

# Chimie 3 : L'atome, les ions monoatomiques

Dans ce chapitre, nous étudions la brique élémentaire de la matière : l'atome. Toute la matière dans l'univers est constituée d'atomes, le vivant comme la matière inerte, les étoiles. Les solides, les gaz et les liquides.

## 1 Constitution de l'atome

### 1.1 Quelques particules élémentaires

Au cours de ce chapitre, nous aurons affaire à plusieurs particules élémentaires, les voici résumées dans un tableau ainsi que leurs propriétés :

NOM	SYMBOLE	MASSE	CHARGE
L'électron	$e^-$	$m_e = 9.1 \times 10^{-31} \text{ kg}$	$q_e = -e$
Le proton	p	$m_p = 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$q_p = +e$
Le neutron	n	$m_n = 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$	$q_n = 0C$

REMARQUE :

- On remarque que  $m_p \simeq m_n$ , on utilise souvent indifféremment  $m_{\text{nucléon}} = 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$  pour les deux.
- La charge élémentaire<sup>1</sup>  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ . Le Coulomb est l'unité SI (système international) de mesure de la charge électrique, éponyme du physicien Charles-Augustin Coulomb!

Les particules ci-dessus sont difficiles à isoler, en pratique elles se combinent au sein de différentes entités chimiques que l'on peut isoler plus facilement : les ions, les molécules, les atomes.

### 1.2 L'atome

L'atome est constitué de particules élémentaires : les protons, les neutrons et les électrons.

1. Élémentaire car indivisible... Du moins pensait-on jusqu'à la découverte des quarks! (les quarks sont hors programme en 2<sup>nde</sup>)

**Définition 3.1: Atome**

L'atome est une entité chimique constituée d'un noyau, constitué de nucléons : les protons et les neutrons. Ce noyau est entouré d'un cortège d'électrons qui assurent son électroneutralité.

**1.3 Écriture conventionnelle****Définition 3.2: Numéro atomique**

Le numéro atomique d'un atome, noté  $Z$ , est le nombre de protons contenus dans le noyau.

**Définition 3.3: Nombre de masse**

Le nombre de masse d'un atome, noté  $A$ , est le nombre de nucléons contenus dans le noyau.

REMARQUE : Pour obtenir le nombre de neutrons, on calcule le nombre  $A - Z$ .

**Définition 3.4: Élément chimique**

Un élément chimique est défini par son numéro atomique  $Z$ , indépendamment de  $A$ . On lui affecte pour symbole une ou plusieurs lettres.

**Définition 3.5: Écriture conventionnelle**

L'écriture conventionnelle d'un noyau est  ${}^A_ZX$  où  $X$  est le symbole de l'élément.

REMARQUE : Parfois on omet de mentionner le numéro atomique  $Z$ , car il fournit une information redondante avec le symbole de l'élément.

EXEMPLES :

- L'élément caractérisé par  $Z = 6$  est la carbone, de symbole C.
- L'élément caractérisé par  $Z = 17$  est l'oxygène, de symbole Cl.
- Les noyaux  ${}^{14}_6\text{C}$  et  ${}^{12}_6\text{C}$  correspondent tous deux à l'élément carbone. On dit que ce sont des isotopes de l'élément carbone. On se contente parfois de parler de  ${}^{14}\text{C}$  et  ${}^{12}\text{C}$ .

**2 Les propriétés de l'atome**

Dans cette partie, on s'intéresse aux dimensions de l'atome et à la répartition de la masse en son sein. Nous voyons que la masse est très concentrée

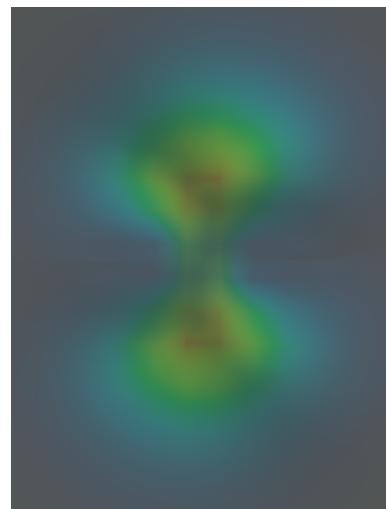


FIGURE 3.1: Le modèle planétaire est impropre à décrire l'atome. En effet les électrons ne se comportent pas comme des planètes ponctuelles qui graviteraient autour d'un noyau. Ils sont en fait délocalisés dans un nuage électronique, comme représenté ci-dessus.

Le nombre de masse comprend les neutrons ET les protons

La casse (i.e. les majuscules et les minuscules) fait partie intégrante du symbole de l'élément.

dans le noyau et que l'atome est essentiellement constitué de vide. Enfin nous nous intéressons aux propriétés électriques de l'atome.

## 2.1 Grandeurs caractéristiques de l'atome

### Propriété 3.1: Rayon typique de l'atome

L'ordre de grandeur du rayon de tous les atomes est  $1 \times 10^{-10} \text{ m} = 1 \text{ \AA}$ .  
L'angström Å est une unité très adaptée à l'étude des atomes!

EXEMPLE : L'atome d'hydrogène possède un rayon de  $0.5 \text{ \AA}$ , l'atome de Chlore de  $1.27 \text{ \AA}$ , l'atome d'or  $1.35 \text{ \AA}$ . Dans tous les cas l'ordre de grandeur est le même : l'angström,  $1 \times 10^{-10} \text{ m}$ !

### Propriété 3.2: Rayon typique du noyau

L'ordre de grandeur du rayon de tous les noyaux atomiques est  $1 \times 10^{-15} \text{ m} = 1 \text{ fm}$ .

EXEMPLE : L'atome d'hydrogène possède un noyau de rayon de  $4 \times 1.3 \text{ fm}$ , l'atome de Chlore de  $35^{1/3} \times 1.3 \text{ fm}$ , l'atome d'or  $197^{1/3} \times 1.3 \text{ fm}$ . Dans tous les cas l'ordre de grandeur est le même : le femtomètre, ou Fermi<sup>2</sup>,  $1 \times 10^{-15} \text{ m}$ !

Afin de comparer le rayon du noyau à celui de l'atome, formons leur rapport :

$$\frac{r_A}{r_N} = \frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 \gg 1$$

Pour mieux nous représenter le gigantisme de l'atome par rapport à son noyau, imaginons un atome de 100 m, la taille d'un stade de football. Le noyau mesurerait alors  $\frac{100}{10^5} = 1 \times 10^{-3} \text{ m} = 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$ , soit la taille d'un grain de sable!

## 2.2 La masse

La masse  $m$  d'un atome de noyau  ${}^A_ZX$  est :

$$m = Zm_p + (A - Z)m_n + Zm_e$$

où  $m_p$ ,  $m_n$  et  $m_e$  sont respectivement les masses du proton, du neutron et des électrons. Or  $\frac{m_{\text{nucléon}}}{m_e} \approx 2000^3$ ; on peut donc formuler l'approximation suivante :

$$m \approx Zm_p + (A - Z)m_n$$

Or  $m_p \approx m_n = m_{\text{nucléon}}$ , si bien que finalement

$$m \approx Am_{\text{nucléon}}$$

Cette formule montre que la masse d'un atome est essentiellement concentrée dans son noyau. Elle justifie par ailleurs l'appellation nombre de masse pour  $A$ .

EXEMPLES :

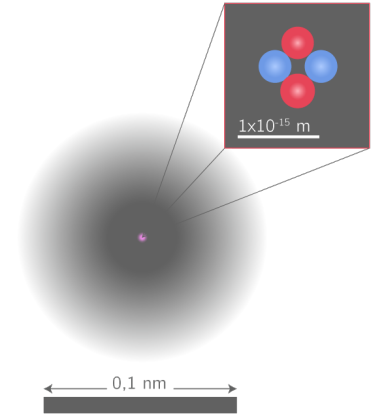


FIGURE 3.2: REMARQUE IMPORTANTE : Alors que son rayon est  $10^5$  fois plus petit que celui de l'atome, le noyau concentre la quasi-totalité de la masse d'un atome.

### 2. Enrico Fermi (1901-1954) : physicien du noyau

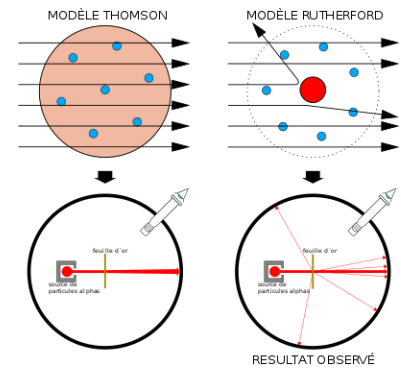


FIGURE 3.3: L'expérience de Rutherford en 1909 permet de démontrer la structure lacunaire de l'atome. En voici le principe : on projette des noyaux d'Hélium sur une très fine feuille d'or ( $6000 \text{ \AA}$ ). On observe que le faisceau est très peu dévié : c'est donc que l'atome est principalement vide!

### 3. On retiendra l'ordre de grandeur : les nucléons sont environ $10^3$ fois plus massifs que les électrons

- La masse d'un atome d'hydrogène  $^2\text{H}$ ,  $m(\text{H}) \approx 2 \times 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- La masse d'un atome d'uranium  $^{238}\text{U}$ ,  $m(\text{U}) \approx 238 \times 1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$

### 2.3 Propriétés électriques

Un atome est électriquement neutre, il possède donc autant d'électrons que de protons : leur nombre est  $Z$ . Il existe toutefois des ions, obtenus après la perte ou le gain d'électrons : les ions, auxquels sont dédiés la partie suivante.

## 3 Les ions

### 3.1 Anions, cations

#### Définition 3.6: Entité chimique

Une entité chimique correspond au plus petit composant indépendant d'un échantillon de matière.

#### EXEMPLES

- L'atome de carbone dans le diamant, ou dans le graphite.
- La molécule d'eau  $\text{H}_2\text{O}$  dans l'eau
- Les ions  $\text{Cl}^-$  et  $\text{Na}^+$  dans une solution aqueuse de sel de table  $\text{NaCl}$ .

#### Définition 3.7: Espèce chimique

Une espèce chimique est un ensemble d'entités chimiques toutes identiques.

#### Définition 3.8: Anion

Un anion est une entité chimique qui présente un excès d'électrons : un anion présente une charge électrique négative.

#### Définition 3.9: Cation

Un cation est une entité chimique qui présente un défaut d'électrons : un anion présente une charge électrique positive.

EXEMPLES : Les anions chlorure  $\text{Cl}^-$  et les cations sodium  $\text{Na}^+$ .

### 3.2 Électroneutralité de la matière

#### Propriété 3.3: Électroneutralité de la matière

Tout échantillon de matière macroscopique est électriquement neutre.

EXEMPLES :

- Le solide  $\text{CaCl}_2$  est constitué de deux ions  $\text{Cl}^-$  pour chaque ion  $\text{Ca}^{2+}$ , afin de contrebalancer la charge électrique deux fois plus importante de ce dernier.
- Dans l'eau distillée, on trouve toujours une quantité égale d'ions oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$  et d'ions hydroxyde  $\text{HO}^-$ .

À la fin de ce chapitre, je sais (extrait du B.O.) :

- Définir une espèce chimique comme une collection d'un nombre très élevé d'entités identiques.
- Exploiter l'électroneutralité de la matière pour associer des espèces ioniques et citer des formules de composés ioniques.
- Utiliser le terme adapté parmi molécule, atome, anion et cation pour qualifier une entité chimique à partir d'une formule chimique donnée.
- 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.
- CAPACITÉS MATHÉMATIQUES : effectuer le quotient de deux grandeurs pour les comparer. Utiliser les opérations sur les puissances de 10. Exprimer les valeurs des grandeurs en écriture scientifique.