

# Thème : Constitution de la matière de l'échelle macroscopique à l'échelle microscopique

## Chapitre : De l'atome à l'élément chimique

### Objectifs :

- 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.

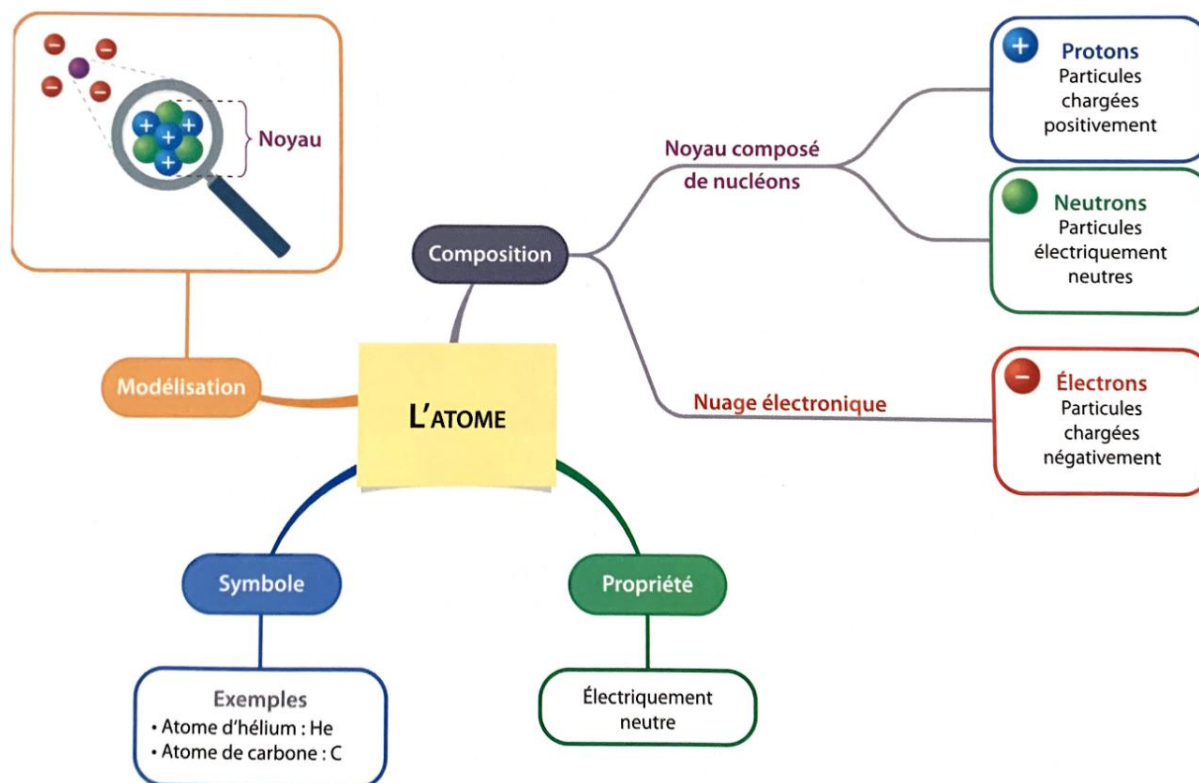
### Sommaire

1. Rappels du collège	2	3. Activité 1 : Éléments et atomes originaux	5
2. Cours	3	4. Activité 2 : Taille et masse d'un atome de carbone	6
2.1 Les atomes et les ions monoatomiques	3	5. Activité 3 : Formules des composés ioniques	7
a) Constitution d'un atome	3	6. Exercices	9
b) Dimension d'un atome	3		
c) Noyau d'un atome	3		
d) Ions monoatomiques	4		
2.2 L'élément chimique	4		
2.3 Du microscopique au macroscopique	4		

# 1. Rappels du collège

Pour chaque question, indiquer la (ou les) bonne(s) réponse(s).

	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1. Un atome est constitué :	de nucléons et d'électrons.	d'un noyau entouré d'électrons.	d'un noyau contenant des électrons.
2. Le noyau de l'atome modélisé ci-contre contient :	9 nucléons.	5 protons.	4 électrons.
3. Le noyau d'un atome :	est chargé négativement.	est chargé positivement.	n'est pas chargé.
4. Un proton :	porte une charge électrique négative.	porte une charge électrique positive.	n'est pas chargé.
5. Un neutron :	porte une charge électrique négative.	porte une charge électrique positive.	n'est pas chargé.
6. Un atome :	peut être chargé.	contient des particules chargées.	est toujours électriquement neutre.



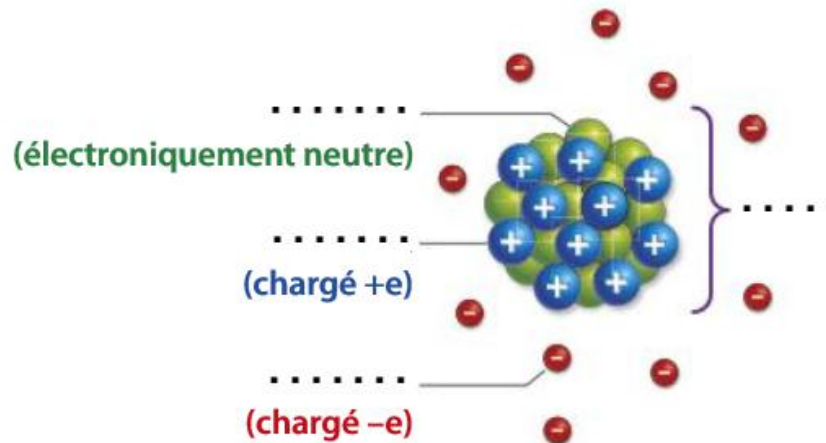
## 2. Cours

### 2.1 Les atomes et les ions monoatomiques

#### a) Constitution d'un atome

Un **atome** est constitué d'un noyau chargé positivement et d'électrons chargés négativement en mouvement désordonné autour de ce noyau.

Compléter le schéma suivant :



La charge électrique  $e$ , de valeur  $e = 1,60 \times 10^{-19}$  C, est appelée **charge élémentaire**. Les charges électrique du proton (+ $e$ ) et de l'électron (- $e$ ) sont opposées.

Un **atome** est donc **électriquement** . . . . . , car il possède autant de protons que d'électrons.

#### b) Dimension d'un atome

Quel est l'ordre de grandeur du **rayon d'un atome** ?

.....

L'espace existant entre les électrons mais aussi entre les électrons et le noyau est vide. On dit que l'atome a une **structure lacunaire**.

#### c) Noyau d'un atome

Compléter le schéma concernant l'écriture conventionnelle du noyau.



Comment déterminer le nombre de **neutrons** ?

.....

La masse d'un neutron est environ égale à celle d'un proton. La masse d'un électron est négligeable devant celle d'un nucléon.

**Donner** l'expression littérale permettant de calculer la masse d'un atome dont le noyau s'écrit conventionnellement  ${}^A_ZX$ .

.....

**d) Ions monoatomiques**

Un **ion monoatomique** se forme lorsqu'un atome gagne ou perd un ou plusieurs électrons.

Anion	Cation
	
Formé à partir d'un atome de chlore Cl qui <b>gagne</b> un électron.	Formé à partir d'un atome de magnésium Mg qui <b>perd</b> deux électrons.

Lors de la formation d'un ion, le noyau reste inchangé.

**2.2 L'élément chimique**

Les atomes ou les ions monoatomiques ayant le même nombre de protons dans leur noyau correspondent au même élément chimique.

Par quoi est caractérisé un élément chimique ?

.....




**2.3 Du microscopique au macroscopique**

Que peut désigner une entité chimique ?

.....

Qu'est ce qu'une espèce chimique ?

.....

Espèces chimiques			Échelle macroscopique
 <b>Fer</b> : espèce chimique <b>atomique</b>	 <b>Eau</b> : espèce chimique <b>moléculaire</b>	 <b>Chlorure de sodium</b> : espèce chimique <b>ionique</b>	Échelle microscopique
Entités chimiques			
Composée d' <b>atomes</b> de formule <b>Fe</b>	Composée de <b>molécules</b> d'eau de formule <b>H<sub>2</sub>O</b>	Composée d'une <b>paire d'ions</b> sodium et chlorure de formule <b>Na<sup>+</sup></b> et <b>Cl<sup>-</sup></b>	

La matière est **électriquement neutre**. Les espèces chimiques ioniques sont donc constituées d'au minimum deux types d'entités : des anions et des cations dans des proportions telles que le solide ionique est électriquement neutre.

### 3. Activité 1 : Éléments et atomes originels

#### Objectif :

- Établir l'écriture conventionnelle d'un noyau à partir de sa composition et inversement.

De l'air que nous respirons à l'eau que nous buvons, en passant par la terre que nous foulons, nous sommes entourés d'espèces chimiques constituées d'atomes formés au cœur des étoiles, il y a 13,8 milliards d'années.

#### Comment déterminer la composition d'un atome ?

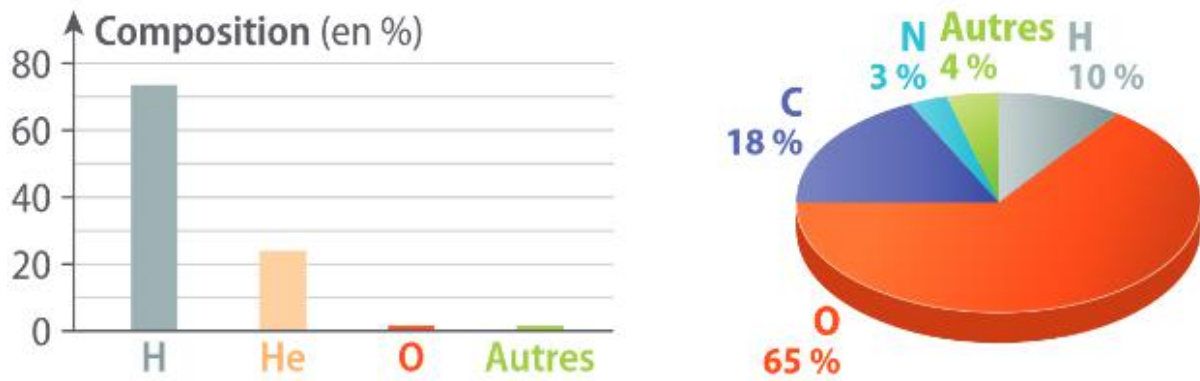


FIGURE 1 – Pourcentages massiques des éléments chimiques. (À gauche) Représentation schématique de l'atome. (À droite) Éléments chimiques présents dans le corps humain.

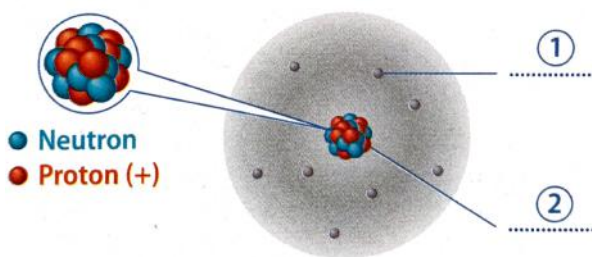


FIGURE 2 – Représentation schématique de l'atome.

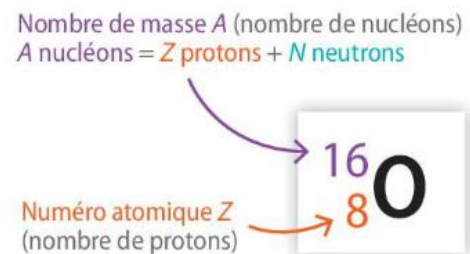


FIGURE 3 – Écriture conventionnelle du noyau.

- Nommer deux éléments chimiques présents dans l'Univers et dans le corps humain.
- Calculer la masse de l'atome de l'élément chimique le plus abondant dans un être humain de 70 kg.
- Compléter la légende de la représentation schématique de l'atome d'oxygène.
- Donner la composition de l'atome d'oxygène.
- Le noyau de l'atome d'hydrogène ne contient qu'un proton et aucun neutron. Donner l'écriture conventionnelle de ce noyau.

**Données :** Le pourcentage massique d'une entité chimique  $A$  de masse  $m(A)$  dans un mélange de masse  $m$  est :

$$P(A) = \frac{m(A)}{m} \times 100 \quad (1)$$

## 4. Activité 2 : Taille et masse d'un atome de carbone

### Objectif :

- Comparer la taille et la masse d'un atome et de son noyau.

Si l'existence des atomes est admise depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, il a fallu attendre la fin du XX<sup>e</sup> pour pouvoir les visualiser et les manipuler.

### Quel est l'ordre de grandeur de la taille d'un atome ? Quelle est sa masse ?

Depuis la découverte du noyau atomique en 1911 par le physicien E. Rutherford, il est admis que *l'atome est essentiellement constitué de vide*. En 1959, R. Feynman, physicien américain, déclare « Il y a plein de place en bas », incitant ainsi les scientifiques à explorer l'infiniment petit, le nanomonde. Grâce à la microscopie électronique, il est possible d'observer l'organisation de la matière à l'échelle de l'atome. En 2010, des physiciens d'origine russe A. Geim et K. Novoselov obtiennent le prix Nobel pour avoir isolé un feuillet d'atomes de carbone d'épaisseur monoatomique, appelé graphène, qui constitue le graphite, composant principal des mines de crayon.

FIGURE 1 – Observer les atomes.

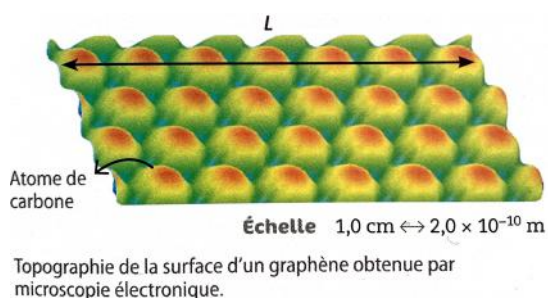


FIGURE 2 – Surface d'un graphène.

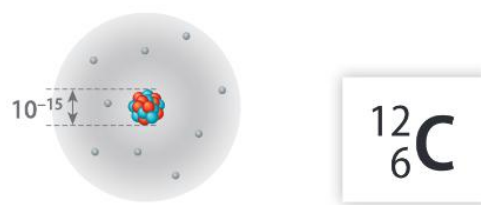


FIGURE 3 – Atome de carbone (représentation schématique et écriture conventionnelle).

1. **Déterminer** le diamètre d'un atome de carbone, sachant que sept atomes de carbone sont alignés sur la longueur  $L$  de la figure 2.
2. **En déduire** son ordre de grandeur.
3. **Le comparer** à l'ordre de grandeur du diamètre de son noyau.
4. **Justifier** alors la phrase en italique de la figure 1.
5. **Calculer** la masse du noyau de l'atome de carbone.
6. **Calculer** la masse de l'atome de carbone.
7. Quelle approximation peut-on faire pour estimer la masse d'un atome ?
8. **En déduire** une expression littérale permettant de calculer la masse d'un atome dont le noyau s'écrit conventionnellement  $^A_ZX$ .

### Données :

- Masse d'un nucléon :  $m_n = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- Masse d'un électron :  $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{ kg}$

## 5. Activité 3 : Formules des composés ioniques

### Objectif :

- Exploiter l'électronéutralité de la matière pour associer des espèces ioniques et citer des formules de composés ioniques.

Le nigari est un solide ionique naturel commercialisé sous forme de paillettes.

### Comment écrire la formule d'un solide ionique et le nommer ?

Calcium $\text{Ca}^{2+}$	Participe à la formation et au maintien des os et des dents.
Magnésium $\text{Mg}^{2+}$	Action anti-stress.
Chlorure $\text{Cl}^-$	Permet de faire coaguler le lait de soja (pour faire du tofu).
Fer (II) ou (III) $\text{Fe}^{2+}$ ou $\text{Fe}^{3+}$	Permet de maintenir les capacités intellectuelles et de lutter contre la fatigue. Indispensable au bon fonctionnement des défenses immunitaires.
Cuivre (II) $\text{Cu}^{2+}$	Anti-oxydant.
Zinc (II) $\text{Zn}^{2+}$	Possède des propriétés anti-inflammatoires et cicatrisantes ; de ce fait, bien connu pour son action sur l'acné. Contribue à la synthèse de l'insuline, qui permet de réguler le taux de sucre dans le sang.
Iodure $\text{I}^-$	Intervient dans la fabrication des hormones thyroïdiennes.

FIGURE 1 – Des applications de quelques ions.

Étapes de la démarche de résolution
1. RELIRE les documents, repérer les éléments en relation avec le problème posé et les noter.
2. REFORMULER le problème en utilisant un vocabulaire scientifique.
3. ÉMETTRE une hypothèse permettant d'y répondre.
4. ÉLABORER, un protocole expérimental et le mettre en œuvre pour valider l'hypothèse formulée.
5. NOTER les observations, les interpréter et conclure.

FIGURE 2 – Étapes de la démarche de résolution.

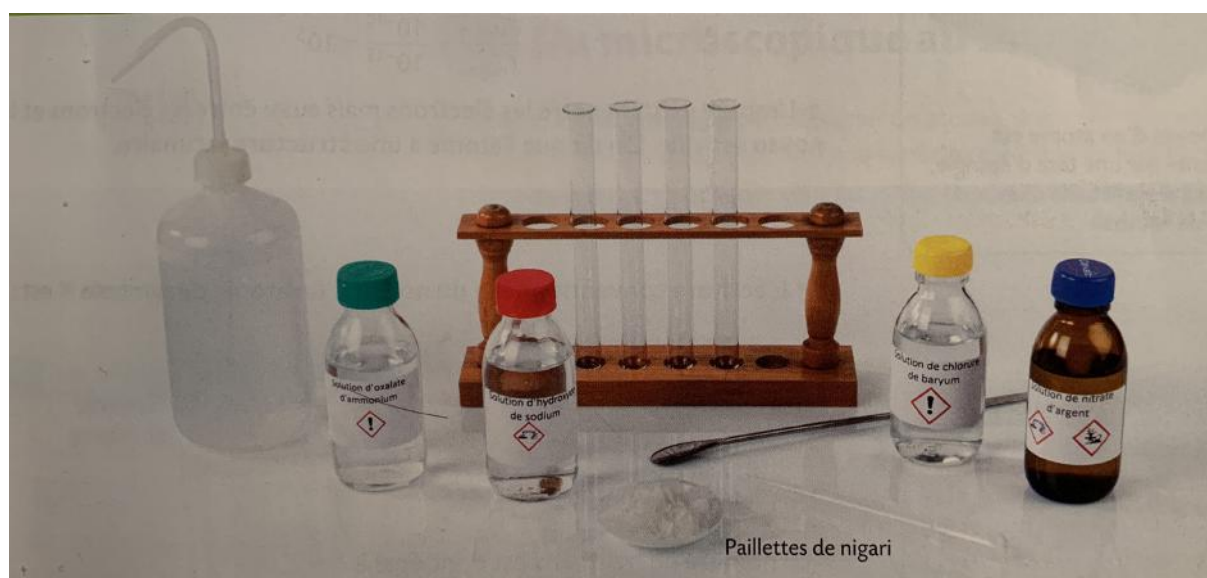


FIGURE 3 – Matériel et produits disponibles.

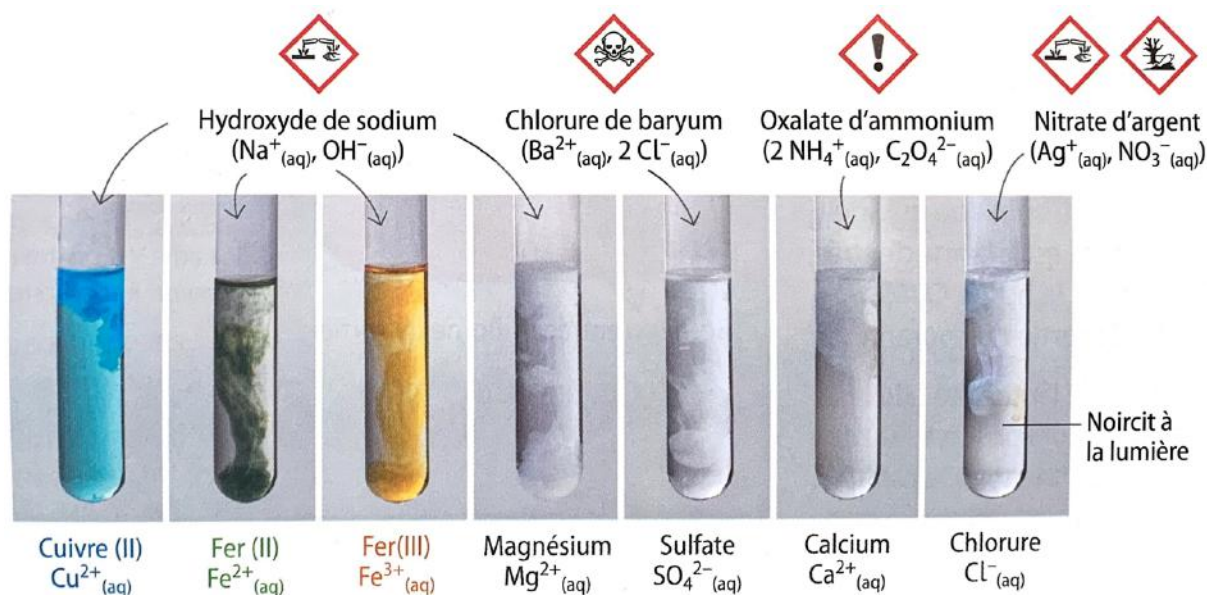


FIGURE 4 – Tests d'identification des ions.

1. **Déterminer** le nom et la formule chimique du nigari. **En déduire** quelles peuvent être ses applications. **Détailler** au maximum votre démarche expérimentale.
2. **Décrire** la méthode permettant de trouver le nom et la formule d'un solide ionique connaissant les ions qui le constituent.



## 6. Exercices

### Exercice 1

Recopier et compléter le tableau ci-dessous :

Symbole de l'élément	C	N	Cl	Fe
Nombre de protons	6	7	...	26
Nombre de neutrons	...	8	18	...
Écriture conventionnelle du noyau	$^{14}\text{C}$ ...C	...	$^{35}_{17}\text{Cl}$	$^{56}\text{Fe}$ ...Fe

### Exercice 2

La masse approchée  $m$  d'un atome et la masse  $m_{\text{nucléon}}$  d'un nucléon sont reliées par  $m = A \times m_{\text{nucléon}}$ .

1. **Exprimer**  $A$  en fonction de  $m$  et  $m_{\text{nucléon}}$ .

2. Un atome de carbone a une masse de  $2,00 \times 10^{-26}$  kg. **Calculer** le nombre  $A$  de nucléons de cet atome.

**Donnée :**  $m_{\text{nucléon}} = 1,67 \times 10^{-27}$  kg.

### Exercice 3

Un ion possède 10 électrons, 8 protons et 10 neutrons.

1. **Déterminer** s'il s'agit d'un anion ou d'un cation.

2. La formule de cet ion est-elle  $X^{2+}$  ou  $X^{2-}$  ?

### Exercice 4

On donne ci-dessous les compositions de différents atomes ou ions monoatomiques :

Atome ou ion	Nombre de protons	Nombre de neutrons	Nombre d'électrons
A	3	4	3
B	4	5	2
C	1	3	0
D	3	3	3
E	5	3	5

**Déterminer** quels atomes ou ions monoatomiques correspondent au même élément chimique.

### 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),  $\text{Fe}^{2+}$ . Grâce à l'élément fer, une molécule de dioxygène  $\text{O}_2$  de l'air peut se fixer sur l'hème. Les besoins quotidiens en fer de l'organisme s'élèvent à environ 14 mg pour un homme.

1. Combien de molécules de dioxygène une protéine d'hémoglobine peut-elle fixer ?

2. L'ion fer(II) possède 24 électrons. **Donner** la composition de cet ion.

3. **En déduire** l'écriture conventionnelle du noyau d'un atome de fer.

4. **Calculer** la masse approchée d'un atome de fer.

5. **En déduire :**

- le nombre d'atome de fer nécessaires à l'apport journalier d'un homme ;
- le nombre de molécules d'hémoglobine qui, chaque jour, se lient à des ions fer(II)  $\text{Fe}^{2+}$ .

**Données :**

- $m_{\text{nucleon}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$
- Nombre de masse du fer :  $A = 56$ .

### Exercice 6

1. Les oxydes de plomb sont des solides ioniques dans lesquels l'oxygène est présent sous forme d'ion oxyde  $\text{O}^{2-}$ . Voici la formule de plusieurs oxydes de plomb :  $\text{Pb}_2\text{O}$  ;  $\text{PbO}$  ;  $\text{PbO}_2$  ;  $\text{Pb}_2\text{O}_3$ . **Déterminer** la formule des ions plomb contenus dans chacun de ces oxydes.
2. On considère les ions bromure  $\text{Br}^-$ , les ions aluminium  $\text{Al}^{3+}$  et les ions oxyde  $\text{O}^{2-}$ .
  - a) **Identifier** le(s) cation(s) et le(s) anion(s).
  - b) **Déterminer** les formules des solides ioniques ne contenant que deux types de ces ions.
3. L'entité ionique de formule  $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$  est composée d'ions : yttrium  $\text{Y}^{3+}$ , baryum  $\text{Ba}^{2+}$ , oxyde  $\text{O}^{2-}$  et cuivre.

**Montrer** que parmi les ions cuivre :

- deux sont présents sous la forme d'ions cuivre (II)  $\text{Cu}^{2+}$  ;
- un est présent sous la forme d'ion cuivre (III)  $\text{Cu}^{3+}$ .

### Exercice 7

Les ions fluorure présents dans les pâtes dentifrices permettent de prévenir les caris dentaires. Le fluor forme facilement l'ion fluorure  $\text{F}^-$ .

1. **Écrire** la relation entre le nombre de protons  $Z$ , la charge élémentaire  $e$  et la charge  $Q$  du noyau d'un atome.
2. **Calculer** le nombre de protons composant le noyau d'un atome de fluor.
3. L'ion fluorure est-il un anion ou un cation ? **En déduire** le nombre d'électrons de l'atome.
4. **Déterminer** le nombre d'électrons contenus dans le nuage électronique de l'ion fluorure.

**Données :**

- Charge élémentaire :  $e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$
- Charge électrique du noyau d'un atome de fluor :  $q = 1,44 \times 10^{-18} \text{ C}$ .

### Résolution de problème

Le diamant est un cristal constitué uniquement d'atomes de carbone. On considère que ces atomes de carbone 12 ( $A=12$  nucléons). Il faut en moyenne traiter 20 tonnes de minerai pour extraire 1 ?0 g de diamant, soit 5,0 carats.

Le diamant coûte très cher : un diamant de 1,1 carat peut être vendu 15 000 euros.

**Combien coûte un « atome de diamant » ?**

**Donnée :**  $m_{\text{nucleons}} = 1,67 \times 10^{-27} \text{ kg}$ .