

# Physique chimie 3eme

## Chapitre 2

### La constitution de la matière

#### Plan du cours:

**Introduction: activité documentaire « Histoire du modèle de l'atome »**

- 1. Observation au microscope a champ proche**
- 2. La dimension des atomes**
- 3. Constitution de l'atome**
- 4. Le symbole des atomes**
- 5. L'assemblage de la matière**
- 6- Les ions**
- 7. Liens entre la structure microscopique des matériaux et leurs propriétés**

**Exercices: livre BELIN page 22 - 23**

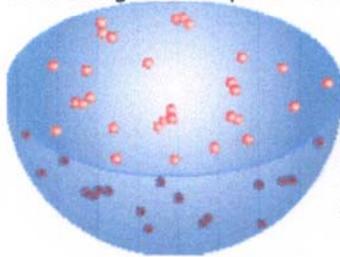
## Activité documentaire :

### UN MODELE POUR COMPRENDRE L'ATOME

Lire le texte et répondre aux questions.

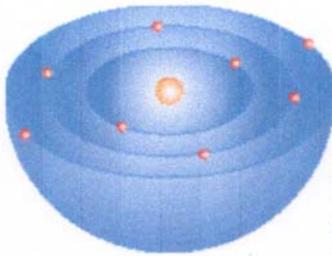
Dès 420 avant JC, Démocrite (philosophe grec) a l'intuition de l'existence des atomes et invente leur nom ("atonios" en grec qui signifie insécable). Aristote (philosophe grec) conteste cette existence et son prestige est tel qu'il faut attendre le début du XIX<sup>e</sup> siècle pour que cette idée reprenne vie.

En 1805, John Dalton annonce au monde l'existence des atomes. En 1881, J. J. Thomson découvre l'un des composants de l'atome. Il s'agit de particules élémentaires négatives appelées en 1891 électrons. Au début du XX<sup>e</sup> siècle, l'ambition des physiciens est de proposer un modèle de l'atome en précisant la répartition de la charge électrique à l'intérieur de celui-ci.



En 1904, Thomson partant de l'idée que l'atome est électriquement neutre, pense qu'il doit contenir des charges positives qui doivent compenser les charges négatives des électrons. Il suppose que la charge positive est répartie dans un petit volume (qui peut avoir la forme d'une sphère) et qu'elle est parsemée d'électrons (pudding de Thomson).

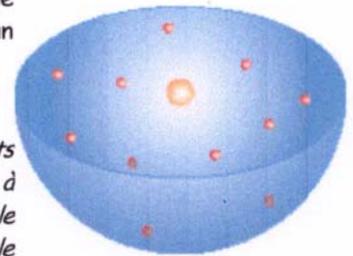
En 1910 Rutherford bombarde différents échantillons de matière (cuivre, or, argent) avec des particules et il déduit de son expérience que la charge positive doit occuper un tout petit volume qu'il appelle "noyau". Après "un petit calcul" il trouve que la majorité de la masse de l'atome est concentrée dans un noyau minuscule. Les dimensions du noyau sont de l'ordre de 10<sup>-15</sup> m (100 000 fois moins que les dimensions de l'atome) et sa charge totale est un multiple entier de la charge de l'électron (au signe près)



Rutherford pense alors au modèle planétaire pour décrire un atome. En effet la masse du système solaire est essentiellement concentrée dans le Soleil tout comme celle de l'atome est concentrée dans le noyau. Il propose donc comme modèle un tout petit noyau chargé positivement et comportant l'essentiel de la masse de l'atome, autour duquel les électrons décrivent des orbites. Depuis, d'autres modèles plus complexes ont permis d'expliquer de nombreux autres phénomènes.

Le modèle actuel de l'atome est l'aboutissement d'une longue histoire au cours de laquelle les représentations qu'on s'en fait ont profondément évolué. Nous retiendrons pour la classe de troisième un modèle simple constitué d'un noyau autour duquel gravitent des électrons qui forment un nuage électronique.

*Il est nécessaire d'élaborer un modèle pour pouvoir expliquer différents phénomènes et en prévoir les conséquences. Celles-ci, soumises à l'expérience, permettent de valider le modèle, de l'améliorer ou de le rejeter. Cependant il n'est pas toujours nécessaire d'utiliser le modèle le plus complexe pour expliquer de façon simple un certain nombre d'observations. Il suffit d'en connaître les limites.*



### 1 - Les évolutions du modèle atomiques.

Parmi les différents savants qui ont participé à l'élaboration du modèle atomique, relever ceux qui sont cités dans le texte depuis le début du *XIX<sup>ème</sup> siècle*.

Dalton, Thomson, Rutherford.

### 2 - Le modèle de J. J. Thomson.

Quel est le constituant de l'atome découvert par J. J. Thomson ?

Électrons (en 1881).

Cette particule porte-t-elle une charge ?

Oui (charge négative).

Quel est le modèle proposé par J. J. Thomson ?

Pudding de Thomson (l'atome est une sphère contenant des charges positives et négatives parsemées).

### 3 - Le modèle de Rutherford.

- Que déduit Rutherford de son expérience ?

Que la charge positive de l'atome occupe un tout petit volume (qu'il appelle le « noyau »).

- Que trouve-t-il après la masse de l'atome comparée à celle du noyau ?

Que la majorité de la masse de l'atome est concentrée dans le noyau.

- les dimensions de l'atome comparées à celle du noyau ?

L'atome est 100000 fois plus grand que le noyau.

- le nombre de particules positives du noyau par rapport au nombre d'électrons ?

Dans un atome, il y a autant de particules positives (proton) que d'électrons..

- Quelle en est la conséquence électrique pour un atome ?

L'atome est électriquement neutre.

- Pourquoi peut-on dire que la matière est constituée essentiellement de vide ? (Utiliser les réponses précédentes).

La masse de la matière est essentiellement concentrée dans le noyau et ce noyau est 100000 fois plus petit que l'atome. **Donc** le reste est vide: la matière est lacunaire.

- Quel est le modèle proposé par Rutherford ?

Modèle planétaire.

**4 - Bien qu'il soit très difficile actuellement de donner une image de l'atome, quel modèle allons-nous retenir ? A RETENIR donc...**

Le modèle d'un noyau autour duquel gravitent des électrons formant un nuage électronique

**5 - Pourquoi le modèle de Rutherford est-il tout de même inexact ?**

Le modèle de Rutherford ne permet pas d'expliquer tout les phénomènes.  
(par exemple la fluorescence s'explique avec un modèle quantique de l'atome)

#### **CONCLUSION SUR LE MODÈLE ATOMIQUE - POURQUOI UN MODELE ?**

1 - Le modèle de l'atome a-t-il évolué depuis le XIXème siècle ?

Oui

2 - Quel est l'intérêt d'un modèle et que faut-il en préciser ?

On tente d'expliquer des phénomène grâce a un modèle. L'expérimentation permet  
De le confirmer ou de le rejeter.

#### **CONCLUSION FINALE A RETENIR DONC:**

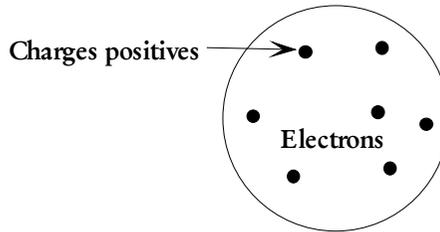
Le modèle atomique a ..... évolué ..... au fur et à mesure de l'apparition de phénomènes inexplicables  
par le modèle précédent. Pour expliquer un phénomène on n'a pas besoin d'utiliser le modèle plus  
complexe, mais il faut en connaître les ..... limites..... .

# Histoire du modèle de l'atome

Démocrite (-420) a l'intuition que la matière est formée d'atomes. Au I<sup>er</sup> siècle av-JC Lucrèce tente de démontrer l'existence de l'atome. Atome vient de *atomos* qui signifie couper et le préfixe *a* signifie qu'on ne peut couper, insécable. L'atome est décrit comme la particule la plus petite possible.

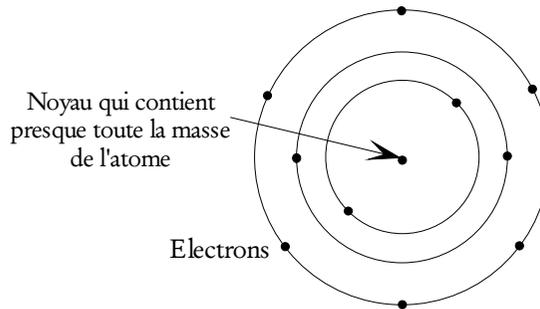
C'est la théorie des quatre éléments d'Aristote qui va s'imposer jusqu'au XIX<sup>e</sup> siècle. La combinaison de la terre, de l'eau, de l'air et du feu explique la composition de la matière.

En 1805, John Dalton reprend la théorie atomique car elle rend bien compte de ses observations. En 1881, J.J. Thomson découvre les électrons. En 1904 il décrit l'atome comme des ensembles de charges positives occupant un petit volume au milieu d'électrons. L'atome n'est plus insécable ! C'est le modèle du pudding de Thomson. Chaque charge positive est égale à chaque charge négative, au signe près :

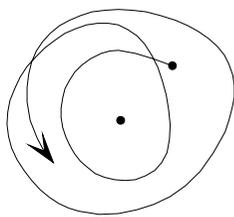


En 1910, Rutherford montre que la matière contient essentiellement du vide et que le noyau qui est 100 000 fois plus petit que l'atome représente presque toute sa masse.

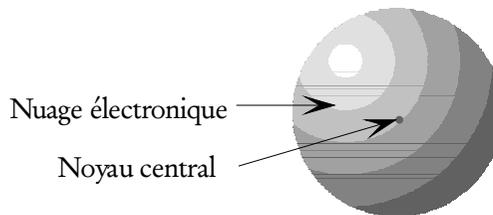
Rutherford décrit un atome dont le modèle est calqué sur celui des planètes. La masse du soleil représente 99 % de la masse du système solaire et son diamètre est très petit par rapport à celui du système solaire. Le noyau est au centre et les électrons tournent autour sur des trajectoires fixes :



Ce modèle ne permet pas d'expliquer de nouvelles observations. On doit admettre que la trajectoire des électrons est plus compliquée.



Trajectoire d'un électron



Modèle de l'atome contenant toutes les trajectoires de tous les électrons

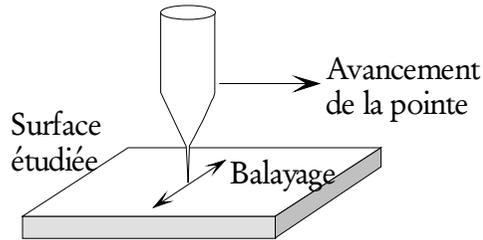
Le modèle actuel est très complexe et ne peut plus être représenté par un dessin. Néanmoins, pour expliquer la physique et la chimie élémentaire il est suffisant d'admettre un modèle de l'atome avec un noyau central positif très petit et des électrons qui tournent autour en formant un nuage sphérique. On élabore un modèle conformément aux phénomènes observés, il doit permettre de prévoir d'autres phénomènes. On modifie le modèle au fur et à mesure des observations.

# LE MODÈLE DE L'ATOME

Que savez-vous de l'atome ?

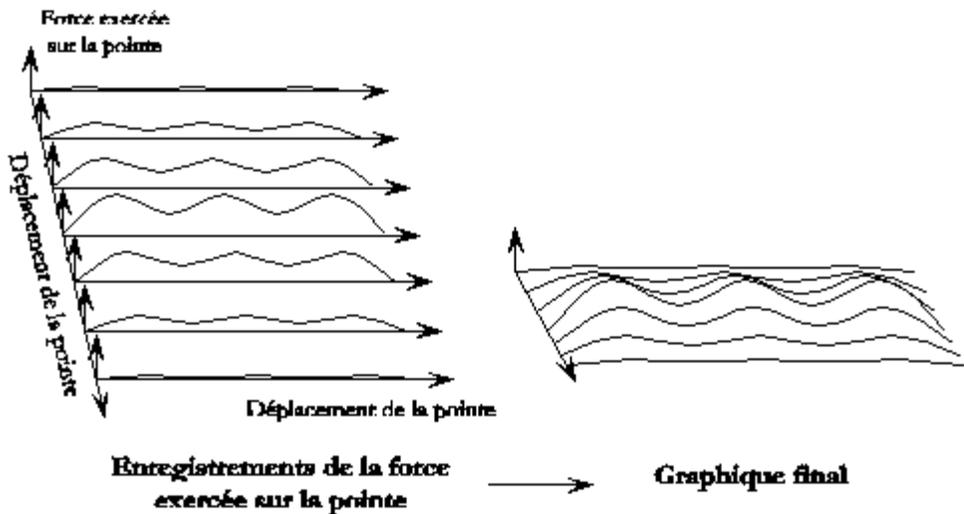
## 1. Observation au microscope à champ proche

On déplace une pointe ultrafine au dessus d'une surface. Un système maintient constante la distance de la pointe à la surface. La force exercée sur la pointe est enregistré :



Distance pointe-surface = 0,000 000 5 mm

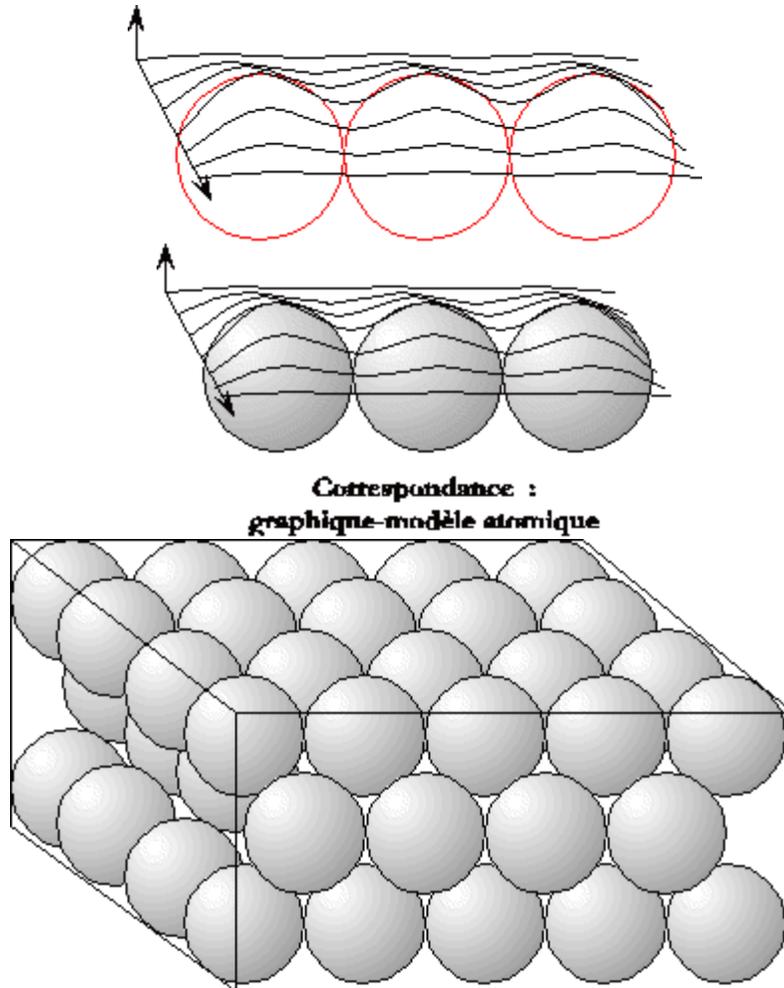
On trace une courbe par balayage. On trace les courbes côte à côte pour obtenir un graphique final :



Par quelle figure géométrique a-t-on modélisé l'atome :

On a représenté l'atome par une sphère.

Si on admet que chaque bosse correspond à un atome, essayer de placer les atomes représentés par une sphère sur le graphique :



Rappeler ce que représente chaque courbe :

Chaque courbe représente la force exercée sur la pointe.

À quoi correspond chaque surélévation des courbes :

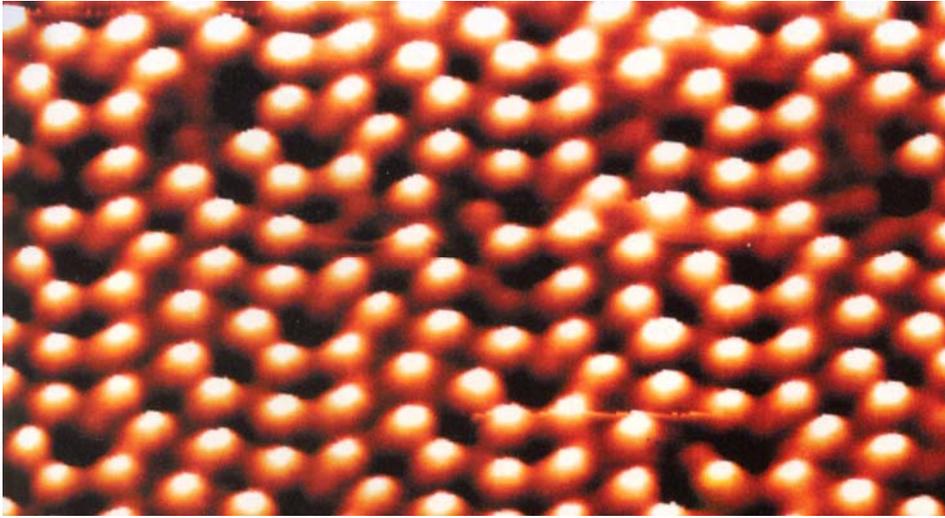
Chaque surélévation correspond à un atome qui forme la surface. Ce n'est pas une photographie de la surface.

**Comment expliquer la correspondance entre le modèle de l'atome et les courbes tracées :**

L'attraction augmente peu à peu quand la pointe s'approche de l'atome puis diminue peu à peu quand on s'éloigne, le modèle sphérique correspond aux courbes enregistrées.

## 2. La dimension des atomes

Le document suivant a été obtenu par microscopie électronique (effet tunnel). Il représente les atomes d'un cristal de silicium :



La taille de l'atome est de l'ordre du **dixième de milliardième de millimètre** c'est à dire :  
( 1 mm / 10 ) / 1 000 000 =  $10^{-10}$  m = 0,000 000 000 1 m.

Il faut imaginer 1 millimètre que l'on coupe en dix puis il faut couper en un million le petit morceau obtenu.

**Le nombre d'atomes d'une toute petite parcelle d'un corps est si grand qu'il défie l'imagination !**

Une tête d'épingle de  $1 \text{ mm}^3$  contient environ 80 000 000 000 atomes de fer.

Une goutte d'eau contient environ mille milliards de molécules d'eau qui elles-mêmes contiennent chacune 3 atomes.

La **taille des noyaux** des atomes est encore bien plus petite que celle de l'atome.

En effet, si le noyau atomique était représenté par une *orange*, un électron serait plus petit qu'une *tête d'épingle* et se déplacerait à *environ 100 m* de l'orange.

Si on arrivait à concentrer tous les noyaux de **tous les atomes de l'Univers**, ils n'occuperaient pas plus que le **volume d'un dé à coudre** car **la matière qui nous entoure est essentiellement composée de vide.**

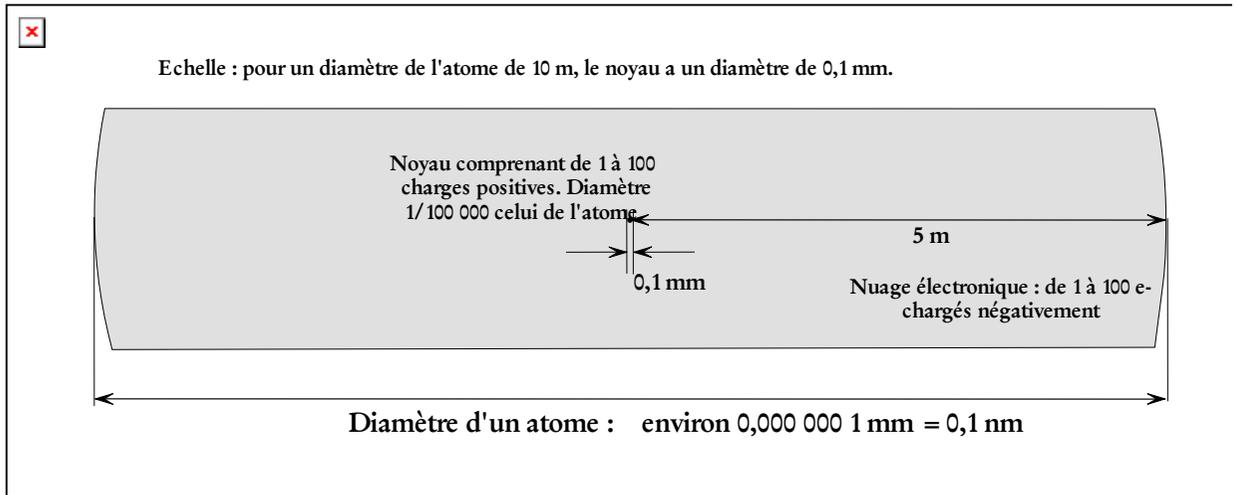
**On dit que la matière a une structure lacunaire.**

### 3. Constitution de l'atome

On représente l'atome par une sphère dont le centre est occupé par le noyau qui est 100 000 fois plus petit que l'atome. Presque toute la masse de l'atome est concentrée dans le noyau. Le noyau comprend des charges positives.

Autour du noyau gravitent des électrons e- porteurs de charges négatives.

L'atome est neutre, il comprend autant de charges positives que de charges négatives.



Si l'atome avait la dimension d'un grand stade, le noyau aurait la dimension d'une tête d'épingle.

Les matériaux sont formés d'atomes. Il y a environ 10 000 000 d'atomes sur une longueur de 1 mm.

### 4. Le symbole des atomes

Il existe dans la nature une centaine de type d'atomes. Chaque type d'atome est représenté par un symbole :

- la première lettre est écrite en majuscule
- s'il y a une deuxième lettre, elle est écrite en minuscule.

Exemple :

Type d'atome	Symbole
Hydrogène	H
Carbone	C
Oxygène	O
Fer	Fe
Cuivre	Cu
Aluminium	Al
Zinc	Zn

## 5. L'assemblage de la matière : drôle de jeu de construction !

Il existe seulement **une centaine d'atomes différents**. (cf. [tableau périodique](#))

La matière est formée à partir d'atomes qui peuvent se regrouper en **molécules** (exemple, le gaz dioxygène de l'air est constitué de molécules de dioxygène formées chacune de 2 atomes d'oxygène).

Dans un **corps simple**, les atomes formant une molécule sont tous les mêmes.



Dans un **corps composé**, les atomes formant une molécule sont différents.



On connaît **un demi million de molécules différentes** dans le monde où nous vivons.

## 6. Les ions

Dans certaines conditions, **certains atomes ou groupement d'atomes peuvent capter ou perdre un ou plusieurs électrons**. L'ensemble n'est plus neutre d'un point de vue électrique, il forme alors ce que l'on appelle un **ion**.

Si c'est un seul atome qui a capté ou perdu un ou des électrons, il devient un **ion monoatomique**.

Si c'est un ensemble de plusieurs atomes qui ont capté ou perdu un ou des électrons, il devient un **ion polyatomique**.

Il existe des **ions négatifs, les anions (gain d'électrons)** et **ions positifs, les cations (perte d'électrons)**.

Ion	Formule
Hydrogène	H <sup>+</sup>
Hydroxyde	HO <sup>-</sup>
Chlorure	Cl <sup>-</sup>
Sodium	Na <sup>+</sup>
Zinc	Zn <sup>2+</sup>
Cuivre II	Cu <sup>2+</sup>
Aluminium	Al <sup>3+</sup>
Fer II	Fe <sup>2+</sup>
Fer III	Fe <sup>3+</sup>

**NATURAL MINERAL WATER**  
天然矿泉水 AIR MINERAL SEMULAJADI

Agents :  
WANIN INDUSTRIES PTE. LTD.  
Tel : (65) 62535888 Fax : (65) 62508508  
WYNIN INDUSTRIES (M) SDN. BHD.  
Tel : (603) 56341788 Fax : (603) 56351233

Source / Punca :  
OCEAN MINERAL WATER (M) SDN. BHD.  
Lot 690, JALAN SUNGAI TIRAM, 81800  
JOHOR, MALAYSIA.

Water Quality Association  
Member of International Bottled Water Association, IBWA

NUTRITION FACTS		
Serving Per Package : 18.9 L (1 Bottle)		
Serving Size : 1 Litre	Per Serving	Per 100ml
Energy	0 kcal*	0 kcal*
Protein	0 g	0 g
Total fat	0 g	0 g
Carbohydrate	0 g	0 g
Sodium	20.5 mg	2.05 mg

\* 1 kcal = 4.2 kJ  
Not a significant source of dietary fibre, saturated fats and cholesterol.

Composition by volume (approximate)		
Calcium/Potassium	2.2	Ca/PbNa+/K+/Cl-
Magnesium/Magnesium	1.2	Mg/PbNa+/K+/Cl-
Sulfate/Sulfate	2.2	S/PbNa+/K+/Cl-

Product Of Malaysia 5.0 Gal / 18.9 Litres

**Exemple** : L'atome de chlore de symbole Cl peut gagner un électron et former l'ion chlorure Cl<sup>-</sup> qui est un anion monoatomique.

Equation-bilan de formation de cet ion :  $\text{Cl} + 1 \text{e}^- \rightarrow \text{Cl}^-$

Les ions vous les connaissez, rappelez vous en cinquième. Une **solution ionique** est une solution qui contient des ions (ex : eau minérale). Les solutions ioniques sont électriquement neutres : Ex : solution de chlorure de sodium (eau salée) contient autant de Na<sup>+</sup> que de Cl<sup>-</sup>, la solution de chlorure de cuivre contient deux fois plus de Cl<sup>-</sup> que de Cu<sup>2+</sup>

## Rappel de quatrième: équation bilan :

Pensons à la phrase d'un des premiers chimistes **Antoine Laurent LAVOISIER** (1743-1794 mort sur l'échafaud) : « **Rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme** ». Donc les atomes ne disparaissent pas et n'apparaissent pas, ils se réarrangent seulement en d'autres composés chimiques appelés produits.

## 7. Lien entre la structure microscopique des matériaux et leurs propriétés

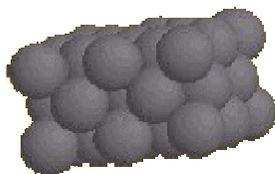
La plupart des métaux à température ordinaire sont des **solides** et plus précisément des cristaux qui se distinguent des autres solides par leurs propriétés mécaniques, électriques et optiques.

Lorsque le métal comporte **plusieurs espèces d'atomes**, on dit que c'est un **alliage**.

Dans un métal, certains **électrons sont libres**, ce qui permet le passage du courant électrique. C'est pour cela que les métaux et les alliages sont des **conducteurs de l'électricité et de la chaleur**.

Dans un métal, **certaines couches d'atomes glissent relativement facilement les unes sur les autres**. C'est pour cela que les métaux et les alliages peuvent se déformer sans casser, ils sont dits **malléables**.

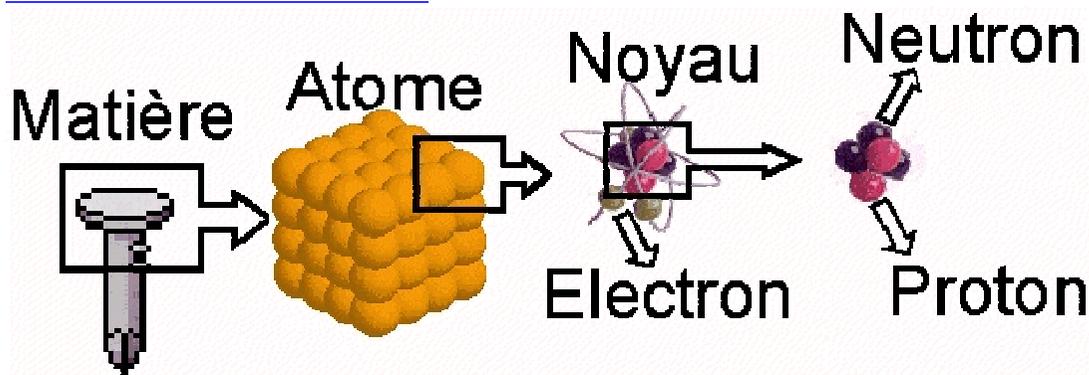
Les métaux sont également **opaques à la lumière et la réfléchissent**. (Penser aux miroirs argentés fabriqués avec une fine couche d'argent posée sur une vitre).



Les atomes dans les métaux sont **arrangés régulièrement les uns contre les autres** et en très grand nombre. Donc, on ne peut pas parler de "molécules" de fer ou de cuivre et on représentera un **métal par le symbole de son atome**.

Voir la structure des verres et des matières plastiques livre BELIN page 21.

## Résumé : Constitution de la matière



## 6 Ions sulfate et aluminium

La formule de l'ion sulfate est  $\text{SO}_4^{2-}$ ; celle de l'ion aluminium est  $\text{Al}^{3+}$ .

- Indique le nombre et le type d'atomes à partir desquels chaque ion est formé.
- Précise la charge électrique de chaque ion.
- Détermine dans chaque cas le nombre d'électrons gagnés ou perdus par l'atome ou le groupe d'atomes pour former chaque ion.

## Formules et noms d'ions (Ex. 7 et 8)

7 Écris la formule des ions suivants :

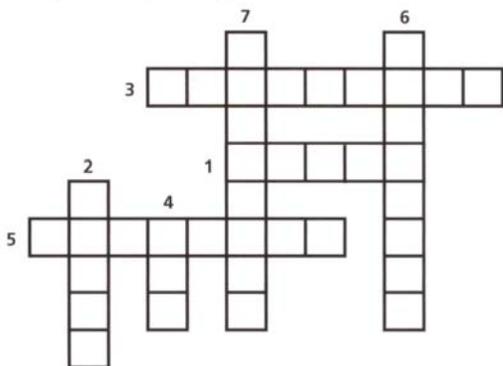
- ion hydrogène;
- ion cuivre;
- ion aluminium;
- ion fer III.

8 Nomme les ions dont la formule est la suivante :

- $\text{HO}^-$ ;
- $\text{Cl}^-$ ;
- $\text{Na}^+$ ;
- $\text{Zn}^{2+}$ ;
- $\text{Fe}^{2+}$

## 9 Mots croisés

Recopie et complète la grille.



- Petite particule constituée d'un ou plusieurs électrons et d'un noyau.
- Partie centrale de l'atome.
- Ils sont en mouvement autour de la partie centrale de l'atome.
- Espèce chimique électriquement chargée.
- Adjectif qualifiant la charge de la partie centrale de l'atome.
- Espèce chimique électriquement non chargée formée à partir de plusieurs atomes.
- Adjectif qualifiant la charge élémentaire d'un électron.

6. a. L'ion sulfate est formé à partir d'un atome de soufre (S) et de quatre atomes d'oxygène (O). L'ion aluminium est formé à partir d'un atome d'aluminium (Al).

b. La charge électrique de l'ion sulfate est égale à deux charges élémentaires négatives. La charge électrique de l'ion aluminium est égale à trois charges élémentaires positives.

c. Pour former l'ion sulfate, l'atome de soufre et les quatre atomes d'oxygène gagnent ensemble deux électrons. Pour former l'ion aluminium, l'atome d'aluminium perd trois électrons.

- a. Ion hydrogène :  $\text{H}^+$ .  
b. Ion cuivre :  $\text{Cu}^{2+}$ .  
c. Ion aluminium :  $\text{Al}^{3+}$ .  
d. Ion fer III :  $\text{Fe}^{3+}$ .

- a.  $\text{HO}^-$  : ion hydroxyde.  
b.  $\text{Cl}^-$  : ion chlorure.  
c.  $\text{Na}^+$  : ion sodium.

- $\text{Zn}^{2+}$  : ion zinc.
- $\text{Fe}^{2+}$  : ion fer II.

1. Atome ; 2. Noyau ; 3. Électrons ; 4. Ion ; 5. Positive ; 6. Molécule ; 7. Négative.

## 10 Constitution d'atomes

Recopie et complète le tableau ci-dessous :

Nom	Atome de zinc	Atome d'hydrogène	
Symbole			Al
Nombre de charges élémentaires du noyau		1	
Nombre d'électrons	30		
Charge totale			

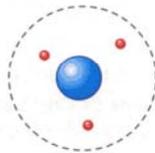
## 11 Constitution d'ions

Recopie et complète le tableau ci-dessous :

Nom		Ion chlorure	Ion fer II
Formule	$\text{Cu}^{2+}$		
Nombre de charges élémentaires du noyau	29		26
Nombre total d'électrons		18	
Nombre de charges élémentaires excédentaires		1 charge négative	

## 12 L'ion lithium

Observe la représentation d'un atome de lithium de symbole Li. Cet atome peut perdre un électron et former ainsi l'ion lithium.



- Dessine la représentation d'un ion lithium.
- Détermine le nombre de charges élémentaires excédentaires et leur signe.
- Écris la formule de l'ion lithium.
- Explique si l'ion de formule  $\text{Li}^{4+}$  peut exister.

## 13 Distingue molécule et ion

Observe les formules suivantes :  $\text{HO}^-$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{O}_2$ .

- Classe les formules en deux groupes : molécules et ions.
- Précise le nombre et la nature des atomes constituant chacune des espèces.
- Indique, pour chaque ion, le nombre de charges élémentaires excédentaires et leur signe.

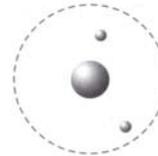
10.

Nom	Atome de zinc	Atome d'hydrogène	Atome d'aluminium
Symbole	Zn	H	Al
Nombre de charges élémentaires du noyau	30	1	13
Nombre d'électrons	30	1	13
Charge totale	0	0	0

11.

Nom	Ion cuivre	Ion chlorure	Ion fer II
Formule	$\text{Cu}^{2+}$	$\text{Cl}^-$	$\text{Fe}^{2+}$
Nombre de charges élémentaires du noyau	29	17	26
Nombre total d'électrons	27	18	24
Nombre de charges élémentaires excédentaires	2 charges positives	1 charge négative	2 charges positives

12. a.



- L'ion lithium possède une charge élémentaire positive.
- Formule de l'ion lithium :  $\text{Li}^+$ .
- L'ion de formule  $\text{Li}^{4+}$  ne peut pas exister car l'atome de lithium ne possède que 3 électrons.

13. a. Molécules :  $\text{H}_2\text{O}$  ;  $\text{CO}_2$  ;  $\text{O}_2$ .  
Ions :  $\text{HO}^-$  ;  $\text{SO}_4^{2-}$ .

b.

Formule	$\text{HO}^-$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CO}_2$	$\text{SO}_4^{2-}$	$\text{O}_2$
Nombre et nature des atomes	1 atome d'hydrogène et 1 atome	2 atomes d'hydrogène et 1 atome d'oxygène	1 atome de carbone et 2 atomes d'oxygène	1 atome de soufre et 4 atomes d'oxygène	2 atomes d'oxygène

- L'ion hydroxyde de formule  $\text{HO}^-$  a une charge électrique élémentaire négative excédentaire. L'ion sulfate de formule  $\text{SO}_4^{2-}$  a deux charges électriques élémentaires négatives excédentaires.

## 14 L'ion carbonate

L'ion carbonate, présent dans le calcaire, est un ion polyatomique ayant pour formule  $\text{CO}_3^{2-}$ .

- Indique le nombre d'atomes qui constituent un ion carbonate.
- Déduis-en la signification de l'adjectif polyatomique.
- Précise le nom et le nombre de chaque type d'atome intervenant dans sa constitution.
- Détermine le nombre de charges excédentaires de l'ion et leur signe.
- Déduis-en si l'ensemble des atomes cités en c. a perdu ou gagné des électrons pour former cet ion. Précise leur nombre.

## Tests d'identification d'ions (Ex. 15 et 16)

(aide-toi de la **fiche pratique n°5**)

**15** Tu disposes de deux solutions : l'une contient beaucoup d'ions hydroxyde, l'autre beaucoup d'ions hydrogène.

- Écris la formule de ces ions.
- Propose une expérience permettant de les mettre en évidence.
- Schématise-la.
- Explique pourquoi cette expérience permet de distinguer les deux solutions.

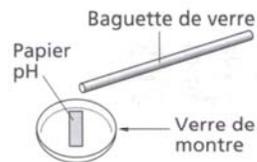
**16** Un élève verse quelques gouttes de soude dans 5 solutions contenant chacune un seul type d'ions métalliques. Voici ce qu'il observe :



- Nomme ce qui s'est formé dans les tubes après l'ajout de soude.
- Identifie les ions métalliques contenus dans les tubes quand cela est possible.
- Écris la formule des ions ainsi identifiés.

- Un ion carbonate est formé à partir de 4 atomes.
- Un ion polyatomique est constitué à partir de plusieurs atomes.
- L'ion carbonate est formé à partir d'un atome de carbone et de trois atomes d'oxygène.
- L'ion carbonate possède deux charges électriques élémentaires négatives excédentaires.
- L'ensemble des atomes constituant l'ion carbonate a gagné deux électrons pour former cet ion.

- Ion hydroxyde :  $\text{HO}^-$  ; ion hydrogène :  $\text{H}^+$ .
- On peut mettre en évidence les ions hydroxyde et hydrogène en mesurant le pH de la solution dans laquelle ils sont présents.
- 



- Une solution acide ( $\text{pH} < 7$ ) possède des ions hydrogène en grande quantité alors qu'une solution basique ( $\text{pH} > 7$ ) possède des ions hydroxyde en grande quantité.

- Il s'est formé un précipité.
- Tube 2 : ions cuivre ; tube 4 : ions fer II ; tube 5 : ions fer III.
- Ions cuivre :  $\text{Cu}^{2+}$  ; ions fer II :  $\text{Fe}^{2+}$  ; ions fer III :  $\text{Fe}^{3+}$ .