

## 2

# Les réactions chimiques

La danse du feu est une activité artistique risquée, car les danseurs créent de belles chorégraphies rythmées en manipulant des objets enflammés. Le feu est l'attraction principale. C'est le mouvement incessant des flammes qui envoute les spectateurs. Les danseurs agissent comme des marionnettistes. Ils restent dans l'obscurité pour créer leurs effets spectaculaires. Ils parviennent à créer ces effets grâce à la maîtrise de leurs mouvements, mais aussi au choix de leur matériel et du combustible qui entretient les flammes. Ils peuvent donc exercer un certain contrôle sur la réaction chimique qui émet de la lumière. Cette réaction chimique, comme toutes les autres, obéit à un mécanisme bien compris, qui dépend des substances chimiques utilisées et des conditions dans lesquelles ces substances interagissent.

## *Contenu du module*

**3**

### **Les composés et les équations chimiques**

- 3.1 Les composés ioniques et moléculaires
- 3.2 Le nom et la formule chimiques des composés ioniques et moléculaires
- 3.3 Les équations chimiques et la loi de la conservation de la masse



**4**

### **La classification des composés et des réactions chimiques**

- 4.1 Les types de réactions chimiques
- 4.2 Les acides et les bases
- 4.3 La vitesse des réactions chimiques



## Que sais-tu déjà au sujet des propriétés physiques et chimiques ?

- Les propriétés de la matière sont soit physiques, soit chimiques.
- Les propriétés physiques ne dépendent pas de la façon dont les substances interagissent chimiquement avec d'autres substances.
- Les propriétés chimiques permettent de décrire la manière dont les substances se transforment lorsqu'elles interagissent avec d'autres substances pour en former de nouvelles, qui ont de nouvelles propriétés.
- Les propriétés de la matière sont soit qualitatives, soit quantitatives.
- On peut décrire une propriété qualitative en utilisant des mots comme « mou » et « rouge ».
- On peut décrire une propriété quantitative en utilisant une mesure, comme « 100 °C ».
- Exemples de propriétés physiques qualitatives : l'odeur, la couleur, la texture, l'état physique et la malléabilité (la facilité avec laquelle on peut plier ou battre une substance sans la briser).
- Exemples de propriétés physiques quantitatives : le point de fusion, le point d'ébullition, la solubilité et la masse volumique.
- Un simple examen révèle les propriétés physiques d'une substance. Par contre, on ne peut déterminer ses propriétés chimiques que lorsque la substance interagit avec d'autres au cours d'une transformation chimique.
- Quelques exemples de propriétés chimiques : la *réactivité* avec d'autres substances, (eau, dioxygène ou acides) ; la *combustibilité*, ou la capacité d'une substance à s'enflammer et à brûler dans l'air ; la *stabilité*, qui caractérise la facilité avec laquelle une substance peut se décomposer en d'autres substances.
- Quelques exemples d'indications qu'une transformation chimique a eu lieu :
  - la *formation de bulles de gaz* lorsque la levure chimique réagit avec du vinaigre,
  - le *changement de couleur* d'un jean qui a trempé dans l'eau de Javel,
  - la *formation d'un précipité* lorsque du savon, des minéraux et de l'eau interagissent,
  - la *lumière* et la *chaleur* produites par un feu de camp,
  - le *bruit* provenant d'un feu d'artifice.



La solubilité indique la quantité d'une substance qui se dissout dans une autre substance.



Une croûte se forme lorsque du savon et des minéraux solubles réagissent avec une substance qui n'est pas soluble dans l'eau.

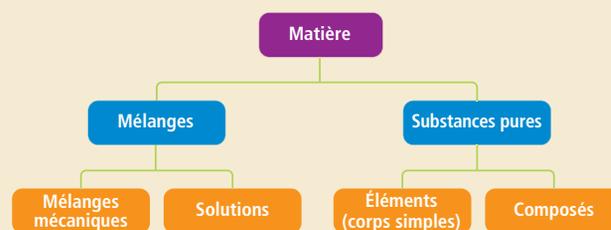
### Vérifie tes connaissances

1. La vitre a une texture lisse. La brique a une texture rugueuse. Ces deux propriétés sont-elles chimiques ou physiques ? Explique ta réponse.
2. « La cire d'abeille est lisse et elle brûle avec une flamme brillante. » Quelles sont les propriétés dont il est question dans cette phrase ? Donne les raisons qui expliquent ta réponse.

3. Détermine si chacun des énoncés ci-dessous décrit une propriété physique ou une propriété chimique. Précise ensuite si la propriété est quantitative ou qualitative.
  - a) Cette substance est un gaz jaune pâle à la température ambiante.
  - b) Cette substance peut faire fondre le verre.
  - c) La masse volumique de cette substance est de 1,695 g/L.
  - d) Cette substance explose au contact de l'eau.
  - e) Le point de fusion de cette substance est 0 °C.
4. Quelle propriété chimique du propane devrait-on avoir le plus à l'esprit lorsqu'on utilise un barbecue? Explique ta réponse.
5. Le tétrafluorométhane est un composé qui peut devenir un gaz à effet de serre. Il est présent longtemps dans l'atmosphère. Il ne se décompose pas facilement et réagit peu avec d'autres substances. Quelles sont ses propriétés chimiques décrites ici?

### Que sais-tu déjà au sujet de la classification de la matière?

- On peut classer la matière en distinguant les substances pures des mélanges.
- Selon la théorie particulaire de la matière, les substances pures ne sont constituées que d'un seul type de particules. On ne peut pas les séparer en d'autres substances par des moyens physiques.
- Selon la théorie particulaire de la matière, les mélanges sont constitués de plus d'un type de particules. On peut les séparer en substances pures par des moyens physiques.
- Les substances pures sont des éléments ou des composés. Les éléments ne peuvent pas être divisés davantage par des moyens physiques ou chimiques. Les composés sont faits de plus d'un type d'élément et peuvent être divisés par des moyens chimiques.
- Les mélanges contiennent plus d'un élément ou d'un composé. Parmi les mélanges, on distingue les solutions, dont la composition est homogène, et les mélanges mécaniques, dont la composition n'est pas homogène.



La classification de la matière peut se faire selon les catégories ci-dessus.

### Vérifie tes connaissances

6. Indique si chaque exemple est un mélange ou une substance pure.
 

a) soupe	d) dioxyde de carbone
b) bronze	e) air
c) oxygène	f) essence
7. Indique si chaque substance pure est un élément ou un composé.
  - a) carbone
  - b) eau
  - c) dioxyde de silicium
  - d) azote
8. L'eau salée est une solution. Elle contient deux substances pures qui sont toutes les deux des composés: l'eau et le sel.
  - a) Propose une façon de séparer le sel de l'eau.
  - b) Existe-t-il une méthode physique qui permet de décomposer le sel ou l'eau? Explique ta réponse.

## Que sais-tu déjà au sujet de la théorie atomique ?

- En sciences, une loi est un énoncé au sujet d'une action ou d'une régularité observée tellement souvent qu'on la considère toujours vraie. Par exemple, la loi de la conservation de l'énergie stipule que l'énergie peut être transformée, mais pas créée ni détruite.
- En sciences, une théorie est une idée ou un principe vérifié qui permet d'expliquer et de prédire certains événements.
- Selon la théorie atomique :
  - La matière est composée de particules extrêmement petites appelées des atomes.
  - On ne peut pas créer ou détruire des atomes ni les diviser en plus petites particules par des moyens physiques ou chimiques.
  - Des atomes de différents éléments se lient dans des proportions définies pour former un composé.

## Vérifie tes connaissances

9. Indique si chaque énoncé ci-dessous est vrai ou faux. Si l'énoncé est faux, reformule-le pour le rendre vrai.
- a) En sciences, les lois n'expliquent rien ; elles ne servent qu'à décrire ou à résumer ce qui se passe.
- b) En sciences, une théorie donne rarement une explication de la raison pour laquelle quelque chose se produit.
- c) Les scientifiques effectuent peu de recherches avant d'accepter une théorie.
10. Au Moyen Âge, les alchimistes effectuaient des expériences pour tenter de transformer en or des métaux communs comme le plomb. Pourquoi les alchimistes n'ont-ils pas réussi à transformer le plomb en or ?

## Que sais-tu déjà au sujet des atomes et du tableau périodique ?

- Un atome est la plus petite unité d'un élément qui possède les propriétés de cet élément. Les atomes sont eux-mêmes constitués de plus petites particules subatomiques : les *protons*, les *neutrons* et les *électrons*.
- Les énoncés ci-dessous sont vrais pour tout atome neutre.
  - Le nombre de protons est égal au nombre d'électrons.
  - Le nombre de protons contenus dans le noyau d'un atome d'un élément est appelé le *nombre atomique*.
  - La somme du nombre de protons et du nombre de neutrons contenus dans le noyau d'un atome est appelée le *nombre de masse*.
  - Les protons et les neutrons représentent la presque totalité de la masse d'un atome. La masse d'un neutron ou d'un proton est environ 1 840 fois plus grande que celle d'un électron.
- On utilise des symboles chimiques comme « B » pour le bore ou « Sn » pour l'étain pour représenter les éléments.
- On utilise des formules chimiques pour représenter les composés. Par exemple, la formule  $H_2O$  représente l'eau.
- Dans le tableau périodique, les éléments sont placés par ordre croissant de nombre atomique. La périodicité est la loi qui stipule que, lorsque les éléments sont placés selon leur nombre atomique, les propriétés physiques et chimiques reviennent périodiquement.
- Une rangée du tableau périodique s'appelle une *période*. Les périodes sont numérotées de 1 à 7.
- Une colonne du tableau périodique s'appelle un *groupe*. Les groupes sont numérotés de 1 à 18.
- Les éléments d'une même famille (groupe) ont des propriétés physiques et chimiques qui se ressemblent.



# Les composés et les équations chimiques



**L**es films documentaires sous-marins donnent l'occasion d'admirer la diversité de la vie aquatique. Les plongeurs se servent de caméras spéciales pour filmer et de réservoirs d'air pour respirer sous l'eau. Toutefois, les bulles d'air qui sortent d'un scaphandre autonome peuvent faire fuir la faune sous-marine. Dans ces conditions, un appareil à circuit fermé est très utile. Il permet d'ajouter du dioxygène à l'air expiré et d'en enlever le dioxyde de carbone. Le dioxyde de carbone expiré réagit en solution aqueuse avec de l'hydroxyde de calcium. Il se forme alors une substance solide, le carbonate de calcium. L'élimination du dioxyde de carbone (suivie d'un ajout de dioxygène) permet au plongeur de respirer de nouveau l'air qui a été expiré. Et aucune bulle d'air ne s'échappe!

Le changement qui se produit lorsque le dioxyde de carbone interagit avec l'hydroxyde de calcium est une réaction chimique. Dans le présent chapitre, tu apprendras à utiliser le nom et la formule chimique de différents composés pour décrire leurs transformations et la modification de leurs propriétés au cours d'une réaction chimique.

## ACTIVITÉ DE DÉPART 3

### Un générateur de dioxyde de carbone

Dans ton corps, la respiration cellulaire consomme du dioxygène et produit du dioxyde de carbone. D'autres transformations chimiques peuvent aussi produire du dioxyde de carbone.

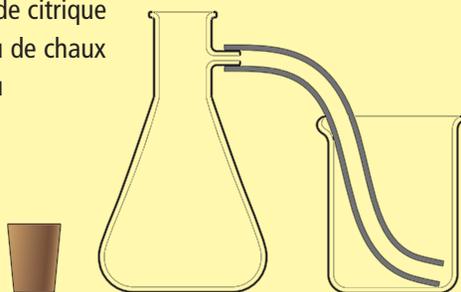
#### Consigne de sécurité



- Élimine les déchets en suivant les consignes de ton enseignante ou de ton enseignant.

#### Matériel

- une fiole Erlenmeyer de 250 mL avec tubulure latérale
- un bouchon
- un tuyau
- un bécher de 150 mL
- une spatule
- un cylindre gradué de 25 mL
- du bicarbonate de soude
- de l'acide citrique
- de l'eau de chaux
- de l'eau



#### Ce que tu dois faire

1. Réalise le montage comme sur le schéma. Verse 100 mL d'eau de chaux dans le bécher.
2. Dépose une demi-spatule de bicarbonate de soude dans la fiole. Ajoute une demi-spatule d'acide citrique. Mélange les solides et note tes observations.
3. Verse 20 mL d'eau dans la fiole et place rapidement le bouchon. Agite la fiole en le faisant tourner lentement.
4. Observe ce qui se produit dans la fiole et dans le bécher. Note tes observations.

#### Qu'as-tu découvert ?

1. Une réaction s'est-elle produite dans la fiole ? dans le bécher ? Comment le sais-tu ?
2. L'hydroxyde de calcium (un composé) de l'eau de chaux réagit avec le dioxyde de carbone pour former du carbonate de calcium (un autre composé) et de l'eau. De quelle façon l'aspect du liquide dans le bécher change-t-il avec le temps ? Qu'est-ce que cela signifie au sujet de la quantité de carbonate de calcium produite ?
3. Pourquoi l'eau était-elle nécessaire pour que la réaction ait lieu ? La réaction se serait-elle produite en l'absence d'acide citrique ou de bicarbonate de soude ?
4. Quel est le lien entre cette activité et ce qui se produit dans un appareil à circuit fermé comme celui qui est présenté à la page précédente ?

#### Ce que tu apprendras

Dans ce chapitre, tu vas :

- **décrire** les différences entre les composés ioniques et les composés moléculaires ;
- **nommer** des composés et les **représenter** par leur formule chimique ;
- **formuler** des équations chimiques.

#### Pourquoi est-ce important ?

Des connaissances en chimie nous permettent de prendre des décisions informées au sujet des produits que nous achetons et de la façon de les utiliser pour minimiser leur impact sur l'environnement. La connaissance et la compréhension du nom et de la formule chimique des composés sont essentielles, tout comme la compréhension des équations chimiques qui représentent leurs réactions.

## 3.1 Les composés ioniques et moléculaires

### Qu'en penses-tu ?

- Peux-tu donner quelques exemples de composés chimiques trouvés à la maison ? Quelles sont leurs propriétés ? Quels sont leurs usages ?
- Que doit-on connaître au sujet des propriétés des substances pour les utiliser de façon sécuritaire à la maison et au travail ?
- Quel est l'avantage d'utiliser la formule  $H_2O$  pour représenter l'eau ou la formule  $NaCl$  pour représenter le sel de table ?

### Mots clés

composé moléculaire  
molécule  
ion  
composé ionique

Beaucoup de composés chimiques utilisés à la maison, à l'école ou au travail ont des propriétés qui les rendent utiles, mais qui peuvent aussi les rendre dangereux. Par exemple, de nombreux produits ménagers ont un pouvoir désinfectant parce qu'ils renferment un composé chloré. Le chlore détruit les bactéries et de nombreux autres organismes, car il est toxique (c'est un poison). C'est sa toxicité qui rend le chlore utile comme désinfectant, mais ses effets toxiques signifient aussi qu'on doit l'utiliser avec précaution.

Les composés chlorés sont aussi utilisés à grande échelle pour désinfecter l'eau potable et l'eau des piscines (voir la **figure 3.1**). Ils doivent être produits, utilisés et éliminés avec précaution à cause de leurs propriétés dangereuses. De nombreux autres composés qu'on retrouve dans des produits ménagers sont également potentiellement dangereux tout en étant utiles. C'est pourquoi on voit sur leur contenant des symboles de danger et des conseils pour une utilisation sécuritaire (voir l'image à la page suivante).



**Figure 3.1** On désinfecte souvent l'eau des piscines en lui ajoutant du chlore pour éliminer les bactéries et les autres organismes néfastes.

*Puisque le chlore est toxique pour tous les organismes, y compris les humains, quels facteurs doit-on prendre en considération pour s'assurer que l'ajout de chlore à l'eau des piscines soit sécuritaire ?*

Les produits ménagers ont des propriétés utiles pour les tâches ménagères comme la lessive et le lavage des vitres. Mais ces propriétés peuvent aussi être dangereuses. On trouve des avertissements sur l'étiquette de nombreux produits ménagers potentiellement dangereux. Les symboles de danger des produits ménagers (SDPM) ont été spécialement conçus pour être facilement compris. Leur forme ressemble à celle de panneaux de signalisation.

**Le DESSIN te renseigne sur le TYPE de danger**

 **EXPLOSIF** Le contenant peut exploser s'il est chauffé ou perforé. Des éclats provenant du contenant peuvent causer des blessures graves, surtout aux yeux.

 **CORROSIF** Le produit peut brûler la peau ou les yeux. S'il est avalé, il causera des blessures à la gorge et à l'estomac.

 **INFLAMMABLE** Le produit ou les vapeurs qu'il dégage peuvent s'enflammer facilement près d'une source de chaleur, de flammes ou d'étincelles.

 **POISON** Si le produit est ingéré, léché ou, dans certains cas, respiré, il peut provoquer des blessures graves ou la mort.

 **symbole**

**mot indicateur** → **EXPLOSIF**



**ATTENTION** : peut causer des blessures temporaires. Un décès peut survenir en cas d'exposition extrême.

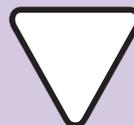
**DANGER** : peut causer des blessures temporaires ou permanentes ou un décès.

**DANGER EXTRÊME** : l'exposition à une très petite quantité peut causer un décès ou des blessures temporaires ou permanentes.

### LISEZ L'ÉTIQUETTE AVANT CHAQUE USAGE ET SOYEZ EN SÉCURITÉ

Il y a deux types d'encadrés.

Cet encadré signifie que le contenant est dangereux.



Cet encadré signifie que le contenu de ce contenant est dangereux.



L'étiquette apposée au dos ou sur le côté de contenants réglementés contient toujours une section réservée aux directives de sécurité où il est inscrit **PREMIERS SOINS**. Les directives en cas de blessures s'y trouvent ainsi qu'une liste des substances dangereuses contenues dans le produit.

Éviter tout contact avec les yeux. Éviter d'inhaler les vapeurs.  
**PREMIERS SOINS**  
 Ce produit contient de l'ammoniaque. S'il y a contact avec les yeux ou la peau, rincer à grande eau. Si avalé, boire une grande quantité d'eau. **NE PAS PROVOQUER LES VOMISSEMENTS. APPELER UN MÉDECIN OU UN CENTRE ANTIPOISON IMMÉDIATEMENT.**

**GARDER HORS DE LA PORTÉE DES ENFANTS**

### Ce que tu dois faire

1. Travaille en petit groupe. Ton groupe recevra un contenant vide ou l'étiquette d'un produit ménager courant. Lis l'étiquette avec soin.
2. Quelle est l'utilisation prévue du produit ?
3. Quelle(s) substance(s) trouve-t-on dans ce produit ?
4. L'étiquette donne-t-elle de l'information concernant les dangers du produit et, si oui, laquelle ?
5. L'étiquette donne-t-elle de l'information concernant les précautions à prendre et, si oui, laquelle ?
6. Ton enseignante ou ton enseignant te donnera la fiche signalétique (FS) de certaines substances contenues dans le produit. Quelle information trouve-t-on sur une FS ?

### Qu'as-tu découvert ?

1. En groupe-classe, énumère les substances indiquées sur l'étiquette.
2. Quelles substances connais-tu déjà ? Quelles substances te sont inconnues ?

3. En te basant sur le nom des substances, quelles ressemblances et quelles différences notes-tu entre les composants des produits ?
4. As-tu remarqué de grandes différences entre les produits qui portent la mention « vert » et les autres ?
5. Selon toi, que deviennent les produits après leur utilisation à la maison ?
6. Devrait-on cesser d'utiliser les produits qui contiennent des composés potentiellement dangereux ? Défends ton point de vue.
7. Quelles sont les ressemblances et les différences entre les SDPM et les symboles SIMDUT ? Reporte-toi au début de ton manuel pour te rafraîchir la mémoire au sujet des symboles SIMDUT.
8. Choisis un composé mentionné en classe. Effectue une recherche au sujet de ses propriétés et au sujet des problèmes liés à sa production, à son utilisation ou à son élimination. Présente un bref exposé à la classe.

## Le savais-tu?

Quel est le nombre de composés chimiques connus? La question est difficile, car il en existe énormément. Les estimations diffèrent, mais tout le monde s'entend sur le fait qu'il en existe des millions. Les scientifiques s'entendent aussi pour dire que des millions d'autres s'ajouteront à la liste, car plus de 100 000 nouveaux composés sont créés chaque année.

## Les composés chimiques

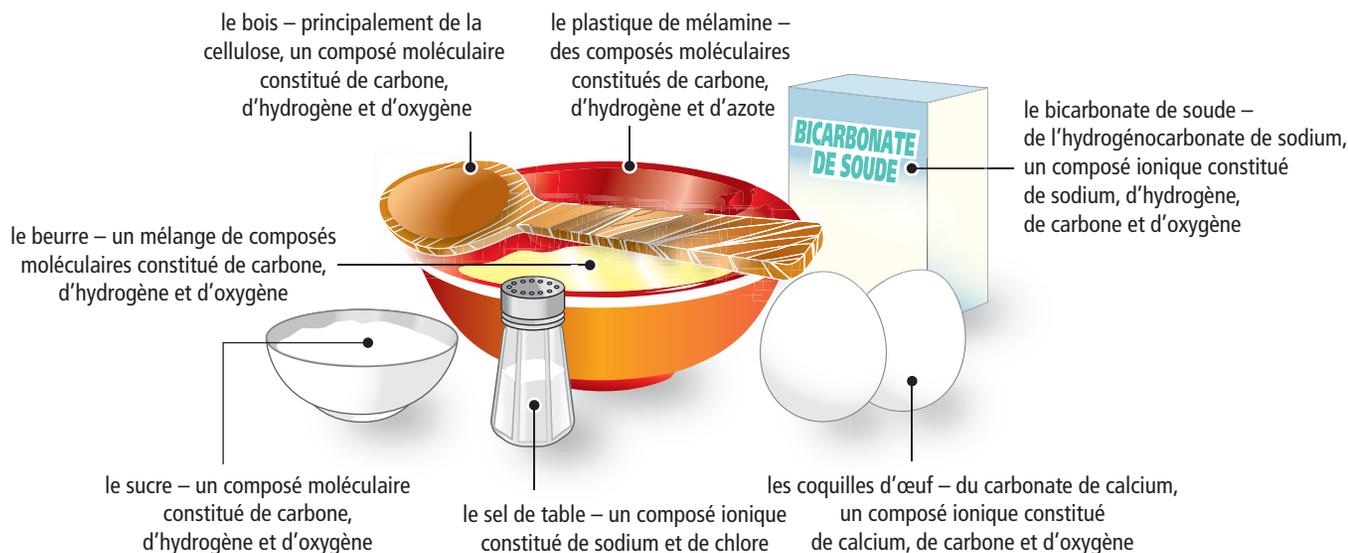
On peut ajouter du chlore à l'eau d'une piscine en dissociant le chlorure de sodium, appelé communément le sel de table. (Une entreprise qui applique cette méthode affirme n'utiliser que le sel le plus fin de la Nouvelle-Écosse!) L'eau et le chlorure de sodium sont des composés chimiques. Tu en trouveras d'autres exemples bien connus dans la **figure 3.2**.

En chimie, un *composé* est constitué d'éléments dont les atomes sont combinés dans des proportions spécifiques. Examine le tableau périodique à la fin de ton manuel. Il existe 92 éléments chimiques naturels. Les atomes de la plupart d'entre eux peuvent se combiner avec des atomes d'un ou de plusieurs autres éléments pour former des composés. Tu peux imaginer les innombrables combinaisons possibles!

### Deux catégories de composés

Même les composés d'usage courant peuvent avoir de nombreuses propriétés. Les chimistes établissent des classifications pour se retrouver parmi tous les composés et leurs propriétés. Une façon de classer les composés consiste à les regrouper selon qu'ils sont *moléculaires* ou *ioniques*. Les substances d'une même catégorie ont des propriétés semblables, qui s'expliquent par leur structure atomique.

l'air – un mélange d'éléments et de composés moléculaires, dont le dioxyde de carbone et l'eau



**composé moléculaire** un composé dont la molécule est formée d'atomes de deux ou plusieurs éléments qui partagent des électrons

**molécule** une particule formée de deux ou plusieurs atomes unis par des liaisons covalentes

**Figure 3.2** Des composés chimiques forment les produits que nous utilisons, les aliments que nous mangeons et l'air que nous respirons.

*Que remarques-tu au sujet des propriétés de ces composés ioniques et moléculaires?*

### Les composés moléculaires

L'eau, le sucre et le dioxyde de carbone peuvent nous sembler être des substances très différentes. L'eau est un liquide incolore à la température ambiante alors que le sucre est un solide blanc et que le dioxyde de carbone est un gaz incolore. Cependant, ils ont en commun une propriété importante qui en fait des **composés moléculaires**. Ces trois substances sont constituées d'atomes d'éléments non métalliques unis pour former des **molécules**.

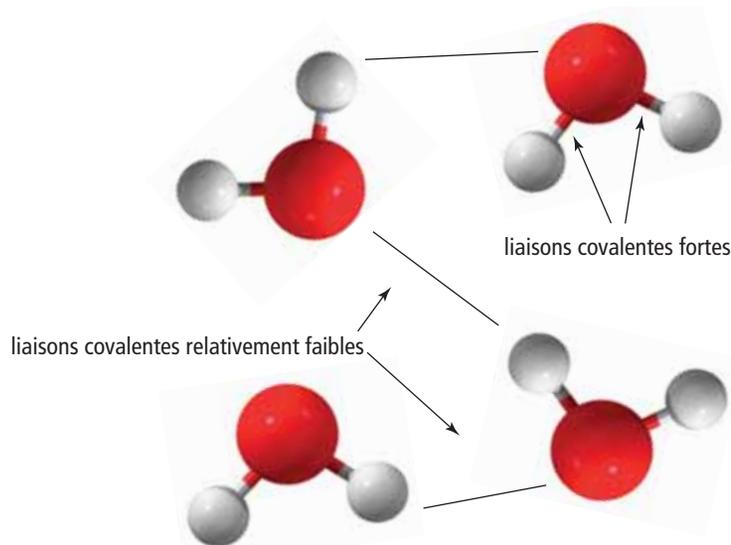
## Les molécules

Une molécule est la plus petite unité indépendante d'un composé moléculaire. Elle est formée d'atomes de différents éléments liés entre eux. Ainsi, une molécule d'eau est constituée de deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène (voir la **figure 3.3**). Les liaisons entre les atomes sont appelées des liaisons covalentes et elles sont très fortes. Une *liaison covalente* se forme lorsque deux atomes partagent des électrons. On peut la comparer au tir à la corde. Les équipes sont reliées par la corde mais elles ne peuvent se rejoindre à cause des forces opposées.

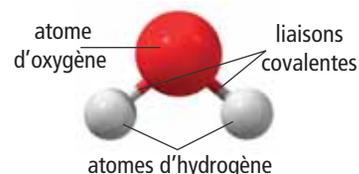
### Comment expliquer certaines propriétés des composés moléculaires

La gaine des stylos à bille, les composants de l'essence et le dioxyde de carbone que nous rejetons à chaque expiration sont tous des composés moléculaires. Ces composés ont des propriétés très variées. Mais certaines propriétés sont communes à de nombreux composés à cause de leur structure moléculaire.

Les liaisons qui unissent les atomes d'une molécule sont très fortes. Par contre, les liaisons entre les molécules sont plutôt faibles. Cette situation est modélisée dans la **figure 3.4**. Quand on fait fondre un composé moléculaire ou qu'on le transforme en vapeur, on a besoin d'assez d'énergie pour surmonter les forces d'attraction entre les molécules. Puisque ces forces d'attraction sont plutôt faibles, le point d'ébullition et le point de fusion de la plupart des composés moléculaires sont peu élevés. Cette propriété permet aussi d'expliquer la mollesse relative des composés moléculaires. D'autre part, à cause de l'absence d'électrons libres et de la difficulté de former des ions, les composés moléculaires conduisent peu l'électricité et la chaleur. La **figure 3.5** présente une application de cette propriété.



**Figure 3.4** Les liaisons qui unissent les atomes dans une molécule – liaisons covalentes – sont très fortes. Par contre, les liaisons qui unissent les molécules sont très faibles.



**Figure 3.3** L'eau est composée de molécules. Les molécules d'eau consistent en deux atomes d'hydrogène liés à un atome d'oxygène.



**Figure 3.5** Les composés moléculaires sont de mauvais conducteurs de l'électricité et de la chaleur. Ils sont donc très utiles pour isoler les câbles d'ordinateurs.

*Pourquoi est-ce important que les gaines des fils électriques ne conduisent pas l'électricité ?*

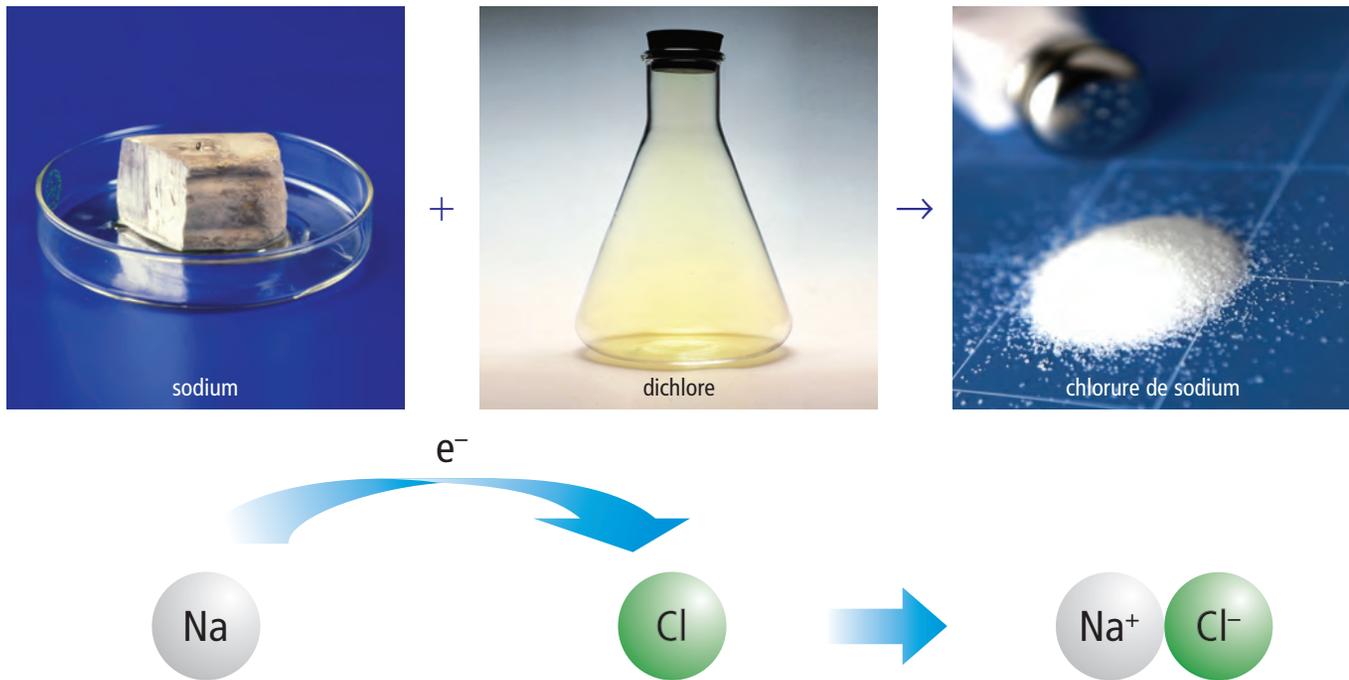
**ion** un atome ou un groupe d'atomes qui a une charge nette positive ou négative

**composé ionique** un solide formé d'ions de charges opposées, unis par des liaisons ioniques

## Les composés ioniques

Certains composés ne sont pas constitués de molécules. Ils sont formés d'ions. Un **ion** est un atome ou un groupe d'atomes dont la charge nette est positive ou négative. Les composés formés d'ions sont des **composés ioniques**. Ils sont constitués d'ions positifs et d'ions négatifs unis par des *liaisons ioniques*, le nom donné à la force d'attraction entre ions de signes opposés. Les liaisons ioniques sont des liaisons fortes.

Un composé ionique constitué d'atomes de deux éléments se forme lorsque les atomes d'un élément perdent un ou plusieurs électrons au bénéfice des atomes de l'autre élément. Ainsi, le chlorure de sodium (sel de table) se forme lorsque les atomes de sodium transfèrent chacun un électron aux atomes de chlore. Chaque atome de sodium devient alors positivement chargé : un ion positif. Chaque atome de chlore devient négativement chargé : un ion négatif. C'est ce qui se produit lorsque le sodium solide réagit avec le dichlore (voir la **figure 3.6**).



**Figure 3.6** Un atome de sodium perd un électron au bénéfice d'un atome de chlore. Il se forme un ion sodium  $Na^+$  et un ion chlorure  $Cl^-$ . Les ions sont unis par une liaison ionique forte et forment un composé, le chlorure de sodium.

### Lien terminologique

Le terme « ion » vient d'un mot grec signifiant « qui va ». C'est le physicien Michael Faraday (1791-1867) qui a utilisé ce mot le premier pour désigner des substances qui conduisent l'électricité lorsqu'elles sont en solution dans l'eau – en d'autres mots, des substances qui permettent au courant électrique de « se déplacer ».

### Vérifie ce que tu as compris

1. Qu'est-ce qu'une molécule? Joins un schéma à ta réponse.
2. Donne deux exemples de composés moléculaires.
3. « Les liaisons dans les composés moléculaires sont très fortes. » Es-tu d'accord ou en désaccord avec cet énoncé? Pourquoi?
4. Pourquoi les composés moléculaires ont-ils tendance à bouillir et à fondre à des températures relativement basses?
5. Qu'est-ce qu'un ion? Donne deux exemples d'ions.
6. Donne deux exemples de composés ioniques.

11	1+
<b>Na</b>	
Sodium	
23,0	

### Ce que tu dois faire

1. Examine le tableau périodique. Tu verras qu'il y a une ou plusieurs valeurs dans le coin supérieur droit de la

case de la plupart des éléments. Selon la légende du tableau, à quoi correspondent ces valeurs ?

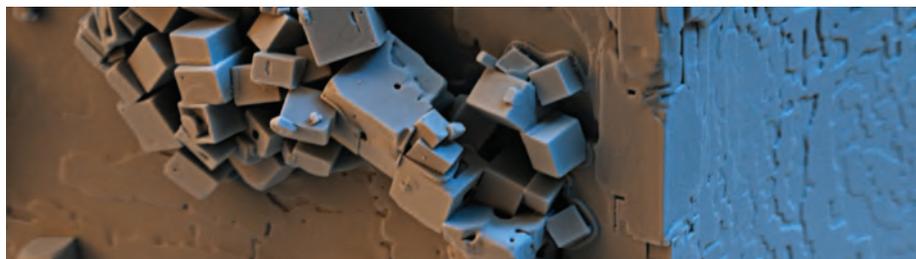
2. Examine les groupes du tableau périodique. Quelle régularité peux-tu voir concernant la charge des ions ?

### Qu'as-tu découvert ?

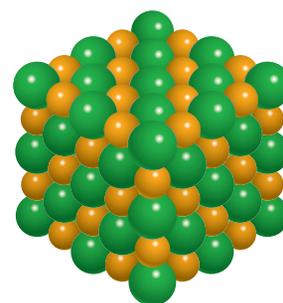
1. Consulte le tableau périodique. Quels sont les ions formés par les éléments des groupes 1, 2, 16, 17 et 18 ? Généralise pour chaque cas.
2. Nomme quelques éléments qui *ne devraient pas* former des composés ioniques. Explique ta réponse.

### La structure des composés ioniques

Contrairement aux composés moléculaires, les composés ioniques ne sont pas constitués d'unités discrètes (molécules). Plutôt, ils forment de grandes structures à motifs répétés qu'on appelle un réseau. La structure cubique des cristaux de chlorure de sodium est un exemple de réseau (voir la **figure 3.7**). La **figure 3.8** présente un modèle de réseau.



**Figure 3.7** Sur cette photo, prise avec un microscope électronique à balayage, on peut voir des petits cristaux de chlorure de sodium sur un plus gros cristal. Le facteur de grossissement est de 558x. Chaque cristal contient des millions et des millions d'ions sodium et d'ions chlorure.



**Figure 3.8** La structure d'un cristal de chlorure de sodium est telle que six ions sodium sont liés à chaque ion chlorure et six ions chlorure sont liés à chaque ion sodium. Les ions sont unis par des liaisons ioniques fortes.

*Le chlorure de sodium est formé de particules chargées, mais la charge nette du composé est nulle. Pourquoi ?*

### Comment expliquer certaines propriétés des composés ioniques

Pour qu'un composé ionique fonde ou passe à l'état gazeux, il est nécessaire de rompre les liaisons ioniques à l'intérieur du réseau cristallin. Il faut une grande quantité d'énergie, car ces liaisons sont fortes. De ce fait, les points de fusion et d'ébullition des composés ioniques sont très élevés. Ainsi, le point de fusion du chlorure de sodium est de 801 °C.

À l'état solide, les composés ioniques ne sont pas conducteurs de l'électricité. Ils sont formés d'ions, mais ces ions sont unis par des liaisons fortes. Pour conduire le courant électrique, les particules chargées doivent pouvoir se déplacer. Seuls les composés ioniques en solution dans l'eau ou fondus peuvent conduire le courant électrique, car leurs ions sont libres de se déplacer.

### Activité suggérée

Réalise une expérience 3-1C, Les propriétés des composés ioniques et moléculaires

# Les propriétés des composés ioniques et moléculaires

## Vérifie tes habiletés

- Examiner ou observer
- Consigner des données
- Analyser et interpréter
- Communiquer

## Consignes de sécurité



- Porte des lunettes de protection et un sarrau de laboratoire.
- Sois prudente ou prudent en faisant des tests d'odeur. N'inhale pas directement au-dessus des produits. Suis les directives qui te sont données.
- Manipule la plaque chauffante avec précaution. Ne la laisse pas allumée pendant plus de 2 min. Laisse-la refroidir pendant 15 min avant de la déplacer.
- Pour débrancher la plaque chauffante, ne tire pas sur le cordon. Tire sur la fiche.

## Matériel

- 6 éprouvettes avec bouchon
- 6 échantillons de composés
- une plaque en verre ou un verre de montre
- une spatule
- une bouteille d'eau en plastique
- une plaque chauffante
- du papier d'aluminium
- de l'eau distillée
- un vérificateur de conductivité
- une pince

Chaque composé a ses propriétés particulières. Toutefois, les composés d'un même type ont certaines propriétés semblables. Dans cette expérience, tu vas tester six composés pour déterminer s'ils sont ioniques ou moléculaires selon leurs propriétés.

## Question

Comment les propriétés d'un composé permettent-elles de déterminer s'il est ionique ou moléculaire ?

## Marche à suivre

1. Prépare six éprouvettes et étiquète-les de A à F. Dans chaque éprouvette, mets une petite quantité d'un des six composés de façon à remplir la partie arrondie de l'éprouvette.
2. Prépare un tableau comme celui montré ci-dessous. Ce tableau devrait remplir une page entière pour que tu aies assez d'espace pour noter tes observations. Donne un titre à ton tableau.

Substance	A	B	C	D	E	F
Compression						
Dureté						
Fusion						
Solubilité						
Conductivité						
Résultat total						

3. Effectue chaque test sur tous les composés. Analyse tous les composés avant de commencer le test suivant. Si une substance semble répondre comme un composé moléculaire, inscris la valeur 1 dans ton tableau. Si la substance répond comme un composé ionique, inscris la valeur 0. De plus, ajoute quelques brèves observations concernant chacun des tests.

### Test de compression

Place un ou deux grains du composé sur la plaque de verre ou le verre de montre. Exerce une pression sur les grains avec la spatule. Les composés ioniques résistent bien à la pression, puis s'émettent soudainement (valeur 0). Les composés moléculaires solides sont plus flexibles et ils s'écrasent comme de la cire ou du plastique (valeur 1).

### Test de dureté

Tu dois porter des gants pour effectuer ce test. Rince et sèche tes gants après avoir testé chaque substance. Frotte chaque substance sur une bouteille d'eau en plastique transparent. Les composés ioniques sont souvent assez durs pour égratigner le plastique (valeur 0), mais les composés moléculaires ne le sont pas (valeur 1).

### Test de fusion

Recouvre la plaque chauffante de papier d'aluminium. Place un tout petit morceau de chaque substance (pas plus gros qu'un demi-grain de riz) sur le papier d'aluminium. Sépare bien les échantillons et évite de les placer près des bords de la plaque chauffante. Branche la plaque chauffante et allume-la. Les composés ioniques ne fondent qu'à

haute température (valeur 0). La plupart des composés moléculaires fondent à des températures relativement basses (valeur 1). Éteins la plaque au bout de 2 min. Lorsqu'elle est refroidie, débranche-la en tirant la fiche. Ne tire pas sur le cordon.

### Test de solubilité

Chaque éprouvette devrait encore contenir la plus grande partie de son échantillon. Verse 10 mL d'eau distillée dans chacune. Bouche les éprouvettes. Garde tes doigts sur le bouchon et agite ou secoue doucement chaque éprouvette de façon à mélanger l'eau et la substance. La plupart des composés ioniques (il y a des exceptions) se dissolvent dans l'eau (valeur 0). La plupart des composés moléculaires (il y a des exceptions) ne se dissolvent pas dans l'eau (valeur 1).

### Test de conductivité

Vérifie la conductivité de chaque solution à l'aide d'un vérificateur de conductivité. En solution aqueuse, les composés ioniques conduisent le courant électrique (valeur 0). Lorsqu'ils sont dissouts dans l'eau, les composés moléculaires ne conduisent pas le courant électrique (valeur 1). Assure-toi de bien nettoyer les électrodes de l'appareil après chaque test.

4. Nettoie ton poste de travail. Élimine tous les composés en suivant les directives de ton enseignante ou de ton enseignant. Remets tout le matériel à sa place.

## Analyse

1. Additionne toutes les valeurs de chaque composé. Le composé est ionique si le total est proche de 0. Si le total est proche de 6, le composé est moléculaire. Quelle régularité remarques-tu ?
2. Si le total est 2, 3 ou 4, utilise les observations que tu as notées pour déterminer si le composé est ionique ou moléculaire.

## Conclusion et mise en pratique

1. Pour chaque substance, résume ta démarche et explique comment tu as pris ta décision.
2. Dans quel but as-tu attribué une valeur pour chaque test ? Ces valeurs ont-elles une signification scientifique ?
3. Si tu ne devais effectuer que deux tests pour déterminer la nature de composés, lesquels choisirais-tu ? Explique pourquoi. Si ces tests sont plus importants que les autres pour le classement, comment en tiendrais-tu compte si tu devais effectuer de nouveau l'expérience ?
4. Ton enseignante ou ton enseignant te donnera le nom et la formule de chaque composé. Que révèlent ces noms et ces formules au sujet des composés ?
5. Examine les symboles des éléments dans les formules chimiques. Que remarques-tu lorsque tu compares les éléments qui apparaissent dans les formules de composés ioniques et ceux qui apparaissent dans les formules de composés moléculaires ?

## Tester, tester... avec Tox21

En 2010, après une explosion suivie d'un incendie sur la plateforme de forage *Deepwater Horizon*, du pétrole s'est répandu en grande quantité dans le golfe du Mexique, mettant en danger la faune et l'environnement. Les autorités ont dû réagir rapidement. Entre autres, elles ont utilisé certains produits chimiques pour disperser le pétrole et rendre les opérations de nettoyage plus faciles. Cependant, les scientifiques du gouvernement devaient d'abord s'assurer que ces produits chimiques ne présentaient pas de danger pour la santé humaine. Et ils devaient s'en assurer rapidement.

Pour faciliter le travail, ils ont fait appel à un robot jaune vif comme assistant de laboratoire. Le bras rapide du robot permettait de vérifier la toxicité potentielle des produits chimiques sans mettre en danger des êtres humains ou d'autres organismes vivants. Le robot était rapide et efficace. En un seul jour, il a effectué des tests qui auraient demandé un an de travail à un assistant de laboratoire.

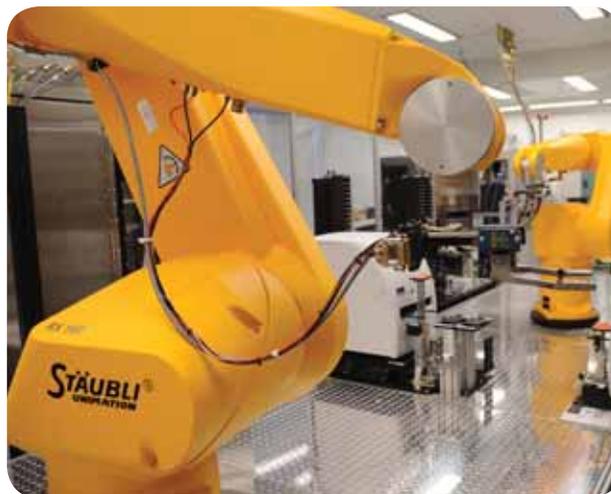
### Le robot Tox21

Le robot fait partie d'un système de dépistage appelé Tox21. Ce système est un outil d'évaluation. Il aide à protéger la santé et l'environnement en vérifiant la façon dont des produits chimiques réagissent en laboratoire avec des préparations de cellules vivantes. Les scientifiques veulent comprendre comment les composants chimiques de divers produits, y compris des additifs alimentaires et des médicaments, réagissent avec les substances chimiques présentes dans le corps humain et dans l'environnement.

Auparavant, les tests de toxicité étaient effectués sur des animaux. Le système Tox21 permet pour sa part de déposer un produit à tester sur une plaque comportant environ 1 500 petites cavités. Chaque cavité contient un type particulier de cellule humaine. À mesure que le robot balaye les cellules pour déceler toute réaction chimique entre le produit à tester et les cellules, les scientifiques analysent les résultats sur un écran d'ordinateur. Tout produit chimique qui perturbe le fonctionnement normal d'une cellule est source de préoccupation.

Le système de dépistage Tox21 est un nouvel outil important en toxicologie. Cette science étudie la façon dont les produits chimiques réagissent avec les substances présentes dans les organismes et dans l'environnement. Le système représente une révolution scientifique : il permet de passer de l'étude de l'effet produit sur des animaux par quelques doses à l'analyse en laboratoire de l'effet produit sur des cellules par un vaste éventail de doses.

On s'attend à ce que le système Tox21 puisse évaluer plus de 10 000 produits chimiques. En fonctionnant jour et nuit, sept jours sur sept, il permettra de réduire le retard accumulé dans l'étude de la toxicité de produits non encore testés. Cela permettra d'économiser du temps et de l'argent tout en améliorant notre compréhension de la toxicité chimique.



### Questions

1. Décris les avantages du système Tox21 par rapport aux anciennes méthodes d'étude de la toxicité.
2. Pourquoi est-ce important de tester un vaste éventail de doses de produits chimiques sur des cellules animales ?

## Des notions à retenir

1. Explique à partir d'un exemple comment un composé peut avoir des propriétés qui le rendent à la fois utile et dangereux.
2. Que signifie l'acronyme SDPM? Quelles formes géométriques sont utilisées pour indiquer le niveau de danger? Joins à ta réponse un dessin des SDPM.
3. Nomme deux catégories de composés. Explique de quelle façon on classe un composé dans une des deux catégories.
4. Explique la différence entre un atome et un ion.
5. Dans la liste qui suit, quels sont les composés chimiques? Un clou en fer, de la crème glacée, du désinfectant pour les mains, une bouteille de plastique, du mercure dans un thermomètre, de l'air, du papier.
6. Prépare un tableau comparatif des composés ioniques et des composés moléculaires. Ton tableau devrait comporter des colonnes pour donner des exemples de chaque catégorie et décrire leurs propriétés.
7. Compare les liaisons des composés ioniques et des composés moléculaires.
8. Les composés ioniques sont constitués de particules chargées, les ions, et pourtant ils sont électriquement neutres. Pourquoi?
9. Dans la case d'un élément du tableau périodique, on trouve  $3-$  dans le coin supérieur droit. Que signifie  $3-$ ?

## Des concepts à comprendre

10. Explique le sens du terme «réseau» dans le cas d'un composé ionique comme le chlorure de sodium.
11. Explique pourquoi le chlorure de sodium ne conduit pas le courant électrique à l'état solide, mais est un conducteur en solution aqueuse.
12. Dans un village côtier, les habitants travaillent ensemble pour pêcher le poisson, le transformer et l'expédier aux quatre coins de la planète. Si les habitants étaient des atomes, le village serait-il un composé ionique ou moléculaire? Explique ta réponse.

13. On découvre un nouvel élément qui se comporte comme le sodium. Formera-t-il des composés avec des liaisons ioniques ou covalentes? Pourquoi?
14. Lis les énoncés suivants.
  - Dans la plupart des endroits, l'eau du robinet conduit le courant électrique.
  - De l'eau purifiée ne contenant aucune substance en solution conduit très peu le courant électrique.
  - À l'état liquide, quelques molécules d'eau forment des ions  $H^+$  et  $OH^-$ .Réponds aux questions. Explique tes réponses à partir de ces énoncés.
  - a) Un échantillon ne contenant que des molécules d'eau sera-t-il conducteur?
  - b) Quel type de composé est probablement contenu dans l'eau du robinet?
  - c) Pourquoi dois-tu avoir les mains sèches lorsque tu travailles avec de l'équipement électrique?
  - d) Pourquoi même l'eau de laquelle on a enlevé tout autre composé est-elle encore un peu conductrice?
15. La paraffine est molle au toucher et une petite quantité de chaleur la fait fondre. Ces deux observations sont-elles suffisantes pour affirmer que la paraffine est un composé ionique ou moléculaire? Pourquoi?
16. Les éléments du groupe 1 du tableau périodique forment des composés ioniques avec les éléments du groupe 17 dans un rapport 1 : 1. Quel est le rapport des éléments du groupe 2 à ceux du groupe 16 lorsqu'ils forment des composés ioniques? Explique ta réponse.
17. Le chlorure de magnésium fondu conduit-il le courant électrique? Pourquoi?

## Pour le projet

Pourquoi est-ce important de comprendre les propriétés de différents types de composés lorsqu'on prépare une expérience et qu'on en analyse les résultats?

## 3.2 Le nom et la formule chimiques des composés ioniques et moléculaires

### Mot clé

composé ionique binaire

### Qu'en penses-tu ?

- Tu dois trouver un nom unique et particulier pour une centaine d'objets formant un ensemble, comme des coquillages ou des émoticônes. Quels critères utiliseras-tu ?
- Par exemple, une indication concernant sa composition serait un critère pour nommer un composé. D'après toi, quels autres critères les chimistes utilisent-ils pour nommer les composés ioniques et moléculaires ?
- Quelle information une formule chimique comme NaCl donne-t-elle ?

## Quelle information est contenue dans un nom chimique ?

3-2A

## Réfléchis bien

Les noms des composés ioniques et moléculaires montrent-ils une régularité ? Travaille avec une ou un camarade pour tirer le plus d'information possible de noms chimiques.

Note que, pour cette activité, le nom de chaque composé est formé de deux éléments seulement.



### Ce que tu dois faire

1. Examine les noms des composés moléculaires ci-dessous. Note la partie du tableau périodique où se trouvent les éléments. Décris au moins deux régularités concernant la façon dont les noms sont formés. Note au moins deux questions que tu te poses au sujet des noms des composés moléculaires.
  - a) trioxyde de diazote
  - b) trichlorure d'azote
  - c) disulfure de carbone
  - d) décaoxyde de tétraphosphore
  - e) pentabromure de phosphore

2. Examine les noms des composés ioniques ci-dessous. Note la partie du tableau périodique où se trouvent les éléments. Décris au moins deux régularités concernant la façon dont les noms sont formés. Note au moins deux questions que tu te poses au sujet des noms des composés ioniques.

- a) bromure de sodium
- b) sulfure de magnésium
- c) oxyde de fer(III)
- d) nitruide de plomb(IV)
- e) fluorure d'aluminium
- f) chlorure de calcium

### Qu'as-tu découvert ?

1. Donne deux façons de déterminer si un composé est ionique ou moléculaire à partir de son nom.
2. Quelle information est donnée par le nom d'un composé moléculaire, mais pas par le nom d'un composé ionique ?

## Le nom chimique des composés ioniques binaires

La photo ci-dessous (figure 3.9) montre un gonflement autour du cou appelé un goitre. Ce gonflement a été causé par une carence en iode. Dans les pays développés, cette maladie est peu courante, car on ajoute un composé ionique, l'iodure de potassium, au sel de table.

L'iodure de potassium est un exemple de composé ionique binaire. En chimie, le terme « binaire » signifie « composé de deux éléments ». Les **composés ioniques binaires** sont formés d'ions d'un élément métallique et d'ions d'un élément non métallique, unis par des liaisons ioniques. Le nom des composés ioniques binaires est formé à partir du nom de leurs éléments constitutifs. Voici un exemple :

- La première partie du nom « iodure de potassium » est le nom de l'ion négatif,  $I^-$ , un ion de l'iode. Dans un composé ionique binaire, l'ion négatif provient toujours d'un non-métal et son nom se termine en général par le suffixe « -ure » (l'ion négatif de l'oxygène s'appelle l'ion oxyde). On nomme toujours l'ion négatif en premier.
- La deuxième partie du nom « iodure de potassium » est le nom de l'ion positif,  $K^+$ , soit le potassium. L'ion positif est toujours un métal dans un composé ionique binaire et son nom est le même que celui de l'élément.

Tu trouveras dans le **tableau 3.1** le nom et le symbole des ions négatifs de non-métaux les plus courants. La charge des ions est aussi indiquée dans le tableau périodique à la fin du manuel.



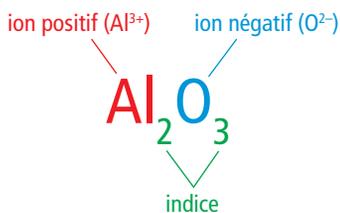
**composé ionique binaire** un composé formé d'ions de deux éléments différents : un ion métallique chargé positivement et un ion non métallique chargé négativement

**Figure 3.9** Le goitre provient d'une augmentation de volume de la glande thyroïde, qui tente ainsi d'absorber plus d'iode. Les poissons sont une très bonne source d'iode. Les personnes qui vivent près de la mer et mangent beaucoup de poisson sont moins susceptibles d'avoir un goitre causé par un manque d'iode.

**Tableau 3.1** Les ions non métalliques

Élément	Ion	Symbole	Groupe
fluor	fluorure	$F^-$	17
chlore	chlorure	$Cl^-$	17
brome	bromure	$Br^-$	17
iode	iodure	$I^-$	17
oxygène	oxyde*	$O^{2-}$	16
soufre	sulfure*	$S^{2-}$	16
sélénium	séléniure	$Se^{2-}$	16
azote	nitride*	$N^{3-}$	15
phosphore	phosphure	$P^{3-}$	15

\* Le nom de l'ion négatif est composé de la racine du nom de l'élément et du suffixe « -ure », sauf dans le cas de l'ion négatif de l'oxygène (oxyde), du soufre (sulfure) et de l'azote (nitride).

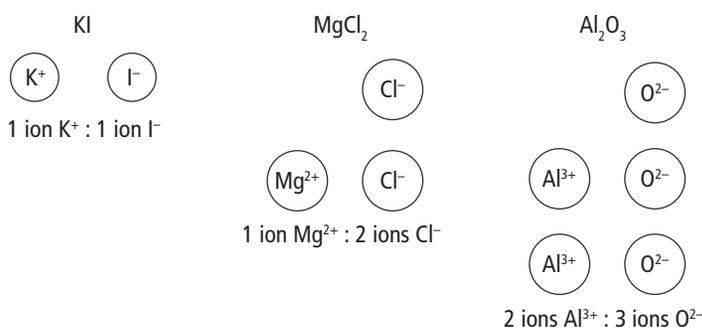


**Figure 3.10** Le décodage de la formule d'un composé ionique. Contrairement à son nom, la formule d'un composé ionique indique toujours l'ion positif en premier, suivi de l'ion négatif. Dans un composé ionique binaire, l'ion positif provient d'un métal et l'ion négatif provient d'un non-métal.

## L'interprétation de la formule chimique d'un composé ionique

La formule chimique d'un composé ionique binaire se compose des symboles des éléments qui ont fourni chacun des ions. L'ion métallique chargé positivement est représenté en premier, suivi de l'ion non métallique chargé négativement, comme sur la **figure 3.10**.

Dans certaines formules, on doit écrire un nombre, appelé l'indice, à droite d'un des symboles ou des deux. Les indices représentent le rapport du nombre d'ions de chaque type dans le composé. En l'absence d'indice, on doit comprendre que le rapport est de 1. Par exemple, la formule  $\text{Ag}_2\text{O}$  signifie  $\text{Ag}_2\text{O}_1$ . Examine la **figure 3.11**, qui montre quelques exemples de formules chimiques représentant des composés ioniques binaires.



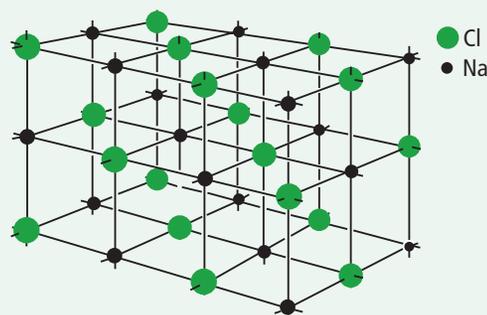
**Figure 3.11** Les indices dans la formule des composés ioniques binaires te renseignent sur le rapport entre le nombre d'ions du composé.

## La structure et la formule des composés ioniques

3-2B

Réfléchis bien

Comme tu le sais, les composés ioniques sont formés d'ions liés les uns aux autres. Par exemple, le chlorure de sodium (sel de table) est formé d'ions sodium et d'ions chlorure. Le schéma ci-dessous représente une partie d'un cristal de sel. Il montre la manière dont un cristal de sel est structuré. Quel est le lien entre la formule du chlorure de sodium et sa structure ?



### Ce que tu dois faire

- Examine le schéma attentivement pour comprendre la disposition des ions sodium et des ions chlorure.
- Compte les ions de chaque type sur le schéma.
  - Combien d'ions sodium y a-t-il ?
  - Combien d'ions chlorure y a-t-il ?

### Qu'as-tu découvert ?

- Quel est le rapport du nombre d'ions sodium au nombre d'ions chlorure ? En d'autres termes, combien d'ions sodium y a-t-il pour chaque ion chlorure ?
- La formule chimique du chlorure de sodium est  $\text{NaCl}$ . Selon le schéma, la formule devrait-elle être  $\text{Na}_{18}\text{Cl}_{18}$  ? Explique ta réponse.
- Que signifie la formule  $\text{NaCl}$  ?
- La formule chimique du fluorure de béryllium est  $\text{BeF}_2$ . Par conséquent, quel est le rapport du nombre d'ions béryllium au nombre d'ions fluorure ?

## Vérifie ce que tu as compris

- Examine le tableau périodique et compare-le au **tableau 3.1** (page 111). Que remarques-tu au sujet de l'emplacement des éléments dans le tableau et de la charge des ions qu'ils forment?
- Parmi les composés ioniques ci-dessous, lesquels sont binaires et lesquels ne le sont pas? Explique tes réponses.
  - KCl
  - $\text{Al}_2\text{O}_3$
  - $\text{NaNO}_3$
  - $\text{NH}_4\text{Cl}$
- Écris le nom des composés ioniques formés par les couples d'éléments suivants.
  - rubidium et brome
  - oxygène et magnésium
  - strontium et fluor
- Quel est le nom des composés ioniques suivants?
  - KBr
  - $\text{MgCl}_2$
  - $\text{MgSe}$
  - $\text{Na}_2\text{S}$
  - $\text{Li}_3\text{N}$
  - $\text{AlBr}_3$
  - $\text{BeF}_2$
  - RbBr

## La représentation des composés ioniques par une formule

Un composé ionique est formé d'ions mais, dans son ensemble, le composé est électriquement neutre – il n'est pas chargé. Les charges positives des ions métalliques doivent donc compenser les charges négatives des ions non métalliques. Par exemple, l'oxyde d'aluminium  $\text{Al}_2\text{O}_3$  est formé de deux ions aluminium,  $\text{Al}^{3+}$ , et de trois ions oxyde,  $\text{O}^{2-}$ . Quelle est sa charge nette?

Charge de $\text{Al}^{3+}$	Charge de $\text{O}^{2-}$
Il y a deux ions aluminium dans la formule, chacun ayant une charge de 3+. $2 \times (3+) = 6+$	Il y a trois ions oxyde dans la formule, chacun ayant une charge de 2-. $3 \times (2-) = 6-$
<b>Charge nette:</b> $(6+) + (6-) = 0$	

Pour écrire la formule d'un composé ionique binaire, tu dois d'abord déterminer la charge des ions. Tu trouveras dans le **tableau 3.1** la liste des ions non métalliques. Pour les métaux qui ne forment qu'un seul type d'ion, tu n'as qu'à consulter la partie du tableau périodique reproduite à la **figure 3.12**. Quand tu connais les charges, tu peux déterminer la formule.

Les métaux du groupe 1 forment tous des ions dont la charge est 1+.

Les métaux du groupe 2 forment tous des ions dont la charge est 2+.

Certains métaux peuvent former plus d'un type d'ion.

3	3	4						
Li Lithium 6,9	Be Béryllium 9,0							
11	12							
Na Sodium 23,0	Mg Magnésium 24,3							
		3	4	5	6	7		
19	20	21	22	23	24	25	26	27
K Potassium 39,1	Ca Calcium 40,1	Sc Scandium 45,0	Ti Titane 47,9	V Vanadium 50,9	Cr Chrome 52,0	Mn Manganèse 54,9		
37	38	39	40	41	42	43	44	45
Rb Rubidium 85,5	Sr Strontium 87,6	Y Yttrium 88,9	Zr Zirconium 91,2	Nb Niobium 92,9	Mo Molybdène 95,9	Tc Technétium (98)		

**Figure 3.12** On peut trouver dans le tableau périodique la charge des ions les plus courants formés à partir des éléments.

## Problème type : représenter des composés ioniques par une formule

### Problème

Quelle est la formule chimique :

- a) du chlorure de calcium ?                      b) du sulfure d'aluminium ?

### Solution

a) chlorure de calcium

1. Trouve chacun des ions et sa charge.  
calcium :  $\text{Ca}^{2+}$                       chlorure :  $\text{Cl}^-$
2. Détermine le nombre d'ions qui sont nécessaires pour équilibrer les charges positive et négative. Il faut deux ions chlorure pour équilibrer la charge de l'ion calcium.

Charge de $\text{Ca}^{2+}$	Charge de $\text{Cl}^-$
La charge d'un ion calcium est 2+.	La charge d'un ion chlorure est 1-. Il faut donc deux ions chlorure pour équilibrer la charge d'un ion calcium.
$1 \times (2+) = 2+$	$2 \times (1-) = 2-$

3. Utilise des indices pour écrire la formule. Rappelle-toi qu'il faut indiquer l'ion métallique en premier. On n'écrit pas l'indice s'il est égal à « 1 ».  
La formule du chlorure de calcium est  $\text{CaCl}_2$ .

### Solution

b) sulfure d'aluminium

1. Trouve chacun des ions et sa charge.  
aluminium :  $\text{Al}^{3+}$                       sulfure :  $\text{S}^{2-}$
2. Détermine le nombre d'ions qui sont nécessaires pour équilibrer les charges positives et négatives. Il faut deux ions aluminium pour équilibrer la charge de trois ions sulfure.

Charge de $\text{Al}^{3+}$	Charge de $\text{S}^{2-}$
La charge d'un ion aluminium est 3+.	La charge d'un ion sulfure est 2-.
Le plus petit commun multiple de 3 et 2 est 6. Pour obtenir 6+, multiplie 3+ par 2.	Pour obtenir 6-, multiplie 2- par 3.
$2 \times (3+) = 6+$	$3 \times (2-) = 6-$

3. Utilise des indices pour écrire la formule. Rappelle-toi qu'il faut indiquer l'ion métallique en premier. On n'écrit pas l'indice s'il est égal à « 1 ».  
La formule du sulfure d'aluminium est  $\text{Al}_2\text{S}_3$ .

(suite à la page suivante)

## Problème type : représenter des composés ioniques par une formule (suite)

### Vérifie la solution

Dans chaque cas, le symbole du métal apparaît en premier dans la formule, suivi du symbole du non-métal. Dans les deux cas, la somme des charges est nulle et le composé est donc neutre.

Pour  $\text{CaCl}_2$  :  $1 \times (2+) + 2 \times (1-) = 0$

Pour  $\text{Al}_2\text{S}_3$  :  $2 \times (3+) + 3 \times (2-) = 0$

### Exercices pratiques

- Quelle est la formule des composés ioniques formés à partir des couples d'éléments suivants?
  - $\text{Na}^+$  et  $\text{Br}^-$
  - $\text{K}^+$  et  $\text{S}^{2-}$
  - $\text{Zn}^{2+}$  et  $\text{I}^-$
  - $\text{Mg}^{2+}$  et  $\text{N}^{3-}$
- Quelle est la formule des composés ioniques suivants?
  - iodure de sodium
  - oxyde de zinc
  - chlorure de magnésium
  - séléniure de potassium
  - sulfure d'argent
  - iodure d'aluminium
  - phosphure d'aluminium
  - oxyde de calcium
  - sulfure de calcium
  - bromure de rubidium
- L'iodure d'argent a une structure cristalline semblable à celle de la glace et peut faire geler l'eau. Ce composé est parfois utilisé dans des expériences d'ensemencement des nuages. On répand alors de l'iodure d'argent dans les nuages en vue de provoquer des précipitations. La **figure 3.13** ci-dessous montre un générateur d'iodure d'argent. Quelle est la formule chimique de l'iodure d'argent?



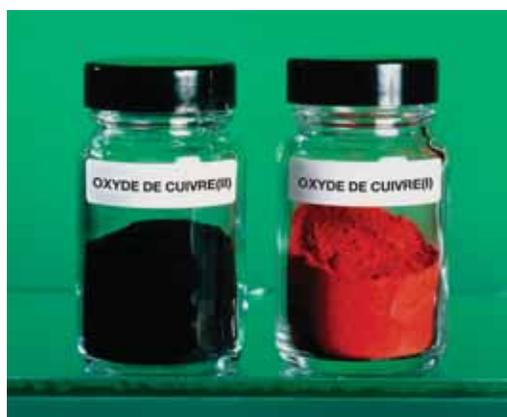
**Figure 3.13** Cet avion monomoteur Cessna 210 est équipé d'un générateur d'iodure d'argent. Il est conçu pour réaliser des expériences d'ensemencement des nuages.

## Lien terminologique

Comme leur nom l'indique, les chiffres romains ont été inventés par les Romains de l'Antiquité. Ce système de numération utilise des lettres de l'alphabet latin pour représenter les grands et les petits nombres : I (1), V (5), X (10), L (50), C (100), D (500) et M (1 000). Par exemple, l'an 2013 s'écrit MMXIII en chiffres romains.

## Les métaux multivalents

En examinant le tableau périodique, tu auras peut-être remarqué que certains métaux peuvent former différents ions. De tels métaux sont *multivalents*. Par exemple, le cuivre peut former des ions ayant une charge de  $1+$  ou de  $2+$ , comme le montre la **figure 3.14**. Pour ne pas les confondre, on ajoute un chiffre romain après le nom du métal. Par exemple, l'ion  $\text{Cu}^+$  provient du cuivre(I) (on dit « cuivre 1 ») et l'ion  $\text{Cu}^{2+}$ , du cuivre(II) (on dit « cuivre 2 »). Dans le tableau périodique, les charges des ions d'un élément donné sont indiquées en commençant par la charge la plus courante et en terminant par la moins courante.



**Figure 3.14** Ces deux composés contiennent du cuivre et de l'oxygène. L'oxyde de cuivre(II),  $\text{CuO}$ , est noir et l'oxyde de cuivre(I),  $\text{Cu}_2\text{O}$ , est rouge. *Qu'indique la différence de couleur au sujet des deux échantillons ?*

## La formule chimique et le nom des composés ioniques contenant un métal multivalent

Pour écrire la formule chimique d'un composé ionique contenant un métal multivalent, suis la même méthode que celle utilisée pour nommer un composé ionique binaire. Toutefois, tu ne peux pas déterminer la charge de l'ion métallique à partir du tableau périodique puisqu'il y a plusieurs choix. Le chiffre romain, dans le nom composé, permet de trouver la charge.

Les chiffres romains pour des charges de  $1+$  à  $7+$  sont indiqués dans le **tableau 3.2**. Par exemple, le nom chlorure de chrome(III) (voir la **figure 3.15**) t'indique que l'ion chrome dans le composé est  $\text{Cr}^{3+}$ . L'ion chlorure est  $\text{Cl}^-$ . Pour que le composé soit neutre, il est donc nécessaire d'avoir trois ions chlore par ion chrome et la formule est  $\text{CrCl}_3$ .

Pour nommer un composé contenant un ion multivalent, tu dois indiquer le chiffre romain pour préciser la charge de l'ion. Tu peux déterminer la charge de l'ion positif en déterminant la charge de l'ion négatif du composé, comme le montre le problème type de la page suivante.



**Figure 3.15** Comme la plupart des composés contenant du chrome, le chlorure de chrome(III) est de couleur vive. En fait, le mot « chrome » vient du mot grec signifiant « couleur ».

**Tableau 3.2**  
Chiffres romains

Charge de l'ion métallique	Chiffre romain
$1+$	I
$2+$	II
$3+$	III
$4+$	IV
$5+$	V
$6+$	VI
$7+$	VII

## Vérifie ce que tu as compris

11. Quel est le nom des ions métalliques suivants?  
a)  $V^{4+}$       b)  $Ni^{3+}$       c)  $Au^+$       d)  $Ti^{4+}$
12. Quelle est la formule des composés ci-dessous, qui renferment un métal multivalent?  
a) chlorure de nickel(III)      c) oxyde de cuivre(I)  
b) sulfure de plomb(IV)      d) oxyde de cuivre(II)

### Problème type : trouver le nom d'un composé ionique contenant un ion multivalent

#### Problème

Le composé  $Fe_2O_3$  est utilisé comme source de fer dans l'industrie sidérurgique. Tu peux voir un exemple de  $Fe_2O_3$  naturel dans la figure 3.16. Quel est le nom de  $Fe_2O_3$ ?

#### Solution

1. Trouve les ions.  
L'ion de fer est soit  $Fe^{2+}$  ou  $Fe^{3+}$ .  
L'ion oxyde est  $O^{2-}$ .
2. Détermine le rapport entre les nombres d'ions dans le composé.
  - Selon la formule, le composé est formé de 2 ions de fer pour 3 ions oxyde.
3. La somme (algébrique) des charges négatives et positives doit être égale à zéro. Détermine l'ion de fer qui permet d'atteindre cet équilibre.
  - Puisqu'il y a 3 ions oxyde, la charge totale négative est  $6-$ .
  - Puisqu'il y a 2 ions de fer, la charge totale positive doit être  $3+$ . Donc, la charge des ions de fer est  $6+$ .
4. Écris le nom du composé en utilisant un chiffre romain pour indiquer la charge de l'ion métallique.
  - Le nom du composé  $Fe_2O_3$  est oxyde de fer(III).

#### Vérifie la solution

La charge de deux ions  $Fe^{3+}$  est  $6+$ . La charge de trois ions  $O^{2-}$  est  $6-$ . Les charges sont en équilibre.

### Exercices pratiques

4. Écris le nom des composés formés des ions suivants.
- |                          |                        |
|--------------------------|------------------------|
| a) $Co^{3+}$ et $O^{2-}$ | c) $Cu^{2+}$ et $Cl^-$ |
| b) $Mn^{4+}$ et $S^{2-}$ | d) $Cu^+$ et $Cl^-$    |
5. Écris le nom des composés ci-dessous. Chaque composé contient un ion multivalent.
- |            |              |              |            |
|------------|--------------|--------------|------------|
| a) $FeO$   | c) $SnS_2$   | e) $Ni_2S_3$ | g) $PbF_4$ |
| b) $Cu_3N$ | d) $Sn_3N_2$ | f) $NiS$     | h) $TiS_2$ |



Figure 3.16 La couleur rouge bien connue du sol de l'île du Prince-Édouard provient de la présence de composés contenant du fer comme  $Fe_2O_3(s)$ .



## Problème type : écrire la formule chimique d'un composé comportant un ion polyatomique (suite)

2. Détermine le nombre d'ions qui sont nécessaires pour neutraliser les charges. Il faut deux ions nitrate pour neutraliser la charge du calcium.

Charge de $\text{Ca}^{2+}$	Charge de $\text{NO}_3^-$
La charge d'un ion calcium est $2+$ .	La charge d'un ion nitrate est $1-$ . Donc, il faut 2 ions nitrate pour neutraliser la charge d'un ion calcium.
$1 \times (2+) = 2+$	$2 \times (1-) = 2-$

3. Utilise des indices pour écrire la formule. Si tu dois inclure un indice pour l'ion polyatomique, mets le symbole de l'ion polyatomique entre parenthèses avant d'écrire l'indice, comme indiqué ci-après. Cela montre que l'ion nitrate est une entité et qu'il doit y en avoir deux par ion calcium.

La formule du nitrate de calcium est  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .

### Vérifie la solution

Le symbole du métal vient en premier, suivi du symbole de l'ion polyatomique. La somme algébrique des charges est nulle, ce qui correspond à un composé neutre.

$$1 \times (2+) + 2 \times (1-) = 0$$

### Exercices pratiques

6. Quelle est la formule des composés suivants ?
- |                           |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| a) nitrate de baryum      | e) dichromate de sodium |
| b) carbonate de potassium | f) chromate de fer(II)  |
| c) sulfate de nickel(II)  | g) acétate de plomb(IV) |
| d) phosphate de magnésium | h) sulfate d'ammonium   |
7. Il y a une erreur dans chacune des formules ci-dessous. Explique l'erreur et corrige la formule.
- phosphate de sodium,  $\text{Na}_3\text{P}$
  - nitrate de magnésium,  $\text{MgNO}_{32}$
  - sulfite de potassium,  $\text{KSO}_3$
  - hydroxyde de sodium,  $\text{Na}(\text{OH})$
8. Les cristaux montrés sur la photo de la **figure 3.18** sont les plus grands découverts à ce jour sur la Terre. Ils se sont formés naturellement dans des conditions très humides et très chaudes. Ils contiennent du sulfate de calcium. Quelle est la formule du sulfate de calcium ?



**Figure 3.18** Ces énormes cristaux naturels de sulfate de calcium se trouvent à 290 mètres de profondeur dans la caverne Cueva de los Cristales, au Mexique. Les conditions qui règnent dans la caverne sont extrêmes :  $50^\circ\text{C}$  et 100 % d'humidité. Même équipés d'appareils respiratoires spéciaux et d'une combinaison refroidissante, les explorateurs ne peuvent pas rester plus de 30 minutes dans la caverne.

Comprends-tu bien les règles à suivre pour donner un nom et une formule aux composés ioniques ? Mets tes connaissances et ta créativité en pratique pour concevoir un jeu de cartes ionique.

### Matériel

- des crayons
- des marqueurs à pointe de feutre
- des fiches

### Ce que tu dois faire

1. Avec ton groupe, conçois un jeu de cartes qui exige des joueurs qu'ils trouvent le nom et la formule de composés ioniques. Tiens compte des critères ci-dessous dans ta conception.
  - Les cartes du jeu doivent représenter différents ions, y compris des ions polyatomiques, et un des buts du jeu doit être de combiner ces cartes pour obtenir une charge nette nulle.
  - Le jeu doit comprendre au moins 15 cartes.
  - Tu peux t'inspirer de jeux existants ou tu peux inventer un jeu totalement nouveau.
  - Les parties doivent se jouer à deux, à trois ou à quatre et leur durée ne doit pas dépasser 15 minutes.

2. Prépare les cartes et des règles détaillées.
3. Joue plusieurs parties d'essai avec les élèves de ton groupe. Ajuste les règles au besoin.
4. Échange ton jeu contre celui d'au moins un autre groupe. À la fin de chaque partie, évalue le jeu selon les consignes de ton enseignante ou de ton enseignant.
5. En groupe-classe, conçois un jeu qui peut être joué avec toutes les cartes.

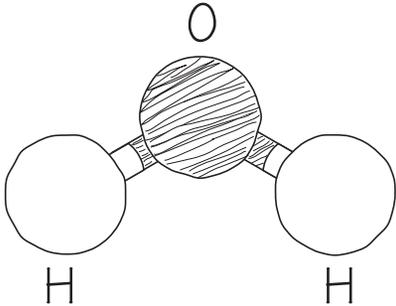
### Qu'as-tu découvert ?

1. Quelles difficultés ton groupe a-t-il dû surmonter lors de la conception et de la réalisation du jeu ?
2. En quoi ton jeu diffère-t-il de ceux des autres groupes ?
3. Quels aspects de ton jeu améliorerais-tu si tu devais le modifier ? Explique chaque changement proposé.
4. En quoi la conception d'un jeu et les parties jouées t'ont-elles permis de comprendre et d'appliquer les règles à suivre pour nommer les composés ioniques et les représenter par des formules ?



Les composés moléculaires, tout comme les composés ioniques, sont représentés par des formules chimiques. En quoi les formules chimiques des composés moléculaires ressemblent-elles à celles des composés ioniques ?

### Des exemples de composés moléculaires

Nom de la substance	Formule chimique	Éléments présents	Nombre d'atomes de chaque élément	Schéma du modèle moléculaire
eau	H <sub>2</sub> O	hydrogène, oxygène	2 atomes H 1 atome O	
peroxyde d'hydrogène	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>			
dioxyde de carbone	CO <sub>2</sub>			
monoxyde de carbone	CO			
propane	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>			
glucose	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>			

### Ce que tu dois faire

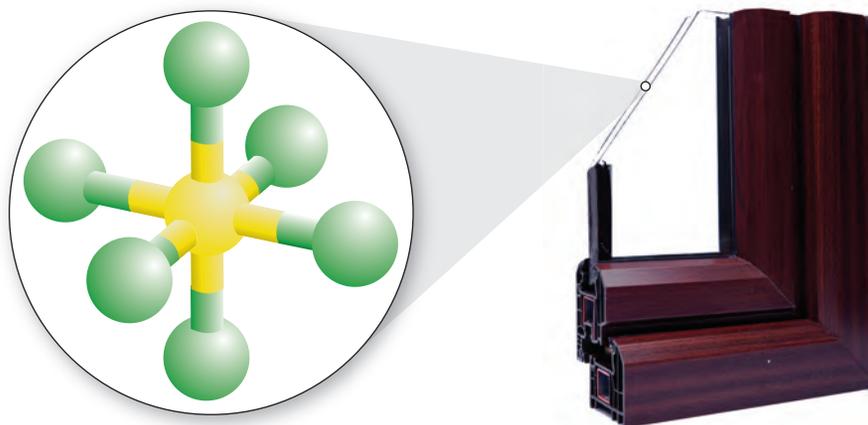
1. Reproduis le tableau ci-dessus. Assure-toi de laisser assez d'espace dans la colonne de droite pour dessiner les modèles moléculaires.
2. Remplis les colonnes « Éléments présents » et « Nombre d'atomes de chaque élément ».
3. Ton enseignante ou ton enseignant a distribué le modèle moléculaire de chacun des composés. Détermine le modèle moléculaire qui correspond à chaque composé et dessine-le dans la dernière colonne du tableau. Inscris le symbole de l'élément pour chacun des atomes.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Que représentent les formules chimiques des composés moléculaires ?
2. Pourquoi la formule chimique du peroxyde d'hydrogène ne peut-elle se simplifier sous la forme HO ?
3. En quoi les formules des composés moléculaires diffèrent-elles de celles des composés ioniques ?
4. L'eau et le peroxyde d'hydrogène contiennent tous deux de l'oxygène et de l'hydrogène. Ces deux composés moléculaires ont cependant des propriétés différentes. Pourquoi ?

**composé moléculaire binaire** un composé formé d'atomes de deux éléments différents, en général deux non-métaux, unis par des liaisons covalentes

**Figure 3.19** En raison de ses propriétés isolantes et de sa faible réactivité avec d'autres substances, l'hexafluorure de soufre est parfois utilisé pour isoler des fenêtres à double vitrage. La formule de l'hexafluorure de soufre,  $SF_6$ , signifie que sa molécule est formée d'un atome de soufre et de 6 atomes de fluor.



### Les règles pour nommer les composés moléculaires binaires et les représenter par une formule

1. Le premier élément de la formule d'un composé moléculaire binaire est habituellement celui qui se trouve le plus à gauche dans le tableau périodique. Il apparaît en dernier dans le nom du composé.  
*Exemple: le carbone apparaît au début de la formule du monoxyde de carbone (CO) et à la fin de son nom, car il est à la gauche de l'oxygène dans le tableau périodique.*
2. Le premier élément du nom prend le suffixe «-ure», sauf pour l'oxygène. *Exemples: on change «brome» en «bromure» dans «tribromure d'azote» et «oxygène» en «oxyde» dans «monoxyde de carbone».*
3. Des préfixes indiquent le nombre d'atomes de chaque élément dans une molécule (voir le **tableau 3.4**). Le préfixe «mono-» n'est utilisé que pour le premier élément du nom et il ne conserve qu'un seul «o» devant «oxyde». Quand il n'y a pas de préfixe devant le deuxième élément, cela signifie qu'il n'y a qu'un seul atome.  
*Exemple: CO est la formule du monoxyde de carbone.*

**Tableau 3.4** Préfixes utilisés dans le nom des composés moléculaires binaires

Préfixe	Nombre	Préfixe	Nombre
mono-	1	hexa-	6
di- (ou bi-)	2	hepta-	7
tri-	3	octa-	8
tétra-	4	nona-	9
penta-	5	déca-	10

### Le savais-tu?

La différence entre une molécule de dioxyde de carbone et une molécule de monoxyde de carbone est un seul atome d'oxygène en plus. Pourtant, la différence entre les propriétés de ces deux composés peut devenir une question de vie ou de mort. Les deux composés sont incolores et inodores. Cela dit, on respire du dioxyde de carbone tous les jours sans effet nocif. L'air contient 0,03 % de dioxyde de carbone, et ce gaz n'est mortel qu'à une concentration de 10 %. Le monoxyde de carbone, par contre, est mortel pour les humains à de très petites doses – seulement 0,08 %.

## Problème type : le nom et la formule de composés moléculaires binaires

### Problème

L'azote et l'oxygène forment différents composés moléculaires. Tu en trouveras deux exemples ci-dessous, et un à la **figure 3.20**.

- Le tétraoxyde de diazote est utilisé comme carburant dans les fusées. Quelle est sa formule ?
- $\text{NO}_2$  est un composant toxique du smog. Quel est son nom ?

### Solution

- Le symbole de l'azote est placé au début de la formule, car l'azote est à gauche de l'oxygène dans le tableau périodique. Le terme « azote » est placé à la fin du nom du composé. Le préfixe « di- » signifie qu'il y a 2 atomes d'azote et le préfixe « tétra- » signifie qu'il y a 4 atomes d'oxygène. La formule du tétraoxyde de diazote est  $\text{N}_2\text{O}_4$ .
- Suis les étapes ci-dessous pour nommer un composé.

1. Nomme en premier le deuxième élément le plus à droite dans la formule. Ajoute le suffixe « -ure », sauf dans le cas de l'oxygène, où il faut ajouter le suffixe « -ide ».	Le deuxième élément est O (oxygène), qui devient « oxyde ».
2. Nomme en dernier l'élément le plus à gauche dans la formule.	Le premier élément dans la formule est N (azote).
3. Ajoute un préfixe au nom de chaque élément pour indiquer le nombre d'atomes de chaque élément dans une molécule. S'il y a un seul atome du premier élément, n'ajoute pas « mono- » à son nom.	Le nom du composé est « dioxyde d'azote ».

Le nom du composé  $\text{NO}_2$  est dioxyde d'azote.

### Vérifie la solution

L'azote est à gauche de l'oxygène dans le tableau périodique, donc son symbole est au début de la formule. Le préfixe « mono- » est sous-entendu pour l'azote, et le préfixe « di- » est correctement utilisé dans « dioxyde ».

### Exercices pratiques

- Quelle est la formule des composés moléculaires suivants ?
  - tétrafluorure de soufre
  - difluorure de disoufre
  - trioxyde de diazote
  - difluorure d'oxygène
  - tribromure d'azote
  - hexachlorure de diiode
- Quel est le nom des composés moléculaires suivants ?
  - $\text{PI}_3$
  - $\text{SO}_2$
  - $\text{SO}_3$
  - $\text{S}_2\text{F}_{10}$
  - $\text{CCl}_4$
  - $\text{N}_2\text{O}_5$



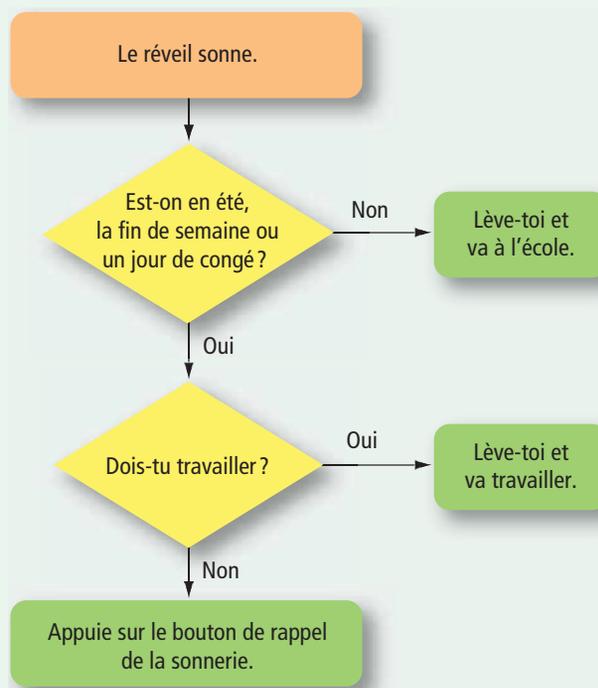
**Figure 3.20** Le composé NO agit comme dilatateur des vaisseaux sanguins pour réduire la douleur ressentie par des personnes atteintes d'une maladie cardiaque. Le malade prend une pilule de nitroglycérine, qui réagit dans le corps pour former du NO.

*Quel est le nom du composé NO ?*

On peut utiliser un organigramme pour représenter un processus. Par exemple, l'organigramme ci-contre représente la marche à suivre lorsque le réveil sonne. En pratique, tu n'as pas besoin d'un organigramme pour décider d'appuyer sur le bouton de rappel de la sonnerie, mais il peut être utile de te servir d'un organigramme dans une situation plus complexe. Par exemple, nommer un composé ou le représenter par une formule chimique nécessite de prendre des décisions au sujet du composé. Comment peux-tu concevoir un organigramme de la marche à suivre pour nommer un composé et trouver sa formule ?

### Ce que tu dois faire

1. Travaille en petit groupe. Ton enseignante ou ton enseignant te demandera d'accomplir une des deux tâches suivantes.
  - Conçois et réalise un organigramme de la marche à suivre pour nommer un composé.
  - Conçois et réalise un organigramme de la marche à suivre pour trouver la formule d'un composé.
2. Fais un remue-méninges avec tes camarades pour établir une liste de critères concernant l'organigramme. Quel but cet organigramme devrait-il permettre d'atteindre ? Qui devrait être capable de l'utiliser ? Demande à ton enseignante ou à ton enseignant de vérifier et d'approuver vos critères.
3. Décidez en groupe du support que vous utiliserez pour présenter votre organigramme. Vous pourriez par exemple créer une image à l'ordinateur ou dessiner votre organigramme sur une grande feuille de papier.
4. Concevez et réalisez votre organigramme en groupe. Vérifiez-le en l'utilisant pour nommer différents composés ioniques et moléculaires ou pour les représenter par une formule.
5. Présentez votre organigramme à toute la classe.



### Qu'as-tu découvert ?

1. Compare les organigrammes réalisés pour nommer un composé. Quelles sont les ressemblances et les différences ? Qu'est-ce qui fonctionnait bien et qu'est-ce qui fonctionnait moins bien ?
2. Compare les organigrammes réalisés pour trouver la formule d'un composé. Quelles sont les ressemblances et les différences ? Qu'est-ce qui fonctionnait bien et qu'est-ce qui fonctionnait moins bien ?
3. Comment pourrais-tu améliorer ton organigramme si tu devais refaire cette activité ?
4. La conception d'un organigramme pour représenter ce processus aurait-elle été possible sans l'existence d'un système universel et logique servant à nommer les composés et écrire leur formule ? Pourquoi ?

## La nomenclature de l'UICPA

Qu'est-ce que le sel ? Dans le langage courant, c'est le nom donné à un composé ionique fréquemment utilisé en cuisine, en médecine et dans plusieurs industries. Les chimistes savent qu'il s'agit d'un composé d'ions sodium et d'ions chlorure parce que le nom chimique du sel (le chlorure de sodium) et sa formule (NaCl) en indiquent la composition.

Qui a établi les règles d'écriture du nom (nomenclature) et de la formule (symboles) que tu apprends à utiliser? Le système universel de nomenclature et de symboles est mis à jour par l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA). L'UICPA, fondée en 1919, a élaboré une méthode systématique pour nommer les composés chimiques selon leur composition. Les scientifiques du monde entier utilisent aujourd'hui ce système universel. Le système est conçu de façon à donner un *nom scientifique* (ou *nom systématique*) à chaque substance pure. Le nom d'une substance décrit sa composition. Il permet aussi aux scientifiques de représenter une substance par une formule et de prédire certaines de ses propriétés.



**Figure 3.21** Le nom commun de ces deux substances ne permet pas d'en connaître la composition. (A) Le sel de table est en fait un composé ionique, le chlorure de sodium. (B) « Bicarbonate de soude » est le nom commun donné à une poudre blanche qu'on utilise entre autres comme agent levant en cuisine, soit l'hydrogénocarbonate de sodium. *Peux-tu donner un autre exemple d'un composé qui a un nom commun et un nom scientifique?*

## Pourquoi l'UICPA?

Des associations comme l'UICPA et l'ACS (American Chemical Society) élaborent et maintiennent des règles concernant la nomenclature des éléments et des composés chimiques. Avant l'adoption de ces règles, on donnait aux composés des noms évocateurs – maintenant appelés noms communs –, qui découlaient de leur aspect, de leurs propriétés ou de la façon de les produire ou de les utiliser plutôt que de leur composition chimique.

### Ce que tu dois faire

1. Travaille en groupe. Ton enseignante ou ton enseignant te donnera un des noms suivants : alumine, cinabre, hématite, gaz hilarant, pierre à chaux, magnétite ou chaux éteinte.
2. Effectue une recherche dans Internet pour trouver le nom scientifique et la formule de ton composé. Mentionne tous les autres noms donnés à ce composé ainsi que ses propriétés, ses utilisations et quelques

## 3-2F

## Réfléchis bien

faits intéressants que tu as trouvés dans ta recherche. Si possible, trouve l'origine du nom commun.

3. Présente tes résultats de recherche à la classe sous la forme d'une affiche ou d'un diaporama.

### Qu'as-tu découvert?

1. Le nom commun indique-t-il toujours clairement de quel composé il s'agit? Explique ta réponse et donne un exemple.
2. Nomme quelques avantages et quelques inconvénients de désigner des substances par des noms communs.
3. Quels sont les principaux avantages d'avoir un système international pour la nomenclature et les formules des composés chimiques? Y a-t-il des inconvénients?

## Le savais-tu?

À cause de sa très petite taille (comparativement aux autres atomes) et de son unique électron, l'hydrogène est particulier. Il a des propriétés qui le rendent semblable aux éléments du groupe 1 et d'autres propriétés qui le rendent semblable aux non-métaux du groupe 17. Pour cette raison, l'hydrogène n'est pas placé dans un groupe principal dans certains tableaux périodiques.

## Des exceptions aux règles

Un certain groupe de composés ne suivent pas les règles de nomenclature données dans cette section. Ce sont les composés qui contiennent de l'hydrogène. Tu pourrais penser, par exemple, que HCl est un composé ionique. Il est formé d'hydrogène, un métal selon le tableau périodique, et d'un non-métal. En fait, l'hydrogène est un non-métal, et HCl est considéré comme un composé moléculaire. Dans sa forme pure, c'est un gaz à la température ambiante.

Même si HCl est un composé moléculaire, on ne le nomme pas en suivant les règles données jusqu'ici. Comme tous les autres composés binaires contenant de l'hydrogène, on le nomme comme s'il était un composé ionique. Ainsi, le nom juste de HCl est chlorure d'hydrogène *et non* monochlorure d'hydrogène. De la même façon, le nom de H<sub>2</sub>S est sulfure d'hydrogène et non sulfure de dihydrogène. De plus, ces composés ont un nom différent lorsqu'ils sont en solution dans l'eau. Tu approfondiras l'étude de ces composés au chapitre 4.

La façon de nommer les composés contenant de l'hydrogène et du carbone, comme l'éthane, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>, ou l'éthanol, C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH, est également différente. Tu l'étudieras plus tard si tu poursuis tes études en chimie.

## Un résumé des règles de base de la nomenclature

Dans la présente section, tu as appris à nommer les composés ioniques et moléculaires ainsi qu'à les représenter par une formule. Le **tableau 3.5** ci-dessous résume les éléments essentiels dont tu dois te rappeler pour nommer les composés moléculaires et ioniques. Dans la section suivante, tu utiliseras tes nouvelles habiletés pour décrire des réactions chimiques.

**Tableau 3.5** Un résumé des règles pour déterminer le nom et la formule d'un composé

Composés ioniques	Composés moléculaires
<p><i>Composés ioniques binaires</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• On place l'élément métallique (ion positif) en premier dans la formule et en dernier dans le nom.</li><li>• On ajoute le suffixe « -ure » au nom de l'élément non métallique (p. ex., chlorure de sodium), sauf pour l'oxygène (oxyde), le soufre (sulfure) et l'azote (nitride).</li><li>• On nomme les métaux multivalents en ajoutant un chiffre romain entre parenthèses pour indiquer leur charge – p. ex., chlorure de plomb(IV).</li><li>• On utilise des indices dans les formules pour indiquer le rapport du nombre d'ions de chaque type dans le composé.</li><li>• La charge nette de tous les ions doit être égale à zéro.</li></ul> <p><i>Composés ioniques polyatomiques</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Reporte-toi au <b>tableau 3.3</b> (page 118) pour connaître le nom et la charge des ions polyatomiques.</li><li>• Dans les formules, on représente les ions polyatomiques comme formant un tout. Si on doit utiliser un indice, on écrit la formule de l'ion entre parenthèses.</li></ul>	<p><i>Composés moléculaires binaires</i></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• L'élément le plus à gauche dans le tableau périodique est placé en premier dans la formule et en dernier dans le nom.</li><li>• On ajoute le suffixe « -ure » au nom du premier élément, sauf pour l'oxygène (oxyde), le soufre (sulfure) et l'azote (nitride).</li><li>• On utilise des préfixes pour indiquer le nombre d'atomes de chaque élément dans une seule molécule (p. ex., P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> est le pentaoxyde de diphosphore).</li><li>• On omet le préfixe « mono- » dans le deuxième élément nommé (p. ex., CO<sub>2</sub> est le dioxyde de carbone).</li><li>• Dans les formules, les indices indiquent le nombre d'atomes de chaque élément dans une seule molécule.</li></ul>

## Des notions à retenir

1. Jérôme affirme que le dioxyde d'azote,  $\text{NO}_2$ , n'est pas un composé binaire, car sa molécule contient trois atomes. Jérôme a-t-il raison? Explique ta réponse.
2. Pourquoi les personnes qui mangent beaucoup de poisson n'ont-elles pas de goitre?
3. Par quoi se termine la première partie du nom de la plupart des composés binaires, qu'ils soient ioniques ou moléculaires?
4. Fiona représente le chlorure de calcium par la formule  $\text{Ca}_1\text{Cl}_2$ . Est-ce correct? Explique ta réponse.
5. Les nombres d'atomes de fluor et de calcium sont dans un rapport 2 : 1. Dès lors, peut-on représenter ce composé ionique binaire par la formule  $\text{Ca}_3\text{F}_6$ ? Explique ta réponse.
6. Parmi les composés ci-dessous, lesquels sont binaires?  
 $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CNO}$ ,  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ,  $\text{MgS}$ ,  $\text{PbF}_2$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ,  $\text{NaOH}$
7. Quel est le nom des composés ioniques formés des éléments suivants?
  - a) argent et chlore
  - b) oxygène et zinc
  - c) béryllium et iode
  - d) fluor et magnésium
8. Quelle est la charge de l'ion métallique dans les composés ioniques suivants?
  - a)  $\text{PbO}_2$
  - b)  $\text{CuS}$
  - c)  $\text{CrF}_3$
  - d)  $\text{FeN}$
9. Dans un test, on demande de représenter l'oxyde de fer par une formule. Quel autre renseignement faut-il pour écrire la formule, et comment ce renseignement devrait-il figurer dans la question?
10. Le symbole chimique du mercure est  $\text{Hg}$  et il peut former deux ions dans des composés ioniques. Quel est le nom des deux composés que le mercure peut former avec l'oxygène et quelle est leur formule?

## Des concepts à comprendre

11. Deux atomes de sodium se promènent dans la rue. L'un dit à l'autre: «J'ai perdu un électron.» L'autre demande: «Comment te sens-tu?» Le premier répond: «Je me sens positif.» Un atome de magnésium marche derrière eux et annonce fièrement: «Je me sens positif moi aussi!» Explique ce que ces atomes révèlent au sujet du type d'ion qu'ils peuvent former dans un composé ionique.
12. Certaines personnes trouvent que la méthode d'écriture de la formule des composés ioniques est de la «comptabilité électronique». Est-ce une bonne métaphore? Pourquoi?
13. David affirme que le nom de  $\text{CuCl}_2$  est chlorure de cuivre(I) tandis que Thomas affirme que c'est chlorure de cuivre(II). Qui a raison? Explique ton choix.
14. Quelle est la formule des composés suivants?
  - a) nitrure de fer(II)
  - b) oxyde de plomb(II)
  - c) sulfure de cuivre(I)
  - d) fluorure d'étain(IV)
15. Quelle est la formule des composés suivants?
  - a) dioxyde d'azote
  - b) trioxyde de soufre
  - c) tétraoxyde de diazote
  - d) pentachlorure de phosphore
16. Quel est le nom des composés suivants?
  - a)  $\text{AlPO}_4$
  - b)  $\text{Na}_2\text{CO}_3$
  - c)  $\text{KHCO}_3$
  - d)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$
17. Quelle est la formule des composés suivants?
  - a) sulfate de sodium
  - b) phosphate de magnésium
  - c) nitrate de calcium
  - d) chlorite d'aluminium
18. Quelle est la formule des composés suivants?
  - a) chlorate de cuivre(I)
  - b) phosphate de fer(II)
  - c) carbonate d'étain(IV)
  - d) permanganate de nickel(II)

## Pour le projet

Réfléchis à l'importance d'utiliser une nomenclature et des formules universelles dans la préparation, la réalisation et l'analyse d'une expérience scientifique.

### 3.3

## Les équations chimiques et la loi de la conservation de la masse

### Qu'en penses-tu ?

- Comment les éléments et les composés interagissent-ils pour former d'autres composés ?
- Quelle est la relation entre la masse des substances avant et après une transformation chimique ?
- De quelles façons peut-on représenter une transformation chimique ? Quels sont les avantages et les inconvénients de chacune de ces façons ?

### Mots clés

réaction chimique  
réactif  
produit  
équation chimique  
coefficient

**réaction chimique** un processus au cours duquel une ou des substances pures sont transformées en une ou plusieurs autres substances pures

**réactif** un élément ou un composé qui subit une transformation lors d'une réaction chimique

**produit** un élément ou un composé qui est formé au cours d'une réaction chimique

Explosion, changement de couleur, dégagement gazeux – voilà ce qu'on attend en général des réactions chimiques. Et il est vrai que de nombreuses réactions chimiques se manifestent ainsi. Mais la plupart des réactions qui se déroulent autour de nous passent inaperçues. Cela dit, qu'on les remarque ou pas, les réactions chimiques sont essentielles à notre santé et à la vie sur Terre. Tu trouveras dans le **tableau 3.6** quelques exemples de réactions chimiques.

En termes scientifiques, une **réaction chimique** se produit lorsqu'une ou plusieurs substances (éléments ou composés) se transforment pour former une ou plusieurs substances différentes (éléments ou composés). Les substances qui subissent une transformation se nomment les **réactifs**. Les substances qui se forment au cours de la réaction chimique se nomment les **produits**. Trouve le ou les produits et le ou les réactifs de chaque réaction chimique du **tableau 3.6**.

**Tableau 3.6** Exemples de réactions chimiques

Exemple	Description
 <p>levée d'un gâteau au citron</p>	Dans cette réaction de levage, le bicarbonate de soude réagit avec le jus de citron pour former des composés, dont du dioxyde de carbone et de l'eau.
 <p>explosion de feux d'artifice</p>	Dans une des nombreuses réactions qui se produisent au cours d'un feu d'artifice, le chlorate de potassium réagit pour produire du chlorure de potassium et du dioxygène.
 <p>photosynthèse des feuilles de chêne</p>	Dans la réaction qui produit tout le dioxygène de l'air que nous respirons, les plantes utilisent l'énergie solaire pour transformer le dioxyde de carbone et l'eau en glucose et en dioxygène.
 <p>respiration humaine</p>	Tout ce que tu fais est alimenté par la respiration cellulaire. Cette réaction, qui se produit dans tes cellules, dégage de l'énergie. Elle convertit le dioxygène et le glucose en dioxyde de carbone et en eau.



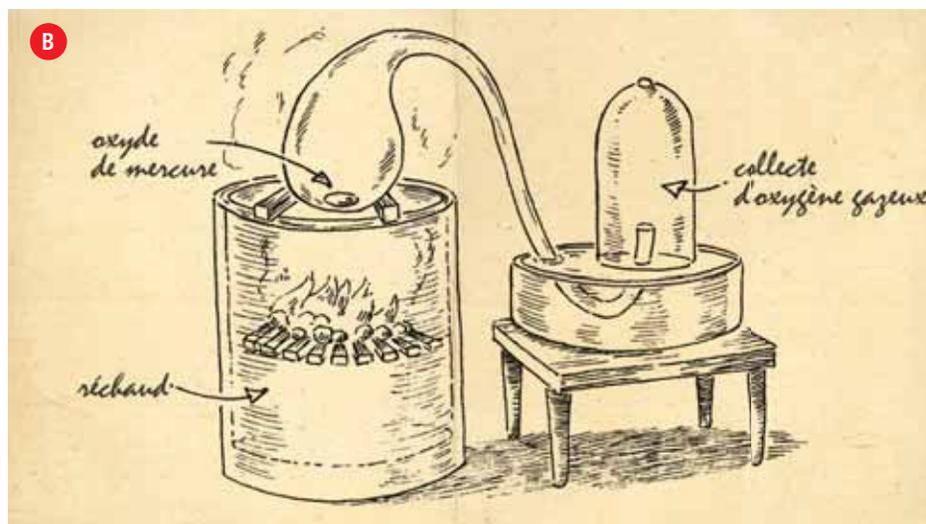
## La conservation de la masse dans les réactions chimiques

Les méthodes de travail des premiers chimistes ont déterminé en partie la façon dont les réactions chimiques sont étudiées et représentées de nos jours. Vers la fin des années 1700, le scientifique français Antoine Lavoisier (voir la **figure 3.24**) a beaucoup contribué aux progrès de la chimie. Une de ses plus grandes contributions a été de reconnaître l'importance de mesurer la masse de toutes les substances intervenant dans une réaction chimique. Ces mesures étaient décisives pour faire des déductions précises au sujet de ce que devenaient les substances.

Antoine Lavoisier a effectué de nombreuses expériences au cours desquelles il a mesuré avec précision la masse des réactifs, causé une réaction dans un récipient fermé hermétiquement (un *système en vase clos*), puis mesuré avec précision la masse des produits. Par exemple, il a travaillé avec de l'oxyde de mercure(II),  $\text{HgO}$ , qui réagit en présence de chaleur pour former du mercure et de l'oxygène gazeux (dioxygène). Lors de tous ses essais, il a toujours obtenu le même résultat : la masse totale des réactifs était la même que la masse totale des produits. Il a résumé ses résultats sous la forme de la loi de la conservation de la masse.

### La loi de la conservation de la masse

Dans une réaction chimique, la masse totale des produits est toujours égale à la masse totale des réactifs.



**Figure 3.24** (A) Antoine et Marie-Anne Lavoisier formaient une équipe de chimistes chevronnés. Marie-Anne traduisait les publications scientifiques de l'anglais au français pour son mari et elle dessinait les montages expérimentaux qu'il utilisait. (B) Ce schéma de Marie-Anne représente l'appareil en vase clos que Lavoisier a utilisé pour en arriver à énoncer la loi de la conservation de la masse.

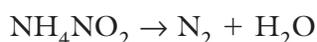
### La conservation des atomes

Le travail d'Antoine Lavoisier a permis à John Dalton de présenter de nouveau le concept d'atome au début des années 1800. Selon la théorie atomique de Dalton, puisque des atomes composent chacun des réactifs et des produits, chaque atome présent dans les réactifs est aussi présent dans les produits. Puisqu'aucun atome n'est créé ou détruit au cours des réactions chimiques, la masse ne doit pas changer non plus.

## Les équations chimiques et la conservation de la masse

Les chimistes utilisent une **équation chimique** pour représenter une réaction chimique. Une équation chimique diffère d'une équation nominative, car elle comporte les formules des éléments et des composés plutôt que leur nom.

**Équation non équilibrée** Reporte-toi à la **figure 3.23**. Remplace le nom des composés par leur formule et tu obtiendras l'*équation non équilibrée* donnée ci-après. Cette équation est cependant incomplète. Elle ne tient pas compte de la loi de la conservation de la masse : le nombre d'atomes d'hydrogène et le nombre d'atomes d'oxygène n'est pas le même dans les deux membres de l'équation.



**Équation équilibrée** Une *équation équilibrée* représente une réaction chimique telle qu'elle se produit. Selon la loi de la conservation de la masse, aucun atome n'est créé ou détruit au cours de la réaction. Les atomes sont seulement redistribués. Donc, on doit retrouver le même nombre de chaque atome dans les deux membres de l'équation. On atteint cet équilibre à l'aide de **coefficients**. Lorsque le coefficient est 1, on ne l'écrit pas, comme dans cet exemple :



### L'état des substances

Une équation chimique peut aussi fournir des renseignements sur l'état des réactifs et des produits dans une réaction chimique. Tu trouveras les abréviations utilisées dans le **tableau 3.7**.

**équation chimique** une représentation d'une réaction chimique qui utilise des formules et des symboles chimiques

**coefficient** un chiffre inscrit devant une formule chimique dans une équation équilibrée pour indiquer le nombre d'atomes, de molécules ou d'ions qui interviennent dans la réaction

**Tableau 3.7** Abréviations des états des substances

État	Abréviation
Solide	(s)
Liquide	(ℓ)
Gazeux	(g)
Dissout dans l'eau (en solution aqueuse)	(aq)

## Des réactions de trombones

### 3-3A

## ACTIVITÉ d'exploration

Dans cette activité, tu modéliseras des atomes et des molécules à l'aide de trombones. Ces trombones te permettront aussi d'équilibrer des équations chimiques en respectant la loi de conservation de la masse.



### Matériel

- des trombones de différentes couleurs
- une liste d'équations non équilibrées

### Ce que tu dois faire

1. Tu recevras une liste d'équations non équilibrées. À l'aide de trombones, modélise les atomes des réactifs et des produits. Un trombone d'une couleur donnée modélise un atome d'un élément donné. Note la couleur utilisée pour chaque élément.

2. À partir de chaque équation modélisée, crée une équation équilibrée dans laquelle les réactifs et les produits ont le même nombre de trombones de chaque couleur.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Que peux-tu faire pour équilibrer l'équation tout en conservant un modèle fidèle à la réaction chimique ? Que *ne* peux-tu *pas* faire ?
2. De quelle façon chaque modèle est-il le reflet de la conservation des atomes dans une équation chimique ?
3. Quelles stratégies as-tu utilisées pour équilibrer les équations plus facilement ?
4. Certaines équations étaient-elles plus faciles à équilibrer ? plus difficiles ? Explique ta réponse.

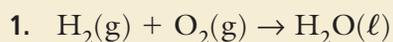


**Figure 3.25** (A) Une flamme met le feu à un mélange de dihydrogène (dans le ballon) et de dioxygène (dans l'air). Lors de l'explosion (B), il y a formation d'eau.

## Équilibrer des équations chimiques

L'encadré ci-après explique la façon de déterminer les coefficients qui permettent d'équilibrer une équation chimique. La formation explosive d'eau à partir de dihydrogène et de dioxygène sert d'exemple pour illustrer la marche à suivre (voir la **figure 3.25**).

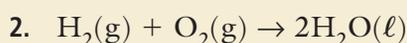
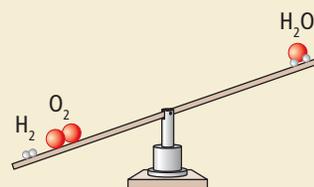
### Comment équilibrer une équation chimique



Dans l'équation non équilibrée, le nombre d'atomes d'hydrogène est le même des deux côtés. Par contre, il y a plus d'atomes d'oxygène dans les réactifs que dans les produits.

Vérification de l'équilibre du nombre d'atomes

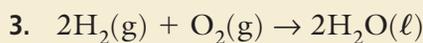
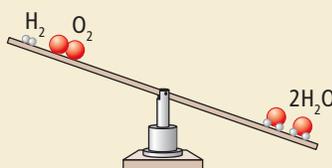
Élément	Réactif	Produit	N <sup>bre</sup> égal ?
H	2	2	oui
O	2	1	non



En ajoutant le coefficient 2 devant  $\text{H}_2\text{O}(\ell)$ , on équilibre le nombre d'atomes d'oxygène. Mais il y a maintenant 4 atomes d'hydrogène du côté des produits et 2 atomes d'hydrogène du côté des réactifs.

Vérification de l'équilibre du nombre d'atomes

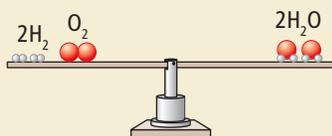
Élément	Réactif	Produit	N <sup>bre</sup> égal ?
H	2	4	non
O	2	2	oui



Si on ajoute le coefficient 2 devant  $\text{H}_2(\text{g})$ , le nombre d'atomes d'hydrogène devient le même (4) des deux côtés de l'équation. L'équation est maintenant équilibrée.

Vérification de l'équilibre du nombre d'atomes

Élément	Réactif	Produit	N <sup>bre</sup> égal ?
H	4	4	oui
O	2	2	oui



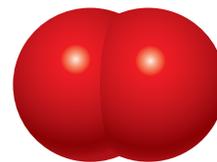
## Vérifie ce que tu as compris

- Le fer réagit avec le dioxygène pour former de l'oxyde de fer(III). Représente cette réaction par une équation nominative.
- Que signifie l'expression « système en vase clos » dans le cadre des expériences d'Antoine Lavoisier ?
- Énonce la loi de la conservation de la masse.
- De quelle façon une équation chimique équilibrée est-elle une expression de la loi de la conservation de la masse ?
- Détermine le nombre d'atomes de chaque élément dans ces formules.
  - 3CO
  - H<sub>2</sub>O
  - 5NO<sub>2</sub>
  - 3PCl<sub>5</sub>
  - 2NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>
  - 2(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>
- Équilibre chacune des équations chimiques ci-dessous.
  - Mg(s) + O<sub>2</sub>(g) → MgO(s)
  - Li(s) + Br<sub>2</sub>(g) → LiBr(s)
  - Al(s) + CuO(s) → Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(s) + Cu(s)
  - CH<sub>4</sub>(g) + O<sub>2</sub>(g) → CO<sub>2</sub>(g) + H<sub>2</sub>O(g)
  - Al(s) + O<sub>2</sub>(g) → Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(s)
  - CaCl<sub>2</sub>(aq) + AgNO<sub>2</sub>(aq) → AgCl(s) + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>(aq)

## Des trucs pour écrire et équilibrer une équation chimique

Lorsque tu écris ou que tu équilibres une équation chimique, tu dois te rappeler que chaque équation est différente. Mais la même approche n'est pas valable pour toutes les équations. Cependant, tu dois travailler de façon systématique. Tu trouveras ci-dessous quelques conseils pour bien commencer ton travail. Rappelle-toi ces conseils lorsque tu feras les exercices pratiques de la page suivante.

- Équilibre les équations à l'aide de coefficients. Ne change jamais les formules chimiques.
- Équilibre le nombre d'atomes métalliques d'abord.
- Ajoute un coefficient aux éléments en dernier lieu.
- Équilibre le nombre d'atomes d'hydrogène et d'oxygène en dernier. Comme ils sont souvent présents dans plus d'un produit ou d'un réactif, il est plus facile de s'en occuper à la toute fin.
- S'il y a un ion polyatomique dans les réactifs et dans les produits, considère-le comme une entité.
- Lorsque tu penses que l'équation est équilibrée, vérifie-la une dernière fois en comptant les atomes de chaque élément.
- Si tu fais un va-et-vient entre deux substances en augmentant sans arrêt les coefficients, vérifie de nouveau chaque formule chimique. Une erreur dans une formule chimique peut t'empêcher d'équilibrer l'équation.
- Rappelle-toi que les éléments suivants n'existent que sous la forme de molécules diatomiques (comme celle de la **figure 3.26**) : l'hydrogène, H<sub>2</sub>(g), l'azote, N<sub>2</sub>(g), l'oxygène, O<sub>2</sub>(g), le fluor, F<sub>2</sub>(g), le chlore, Cl<sub>2</sub>(g), le brome, Br<sub>2</sub>(ℓ), et l'iode, I<sub>2</sub>(s). L'UICPA nomme ces molécules, dans l'ordre, le dihydrogène, le diazote, le dioxygène, le difluor, le dichlore, le dibrome et le diiode.



**Figure 3.26** Dans les équations chimiques, l'oxygène s'écrit toujours O<sub>2</sub>.

*Pourquoi ne peux-tu pas écrire l'oxygène sous la forme O dans une équation chimique ?*



**Figure 3.27** La forte odeur d'ammoniac des nettoyants pour verre est bien connue. L'ammoniac est une solution aqueuse d'ammoniac. Ses propriétés en font une substance utile pour faire briller le verre.

## Problème type: écrire et équilibrer une équation chimique

### Problème

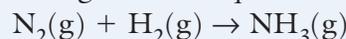
Des dérivés de l'ammoniac entrent dans la composition des engrais et des produits ménagers (voir la **figure 3.27**). Dans l'industrie, on fait réagir le diazote avec le dihydrogène pour produire de l'ammoniac (gazeux). Quelle est l'équation équilibrée?

### Solution

1. Écris une équation nominative pour représenter la réaction.

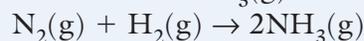


2. Représente la réaction par une équation non équilibrée en utilisant la formule chimique de chaque substance. Rappelle-toi que le diazote et le dihydrogène sont des molécules diatomiques d'azote et d'hydrogène à l'état gazeux. Indique l'état des substances.



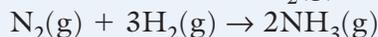
3. Équilibre l'équation à l'aide de coefficients.

Occupe-toi d'abord du composé puisque les éléments sont plus faciles à équilibrer à la fin. Tu dois avoir 2 atomes d'azote dans le produit pour équilibrer les atomes des réactifs. Tu dois donc ajouter le coefficient 2 devant  $\text{NH}_3(\text{g})$ .



Tu as équilibré les atomes d'azote. Mais il y a maintenant 2 atomes d'hydrogène dans les réactifs et 6 dans le produit.

Ajoute donc le coefficient 3 devant  $\text{H}_2(\text{g})$ .



### Vérifie la solution

Toutes les formules chimiques sont justes. Les nombres d'atomes sont en équilibre, comme l'indique le tableau ci-dessous.

Élément	Réactif	Produit	Nombre égal ?
N	2	2	oui
H	6	6	oui

### Exercices pratiques

Représente chaque réaction par une équation nominative, une équation non équilibrée et une équation équilibrée. Indique l'état des substances.

11. Le monoxyde d'azote gazeux réagit avec le dioxygène pour former du dioxyde d'azote gazeux.
12. L'aluminium solide réagit avec le dioxygène pour former de l'oxyde d'aluminium solide.
13. Le sulfate de potassium et le nitrate d'argent, tous deux en solution aqueuse, réagissent pour former du sulfate d'argent solide et du nitrate de potassium en solution aqueuse.

**Vérifie tes habiletés**

- Faire des prédictions
- Examiner ou observer
- Consigner des données
- Analyser et prédire

**Consignes de sécurité**

- Porte des lunettes de protection tout au long de cette activité.
- Porte aussi un sarrau ou un tablier de laboratoire.
- Rince tout déversement accidentel avec beaucoup d'eau et avvertis ton enseignante ou ton enseignant immédiatement.
- Range le matériel et élimine les produits selon les directives que tu recevras.

**Matériel**

- un cylindre gradué
- une solution de NaOH(aq) à 0,1 mol/L
- une fiole Erlenmeyer de 200 mL
- une solution diluée de  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3(\text{aq})$
- une petite éprouvette
- un bouchon (pour la fiole Erlenmeyer)
- une balance



Dans cette expérience, tu vas analyser la masse des produits et des réactifs de la réaction qui se produit lorsqu'on mélange deux solutions.

**Question**

Quelle est la relation entre la masse des réactifs et celle des produits dans la réaction chimique entre l'hydroxyde de sodium et le nitrate de fer(III) ?

**Prédiction**

Fais une prédiction au sujet de la relation entre la masse des réactifs et celle des produits de la réaction que tu vas provoquer.

**Marche à suivre**

1. Lis les instructions ci-dessous. Prépare un tableau pour consigner tes résultats.
2. Mesure 20 mL de solution diluée d'hydroxyde de sodium NaOH(aq) avec le cylindre gradué. Verse la solution dans la fiole Erlenmeyer.
3. Verse la solution de nitrate de fer(III) dans la petite éprouvette jusqu'à remplir environ la moitié de l'éprouvette.
4. Penche doucement la fiole Erlenmeyer et introduis la petite éprouvette à l'intérieur comme sur la photo. Ne laisse pas les deux solutions se mélanger. Ferme la fiole avec le bouchon.
5. Mesure la masse de la fiole et de son contenu. Note ta mesure. Note aussi tes observations qualitatives concernant l'aspect du contenu de la fiole.
6. Penche la fiole pour que les solutions se mélangent. Observe ce qui se produit et note tes observations.
7. Mesure la masse de la fiole et de son contenu. Note ta mesure.
8. Suis les consignes qui te sont données pour ranger le matériel, éliminer les substances et nettoyer ton poste de travail.

**Analyse**

1. Quelles observations te permettent d'affirmer qu'une réaction chimique a eu lieu ?
2. La fiole bouchée est un système en vase clos dans lequel aucune substance ne peut entrer et duquel aucune substance ne peut sortir. Pourquoi était-il important d'avoir un système en vase clos pour réaliser cette expérience ?
3. Quelle est la relation entre la masse totale des réactifs, de la fiole, de l'éprouvette et du bouchon avant et après la réaction ?

**Conclusion et mise en pratique**

1. De quelle façon tes résultats diffèrent-ils de ceux que tu avais prédits au début de l'expérience ?
2. Penses-tu obtenir des résultats semblables si tu effectues une réaction comme celle-ci avec d'autres réactifs (et d'autres produits) ? Explique ta réponse.
3. Qu'as-tu observé au cours de cette expérience ? Propose une explication.

## La chimie verte

La découverte de nouveaux médicaments contribue à notre bien-être et à celui d'animaux. Leur synthèse chimique nécessite cependant des réactions chimiques qui comportent souvent plusieurs étapes. Les sous-produits de ces étapes forment parfois une masse de déchets jusqu'à 100 000 fois plus grande que la masse de médicament produite. Ces déchets peuvent présenter un danger pour l'environnement, et leur élimination peut être très coûteuse.

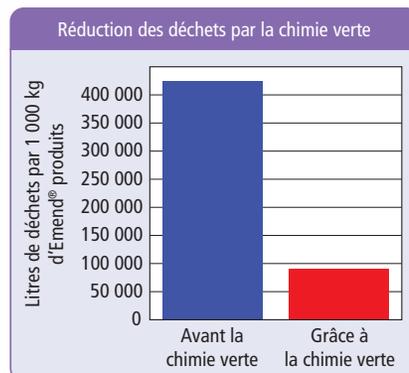
Un domaine relativement nouveau de la chimie, appelé la chimie verte, se concentre sur la conception de réactions qui produisent moins de sous-produits indésirables. Ces réactions peuvent être utiles dans la fabrication de médicaments et d'autres produits industriels. La chimie verte a aussi pour but de réduire ou d'éliminer les substances toxiques utilisées ou produites dans de nombreuses réactions chimiques. Elle tente, entre autres :

- d'éliminer ou de réduire les déchets ;
- d'utiliser des solvants plus sécuritaires ;
- d'utiliser des matières premières renouvelables ;
- de s'assurer que les réactions sont écoénergétiques.

## Les médicaments verts

La société Merck and Co. Inc., par exemple, a mis au point une réaction plus « verte » pour synthétiser un médicament appelé Emend®. Ce médicament est utilisé dans le traitement des nausées et des vomissements provoqués par la chimiothérapie. La nouvelle réaction est nettement plus efficace que l'ancienne. Elle permet de préparer deux fois plus du médicament en utilisant moins de réactifs, d'eau et d'énergie ! La nouvelle synthèse comporte aussi quelques étapes de moins. Par conséquent, les coûts de production sont réduits.

Autrefois, les chimistes qui tentaient de protéger l'environnement concevaient des façons d'éliminer les déchets toxiques produits par les processus chimiques. La chimie verte tente plutôt d'éviter la production de déchets.



Comparativement à l'ancien procédé, le procédé faisant appel à la chimie verte produit 340 000 litres de déchets de moins par 1 000 kg de médicament produits. C'est une réduction importante des déchets : 340 000 L de déchets peuvent remplir plus de 2 000 baignoires moyennes !



L'économie d'atomes (EA) est un principe important de la chimie verte. Les chimistes tentent de mettre au point des réactions qui utilisent la plus petite quantité possible de réactifs pour produire la plus grande quantité possible de produits. La quantité de déchets est donc réduite. Les chimistes utilisent l'équation suivante pour calculer le pourcentage d'économie d'atomes.

$$\% \text{ EA} = \left( \frac{\text{masse du composé chimique synthétisé}}{\text{masse totale des réactifs}} \right) \times 100 \%$$

## Questions

1. Lis les 12 principes de la chimie verte à l'annexe B de ton manuel (page 403). Choisis un principe. Explique pourquoi il aide à protéger l'environnement.
2. Reformule chacun des 12 principes de la chimie verte pour permettre à des élèves de 7<sup>e</sup> année de les comprendre.

## Des notions à retenir

1. Représente trois réactions courantes par une équation nominative. Indique les réactifs et les produits.
2. Dans une équation chimique, que signifie la flèche ?
3. Quelle est la différence entre une équation nominative et une équation chimique ?
4. Qu'est-ce qu'une équation non équilibrée ? En quoi est-elle différente d'une équation chimique équilibrée ?
5. Il faut souvent dissoudre un composé dans l'eau pour créer une réaction. Comment l'indique-t-on dans l'équation chimique ?
6. Indique les réactifs et les produits.
  - a)  $\text{Mg(s)} + \text{HCl(aq)} \rightarrow \text{MgCl}_2\text{(aq)} + \text{H}_2\text{(g)}$
  - b)  $\text{Fe(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)}$
  - c)  $\text{Na}_3\text{PO}_4 + \text{FeCl}_3 \rightarrow \text{FePO}_4 + \text{NaCl}$
  - d)  $\text{MgO(s)} \rightarrow \text{Mg(s)} + \text{O}_2\text{(g)}$
7. Résume la contribution d'Antoine Lavoisier à l'étude des réactions chimiques.
8. Comment appelle-t-on les nombres qu'on ajoute devant la formule des composés afin d'équilibrer une équation chimique ?
9. Quels éléments existent sous la forme de molécules diatomiques ?

## Des concepts à comprendre

10. Au cours des années, la masse d'un arbre augmente. Explique pourquoi ceci n'est pas une exception à la loi de la conservation de la masse.
11. Luc affirme que la loi de la conservation de la masse n'est pas respectée dans la réaction  $\text{Mg(s)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow \text{MgO(s)}$ , car il y a perte d'un atome d'oxygène au cours de la réaction. A-t-il raison ? Pourquoi ?
12. Après avoir équilibré l'équation de la réaction entre le dihydrogène et le dioxygène pour former de la vapeur d'eau, Julie obtient  $4\text{H}_2\text{(g)} + 2\text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 4\text{H}_2\text{O(g)}$ . L'équation est-elle équilibrée ? Explique ta réponse.
13. Quel est le nombre d'atomes de chaque élément dans les composés suivants ?
  - a)  $2\text{NH}_4\text{NO}_2$
  - b)  $5\text{H}_2\text{SO}_4$
  - c)  $3\text{Cu}_2\text{(SO}_4\text{)}$
  - d)  $4\text{FeCl}_3$
14. Écris l'équation non équilibrée de chaque réaction.
  - a) Le chlorate de sodium réagit avec l'iodure de potassium pour former de l'iodure de sodium et du chlorate de potassium ;
  - b) Le sulfate de cuivre(II) réagit en présence de chaleur pour former du trioxyde de soufre gazeux et de l'oxyde de cuivre(II) ;
  - c) Le zinc réagit avec le nitrate de cuivre(II) pour former du cuivre et du nitrate de zinc ;
  - d) Le fer réagit avec le dioxygène pour former de l'oxyde de fer(III).
15. À la question 14, quelle équation n'est pas équilibrée ? Équilibre cette équation.
16. Le propane,  $\text{C}_3\text{H}_8$ , réagit avec le dioxygène pour former du dioxyde de carbone et de l'eau au cours du processus de combustion.
  - a) Quelle équation non équilibrée représente cette réaction ?
  - b) Équilibre cette équation.
17. Réécris chacune des équations nominatives ci-dessous sous la forme d'une équation équilibrée. (Il n'est pas nécessaire d'indiquer l'état des substances.)
  - a) iodure de potassium  $\rightarrow$  potassium + iode
  - b) nitrate de plomb(II) + chlorure de sodium  $\rightarrow$  chlorure de plomb(II) + nitrate de sodium
  - c) magnésium + nitrate d'argent  $\rightarrow$  nitrate de magnésium + argent
  - d) sodium + eau  $\rightarrow$  hydroxyde de sodium + dihydrogène
18. Équilibre les équations suivantes.
  - a)  $\text{H}_2\text{O}_2\text{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{O(l)} + \text{O}_2\text{(g)}$
  - b)  $\text{Fe(s)} + \text{H}_2\text{SO}_4\text{(aq)} \rightarrow \text{H}_2\text{(g)} + \text{Fe}_2\text{(SO}_4\text{)}_3\text{(aq)}$
  - c)  $\text{FeBr}_3\text{(s)} \rightarrow \text{FeBr}_2\text{(s)} + \text{Br}_2\text{(l)}$

## Pour le projet

Réfléchis à l'importance d'utiliser des équations chimiques équilibrées dans la planification et l'analyse d'une expérience de laboratoire.

## Prépare ton propre résumé

Dans le présent chapitre, tu as appris à nommer des composés chimiques et à les représenter par une formule. Tu as aussi appris à équilibrer des équations chimiques pour représenter des réactions. Prépare un résumé des concepts présentés dans le chapitre. Tu peux inclure des organisateurs graphiques et des illustrations. (L'annexe B peut t'aider à utiliser des organisateurs graphiques.)

Divise ton résumé en trois parties :

1. les composés ioniques et moléculaires,
2. le nom et la formule des composés ioniques et moléculaires,
3. les équations chimiques et la loi de la conservation de la masse.

## Des notions à retenir

1. Tu reconnais probablement l'odeur du chlore lorsque tu entres dans une piscine publique.
  - a) Pourquoi ajoute-t-on des composés chlorés à l'eau des piscines?
  - b) À la fin de certaines journées où les piscines publiques sont très fréquentées, on ajoute à l'eau une quantité de chlore plus grande que la normale. Pourquoi?
2. En quoi les composés ioniques et les composés moléculaires diffèrent-ils au niveau atomique?
3. Décris trois propriétés physiques des composés ioniques et trois propriétés physiques des composés moléculaires.
4. On a demandé à Maya et à Denis de nommer le composé  $S_2O_5$ . Maya a proposé le nom pentoxyde de disoufre, et Denis, disulfure de pentaoxygène. Qui a raison? Pourquoi?
5. Examine l'ordre des symboles d'éléments dans la formule de composés ioniques.
  - a) Dans la formule d'un composé ionique binaire, quel ion est le premier: l'ion positif d'un métal ou l'ion négatif d'un non-métal?
  - b) L'ordre est-il le même lorsqu'on écrit le nom du composé?

6. Comment appelle-t-on les petits chiffres dans la formule de certains composés? Que signifient ces chiffres?
7. Représente par une formule les composés formés par les éléments suivants.
  - a) aluminium et chlore
  - b) lithium et oxygène
  - c) soufre et magnésium
  - d) azote et calcium
8. Quel est le nom des composés suivants?
  - a)  $SO_3$
  - b)  $N_2O_5$
  - c)  $PCl_3$
  - d)  $P_2O_3$
9. Quelles sont les étapes à suivre pour déterminer la formule du nitrure de calcium?
10. Réfléchis aux substances chimiques qui réagissent et qui se forment lors d'une réaction chimique.
  - a) Comment appelle-t-on les composés chimiques nécessaires pour lancer une réaction?
  - b) Comment appelle-t-on les composés chimiques qui se forment au cours d'une réaction?
11. Qu'est-ce qu'un métal multivalent? Donne trois exemples dans ta réponse.
12. Lorsqu'il y a un chiffre romain dans le nom d'un composé ionique, que peux-tu dire au sujet du métal présent dans le composé?
13. Quel est le rapport du nombre d'ions de lithium au nombre d'ions d'oxygène dans l'oxyde de lithium?
14. Comment tient-on compte de la loi de la conservation de la masse lorsqu'on équilibre une équation chimique?

## Des concepts à comprendre

15. Une famille ressemble-t-elle plus à un composé ionique ou à un composé moléculaire? Explique ta réponse.
16. Pourquoi ne peut-on pas former un composé ionique binaire de lithium et de calcium?
17. Détermine la charge de l'ion métallique dans chacun des composés suivants.
  - a)  $CuSO_4$
  - b)  $CrF_3$
  - c)  $TiO_2$
  - d)  $Fe_2S_3$

18. Dans lequel ou lesquels des composés énumérés le fer a-t-il une charge de  $2+$ ?  
 $\text{FeS}$ ,  $\text{Fe}_3(\text{PO}_3)_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{FeN}$ ,  $\text{FeSO}_4$ ,  
 $\text{Fe}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$
19. Quelle est la formule des composés suivants?  
 a) hexaoxyde de tétraphosphore  
 b) monoxyde de diazote  
 c) tétrafluorure de soufre  
 d) disulfure de carbone
20. Quel est le nom des composés suivants?  
 a)  $\text{SnO}$     b)  $\text{PbCl}_2$     c)  $\text{Fe}_2\text{S}_3$     d)  $\text{NiN}$
21. Quelle est la formule des composés suivants?  
 a) carbonate de fer(II)  
 b) chromate d'étain(IV)  
 c) phosphate d'ammonium  
 d) acétate de cuivre(I)
22. L'octane,  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ , est un composant de l'essence. Au cours de la combustion, l'octane réagit avec le dioxygène pour produire du dioxyde de carbone gazeux et de la vapeur d'eau.  
 a) Quels sont les réactifs et les produits?  
 b) Représente cette réaction par une équation non équilibrée.  
 c) Équilibre l'équation.
23. Écris l'équation non équilibrée de chaque réaction. (Tu n'as pas à indiquer l'état des substances.)  
 a) sulfate de calcium + hydroxyde de potassium  $\rightarrow$  hydroxyde de calcium + sulfate de potassium  
 b) baryum + eau  $\rightarrow$  hydroxyde de baryum + dihydrogène  
 c) sulfure de cuivre(I) + dioxygène  $\rightarrow$  oxyde de cuivre(I) + dioxyde de soufre  
 d) nitrure de magnésium + eau  $\rightarrow$  oxyde de magnésium + trihydrure d'azote
24. Équilibre les équations de la question 23.
25. Équilibre les équations suivantes.  
 a)  $\text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\ell) \rightarrow \text{HNO}_3(\text{aq})$   
 b)  $\text{CH}_4(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{HCl}(\text{g}) + \text{CO}(\text{g})$   
 c)  $\text{Mg}(\text{OH})_2(\text{s}) + \text{HNO}_3(\text{aq}) \rightarrow \text{Mg}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\ell)$   
 d)  $\text{Na}_2\text{S}(\text{aq}) + \text{HBr}(\text{aq}) \rightarrow \text{NaBr}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{S}(\text{g})$
26. Représente chaque réaction par une équation nominative, une équation non équilibrée et une équation équilibrée qui inclut l'état des substances.  
 a) Le diazote réagit avec le dibrome pour former du tribromure d'azote gazeux.  
 b) Le trichlorure de phosphore liquide réagit avec le dichlore pour former du pentachlorure de phosphore solide.  
 c) Le nitrate d'argent aqueux (en solution) réagit avec le cuivre solide pour former du nitrate de cuivre(II) aqueux (en solution) et de l'argent solide.
27. Le bicarbonate de soude,  $\text{NaHCO}_3(\text{s})$ , et l'acide citrique,  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7(\text{s})$ , réagissent en solution (dans l'eau) pour former du dioxyde de carbone, de l'eau et du citrate de sodium,  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7(\text{aq})$ . (Voir l'activité de départ au début du chapitre.)  
 a) Le citrate de sodium est un composé ionique. Quelle est la charge de l'ion négatif? Comment le sais-tu?  
 b) Représente la réaction par une équation non équilibrée.  
 c) Représente la réaction par une équation équilibrée qui inclut l'état des substances.

## Au quotidien

Selon la loi de la conservation de la masse, une réaction chimique ne change rien à la quantité de matière. Quels liens peut-on faire entre cette loi et les trois R (réduire, réutiliser et recycler)? Quels liens peut-on faire entre cette loi et les principes de la chimie verte, décrite à la page 136? Étant donné que la quantité de matière sur la Terre est plus ou moins constante, quelle influence la loi de la conservation de la masse peut-elle avoir sur notre façon d'utiliser des ressources naturelles comme le pétrole et le gaz naturel?