoique simple** 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 V^e siècle Avant la naissance de Jésus par **Démocrite**. Ce savant philosophe énonça que la matière était constituée des 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 elle 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** puis quels sont 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 18^{ème} Vers le **15^e siècle**, des savants commencèrent à progresser dans la connaissance de la matière et à mettre en **doute** les concepts aristotéliciens du monde et de la matière.

Lorsqu'en 1803 le chimiste britannique **John Dalton** (1766-1844) étudia les **réactions chimiques**, il fonda sa théorie sur l'existence de petites particules insécables, les **atomes**. La **théorie atomique de Dalton** ne fut pas **acceptée** tout de suite dans la communauté scientifique. Elle ne découlait pas d'une **observation expérimentale directe** comme les lois physiques, elle était plutôt le fruit d'une **déduction logique**. Personne n'avait jamais **vu d'atomes...** alors comment y croire ?

Sir **Joseph John Thomson** (1856-1940) physicien anglais, reçut en 1906 le **prix Nobel de physique** pour son travail sur la **conduction de l'électricité par les gaz**. S'appuyant sur les travaux du britannique **Crookes** (1832-1919), **Thomson** est à l'origine de la découverte de l'**électron** par ses expérimentations sur les **flux de particules** (électrons)



DEMOCRITE
IV^{ème} siècle AVJC

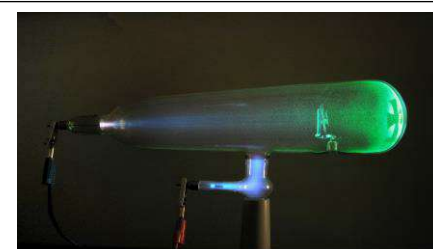
La matière est constituée de corpuscules invisibles à cause de leur extrême petitesse, indivisibles et éternels.

ARISTOTE
IV^{ème} siècle AVJC

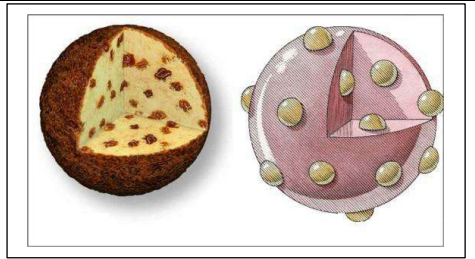


Mais non ! On sait tous que la matière est constituée des quatre éléments : l'eau, la terre, le feu et l'air...

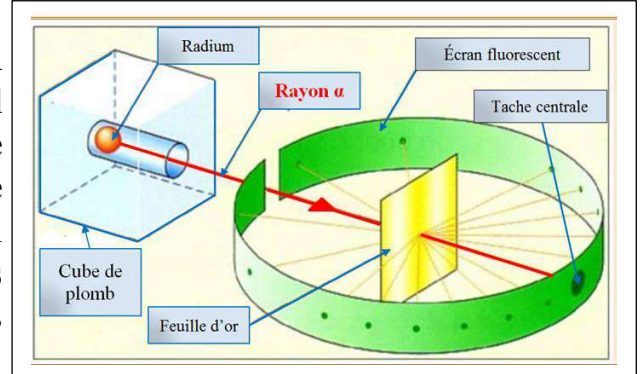
ELEMENTS			
Hydrogen	1	Strontian	46
Azote	5	Barytes	68
Carbon	56	Iron	56
Oxygen	7	Zinc	56
Phosphorus	9	Copper	56
Sulphur	13	Lead	90
Magnesia	20	Silver	190
Lime	24	Gold	190
Soda	28	Platina	190
Potash	42	Mercury	167



créés par des **rayons cathodiques**. Théoricien et expérimentateur, 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**.

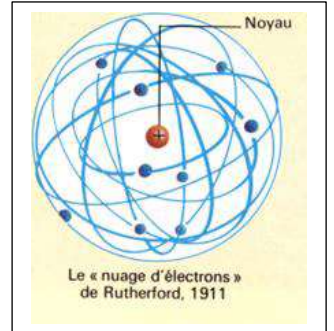


Lord **Ernest Rutherford** (1871-1937) physicien britannique, fut, en 1908, lauréat du **prix Nobel** de chimie pour ses découvertes sur la **structure de l'atome**. En bombardant une mince **feuille d'or** avec des **particules alpha** (chargées), il observa que **la plupart des particules** traversaient la feuille **sans être déviées**, alors que **certaines** (1/30000) étaient **détournées**.



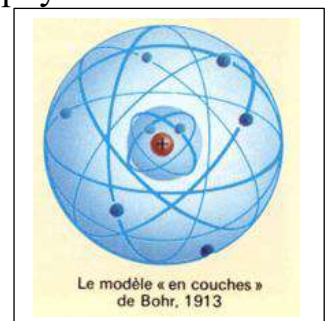
Le **nouveau modèle de l'atome** avait les caractéristiques suivantes :

- L'**atome est surtout constitué de vide** (la plupart des particules traversent la feuille d'or comme s'il n'y avait pas d'obstacle)
- 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 (les mêmes charges se **repoussent**). Ce noyau doit être **extrêmement petit et dense** puisqu'une très petite proportion des particules rebondit directement. L'**atome est neutre**, il y a autant de **charges positives** que de **charges négatives**. *Les charges négatives gravitent autour du noyau comme les planètes autour du soleil* dont le **diamètre d'atomes** est supérieur à **100 000 fois** le **diamètre** de leurs **noyaux**.



Le **modèle de Rutherford** fut **modifié** par Niels **Bohr** (1885-1962) physicien danois afin de le **rendre conforme** aux **nouvelles découvertes**.

Bohr obtint le **prix Nobel** en 1922, pour sa contribution à la **physique nucléaire** et à la compréhension de la **structure atomique**. Son travail s'inspira du **modèle nucléaire** de l'atome de **Rutherford**, dans lequel *l'atome est considéré comme un noyau compact entouré d'un essaim (سرب) d'électrons* dans des **orbites circulaires** qui sont **distribuées** en discontinuités.



Cependant, ce modèle a été **largement critiqué** : sur la base des recherches de **Schrödinger** (1887-1961) et **De Broglie** (1892-1987), le **modèle actuellement adopté** de l'atome est *un noyau chargé positivement entouré par un nuage électronique*.

a- Qui a découvert l'électron ?

En 1897, Thomson découvre le premier composant de l'atome, particule de charge électrique négative : c'est l'électron .

b- Quel est le modèle d'atome proposé par J.J. Thomson ?

En 1904, le premier modèle d'atome, surnommé depuis "le pudding de Thomson".

Il imagine l'atome comme une sphère remplie d'une substance électriquement positive et fourrée d'électrons négatifs "**comme des raisins dans un cake**".

c- Que déduit Rutherford de son expérience ?

Rutherford déduit que :

- ⊕ L'atome est surtout constitué de **vide** (la plupart des particules traversent la feuille d'or comme s'il n'y avait pas d'obstacle).
- ⊕ 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 (les **mêmes charges se repoussent**). Ce noyau doit être extrêmement **petit** et **dense** puisqu'une très petite proportion des particules rebondit directement.

d- Quel est le modèle d'atome proposé par Rutherford ?

L'atome est **neutre**, il y a autant de charges positives que de charges négatives. Les **charges négatives** gravitent autour du **noyau** comme les **planètes** autour du **soleil**.

2.- Résumé :

↳ **Démocrite** (vers 460-370 av. J.-C.) est pensait que la matière était composée de minuscules particules **indivisibles** et **invisibles** (atomes : qu'on ne peut diviser).

Sa **théorie** n'était basée que sur des **hypothèses**.

↳ **Joseph Dalton**, en 1808, savait que la masse **se conservait** au cours d'une **réaction chimique** et pour expliquer ce fait il pose les hypothèses suivantes :

- la matière est constituée d'**atomes identiques**.
- Les éléments chimiques se différencient par des atomes de **masses différentes**.

↳ **J.J. Thomson**, en 1897 découvre le premier composant de l'atome : l'**électron**, particule de charge électrique **négative**.

↳ En 1904, premier modèle d'atome, surnommé depuis "**le pudding de Thomson**".

Il imagine l'atome comme une **sphère** remplie d'une substance électriquement **positive** et fourrée d'électrons **négatifs** "**comme des raisins dans un cake**".

↳ En 1910, **Ernest Rutherford** met au point une expérience (bombardement d'une très fine feuille d'or) qui lui permet de conclure que :

- L'existence d'un très petit **noyau** situé au centre de l'atome, qui est **chargé positivement** et contient la **majorité de la masse** de l'atome.
- l'**atome** ressemble au **système soleil** et les planètes où des **électrons** tournent autour d'un **noyau** (le soleil).
- le **noyau** contient des **protons positifs**, et les **électrons** sont **négatifs** .

Donc la **matière** est caractérisée par une **structure lacunaire** tel que $\frac{d_A}{d_N} = 10^5$.

↳ 1913 - Modèle de **Bohr** : les **électrons** tournent autour du **noyau** dans des **orbites circulaires** qui sont **distribuées en discontinuités**; il explique les **spectres de raies**.

↳ En 1932, **Chadwick** découvre le **neutron**.

le **noyau** est composé de **nucléons**. Ces nucléons sont de deux sortes :

- de charge **positive**, c'est un **proton**.
- de charge **neutre**, c'est un **neutron** .

↳ Les chercheurs récents (**Schrödinger**) ont découvert 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 :

1 – Les électrons :

Un **électron** e^- est une **particule** très peu massive ($m_{e^-} = 9,109.10^{-31}kg$) et pourvue d'une **charge électrique négative** de $q_{e^-} = -e = -1,6.10^{-19}C$ avec e la **charge élémentaire** tel que : $e = 1,6.10^{-19}C$.

Le **Coulomb** est l'unité de charge électrique dans (SI).

2 – Le noyau :

Il est constitué de **particules élémentaires** : les **protons** P et les **neutrons** n désignés sous le nom de **nucléons**.


Le **proton** P est une particule élémentaire de masse ($m_P = 1,673.10^{-27}kg$) et porte une **charge électrique positive** de même valeur absolue que celle de l'électron ($q_P = e = 1,6.10^{-19}C$).


Le **neutron** n est une particule élémentaire de masse ($m_n = 1,675.10^{-27}kg$) et électriquement **neutre** $q_n = 0C$.


3 – Notation symbolique du noyau :

On convient de représenter le noyau d'un atome (et lui-même) par le symbole :

$${}^A_ZX \quad \text{tel que} \quad \begin{cases} A : \text{Nombre de nucléons} \\ Z : \text{Numéro atomique} \end{cases} \quad \text{avec :}$$

 X représente un **élément chimique**.

 Z (**numéro atomique** ou **nombre de charge**) représente le **nombre de protons** dans le noyau d'un atome.

 A (**nombre de nucléons** ou **nombre de masse**) représente la **somme du nombre de protons et de neutrons** du noyau de l'atome.

Remarque : Si l'on note N le **nombre de neutrons** du noyau, alors : $N = A - Z$.

EXEMPLE :

L'atome	Symbole	numéro atomique Z	nombre de nucléons A	nombre de neutrons N
Hydrogène H	1_1H	1	1	0
Sodium Na	${}^{23}_{11}Na$	11	23	12
Lithium Li	7_3Li	3	7	4
Carbone C	${}^{12}_6C$	6	12	6

4 – Neutralité électrique (ou électroneutralité) de l'atome :

L'ATOME EST UN ÉDIFICE (مبنى) ÉLECTRIQUEMENT NEUTRE.

Le **noyau** comporte Z **protons** de charge électrique e . Sa **charge électrique totale** est donc $Q_{\text{noyau}} = +Z.e$.

Le **nuage électronique** comporte Z **électrons** de charge électrique $-e$. Sa **charge électrique totale** est $Q_{\text{nuage}} = -Z.e$.

De telle sorte que la **charge électrique totale** de l'atome est **nulle**.

$Q_{\text{atome}} = Q_{\text{noyau}} + Q_{\text{nuage}} = +Z.e - Z.e = 0 \text{ C}$ Z représente donc aussi le nombre d'électrons de l'atome

5 – Masse de l'atome :

La **masse de l'atome** est la somme de la masse de ses différents constituants :

$m(A) = Zm_p + (A - Z)m_n + Zm_{e^-}$. Si on **néglige** la masse des électrons devant celle des protons (soit $m_p \approx m_n \approx 1836 m_{e^-}$) alors la **masse approchée** de l'atome est égale à : $m(\text{atome}) \approx m(\text{noyau}) \approx Am_{\text{nucléon}}$

LA MASSE DE L'ATOME EST CONCENTRÉE DANS SON NOYAU.

EXEMPLE :

Atome	Symbole	Z	A	Masse de l'atome en Kg
Chlore	$^{35}_{17}\text{Cl}$	17	35	$m(\text{Cl}) \approx 35 \times 1,67.10^{-27} = 5,84.10^{-26}$
Cuivre	$^{63}_{29}\text{Cu}$	29	63	$m(\text{Cu}) \approx 63 \times 1,67.10^{-27} = 1,05.10^{-25}$

6 – Dimension de l'atome :

Le **noyau** est assimilé à une **boule dense** constituée des **nucléons** et dont son rayon r_N est de l'ordre de

$1 \text{ fm} = 10^{-15} \text{ m}$.

L'**atome** est assimilé à une **sphère** dont son rayon r_A est voisin de celui des orbites décrites par les électrons en mouvement, r_A est de l'ordre de $0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$.

Le rapport du rayon de l'atome au rayon du noyau est :

$$\frac{r_A}{r_N} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5$$

L'**atome** est essentiellement constitué de **vide**. Ce qui explique sa structure **lacunaire**.

III – L'élément chimique :

1 – Isotopes :

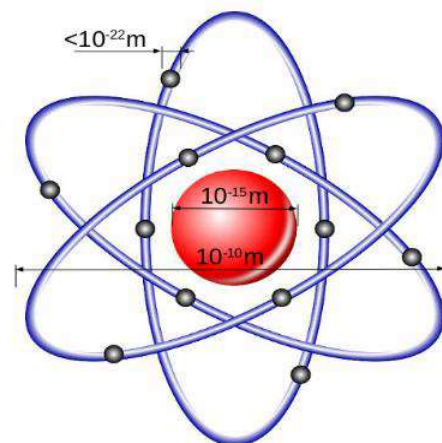
On appelle atomes isotopes les ensembles d'atomes caractérisés par le même numéro atomique Z et des nombres de nucléons A différents. Ce sont donc des ensembles d'atomes qui ne diffèrent que par le nombre de leurs neutrons.

L'**abondance naturelle** est le pourcentage en nombre d'atomes de chacun des isotopes tel que trouvé dans la nature.

Nom d'Isotope	Z	Symbole	Abo. natu	Nom d'Isotope	Z	Symbole	Abo. natu
Hydrogène 1	1	^1_1H	99,98%	Carbone 12	6	$^{12}_6\text{C}$	98,9%
Hydrogène 2	1	^2_1H	0,02%	Carbone 13	6	$^{13}_6\text{C}$	1,1%
Hydrogène 3	1	^3_1H	$10^{-4}\%$	Carbone 14	6	$^{14}_6\text{C}$	Très faible

2 – Ions monoatomique :

Un **ion monoatomique** est un atome qui a **perdu** ou **gagné** un (ou plusieurs) électron(s). L'ion positif est appelé **cation** et L'ion négatif est appelé **anion**.



EXEMPLE :

Ion	Atome	Charge d'ion	Z	A	N	Nbre d'e ⁻
Sodium ${}^{23}_{11}\text{Na}^+$	${}^{23}_{11}\text{Na}$	+e	11	23	12	10
Cuivre I ${}^{63}_{29}\text{Cu}^+$	${}^{63}_{29}\text{Cu}$	+e	29	63	34	28
Cuivre II ${}^{63}_{29}\text{Cu}^{2+}$	${}^{63}_{29}\text{Cu}$	+2e	29	63	34	27
Aluminium ${}^{27}_{13}\text{Al}^{3+}$	${}^{27}_{13}\text{Al}$	+3e	13	27	14	10
Fluorure ${}^{18}_9\text{F}^-$	${}^{18}_9\text{F}$	-e	9	18	9	10
Chlorure ${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$	${}^{35}_{17}\text{Cl}$	-e	17	35	18	18
Sulfure ${}^{32}_{16}\text{S}^{2-}$	${}^{32}_{16}\text{S}$	-2e	16	32	16	18
Nitrure ${}^{14}_7\text{N}^{3-}$	${}^{14}_7\text{N}$	-3e	7	14	7	10

Remarque :

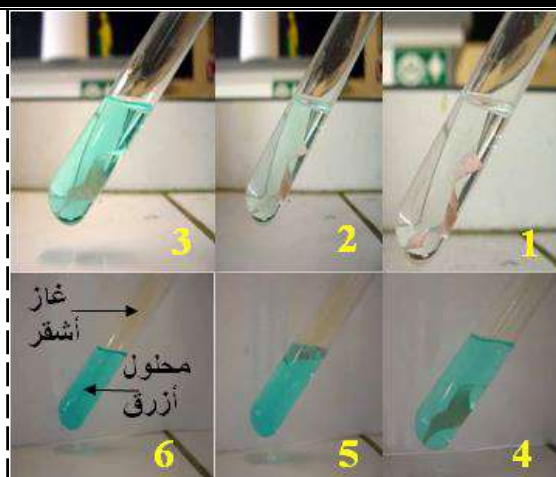
Composés ioniques est électriquement **neutre**, c'est-à-dire qu'il contient autant de charges positives apportées par les **cations** que de charges négatives apportées par les **anions**. Le **nom** de composé ionique est consisté d'un **nom d'anion** en premier, suivi du **cation**.

Les Ions	Nom de Composés ioniques	Formule chimique
Na^+, Cl^-	Chlorure de sodium	NaCl
$\text{Cu}^+, \text{O}^{2-}$	Oxyde de cuivre I	Cu_2O
$\text{Cu}^{2+}, \text{S}^{2-}$	Sulfure de cuivre II	CuS
$\text{Cu}^{2+}, \text{NO}_3^-$	Nitrate de cuivre II	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
$\text{Al}^{3+}, \text{SO}_4^{2-}$	Sulfate d'Aluminium	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
$\text{Ca}^{2+}, \text{F}^-$	Fluorure de calcium	CaF_2

3 – L'élément chimique :**3-1– Activité :****Exp 1: Effet de l'acide nitrique (HNO_3) sur le cuivre métallique.**

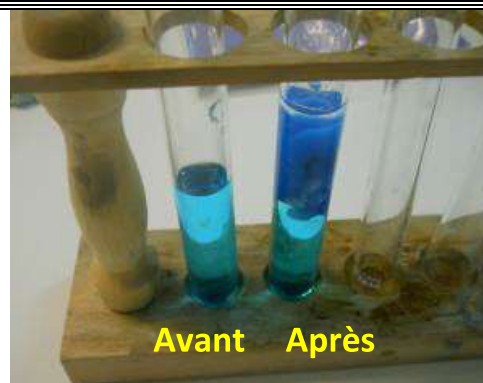
Placer un morceau de **tournure de cuivre Cu** dans un **tube à essai** et on ajoute, sous la hotte, la **solution d'acide nitrique ($\text{H}^+, \text{NO}_3^-$)** et après un temps, nous remarquons :

- * La **libération** d'un gaz toxique de couleur **roux** c'est le **dioxyde d'azote NO_2** .
- * La **solution** prend la couleur **bleue**.
- * La **disparition totale** du **tour de cuivre** lors de l'ajout d'une quantité suffisante d'acide nitrique.

**Exp2 : Précipitation de l'élément chimique formé lors de la 1^{ère} expérience.**

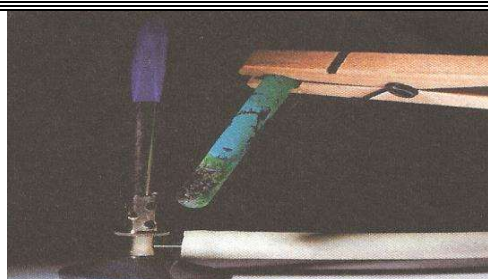
Dans un **tube à essai**, on met une quantité de la **solution obtenue** dans l'expérience précédente (**solution de nitrate de cuivre II**) et on ajoute une petite quantité de **solution d'hydroxyde de sodium (Na^+, HO^-)**.

Nous remarquons : Un **précipité bleu**, c'est l'**hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$** .



Exp 3: Retirer l'eau de l'hydroxyde de cuivre II.

On Filtre le **précipité** obtenu à l'expérience 2 à l'aide de **papier filtre** puis on met le **corps obtenu** $\text{Cu}(\text{OH})_2$ dans un **tube à essai** et on le **chauffe**.
 Nous remarquons : La **formation** d'un **corps noircit solide**, c'est l'**oxyde de cuivre II** CuO .

**Exp 4 : Réaction de l'oxyde de cuivre II avec du carbone.**

Nous chauffons un mélange de CuO obtenu dans l'expérience 3 et le **carbone C** dans un **tube à essai**.

Nous remarquons :

- * La **libération** de gaz incolore **embrouille l'eau de chaux**.
- * La **formation** d'un **corps solide** de couleur **rouge brique**.



a- Quelle est la **couleur** du métal de cuivre ? **Décrire** ce qui arrive au cuivre dans l'expérience 1.

Le **métal de cuivre** est caractérisé par le couleur **rouge-orangée**. La **disparition totale** de cuivre métallique et l'**apparition de la couleur bleue** indiquent la transformation du **cuivre métallique en ion de cuivre II**.

b- Identifier l'**élément chimique** mis en évidence par l'indicateur dans l'expérience 2, **décrire** ce qui arrive au cuivre dans l'expérience 2.

La **formation** d'un **précipité bleu** (l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$) indique que l'**ion de cuivre II** est présent dans la **solution** et que le **cuivre** est **converti** de l'ion de cuivre II **en solution** à l'ion de cuivre II dans le **complexe ionique hydroxyde de cuivre II** $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

c- Expliquer l'effet du **chauffage** sur l'hydroxyde de cuivre II $(\text{OH})_2$, qui est transformé en **oxyde de cuivre II** CuO .

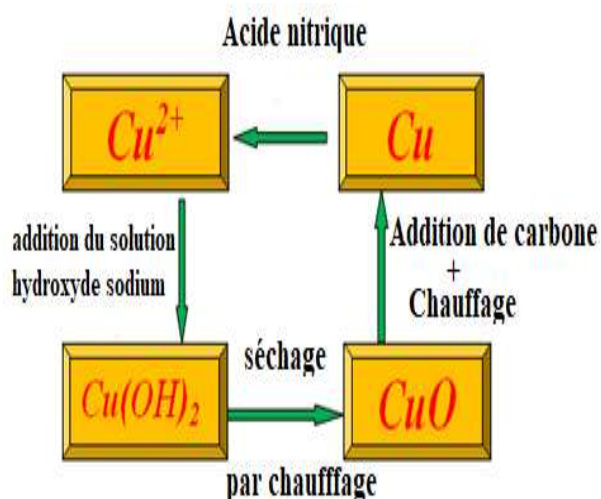
Le **chauffage** a conduit à l'**élimination de l'eau** de l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$.

d- Qu'est-ce qui montre l'embrouille d'eau de chaux ? Quel est le corps rouge brique formé ?

Embrouille de l'eau de chaux indique la **formation de dioxyde de carbone** CO_2 et le corps de couleur **rouge brique formé** est le **métal de cuivre**.

e- Compléter le schéma suivant, que déduisez-vous à travers ces transformations successives?

Au cours de ces **transformations** successives, l'**élément en cuivre** a été **conservé** malgré l'**aspect différent**.



3-2- Résumé :

- Un **élément chimique** est l'ensemble des particules (atome isolé, molécule, ion...) caractérisés par un **nombre défini de protons Z** dans leur noyau.
- Au cours des **transformations chimiques**, il y a un changement dans l'**identité des objets réactifs** sans modification des **éléments chimiques**. En général, nous disons, **les éléments chimiques sont conservés au cours des transformations chimiques**.



Différents aspects de l'élément en cuivre

Antoine Laurent de Lavoisier
«**Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme**»

III – Répartition des électrons d'un atome :

1 – Couches électroniques :

Les électrons d'un atome se **répartissent** dans des **couches électroniques**. Chaque **couche électronique** est repérée par une lettre **K, L, M** pour les atomes $Z \leq 18$.

2 – Règles de remplissage des couches électroniques :

Première règle : Une **couche électronique** ne peut contenir qu'un **nombre limité** d'électrons.

- ✓ La **couche K** (première couche) peut contenir un maximum de **2** électrons.
- ✓ La **couche L** (deuxième couche) peut contenir un maximum de **8** électrons.
- ✓ La **couche M** (troisième couche) peut contenir un maximum de **8** électrons (seulement pour les éléments tels que $Z \leq 18$).

Deuxième règle : Le **remplissage** des couches électroniques s'effectue en **commençant** par la couche K. Lorsqu'elle est **saturée** on remplit la couche L et ainsi de suite.

REMARQUE : Lorsqu'une couche est **pleine** on dit qu'elle est **saturée**.

3 – Structure électronique de l'atome :

Définition : La **structure électronique de l'atome décrit la distribution des électrons de cet atome dans différentes couches**.

La **structure électronique** est composée des **lettres** correspondant aux **couches K, L, M**. Les lettres sont écrites **entre parenthèse**. On indique le **nombre d'électrons** qu'elles contiennent en **exposant haut à droite**.

REMARQUE :

- La **dernière couche** de la structure électronique contenant des électrons est appelée la **couche externe**.
- Les **autres couches** occupées par des électrons sont nommées **couches internes**.
- 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**.

L'atome ou l'ion	Z	Structure électronique
Hydrogène 1_1H	1	$(K)^1$
Sodium ${}^{23}_{11}Na$	11	$(K)^2(L)^8(M)^1$
Lithium ${}^7_3Li^+$	3	$(K)^2$
Fluorure ${}^{18}_9F^-$	9	$(K)^2(L)^8$
Aluminium ${}^{27}_{13}Al^{3+}$	13	$(K)^2(L)^8$
oxyde ${}^{16}_8O^{2-}$	8	$(K)^2(L)^8$
Chlore ${}^{35}_{17}Cl$	17	$(K)^2(L)^8(M)^7$
Magnésium ${}^{24}_{12}Mg^{2+}$	12	$(K)^2(L)^8$