



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 modèle 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 :

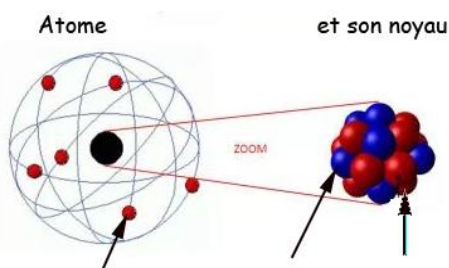
.....

.....

.....

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.

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 petite 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 1

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 la masse d'un nucléon

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

$$\begin{cases} q_p = +e \\ q_e = -e \end{cases} \Rightarrow q_p = -q_e = -(-e) = +e$$

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 neutron.

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 H_2O ou dans une molécule de dioxygène 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_{protons} et n_{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**.....

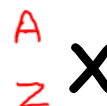
$$A = n_{\text{nucléons}} = n_{\text{protons}} + n_{\text{neutrons}}$$

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

On en déduit le nombre de neutrons n_{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_{protons} et de neutrons n_{neutrons} ? Détaillez vos calculs en écrivant les expressions littérales. Donner les valeurs de Z et A

$$n_p = Z = 92 \text{ protons}$$

$$n_{\text{nucléons}} = A = 238 \text{ nucléons}$$

$$\text{donc } n_n = A - Z = 238 - 92 = 146 \text{ neutrons}$$

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

$$\begin{aligned} m_p &= Z = 79 \text{ protons} \\ m_n &= A - Z = 197 - 79 = 118 \text{ neutrons} \\ m_e &= m_p = Z = 79 \text{ électrons} \end{aligned} \quad \text{d'atome}$$

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

$$m_{\text{atome}} \approx A \times m_p$$

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

$$m_{\text{nucléon}} \approx m_p \approx m_n$$

Voir la démonstration de la masse d'un atome

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

$$m_{\text{nucléon}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$$

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

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

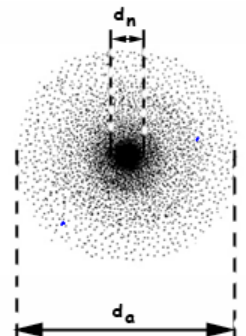
3- Dimensions de l'atome – structure lacunaire :

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} m) et le diamètre de l'atome $d_a = 0,11 \text{ nm}$. (1 nanomètre = 10^{-9} m)

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

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 ?

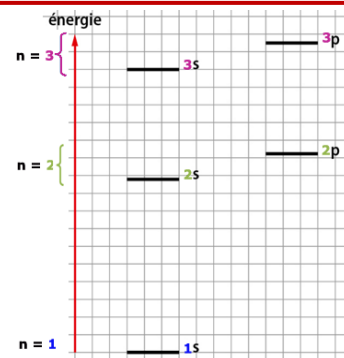
1- Répartition des électrons autour du noyau de l'atome:

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

Les Z électrons d'un atome se répartissent en
notée par la lettre $n = \dots$ par énergie croissante en s'éloignant du noyau.

Les couches peuvent accueillir électrons et sont composées d'une ou plusieurs notées

- la sous couche s contient au maximum ... électrons
- la sous couche p contient au maximum ... 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 :

Remarque : Une configuration électronique est notée $[X]$

Exercice :

Élément	L'azote N : $Z= 7$	le chlore Cl : $Z=17$	le béryllium Be : $Z= 4$
Structure électronique			

3- Les électrons de valence :

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

Exemples :

La structure électronique	$[Al]$	$[N]$	$[Cl]$	$[Be]$
dernière couche				
Nombre d'électrons de valence				

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 ?

1H		2He
3Li	4Be	
5B	6C	7N
8O	9F	10Ne
11Na	12Mg	
13Al	14Si	15P
16S	17Cl	18Ar

- Dans le tableau périodique les éléments sont rangés par numéro atomique Z
- Les lignes correspondent aux
.....
- Les numéros des colonnes correspondent des atomes.
Tous les éléments appartenant à une même colonne possèdent
.....

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

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

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

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 :



- 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

$$m_{\text{at Al}} =$$

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

$$N_{\text{Al}} =$$



Un sac de bonbons

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

Masse d'un bonbon

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

Masse du sac de bonbons : on pèse le sac

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

Calcul du nombre de bonbons dans le sac

$$N_{\text{bb}} =$$



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

$$m_{10} =$$

$$\text{donc } m_{1g} =$$

Masse de la production mondiale annuelle de riz

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

$$=$$

Calcul du nombre de grains de riz dans la production

$$N_{\text{riz}} =$$

Remarques :

-

-

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 :

$$N_C =$$

- 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** Un **paquet** contiendra ce nombre $N_C =$

Une mole (symbole :) représente le nombre entités (atomes, ions, ou molécules)

Ce nombre est appelé **constante d'Avogadro ou nombre d'Avogadro** notée N_A et est exprimé en **mol⁻¹**

On prendra par la suite une valeur approchée

$$N_A = \dots\dots\dots \text{mol}^{-1}$$



= 1 mole

3- Calcul de la quantité d'une espèce n_{esp} :

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

$$n_{\text{esp}} =$$

n_{esp} = quantité de matière en

N_{esp} = nombre d'espèce (atome, molécule, ion...)

N_A = nombre d'Avogadro en

Exercice :

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

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