

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 :

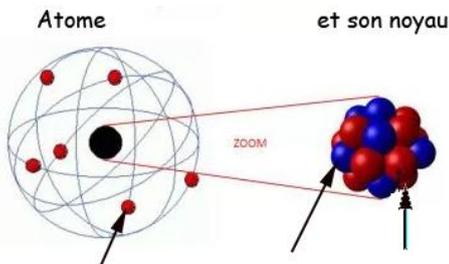
.....

.....

.....

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) |
|--|------------------------|--------------|---------|------------------------------|-------------------------------|
| | 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 **nette**..... $q_n = 0 \text{ C}$

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

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 ${}_{92}^{238}\text{U}$. Combien y a-t-il, dans ce noyau, de nucléons $n_{\text{nucléons}}$, de protons n_{protons} et de neutrons n_{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
 $Z = n_p = 17$
 $A = n_p + n_n = 17 + 18 = 35$
 ${}_{17}^{35}\text{Cl}$

Atome de Carbone C
 $Z = n_p = 6$
 $A = n_p + n_n = 6 + 6 = 12$
 ${}_{6}^{12}\text{C}$

Atome d'hydrogène H
 $Z = n_p = 1$
 $A = n_p + n_n = 1 + 0 = 1$
 $n_n = A - Z = 1 - 1 = 0$
 ${}_{1}^1\text{H}$

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 ${}_{79}^{197}\text{Au}$

Justifiez

$n_p = Z = 79$ protons
 $n_n = A - Z = 197 - 79 = 118$ neutrons
 $n_e = n_p = 79$ électrons

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

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 $m_{\text{at-C}}$

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

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

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

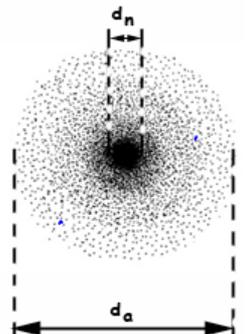
3- Dimensions de l'atome – structure lacunaire :

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

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

Formules: $2 \times 3^2 = 18e^-$, $2 \times 2^2 = 8e^-$, $2 \times 1^2 = 2e^-$

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 :

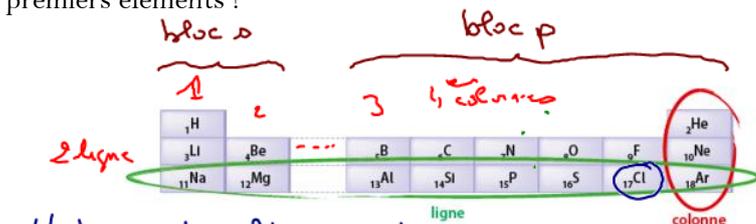
| La structure électronique | [Al] | [N] | [Cl] | [Be] |
|-------------------------------|--------------|---------|---------|-------|
| dernière couche | couche $m=3$ | $m=2$ | $m=3$ | $m=2$ |
| Nombre d'électrons de valence | 3 | $2+3=5$ | $2+5=7$ | 2 |

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'un 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'e- 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 *frachees.....* 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. *rarees*

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

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

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

$$m_{10} =$$

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 m o l e

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 : $n_{\text{riz}} = 1 \text{ mol}$

