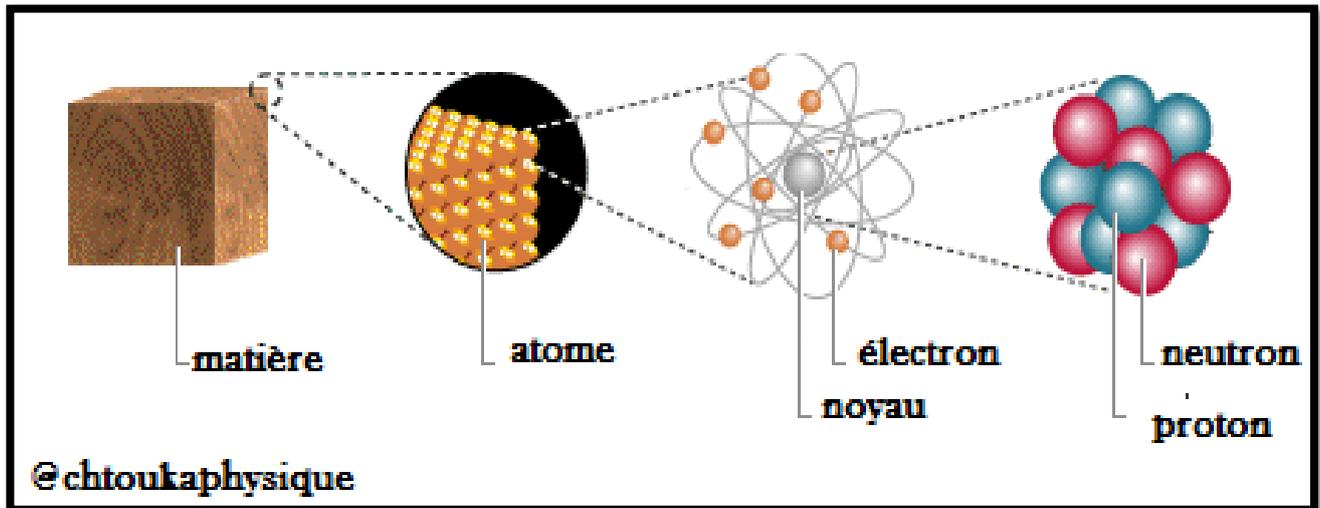


Chapitre 4 : Le modèle de l'atome نموذج الذرة



Modèle de l'atome @chtoukaphysique

+ Situation-problème :

Toute **la matière** qui nous entoure est composée **d'atomes** .

- Qu'est-ce qu'un atome?
- Quels sont ses constituants ?

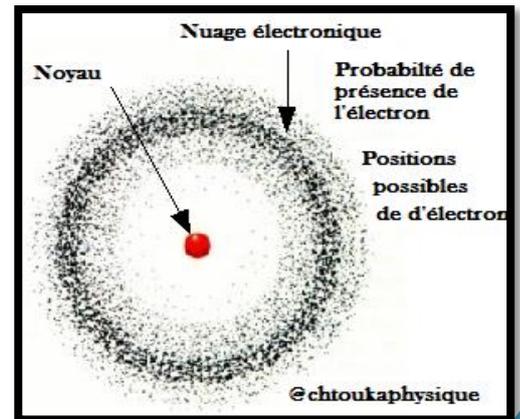
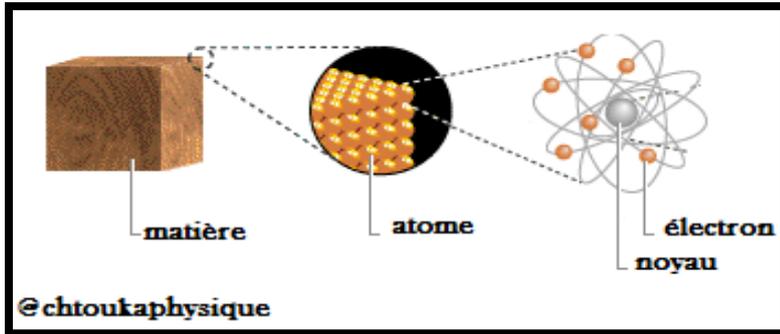
+ Objectifs :

- Extraire les idées et les informations principales d'un document scientifique
- Etre capable de faire recherche et une sélection
- Reconnaître les constituants de l'atome
- Reconnaître et utiliser le symbole de l'atome
- Savoir que l'atome est électriquement neutre
- Savoir que la masse de l'atome est concentrée dans son noyau
- Reconnaître les symboles de quelques éléments
- Savoir que le numéro atomique caractérise l'élément chimique
- Connaître la conservation de l'élément chimique au cours des transformations chimiques
- Distinguer les électrons des couches internes de ceux de la couche externe d'un atome
- Dénumérer les électrons de la couche externe d'un atome
- Ecrire la structure électronique d'un atome

I. Modèle de l'atome

Tout ce qui nous entoure est constitué de matière, la matière est composée de molécules plus ou moins complexes, composées elles-mêmes d'atomes.

Selon le modèle actuel, un atome est une entité électriquement neutre, constitué d'un noyau chargé positivement entouré d'un nuage électronique composé d'électrons chargés négativement



II. Structure de l'atome :

1. Constituants de l'atome

1.1 Le noyau :

Le noyau d'un atome est composé de particules appelées **nucléons** : **protons (chargé positivement)** et **neutrons (non chargé)**.

❖ Caractéristiques du proton :

- symbole : **p**
- charge : $q_p = e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse : $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- propriétés : **tous les protons sont identiques et chargés positivement.**

✓ Remarque :

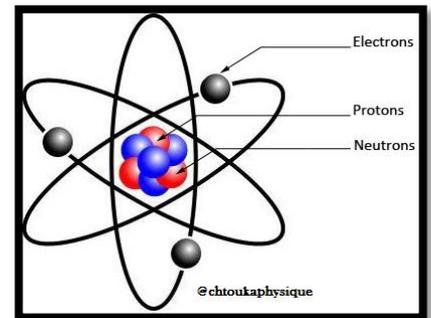
- C est le symbole du **Coulomb unité de charge électrique**
- **e** : charge élémentaire avec $e = 1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

❖ Caractéristiques du neutron :

- symbole : **n**
- charge : **charge nulle** ($q_n = 0$)
- masse : $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
- propriétés : **tous les neutrons sont identiques et neutres électriquement**

✓ Remarque :

- La charge d'un noyau : $Q_{\text{noyau}} = Q_p + Q_n = Z e + 0 \rightarrow Q_{\text{noyau}} = Z e$ avec **Z** nombre de Protons
- La masse du neutron est voisine de celle du proton : $m_p \approx m_n$



2.1 Les électrons :

Les **électrons** sont des **particules élémentaires** très petites, **chargées négativement**, **gravitent autour du noyau** (ils n'ont pas de trajectoire bien définie, c'est pour cela que l'on parle de **nuage électronique**)

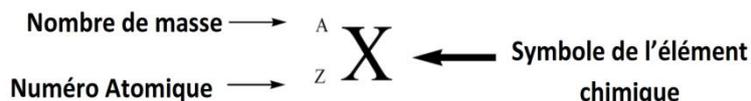
- symbole : **e⁻**
- charge : $q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
- masse : $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$
- propriétés : **tous les électrons sont identiques et chargés négativement.**

✓ Remarque :

- La masse du proton est environ **1836 fois** celle de l'électron puisque $\frac{m_p}{m_e} = 1836 \rightarrow m_p = 1836 m_e$

2. Notation symbolique d'un atome

Un atome de symbole chimique **X** dont le noyau comporte **A nucléons** : **Z protons** et **N neutrons** est noté :



Tel que $A = Z + N$

- **A** : nombre de nucléons (protons + neutrons) ou nombre de masse
- **Z** : nombre de protons ou nombre de charges, on l'appelle aussi **numéro atomique**
- **X** : représente le symbole de l'élément chimique

✓ Remarque :

- le nombre de neutrons du noyau est $N = A - Z$
- Les deux nombres **A** et **Z** sont suffisants pour caractériser un noyau

3. Neutralité électrique (ou électroneutralité) de l'atome

L'atome est **électriquement neutre** c'est-à-dire **la charge électrique totale de l'atome est nulle** : $Q_{\text{atome}} = 0 \text{ C}$, alors le nombre d'électrons d'un atome est égal au nombre de protons

Un noyau comporte **Z protons** de charge électrique **e** : la charge électrique totale du noyau est donc $Q_{\text{noyau}} = +Z \cdot e$ et comme la charge électrique totale de l'atome est nulle : $Q_{\text{atome}} = 0 \text{ C}$; alors la charge électrique totale du nuage électrique est $Q_{\text{nuage}} = -Z \cdot e$.

On sait que $Q_{\text{atome}} = Q_{\text{noyau}} + Q_{\text{nuage}}$ alors $0 = Z \cdot e + Q_{\text{nuage}}$ d'où $Q_{\text{nuage}} = -Z \cdot e$.

❖ Exercice 1: le Cuivre

Le symbole de l'élément chimique Cuivre est ${}^{63}_{29}\text{Cu}$.

1. Déterminer la composition (nombre de protons, de neutrons et d'électrons) de cet atome
2. Calculer la charge du noyau

4. Masse de l'atome :

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

$$m_{\text{atome}} = m_{\text{noyau}} + m_{\text{nuage}} = Z m_p + N m_n + Z m_e$$

✓ Remarque :

- Si on néglige la masse des électrons devant celle des protons (soit $\frac{m_p}{m_e} = 1836 \rightarrow m_p = 1836 m_e$) et alors $m_p \approx m_n$ alors la masse approchée de l'atome est égale à $m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}} \approx Z m_p + N m_n$ Ce qui donne $m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}} \approx Z m_p + N m_p \approx (Z + N) m_p \approx A m_p$ alors $m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}} \approx A m_p$
 - D'où la masse de l'atome est concentrée dans son noyau
- L'atome le plus léger est l'atome d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$: $m_{\text{H}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

5. Dimension de l'atome

Le noyau est assimilé à une boule dense constitué des nucléons et dont son rayon r_N est de l'ordre de 10^{-5} 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 10^{-10} m .

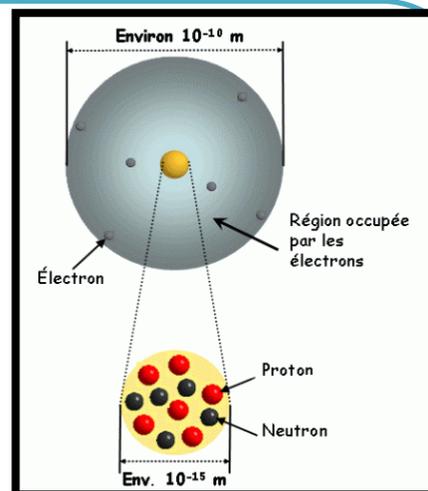
Le rapport du rayon de l'atome au rayon du noyau est $\frac{r_A}{r_N} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5$

alors $r_A = 10^5 r_N$

- L'atome est essentiellement constitué de vide, ce qui explique sa structure lacunaire

✓ Remarque :

- Le plus petit des atomes est l'atome d'hydrogène : $r_{\text{H}} = 52,9 \text{ pm}$
Avec $1 \text{ pm} = 10^{-12} \text{ m}$ ($r_{\text{H}} = 52,9 \cdot 10^{-12} \text{ m}$)



III. Isotopes

1. Définition :

Les isotopes sont des atomes qui possèdent le même numéro atomique Z (c'est-à-dire même nombre de protons) et des nombres de nucléons A différents (c'est-à-dire ils diffèrent plus précisément par leur nombre de neutrons N)

✓ Remarque :

- Les propriétés chimiques des isotopes sont presque identiques car ces isotopes ont le même nombre d'électrons.

2. Exemples :

Les isotopes de l'atome d'hydrogène			Les isotopes de l'atome d'oxygène		
Nom d'isotope	Symbole	Abondance naturelle	Nom d'isotope	Symbole	Abondance naturelle
Hydrogène 1	${}^1_1\text{H}$	99,98%	Oxygène 16	${}^{16}_8\text{O}$	99,759 %
Hydrogène 2	${}^2_1\text{H}$	0,0199%	Oxygène 17	${}^{17}_8\text{O}$	0,037 %
Hydrogène 2	${}^3_1\text{H}$	0,0001%	Oxygène 18	${}^{18}_8\text{O}$	0,204%

- ❖ L'abondance naturelle est le pourcentage en nombre d'atomes de chacun des isotopes par rapport à l'ensemble des isotopes (naturels) trouvés dans la nature

IV. Les ions monoatomiques et polyatomiques

1. Définition :

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

✓ Remarque :

- Le noyau n'est pas modifié donc l'atome et son ion monoatomique ont le même nombre de nucléons A (même nombre de protons Z , même nombre de neutrons N)
- Or l'atome et son ion monoatomique ont le même nombre atomique Z donc ils ont le même nom et le même symbole
- On distingue deux types d'ions monoatomiques : Ion positif (cation), Ion négatif (anion)
 - L'atome est électriquement neutre, s'il perd un ou plusieurs électrons (négatifs), il devient chargé positivement. c'est donc ion positif appelé Cation. Ex : Na^+
 - L'atome qui gagne un ou plusieurs électrons est chargé négativement. c'est donc un ion négatif appelé Anion. Ex : Cl^-
- Un ion polyatomique est un groupe d'atomes chargé électriquement (positivement ou négativement) (au moins deux atomes). Ex : HO^-

2. Exemples :

Tableau des ions monoatomiques			
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Ion sodium	Na^+	Ion fluorure	F^-
Ion potassium	K^+	Ion chlorure	Cl^-
Ion manganèse	Mn^{2+}	Ion bromure	Br^-
Ion magnésium	Mg^{2+}	Ion fer II	Fe^{2+}
Ion calcium	Ca^{2+}	Ion fer III	Fe^{3+}
Ion plomb	Pb^{2+}	Ion Cuivre II	Cu^{2+}
Ion chrome	Cr^{3+}	Ion aluminium	Al^{3+}
Ion Iodure	I^-	Ion argent	Ag^+

Tableau des ions polyatomiques			
Nom	Symbole	Nom	Symbole
Ion permanganate	MnO_4^-	Ion hydronium (Oxonium)	H_3O^+
Ion dichromate	$\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$	Ion hydroxyde	HO^-
Ion sulfate	SO_4^{2-}	Ion méthanoate	HCO_2^-
Ion sulfite	SO_3^{2-}	Ion hydrogénocarbonate	HCO_3^-
Ion hypochlorite	ClO^-	Ion ammonium	NH_4^+
Ion nitrite	NO_2^-	Ion cyanure	CN^-
Ion nitrate	NO_3^-	Ion carbonate	CO_3^{2-}

V. Les Composés ioniques :

1. Définition :

Un composé ionique est formé d'ion positif (cation) et d'ion négatif (anion) à condition que la somme des charges positives et négatives soit nulle " autant de charges positive que de charges négative "

❖ Nom d'un composé ionique :

Quand on écrit le nom d'un composé ionique, l'anion vient en premier et le cation en second.

Nom de composé ionique	Les ions
chlorure de sodium	anion : Cl^- ; cation : Na^+
sulfate de cuivre	Anion : SO_4^{2-} ; cation Cu^{2+}

❖ Formulation d'un composé ionique :

Quand on écrit la formule chimique d'un composé ionique, le symbole du cation vient en premier et le symbole de l'anion en second.

Nom de composé ionique	formule	Les ions
chlorure de sodium	$\text{NaCl}_{(s)}$	Na^+ ; Cl^-
sulfate de cuivre	$\text{CuSO}_4_{(s)}$	Cu^{2+} ; SO_4^{2-}

2. Exemples :

formule du composé ionique	Nom du composé ionique
FeS	sulfure de fer(II)
KMnO_4	permanganate de potassium
$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	dichromate de potassium
$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	sulfate de fer(III)
CaCO_3	Carbonate de calcium
NaHCO_3	Hydrogénocarbonate de sodium
FeCl_3	chlorure de fer(III)

VI. L'élément chimique :

1. Définition :

Un élément chimique est l'ensemble des entités / des particules (atomes ou ions) qui possèdent le même numéro atomique Z (même nombre de protons dans leur noyau)

❖ Exemple :

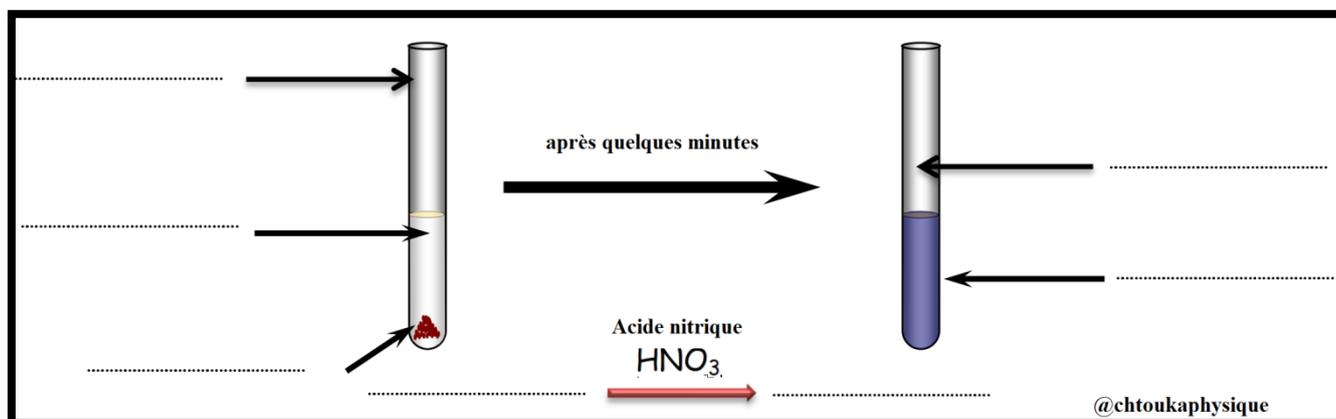
${}^{63}_{29}\text{Cu}$, ${}^{65}_{29}\text{Cu}$ et ${}^{65}_{29}\text{Cu}^{2+}$ appartiennent au même élément chimique c'est l'élément qui contient 29 proton : le cuivre

2. Conservation de l'élément chimique :

✚ Activité : Conservation de l'élément Cuivre

❖ Manipulation N°1 : Action de l'acide nitrique HNO_3 sur le cuivre Cu :

On place un morceau de tournure de cuivre $\text{Cu}_{(s)}$ dans un tube à essais et on ajoute , sous la hotte , la solution d'acide nitrique (H^+ , NO_3^-).

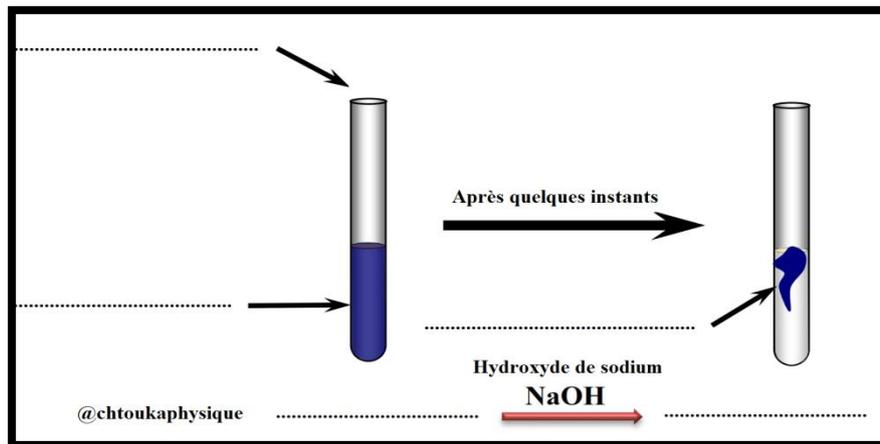


➤ Observation : Après quelques minutes nous remarquons :

- 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 de tournure de cuivre lors de l'ajout d'une quantité suffisante d'acide nitrique.

❖ **Manipulation N°2 : Précipitation de l'élément chimique formé lors de la 1^{ère} manipulation (Action de l'hydroxyde de sodium sur les ions de cuivre II formés)**

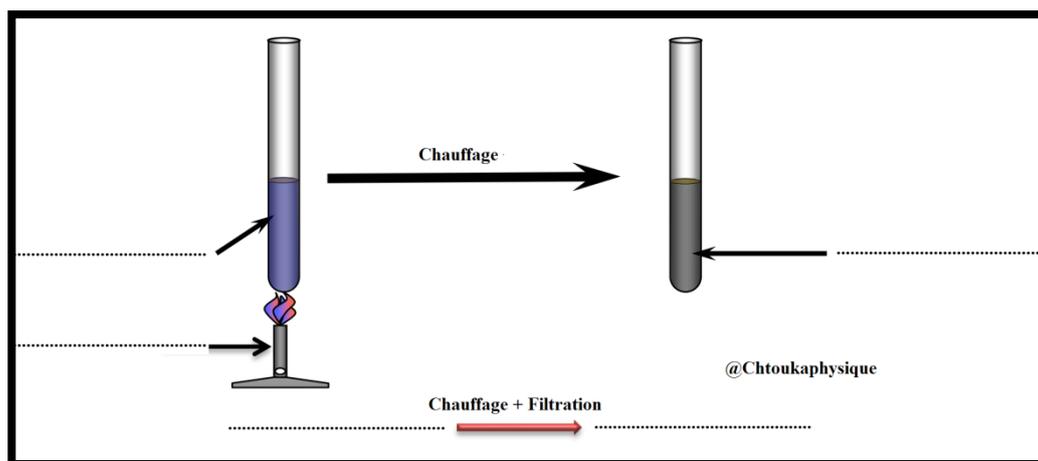
Dans un tube essais, on met une quantité de la solution obtenue dans l'expérience précédente (Solution de nitrate de cuivre II) et on ajoute une petite quantité de solution d'hydroxyde de sodium (Na^+ , HO^-)



➤ **Observation :** Nous observons un précipité bleu, c'est l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$

❖ **Manipulation N°3 : Déshydratation de l'hydroxyde de cuivre II : (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 essais et on le chauffe .



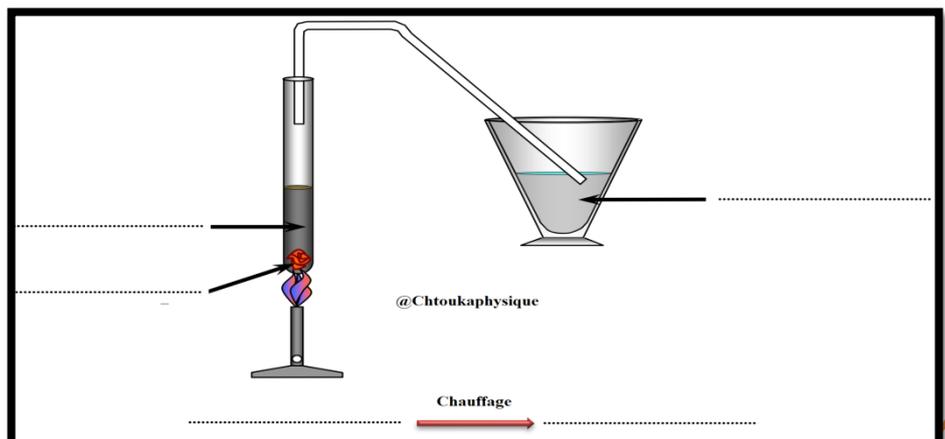
➤ **Observation :** Le précipité d'hydroxyde de cuivre noircit. Il se forme de l'oxyde de cuivre (CuO).

❖ **Manipulation N°4 : réaction entre l'oxyde de cuivre II et le carbone**

- On mélange initialement une spatule de poudre d'oxyde de cuivre CuO obtenu à l'expérience N°3 et une spatule de poudre de carbone sur une feuille de papier
- On met le mélange dans un tube à essais et on chauffe.

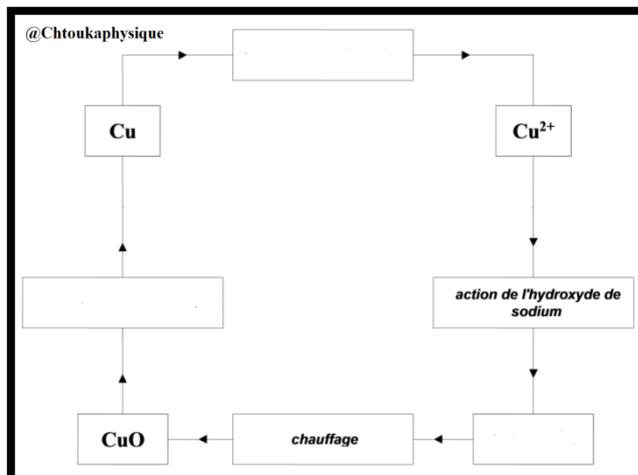
➤ **Observation :**

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



✚ Exploitation :

1. Quelle est la couleur du métal de cuivre ? décrire ce qui arrive au cuivre dans l'expérience N°1
2. Complétez la légende du schéma d'expérience N°1
3. Complétez la légende du schéma d'expérience N°2
4. Identifier l'élément chimique mis en évidence par l'indicateur dans l'expérience N° 2, décrire ce qui arrive au cuivre dans l'expérience N°2
5. Complétez la légende du schéma d'expérience N°3
6. Que signifie le terme "déshydratation" ?
7. Expliquer l'effet du chauffage sur l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$
8. Complétez la légende du schéma d'expérience N°4
9. Qu'est ce qui montre l'embrouille d'eau de chaux ? quel est le corps rouge brique formé ?
10. Complétez le schéma ci-contre ? que déduisez-vous à travers ces transformations successives ?

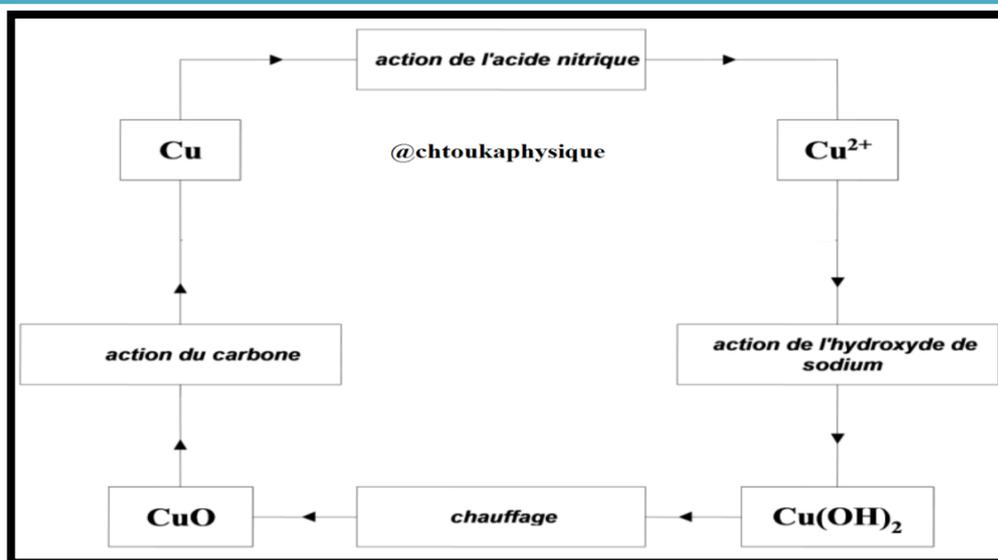


✚ Interprétation :

1. le métal de cuivre est caractérisé par la couleur rouge-orangée. La disparition totale de cuivre métallique $\text{Cu}_{(s)}$ et l'apparition de la couleur bleue indiquent la transformation du cuivre métallique en ion de cuivre II Cu^{2+}
2. voir le schéma 1
3. voir le schéma 2
4. La formation d'un précipité bleu (l'hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$) indique que l'ion de cuivre II Cu^{2+} est présent dans la solution et que le cuivre est converti de l'ion II en solution (Cu^{2+}) à l'ion de cuivre II dans le complexe ionique : Hydroxyde de cuivre II $\text{Cu}(\text{OH})_2$ (solide)
5. Voir le schéma 3
6. La déshydratation est l'action d'enlever à un corps tout ou une partie de son 'eau
7. le chauffage a conduit à l'élimination de l'eau de l'hydroxyde de cuivre II , $\text{Cu}(\text{OH})_2$
8. voir le schéma 4
9. 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 $\text{Cu}_{(s)}$
10. voir le schéma ci-dessous.

L'élément cuivre représente ce qui est **commun** , au métal cuivre (Cu) , à l'ion cuivre (II) (Cu^{2+}) , à l'hydroxyde de cuivre (II) ($\text{Cu}(\text{OH})_2$, à l'oxyde de cuivre (CuO). malgré la diversité des apparences de tous ces composés.

➤ **Au cours de ces différentes transformations chimiques, l'élément chimique Cuivre s'est conservé**



✚ Conclusion :

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**

VII. Répartition électronique d'un atome

1. Couches électroniques

Les électrons d'un atome (ou d'un ion) **se répartissent** dans **couches électroniques** . Chaque **Couche électronique est repérée / caractérisé** 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**

Couche	K	L	M
Nombre maximal d'électrons	2	8	8

❖ **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 (ou formule) électronique d'un atome ou d'un ion

- **La structure électronique** d'un atome décrit **la distribution des électrons** de cet atome **dans différentes couches**
- **La structure électronique** est composé **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**

❖ **Exemples :**

L'atome ou ion	${}^1_1\text{H}$	${}^{23}_{11}\text{Na}$	${}^{35}_{17}\text{Cl}^-$	${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$
Nombre d'électrons	1	11	18	10
Structure électronique	(K) ¹	(K) ² (L) ⁸ (M) ¹	(K) ² (L) ⁸ (M) ⁸	(K) ² (L) ⁸

✓ **Remarque :**

- **La dernière couche** de la structure électronique **contenant des électrons** est appelée **Couche externe**
- **Les autres couches** occupés par des électrons sont nommés **couches internes**
- **Si la couche externe** d'un atome (ou d'un ion) est **saturée** , on dit que **cet élément (atome ou ion) est stable**

❖ **Exercice :**

Soit un atome X dont le noyau contient 20 neutrons et a une charge totale égale à $+27,2 \cdot 10^{-19}$ C.

1. Quel est le numéro atomique du noyau ?
2. Quel est le nombre de nucléons A ?
3. Combien cet atome comporte-t-il d'électrons ?
4. Donner le symbole du noyau de cet atome.
5. Donner la structure électronique de l'atome X. Quelle est la couche externe de cet atome ? Combien y-a-t-il d'électrons périphériques ?
6. Que peut-on dire de cet atome et des suivants dont on donne le couple (Z ;A) : (17 ;37) et (17 ;35) ?
7. Quel ion donnera cet atome ? Justifier la réponse. Donner la structure électronique de l'ion.
Données : charge élémentaire $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ C.