

Chapitre 3

Identité de la matière à l'échelle microscopique

1. De l'espèce chimique à l'entité chimique

1.1 - Changement d'échelle

Pour décrire l'organisation de la matière, deux points de vue peuvent être adoptés : l'échelle macroscopique et l'échelle microscopique.

À l'échelle macroscopique, une espèce chimique désigne une collection d'un nombre très élevé d'entités chimiques identiques.

À l'échelle microscopique, une entité chimique peut être un atome, une molécule ou un ion.

Dans le corps humain, l'espèce chimique eau est présente sous la forme d'environ 10^{27} molécules ou entités d'eau.

Éviter des erreurs

En SVT, l'échelle microscopique désigne l'échelle des objets observables au microscope optique, ce qui n'est pas le cas des molécules usuelles.

1.2 - Entité chimique

Un atome est la plus petite entité chimique électriquement neutre qui identifie un élément chimique.

Une molécule est une entité chimique électriquement neutre, constituée de deux atomes au moins.

Un ion est une entité chimique porteuse d'une charge électrique. On distingue les anions, de charge négative, et les cations, de charge positive.

Une espèce chimique moléculaire est, par nature, neutre puisqu'elle rassemble des molécules neutres.

Exemples

- Une molécule de glucide est composée d'atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène.
- Le squelette des mammifères contient des cations calcium Ca^{2+} et leurs dents contiennent des anions fluorure F^- .

1.3 - Composés ioniques

Le principe d'électroneutralité de la matière précise que tout échantillon de matière est électriquement neutre. Ainsi, des espèces ioniques (cations et anions) s'associent pour former un composé ionique de charge électrique globale nulle.

Dans un composé ionique, la somme des charges des cations et des charges des anions est nulle.

À l'état solide, ces ions forment un réseau régulier dont la charge totale est nulle. Ce réseau est démantelé lorsque le composé ionique est dissous dans l'eau ; la solution aqueuse obtenue est électriquement neutre.

La formule d'un composé ionique est établie en écrivant les symboles des cations, puis ceux des anions avec en indice le plus petit nombre entier de chacun d'entre eux (sauf s'il est égal à 1), afin que la charge globale soit nulle.

Exemples

- Le chlorure de sodium NaCl, est un composé ionique formé par l'association des cations Na⁺ et des anions Cl⁻ en même nombre.
- Le fluorure de calcium CaF₂ est un composé ionique résultant de l'association des cations Ca²⁺ et d'anions F⁻ deux fois plus nombreux.

2. L'atome et son noyau

2.1 - Composition et taille d'un atome

Un atome est composé d'un noyau et d'électrons.

La valeur de la taille d'un atome est de l'ordre de 10⁻¹⁰ m.

Un atome est électriquement neutre car il est composé d'autant de protons que d'électrons.

L'ordre de grandeur de la taille d'un atome est de 100 pm. En effet, un picomètre (1 pm) correspond à 1 × 10⁻¹² m.

Donc, 100 pm correspondent à 1 × 10¹² × 1 × 10⁻¹² soit 1 × 10⁻¹⁰.

Pour observer un atome, il faut utiliser des microscopes spécifiques.

Point maths

L'écriture scientifique des nombres est pratique pour exprimer les valeurs des tailles et des masses à l'échelle microscopique. Par exemple, la taille d'un atome est de

l'ordre de $\frac{0,000\ 000\ 0001}{10}$ m en écriture non scientifique, soit 1 × 10⁻¹⁰ m en écriture scientifique.

2.2 - Noyau atomique

Un noyau est composé de A nucléons (avec A un entier, $A > 1$), soit Z protons et $(A - Z)$ neutrons.

Un proton et un neutron ont sensiblement la même masse, environ 2 000 fois plus élevée que celle d'un électron. La masse des électrons d'un atome est souvent considérée comme négligeable par rapport à celle de son noyau.

La masse d'un atome est presque égale à la masse de son noyau :

$$m_{\text{atome}} \approx m_{\text{noyau}}$$

La taille d'un noyau est environ cent mille fois inférieure à celle d'un atome.

Pour comparer la taille d'un atome à celle de son noyau, on effectue le quotient de leur ordre de grandeur :

$$\frac{10^{-10}}{10^{-15}} = 10^5 = 100\,000$$

La charge électrique d'un proton est une constante appelée charge électrique élémentaire. Sa valeur est $e = +1,6 \times 10^{-19}\text{C}$. La charge électrique q_{noyau} d'un noyau de numéro atomique Z est : $q_{\text{noyau}} = Z \times e$.

La charge électrique d'un proton et celle d'un électron sont opposées. Comme un atome ne porte pas de charge électrique, il est constitué d'autant de protons que d'électrons.

2.3 - Écritures conventionnelles et composition d'un noyau

À partir de la composition d'un noyau de l'élément X , deux écritures conventionnelles sont utilisées pour le représenter : A_ZX , qui par la suite sera prononcé $A Z X$; ou alors AX , qui sera par la suite prononcé $A X$.

Lorsque l'écriture conventionnelle d'un noyau est donnée, elle permet de connaître sa composition : un noyau A_ZX est constitué de A nucléons et Z protons.

Point vocabulaire

Le nombre A est appelé « nombre de masse » car la masse d'un atome est quasiment égale à la masse de son noyau. Cependant, il s'agit bien d'un nombre (sans unité) et non pas d'une masse.

L'écriture conventionnelle A_ZX est redondante, car un seul numéro atomique Z est associé à chaque symbole X .

Tous les symboles et numéros atomiques sont indiqués dans le tableau périodique.

Ce tableau permet d'accéder à la composition d'un noyau d'écriture AX .

Exemple

Un diamant est essentiellement constitué de noyaux de carbone-12, ${}^{12}_6\text{C}$, mais aussi dans une moindre mesure de noyaux de carbone-13, ${}^{13}_6\text{C}$, et de noyaux de carbone-14, ${}^{14}_6\text{C}$, tous composés de 6 protons. Le noyau de carbone-14 contient $8 = 14 - 6$ neutrons.