



**COURS**

**Modélisation de la matière à l'échelle microscopique**

<http://www.capneuronal.fr/>

**Les compétences à acquérir...**

- Connaître la composition d'un atome.
- Le noyau de l'atome, siège de sa masse et de son identité.
- Citer l'ordre de grandeur de la valeur de la taille d'un atome.
- Comparer la taille et la masse d'un atome et de son noyau.
- Établir l'écriture conventionnelle d'un noyau à partir de sa composition et inversement : Numéro atomique Z, nombre de masse A, écriture conventionnelle  ${}^A_ZX$
- Élément chimique.
- Masse et charge électrique d'un électron, d'un proton et d'un neutron, charge électrique élémentaire, neutralité de l'atome.



**I- Le modèle de l'atome :**

**1- Une brève histoire du model de l'atome :** A partir de l'activité « histoire de l'atome » téléchargeable sur capneuronal, classez les photos, les textes et les modèles de l'atome dans l'ordre chronologique.

**2- La longue histoire de l'atome :** Regarder ensuite la vidéo 1 du chapitre

Résumé : .....

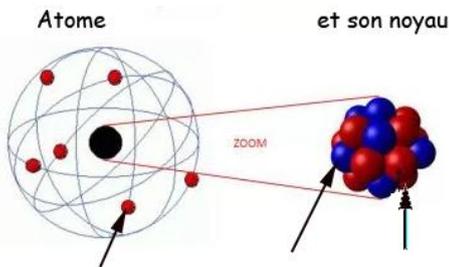
.....

.....

.....

**3- Le modèle actuel de l'atome :**

**a- Définir un atome et compléter le modèle de l'atome ci-contre:**



- l'atome est constitué d'un noyau chargé positivement entouré d'électrons chargés négativement.

- le noyau de l'atome est composé de protons chargés positivement et de neutrons non chargés.

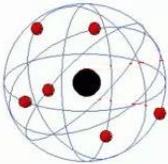
- C'est un édifice électriquement neutre (la charge du noyau compense la charge des électrons)

- l'atome est essentiellement constitué de vide.

Vidéo 1

**II- Caractéristiques des constituants d'un atome:**

**1- Caractéristiques des constituants :** Compléter le tableau en utilisant de la vidéo 2 sur capneuronal ...

				Masse (kg)	Charge ( C )
Atome 	Noyau 	Nucléons 	Proton 	$m_p = 1,673 \cdot 10^{-27}$	$q_p = 1,602 \cdot 10^{-19}$
			Neutron 	$m_n = 1,675 \cdot 10^{-27}$	$q_n = 0$
	Nuage électronique 	Electron 		$m_e = 9,109 \cdot 10^{-31}$	$q_e = -1,602 \cdot 10^{-19}$

La charge élémentaire  $e$ , c'est-à-dire la plus petit charge électrique, notée  $e$  est égale à  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  C  
Où l'unité des charges est le ... **coulomb** ... notée C.

Vidéo 2 jusqu'à 2,01 min

**a- Dans le noyau :**

Les particules qui constituent le noyau de l'atome sont appelées les **nucléons**.....

Ces constituants du noyau sont:

- soit des **protons** : Un proton porte une charge électrique ..... qui est notée  $q_p$ :

$$q_p = +e = +1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

La masse d'un proton est :  $m_p = 1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

- soit des **neutrons** : Un neutron a une charge électrique **nulle**.....  $q_n = 0 \text{ C}$

Comme son nom l'indique, le neutron est **neutre**.....

Sa masse  $m_n$  est :  $m_n = 1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

Comparons la masse d'un proton à celle d'un neutron :

Les masses des protons et des neutrons sont **très proches**.....

$$\text{donc } m_{\text{nucléon}} \approx m_{\text{proton}} \approx m_{\text{neutron}}$$

**b- Dans le nuage électronique :**

Le nuage électronique dans un atome correspond à un espace sphérique dont le noyau est le centre et dans lequel les électrons se déplacent

- Un électron a une charge électrique **négative**..... qui est notée  $q_e$  et dont la valeur est:

$$q_e = -e = -1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

- la masse d'un électron:  $m_e = 9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Comparons la charge d'un proton  $q_p$  et la charge d'un électron  $q_e$ .

Leurs charges sont donc **opposées**..... :

$$q_p = -q_e = +e$$

Comparons la masse d'un électron et sa masse d'un nucléon

$$\frac{m_{\text{nucléon}}}{m_e} = \frac{1,67 \cdot 10^{-27}}{9,109 \cdot 10^{-31}} \approx 1800 \text{ ..... donc } m_{\text{nucléon}} \approx 1800 \text{ x } m_e$$

**Conséquence:** La masse d'un électron est **1800**... fois plus petite que celle d'un nucléon (ou d'un proton ou d'un neutron). La masse d'un électron est donc très **faible**... par rapport à celle d'un proton ou d'un neutrons.

**2- L'élément chimique :**

L'élément chimique est défini par le nombre de **protons**.

Exemple : l'élément oxygène est défini par  $Z = 8$  protons qu'il soit dans la molécule d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  ou dans une molécule de dioxygène  $\text{O}_2$ .

**Remarque** - L'élément oxygène peut-il posséder un nombre de protons différent ?

**Non**

- L'élément oxygène peut-il posséder un nombre de neutrons différent ?

**Oui**

Un élément chimique possède le même nombre de protons mais peut posséder un nombre de neutrons différents : ils sont dit **isotopes**.....

**3-Représentation symbolique du noyau d'un élément X :** on utilisera les notations  $n_{\text{nucléons}}$ ,  $n_{\text{protons}}$  et  $n_{\text{neutrons}}$  pour parler du nombre de...

- Le **nombre de masse A** représente la somme des **protons**... et des **neutrons**..... : C'est donc le nombre de **nucléons**.....

$$A = n_{\text{nucléons}} = n_{\text{protons}} + n_{\text{neutrons}}$$

- Le **numéro atomique Z** est égal au nombre de **protons**..... dans un noyau est  $Z = n_{\text{protons}}$

On en déduit le nombre de neutrons  $n_{\text{neutrons}}$

$$n_{\text{neutrons}} = A - Z = n_{\text{nucléons}} - n_{\text{protons}}$$

Compléter le symbole du noyau d'un élément X



**Exercices :**

- Le symbole d'un noyau d'uranium est  ${}^{238}_{92}\text{U}$ . Combien y a-t-il, dans ce noyau, de nucléons  $n_{\text{nucléons}}$ , de protons  $n_{\text{protons}}$  et de neutrons  $n_{\text{neutrons}}$ ? Déterminez vos calculs en écrivant les expressions littérales. Donner les valeurs de Z et A

$n_p = Z = 92$  protons  
 $n_{\text{nucléons}} = A = 238$  nucléons

donc  $n_n = A - Z = 238 - 92 = 146$  neutrons

Représente les symboles des noyaux de Chlore ( $n_{\text{protons}}=17$  et  $n_{\text{neutrons}}=18$ ) et du Carbone ( $n_{\text{protons}}=6$  et  $n_{\text{neutrons}}=6$ ) et de l'hydrogène ( $n_{\text{protons}}=1$  et  $n_{\text{neutrons}}=0$ )

**Exemples**

Atome de Chlore Cl  
 $Z = m_p = 17$   
 $A = m_p + m_n = 17 + 18 = 35$   
 ${}^{35}_{17}\text{Cl}$

Atome de Carbone C  
 $Z = m_p = 6$   
 $A = m_p + m_n = 6 + 6 = 12$   
 ${}^{12}_6\text{C}$

Atome d'hydrogène H  
 $Z = m_p = 1$   
 $A = m_n + m_p = m_{\text{nucléon}} = 1$   
 $m_n = A - Z = 1 - 1 = 0$   
 ${}^1_1\text{H}$

**III- Quelques propriétés d'un atome**

**1- L'atome est électriquement neutre : électroneutralité**

L'atome est un édifice électriquement neutre. Pour que l'atome soit électriquement neutre, il doit y avoir autant de charges positives que de charges négatives. C'est-à-dire il faut autant de protons que d'électrons. (dans l'atome)

$n_{\text{électrons}} = n_{\text{protons}} = Z$

**Exercice :** Déterminez tous les constituants de l'atome d'or dont le symbole du noyau est  ${}^{197}_{79}\text{Au}$ . Justifiez

$m_{\text{noyau}} \left[ \begin{array}{l} m_p = Z = 79 \text{ protons} \\ m_n = A - Z = 197 - 79 = 118 \text{ neutrons} \end{array} \right]$  d'atome  
 d'atome étant électriquement neutre  
 $m_{\text{at}} \left[ m_e = m_p = Z = 79 \text{ électrons} \right]$

**2- La masse d'un atome réside dans son noyau :**

On peut donc dire que toute la masse d'un atome est concentrée dans le noyau et se calcule :

$m_{\text{atome}} \approx A \times m_{\text{nucléon}}$  ou  $m_{\text{atome}} \approx A \times m_p$  ou  $m_{\text{atome}} \approx A \times m_n$   
 $m_{\text{nucléon}} \approx m_p \approx m_n$

Voilà la démonstration de la masse d'un atome

**Exercice :** Calculez la masse  $m_{\text{at-Au}}$  d'un atome d'or et la comparez à celle d'un atome de carbone  $m_{\text{at-C}}$

$m_{\text{nucléon}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$   
 $m_{\text{at-Au}} = A \times m_{\text{nucléon}} = 197 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 3,28 \times 10^{-25} \text{ kg}$   
 $m_{\text{at-C}} = A' \times m_{\text{nucléon}} = 12 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 2,00 \times 10^{-26} \text{ kg}$

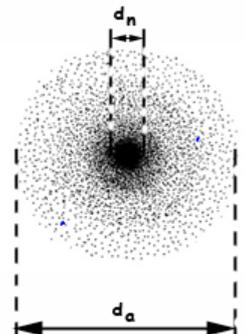
**3- Dimensions de l'atome – structure lacunaire :**

L'atome d'hydrogène, composé d'un proton et d'un électron qui gravite est représenté ci-contre. Diamètre du noyau  $d_n = 2,4 \text{ fm}$  (1 femtomètre =  $10^{-15} \text{ m}$ ) et le diamètre de l'atome  $d_a = 0,11 \text{ nm}$ . (1 nanomètre =  $10^{-9} \text{ m}$ )

Calculer le rapport  $\frac{d_a}{d_n} = \frac{0,11 \times 10^{-9}}{2,4 \cdot 10^{-15}} \approx 46000 \Rightarrow d_a = 46000 \times d_n$

Cela veut dire que l'atome est 46000 fois plus grand que le noyau.

Qu'y a-t-il entre le noyau (1 proton) et la sphère sur laquelle l'électron se déplace? du vide



Papa dit que tu n'as rien dans la tête ! Vrai ou faux ?

L'atome donc la matière est composé à 99,99% de vide.



#### IV- Comment les électrons se répartissent-ils autour du noyau ?

##### 1- Répartition des électrons autour du noyau de l'atome:

10 3

L'atome étant électriquement neutre  $n_{\text{électrons}} = n_{\text{protons}} = Z$

Les  $Z$  électrons d'un atome se répartissent en **couches électroniques** notée par la lettre  $n = 1, 2, 3, \dots$  par énergie croissante en s'éloignant du noyau.

Les couches peuvent accueillir  $2n^2$  électrons et sont composées d'une ou plusieurs **sous-couches** notées  $s, \dots, \text{et} \dots, p$

- la sous couche s contient au maximum **2** électrons
- la sous couche p contient au maximum **6** électrons

##### 2- Configuration électronique d'un atome :

La **configuration électronique** d'un atome à l'état fondamental décrit la répartition de ses électrons sur en précisant le **numéro de la couche n** suivi du nom de la sous couche s ou p puis du **nombre d'électrons** dans cette sous-couche.

**Exemple :** La configuration électronique de l'aluminium ( $Z=13$ ) s'écrit :  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$

Remarque : Une configuration électronique est notée [ X ]

**Exercice :** sodium

Élément	L'azote N : $Z=7$ électrons	le chlore Cl : $Z=17$ électrons	le béryllium Be : $Z=4$
Structure électronique	$[Ne] 1s^2 2s^2 2p^3$	$[Ar] 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$	$[He] 1s^2 2s^2$

$2+2+6+2+5=17$

##### 3- Les électrons de valence :

Les électrons appartenant à la **dernière couche** sont appelés **électrons de valence**. Nous verrons par la suite que ces électrons de valence jouent un rôle important dans la composition de la matière.

**Exemples :**

	[Al]	[N]	[Cl]	[Be]
La structure électronique	$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^1$			
dernière couche	couche $m=3$	$m=2$	$m=3$	$m=2$
Nombre d'électrons de valence	3	$2+3=5$	$2+5=7$	2

##### 4- Le tableau périodique des éléments :

Le chimiste Dimitri MENDELEÏEV entreprit de classer les éléments dans un tableau en vue de souligner et de prédire leurs propriétés chimiques. Ce tableau a été ajusté au cours du temps.

Le tableau actuel est formé de **7 lignes** appelées **périodes** et de **18 colonnes** nommées **familles**.

Quelles sont les règles de constructions de cette classification périodique simplifiée ne comportant que les 18 premiers éléments ?

d'atome de chlore se trouve :  
7ème colonne et 3ème ligne  
et 7 électrons de valence sur la couche  $m=3$

- On note deux « blocs » : le bloc s et le bloc p.

- Dans le tableau périodique les éléments sont rangés par numéro atomique  $Z$  **croissant**.
- Les lignes correspondent aux **numéros de la couche externe**.
- Les numéros des colonnes correspondent **nombre d'électrons de valence** des atomes.
- Tous les éléments appartenant à une même colonne possèdent **des propriétés chimiques... proches... on parle de famille chimique.**

Remarque : Tous les éléments d'une même colonne possèdent des propriétés chimiques *fraches.....* et constituent une même *famille.....*

Exemple : Les éléments de la dernière colonne (He : hélium, Ne : Néon et Ar : argon) constituent la famille des *gaz nobles*. Ce sont les seuls éléments qui sont *seul.....* à l'état naturel et qui ne réagissent pas.  
*rare*

### V- Comment compter les entités chimiques ?

1-En TP, nous avons répondu à la question suivante  
« Y a-t-il plus d'atomes d'aluminium dans une canette que de grains de riz dans une récolte annuelle mondiale de riz ? »

- masse d'un nucléon :  
 $m_{\text{nucléon}} = 1,6726 \cdot 10^{-24} \text{ g}$
- Symbole du noyau :  
 ${}_{13}^{27}\text{Al}$
- Production annuelle de riz:  
 $m_{\text{riz\_an}} = 756 \text{ millions de tonnes}$



Une canette de soda en Alu

Combien y a-t-il d'atomes d'Al constituant une canette ?

Calcul de la masse d'un atome

$$m_{\text{at Al}} = A \times m_{\text{nucléon}}$$

$$= 27 \times 1,673 \cdot 10^{-24}$$

*ce n'est pas une masse*

$$= 4,517 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

*4 co*

Masse de la canette : on pèse la canette

$$m_{\text{canette}} = 26,52 \text{ g}$$

Calcul du nombre d'atomes d'Al dans la canette

$$N_{\text{Al}} = \frac{m_{\text{canette}}}{m_{\text{at Al}}}$$

$$= \frac{26,52}{4,517 \cdot 10^{-23}} = 5,871 \cdot 10^{23} \text{ atomes}$$



Un sac de bonbons

Combien y a-t-il de bonbons dans un sac ?

Masse d'un bonbon

$$m_{\text{bb}} = 2,0 \text{ g}$$

Masse du sac de bonbons : on pèse le sac

$$m_{\text{sac}} = 20 \text{ g}$$

Calcul du nombre de bonbons dans le sac

$$N_{\text{bb}} = \frac{m_{\text{sac}}}{m_{\text{bb}}}$$

$$= \frac{20}{2,0} = 10 \text{ bb}$$



Grains de riz

Combien y a-t-il de grains de riz dans la production mondiale annuelle ?

Mesure de la masse d'un grain de riz :

On pèse 10 grains de riz

$$m_{10} = 0,20 \text{ g}$$

$$\text{donc } m_{1g} = \frac{m_{10}}{10} = \frac{0,20}{10} = 0,020 \text{ g}$$

Masse de la production mondiale annuelle de riz

$$m_{\text{prod}} = 756 \text{ millions de tonnes}$$

$$= 756 \text{ } 000 \text{ } 000 \text{ } 000 \text{ } 000 \text{ g}$$

$$= 756 \cdot 10^{12} \text{ g}$$

Calcul du nombre de grains de riz dans la production

$$N_{\text{riz}} = \frac{m_{\text{prod}}}{m_{1g}}$$

$$= \frac{756 \cdot 10^{12}}{0,020} = 3,78 \cdot 10^{16} \text{ grains de riz}$$

Remarques :

Il y a beaucoup plus d'atomes d'Al dans une petite canette que de grains de riz dans la production mondiale annuelle

$587100000000000000000000$  est un nombre totalement illisible. Pour qu'un chimiste puisse utiliser de la matière sans manipuler des nombres gigantesques il va falloir changer d'unité : la mole.

## 2- Définition de la mole :

Calculons le nombre d'atomes  $N_C$  de carbone 12 contenu dans une masse  $m_C = 12,0$  g de carbone 12 :

$$N_C = \frac{m_C}{m_{\text{at-C}}} = \frac{12,0}{1,992 \cdot 10^{-23}} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ atomes}$$

- masse du nucléon :

$$m_{\text{nucléon}} = 1,66 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

- Symbole du noyau :  $^{12}_6\text{C}$

- Masse de l'atome de carbone

$$m_{\text{at-C}} = A \times m_{\text{nucléon}} = 12 \times 1,66 \cdot 10^{-24}$$

$$m_{\text{at-C}} = 1,992 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

On a décidé de compter les atomes par "...paquet"... Un paquet contiendra ce nombre  $N_C = 6,02 \cdot 10^{23}$  atomes

**Une mole** (symbole : **mol**) représente le nombre  $6,02 \cdot 10^{23}$  d'entités (atomes, ions, ou molécules)

Ce nombre est appelé **constante d'Avogadro ou nombre d'Avogadro** notée  $N_A$  et est exprimé en **mol<sup>-1</sup>**

On prendra par la suite une valeur approchée

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$$



## 3- Calcul de la quantité d'une espèce $n_{\text{esp}}$ :

La quantité d'une espèce d'un échantillon  $n_{\text{esp}}$  est reliée au nombre d'entités  $N$  de l'échantillon par la relation:

$n_{\text{esp}} = \frac{N_{\text{esp}}}{N_A}$	$n_{\text{esp}}$ = quantité de matière en ..... $N_{\text{esp}}$ = nombre d'espèce (atome, molécule, ion...) $N_A$ = nombre d'Avogadro en .....
---	---

### Exercice :

Calculer la quantité  $n_{\text{Al}}$  d'atome d'aluminium contenu dans une canette

$$n_{\text{Al}} = \frac{N_{\text{Al}}}{N_A}$$

$$\Rightarrow n_{\text{Al}} = \frac{5,871 \cdot 10^{23}}{6,02 \cdot 10^{23}}$$

$$N_{\text{Al}} = 0,975 \text{ mol} \approx 1 \text{ mol}$$

On veut de passer de  $5,871 \cdot 10^{23}$  (illisible) à 1.

Calculer le nombre d'années pendant lesquelles on pourrait nourrir la population mondiale avec 1 mole de riz :  $n_{\text{riz}} = 1 \text{ mol}$

1 mole de grains de riz correspond à  $6,02 \cdot 10^{23}$  grains

$$\begin{cases} 6,02 \cdot 10^{23} \text{ grains} \leftrightarrow N_{\text{année}} \\ 3,78 \cdot 10^{16} \text{ grains} \leftrightarrow 1 \text{ année} \end{cases}$$

$$N_{\text{année}} = \frac{1 \times 6,02 \cdot 10^{23}}{3,78 \cdot 10^{16}}$$

$$= 1,59 \cdot 10^7 \text{ années}$$

$$= 159000000$$

$$\approx 1,6 \text{ millions d'années !!!}$$