

LES ELEMENTS CHIMIQUES

1- Modèle de l'atome

De nos jours, les physiciens et les chimistes pensent qu'un atome peut être modélisé par une structure présentant un noyau autour duquel existe une zone sphérique centrée sur le noyau et dans laquelle il y a une certaine probabilité de trouver les électrons. Cette partie de l'atome est appelée nuage électronique.



2- Caractéristiques d'un atome

2.1- Le noyau de l'atome

Le noyau de l'atome est constitué de particules appelées nucléons (protons et neutrons) dont certaines caractéristiques sont regroupées dans le tableau ci-dessous:

Nom	Charge	Masse
Proton	$q_p = +e = +1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	$m_p \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$
Neutron	0	$m_n \approx 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$

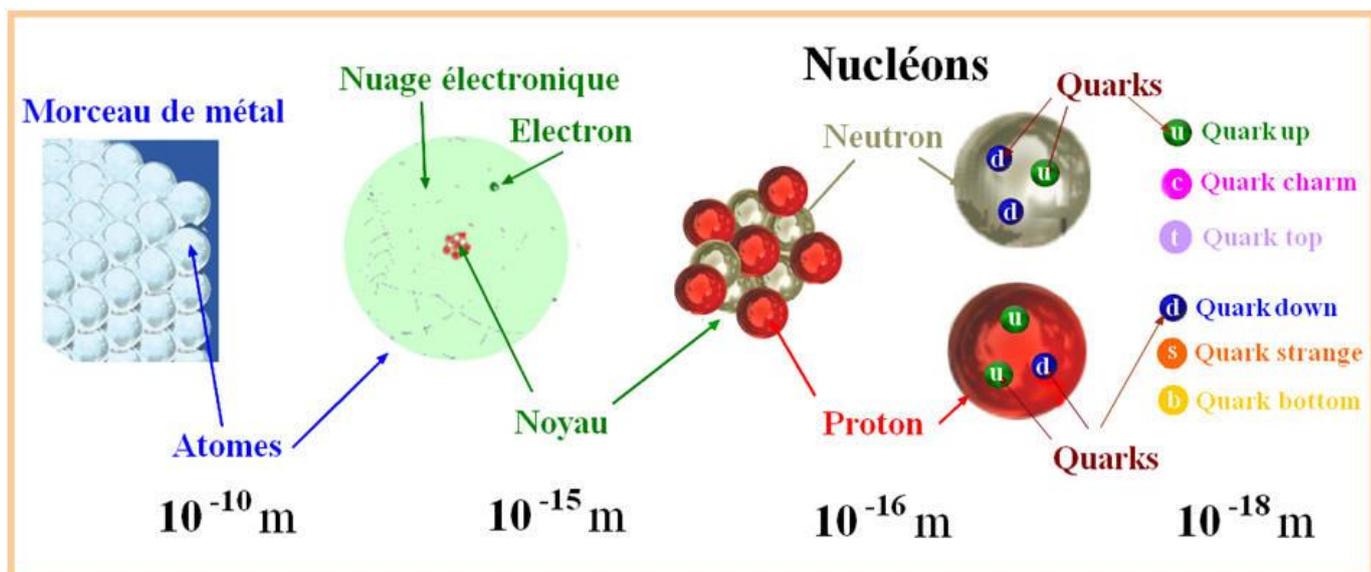
La charge électrique portée par le proton est notée e et appelée charge élémentaire. C'est la plus petite charge électrique stable que l'on puisse isoler.

Si on considère un atome de symbole X , on convient de représenter son noyau par la notation:



- Le nombre de charge Z , ou numéro atomique, d'un noyau est le nombre de protons qu'il contient.
- Le nombre masse A , ou nombre de nucléons, représente le nombre total de protons et neutrons présents dans le noyau.
- Le nombre N de neutrons présents dans le noyau est: $N = A - Z$.

Remarque: La physique nucléaire attribue au noyau une structure beaucoup plus complexe: ces nucléons ne sont pas des particules simples (ou élémentaires), puisqu'ils sont formés d'autres particules, les quarks, qui, à leur tour, ne sont pas non plus des particules simples. De nombreuses particules constitutives du noyau ont été identifiées: fermions, leptons, quarks, mésons, baryons, neutrinos, antineutrinos



2.2- Le nuage électronique

Le nuage électronique est la zone sphérique de l'espace, centrée sur le noyau, dans laquelle il y a une certaine probabilité de trouver, à un instant donné, le (ou les) électron(s) de l'atome.

Certaines propriétés de l'électron sont données ci-dessous:

Nom	Charge	Masse
Electron	$q_e = -e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$	$m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31} \text{kg}$

Il n'est pas nécessaire de retenir la valeur de la masse de l'électron. Cependant, il est utile de savoir que cette masse est beaucoup plus petite que celle d'un nucléon (environ 2000 fois plus petite) ce qui permet de négliger la masse des électrons devant celle des nucléons.

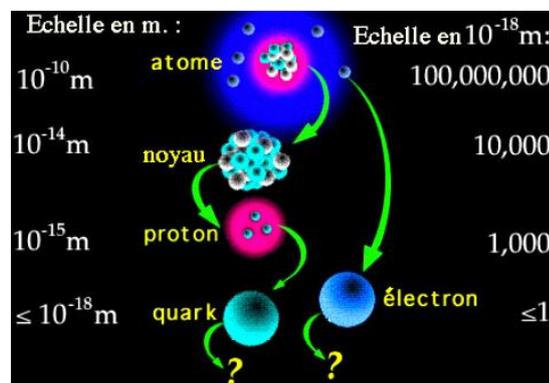
$$m_e \ll m_p \quad \text{et} \quad m_e \ll m_n$$

2.3- Dimensions de l'atome

L'ordre de grandeur de la dimension des atomes est $d_a = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{m}$.

L'ordre de grandeur de la dimension du noyau des atomes est $d = 1,1 \cdot 10^{-15} \text{m}$.

Le noyau de l'atome est environ 100 000 fois plus petit ($d_a/d_n = 10^5$) que l'atome lui-même.



Le volume occupé par le noyau est considérablement plus petit que celui occupé par l'atome.

2.4- Neutralité électrique (ou électroneutralité) de l'atome

Pour un atome, le numéro atomique Z représente le nombre de protons et le nombre d'électrons de l'atome.

Le noyau qui comporte Z protons de charge électrique $+e$ possède une charge électrique totale $Q_{\text{noyau}} = Z.e$.

Le nuage électronique qui comporte Z électrons de charge électrique $-e$ possède une charge électrique totale $Q_{\text{nuage}} = -Z.e$.

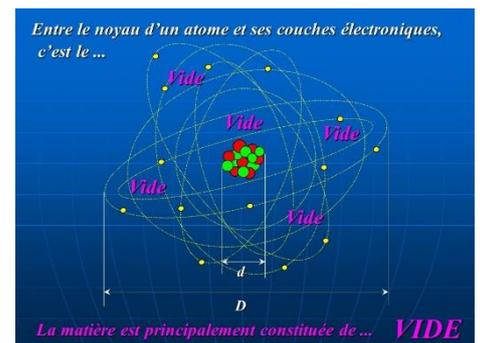
L'atome est un édifice électriquement neutre: il y a autant d'électrons autour du noyau que de protons dans celui-ci. La charge électrique totale de l'atome est nulle:

$$Q_{\text{atome}} = Q_{\text{noyau}} + Q_{\text{nuage}} = Z.e - Z.e = 0$$

2.5- Structure lacunaire de l'atome

La matière constituant un atome est essentiellement concentrée dans son noyau. Les électrons tournent autour de ce noyau.

Les distances séparant le noyau des électrons sont très grandes. Ainsi la plus grande partie (volume) d'un atome est constituée de vide. C'est ce que l'on appelle une structure lacunaire.



2.6- Masse d'un atome

Les électrons ont une masse négligeable devant celle des nucléons ($m_{\text{nucléon}} = 2000.m_e$).

On peut donc considérer avec une très bonne approximation que la masse de l'atome est pratiquement égale à la masse de son noyau. La masse de l'atome X pourra donc être écrite:

$$m_{\text{atome}} = Z.m_p + (A-Z).m_n$$

Comme on a $m_{\text{nucléon}} = m_p = m_n$, alors:

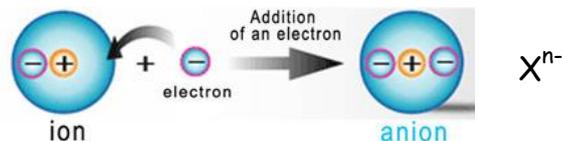
$$m_{\text{atome}} = Z.m_{\text{nucléon}} + (A-Z).m_{\text{nucléon}} = A.m_{\text{nucléon}}$$

3- Les ions

Lorsqu'un atome perd ou gagne un (ou plusieurs) électron(s), il devient un ion monoatomique.

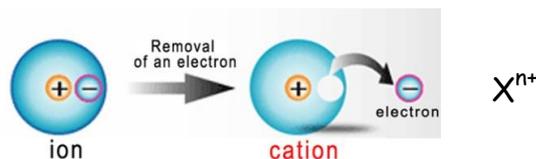
Cette transformation qui ne concerne que les électrons de l'atome et laisse le noyau inchangé. Un atome et l'ion qui en dérive sont caractérisés par la même valeur de Z.

Un atome, électriquement neutre, qui gagne des électrons, devient un ion négatif ou anion.



On indique en haut et à droite du symbole de l'élément le nombre de charges élémentaires gagnées.

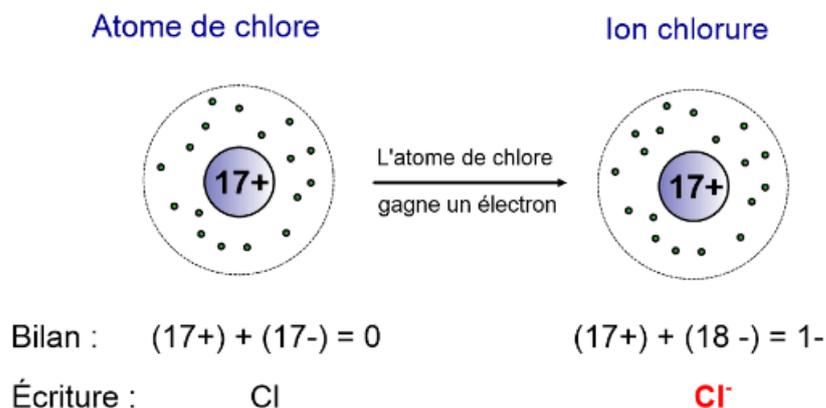
Un atome, électriquement neutre, qui perd des électrons, charges élémentaires négatives, devient un ion positif ou cation.



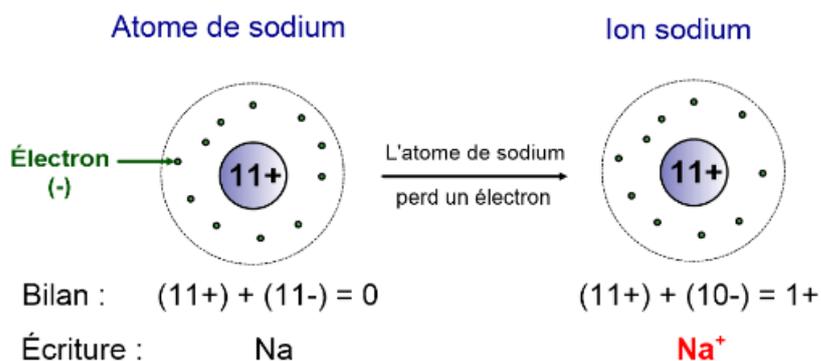
On indique en haut et à droite du symbole de l'élément le nombre de charges élémentaires positives apparues.

Quelques exemples:

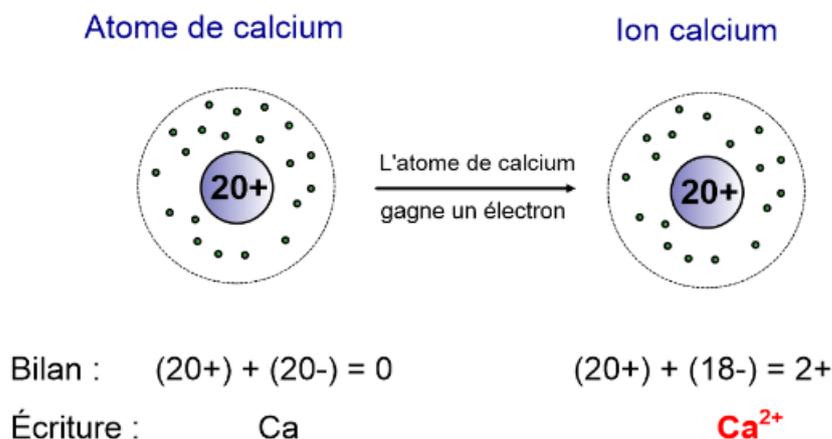
- L'atome de chlore **Cl** peut **gagner 1 électron** pour devenir l'ion chlorure **Cl⁻**.



- L'atome de sodium **Na** peut **perdre 1 électron** pour devenir l'ion sodium **Na⁺**.



- L'atome de calcium **Ca** peut perdre 2 électrons pour devenir l'ion calcium **Ca²⁺**.

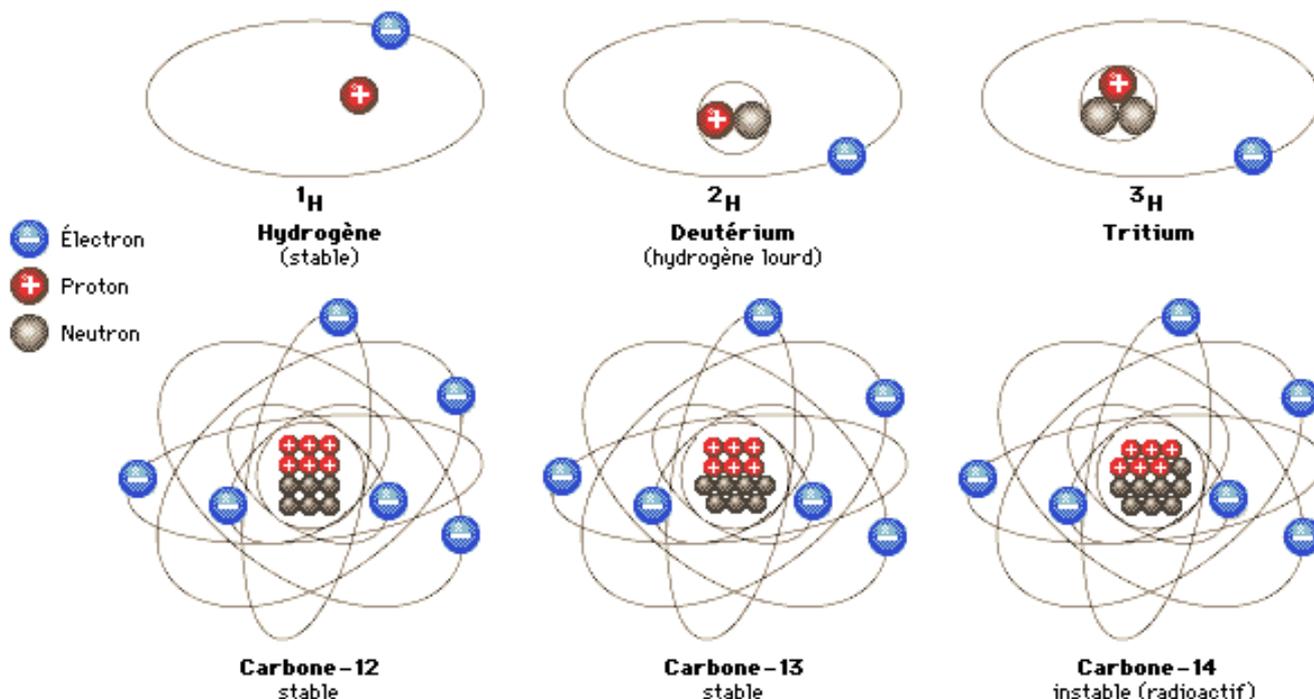


4- Les isotopes

On appelle atomes isotopes les ensembles d'atomes caractérisés par le même numéro atomique Z et des nombres de nucléons A différents. Ce sont donc des ensembles d'atomes qui ne diffèrent que par le nombre de leurs neutrons.

On a pour le carbone les isotopes ${}^1_6\text{C}$, ${}^{13}_6\text{C}$ et ${}^{14}_6\text{C}$.

On a pour l'hydrogène les isotopes ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ et ${}^3_1\text{H}$.



Tous ces atomes de carbone ou d'hydrogène possèdent le même nombre de charge Z , mais des nombres de masse A différents.

5- Eléments chimiques

On donne le nom d'élément chimique à l'ensemble des particules, qu'il s'agisse d'atomes ou d'ions, caractérisées par le même nombre Z de protons présents dans leur noyau.

Chaque élément est représenté par un symbole composé d'une lettre majuscule (Elément carbone C) ou d'une majuscule suivie d'une minuscule (Elément magnésium Mg).

Voici une première liste des éléments les plus fréquemment rencontrés en chimie en seconde.

Nom	Z	Symbole	Nom	Z	Symbole
Hydrogène	1	H	Soufre	16	S
Carbone	6	C	Chlore	17	Cl
Azote	7	N	Fer	26	Fe
Oxygène	8	O	Cuivre	29	Cu
Fluor	9	F	Zinc	30	Zn
Sodium	11	Na	Brome	35	Br
Aluminium	13	Al	Argent	47	Ag

Les réactions chimiques se font sans apparition ni perte d'éléments, toutefois ils peuvent éventuellement changer de forme, c'est à dire qu'un élément se présentant sous forme d'atome isolé peut se transformer en ion ou se combiner à d'autres atomes et vice versa.

Il y a donc conservation des éléments au cours des transformations chimiques.

6- Exercices d'application

Exercice 1

Le noyau d'un atome de Silicium a pour écriture conventionnelle ${}_{14}^{28}\text{Si}$.
Déterminer la composition de ce noyau.

Le nombre de charge de ce noyau est $Z=14$. C'est le nombre de protons.
Le nombre de masse de ce noyau est: $A=28$. C'est le nombre de nucléons.
Le nombre de neutron dans ce noyau est: $N = A - Z = 28 - 14 = 14$.

Exercice 2

Un atome d'or est composé de 79 protons, 121 neutrons et 79 électrons. Sachant que la masse d'un nucléon est $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$, calculer la masse approchée de cet atome.

L'essentielle de la masse d'un atome étant dans le noyau, on peut négliger la masse des électrons ($m_{\text{électron}} = m_{\text{nucléon}}/2000$). Les neutrons et les protons ont une masse très proche

($m_{\text{neutron}} = m_{\text{proton}}$). Dans ce noyau il y a $A = Z + N = 79 + 121 = 200$ nucléons. La masse de cet atome est donc:

$$m_{\text{or}} = A \times m_{\text{nucléon}} = 200 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 3,34 \cdot 10^{-25} \text{ kg}$$

Exercice 3

Un atome de magnésium Mg a un numéro atomique $Z = 12$, et un nombre de masse $A = 24$. Il forme un cation en perdant deux électrons.

Après avoir écrit la formule de l'ion magnésium, déterminer le nombre de protons et d'électrons de cet ion.

L'atome de magnésium perdant 2 électrons il devient un cation de formule: Mg^{2+} .

Le numéro atomique étant $Z = 12$, cet atome, et donc cet ion, possède 12 protons.

Le nombre de masse étant $A = 24$, cet atome, donc cet ion possède 24 nucléons.

Le nombre de neutrons est donc: $N = A - Z = 24 - 12 = 12$.

L'atome de magnésium possédant 12 électrons on en déduit que l'ion possède 10 électrons.

Exercice 4

Le chlorure de fer (III) est une espèce chimique constituée d'ions fer (III) Fe^{3+} et d'ions chlorure Cl^- .

Donner la formule chimique de chlorure de fer (III).

Le chlorure de fer (III) est électriquement neutre. Il y a donc autant de charges positive que de charge négative dans cette molécule. Etant donné que l'ion Fe^{3+} possède 3 charges positives et que l'ion chlorure en possède 1 seule, il faut que la molécule soit constituée d'un atome de fer Fe et de 3 atomes de chlore Cl. La bonne formule chimique du chlorure de fer (III) est donc:



Exercice 5

L'hémoglobine permet le transport du dioxygène dans l'organisme. Elle contient quatre sous-unités appelées hèmes. Chaque hème contient un ion fer (II), Fe^{2+} . Grâce à l'élément fer, une molécule de dioxygène O_2 de l'air peut se fixer sur l'hème. Les besoins quotidiens en fer de l'organisme s'élèvent à environ $m = 14$ mg pour un homme.

- Combien de molécules de dioxygène une protéine d'hémoglobine peut-elle fixer?
- Sachant que l'ion fer (II) possède 24 électrons et 56 nucléons, donner la composition de cet ion. En déduire l'écriture conventionnelle du noyau d'un atome de fer.
- Sachant que la masse d'un nucléon est $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \cdot 10^{-27}$ kg, calculer la masse approchée d'un atome de fer.
- En déduire le nombre d'atomes de fer nécessaires à l'apport journalier d'un homme et le nombre de molécules d'hémoglobine qui, chaque jour, se lient à des ions fer (II) Fe^{2+} .

Une molécule d'hémoglobine comporte 4 hèmes. Chacune de ces hèmes contient un ion Fe^{2+} . Une molécule de O_2 peut se fixer sur un hème. Donc une protéine d'hémoglobine peut fixer 4 molécules de dioxygène O_2 .

L'ion Fe^{2+} possède 24 électrons. Comme il possède 2 charges positives, le nombre de proton dans son noyau est $24 + 2 = 26$. Etant donné que le nombre de masse est $A = 56$, le nombre de neutrons contenu dans son noyau est $N = 56 - 26 = 30$.

La masse approchée de l'atome de fer est:

$$m_{fer} = A \times m_{nucléon} = 56 \times 1,67 \cdot 10^{-27} = 9,35 \cdot 10^{-26} \text{ kg}$$

Le nombre d'atome de fer nécessaires à l'apport quotidien est:

$$N_{fer} = \frac{m}{m_{fer}} = \frac{14 \cdot 10^{-6}}{9,35 \cdot 10^{-26}} = 1,5 \cdot 10^{20} \text{ atomes}$$

Le nombre de molécule d'hémoglobine est donc:

$$N_{hémoglobine} = \frac{N_{fer}}{4} = \frac{1,5 \cdot 10^{20}}{4} = 3,7 \cdot 10^{19} \text{ molécules}$$

Exercice 6

La couleur rouge de la surface de Mars est due, entre autres, à la présence d'oxyde de fer de formule Fe_2O_3 . L'ion fer présent dans cet oxyde est issu d'un atome de fer ($Z = 26$) qui a perdu trois électrons et l'ion oxyde d'un atome d'oxygène ($Z = 8$) qui en a gagné deux.

- Ecrire la formule des ions présents dans l'oxyde de fer. Déterminer le nombre de protons et d'électrons de chaque ion contenu dans l'oxyde de fer.
- L'oxyde de fer est électriquement neutre. Vérifier cette information à l'aide des réponses aux questions précédentes.

L'ion fer étant issu d'un atome de fer ayant perdu 3 électrons, sa formule est: Fe^{3+} . Cet ion possède $Z = 26$ protons et donc $26 - 3 = 23$ électrons.

L'ion oxyde étant issu d'un atome d'oxygène ayant gagné 2 électrons, sa formule est: O^{2-} . Cet ion possède $Z = 8$ protons et donc $8 + 2 = 10$ électrons.

La combinaison de deux ions fer (III) Fe^{3+} et de trois ions oxyde O^{2-} assurent l'électroneutralité de l'oxyde de fer Fe_2O_3 .