

# Les chercheurs se servent de la théorie particulaire de la matière pour mesurer la température de la Terre

Imagine que tu es dans un avion au-dessus d'une ville où une grande foule court un marathon. De l'avion, tu ne peux probablement pas voir chaque personne courir. En fait, cela ressemblerait plutôt à un fluide qui coule lentement. Mais, si tu étais dans cette rue, tu pourrais voir chaque personne courir. Peut-être que tu verrais des coureurs se bousculer par accident et tu pourrais remarquer que certains d'entre eux courent plus vite que d'autres. De la rue, le marathon a l'air tout à fait différent de ce qu'on voit d'un avion.

À la lecture de ce chapitre, tu découvriras que tous les fluides qui s'écoulent sont faits de particules individuelles qui se bousculent en bougeant. La matière est composée de particules trop petites pour être visibles à l'œil nu. Si tu comprends le mouvement de ces particules, tu comprendras ce qui fait la température. Tu pourras aussi comprendre pourquoi la matière change d'aspect et de comportement quand la température change.



## Mon organisateur graphique\*

Habiletés en lecture et en étude

Fabrique l'organisateur graphique suivant en vue de noter ce que tu apprendras au cours du chapitre 5.

## Ce que tu apprendras

Dans ce chapitre, tu pourras :

- **expliquer** la théorie particulaire de la matière ;
- **décrire** les trois états de la matière ;
- **décrire** le lien entre l'énergie cinétique et la température ;
- **expliquer** la réaction de chaque état de la matière aux changements de température ;
- **utiliser** la théorie particulaire pour expliquer la dilatation et la contraction de la matière.

## Pourquoi est-ce important ?

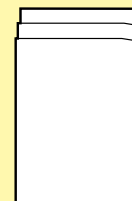
Comprendre l'action des particules qui composent la matière va t'aider à comprendre le gel, le dégel et l'évaporation des substances. Savoir pourquoi les objets se contractent et se dilatent est important pour construire des structures sûres, comme les édifices et les ponts. Savoir comment l'énergie thermique se transfère d'une substance à une autre sert à créer des isolants pour les maisons et à cuire la nourriture.

## Les habiletés que tu utiliseras

Dans ce chapitre, tu devras :

- **utiliser** et **lire** un thermomètre, correctement et en toute sécurité, pour recueillir des données ;
- **compiler** et **afficher** des données à l'aide de tableaux et de graphiques ;
- **énoncer** une prédiction fondée sur les données du problème.

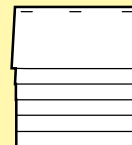
**ÉTAPE 1** **Empile** trois feuilles de papier de sorte que le haut de chacune dépasse celle de devant de 2 à 3 cm. (**Astuce** : il y a environ 2,5 cm entre le bout de ton index et la première jointure.)



**ÉTAPE 2** **Ramène** le bas des feuilles vers le haut en **alignant** les bords pour former six onglets de la même taille. **Plie** les feuilles.



**ÉTAPE 3** **Agrafe** les feuilles le long du pli.



**ÉTAPE 4** **Écris** les titres suivants sur les onglets.

Chapitre 5
Les chercheurs se servent de la théorie particulaire de la matière pour mesurer la température de la Terre
Expliquer la théorie particulaire de la matière
Décrire les trois états de la matière
Décrire le lien entre l'énergie cinétique et la température
Expliquer la réaction de chaque état de la matière aux changements de température
Utiliser la théorie particulaire pour expliquer la dilatation et la contraction de la matière

**Organise** Au fil de ta lecture du chapitre, note les nouveaux termes et les définitions dans l'espace sous les onglets, et utilise la théorie particulaire de la matière pour expliquer la température et son action sur la matière.

\*Tiré et adapté de *Dinah Zike's Teaching Mathematics with Foldables*, Glencoe/McGraw-Hill, 2003.

## 5.1 La théorie particulaire de la matière

### Mots clés

énergie cinétique  
matière  
température  
théorie particulaire  
de la matière

### Le savais-tu ?

Une goutte d'eau contient environ 3 000 000 000 000 000 000 de particules ( $3 \times 10^{21}$ ).

La matière est tout ce qui a une masse et un volume. Selon la théorie particulaire de la matière, toute matière est composée de minuscules particules. Celles-ci sont toujours en mouvement, elles sont espacées et sont attirées les unes vers les autres. L'énergie du mouvement est l'énergie cinétique. La température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules qui composent un objet ou une substance.

La **matière** est tout ce qui a une masse et un volume. Ce manuel est de la matière. L'eau que tu bois aussi. Même si tu ne le vois pas, l'air que tu respires est de la matière. Mais pas la lumière du Soleil. C'est une forme d'énergie que tes yeux détectent. La lumière solaire aide les plantes à pousser, mais c'est de l'énergie, pas de la matière.

Les édifices de la figure 5.1 sont aussi de la matière. Même si c'est difficile à croire, les édifices de la photo A sont construits en blocs Lego<sup>MD</sup>, comme ceux de la photo B. Il a fallu bien joindre les blocs, un à un, au bon endroit, pour créer ces modèles réduits d'édifices.



**Figure 5.1** Imagine le temps et l'attention que cela demande pour construire ces édifices (A), un bloc Lego<sup>MD</sup> à la fois (B).

Ces édifices en blocs Lego<sup>MD</sup> pourraient être utilisés comme modèles pour expliquer toutes les formes de matière. La matière est entièrement composée de particules. Par contre, les particules de la matière sont trop petites pour être visibles à l'œil nu. Le type de particules et la façon dont elles sont liées ensemble déterminent la substance et son comportement. Par exemple, les particules qui composent l'eau sont différentes des particules qui composent le sel ou le sucre.

Toute forme de matière est composée de minuscules particules qui sont espacées les unes des autres. Pour cette activité d'exploration, tu reproduiras la théorie particulaire de la matière pour montrer qu'il y a de l'espace entre les particules.

### Consignes de sécurité



- L'éthanol est toxique. Prends soin d'essuyer les éclaboussures.

### Matériel

- un entonnoir
- de l'eau
- deux cylindres gradués de 100 mL
- un cylindre gradué de 250 mL
- 50 mL d'éthanol
- des billes
- 50 mL de sable
- un agitateur

### Ce que tu dois faire

1. Reproduis le tableau de données suivant. Prédis le volume total à chaque essai et note ta prédiction dans le tableau.



Essai	Volumes	Volume total prédit (mL)	Volume total réel (mL)
1	50 mL d'eau 50 mL d'eau		
2	50 mL d'eau 50 mL d'éthanol		
3	50 mL de billes 50 mL de sable		
4	Essai n° 3 + 50 mL d'eau		

#### Essai 1 De l'eau et de l'eau

2. À l'aide d'un entonnoir, verse soigneusement 50 mL d'eau dans chacun des deux cylindres gradués de 100 mL.
3. Verse l'eau d'un des deux cylindres dans l'autre cylindre. Brasse l'eau avec l'agitateur. Note le volume total dans ton tableau.

#### Essai 2 De l'eau et de l'éthanol

4. Verse soigneusement 50 mL d'eau dans un cylindre gradué de 100 mL, et 50 mL d'éthanol dans l'autre cylindre.
5. Verse le contenu d'un des deux cylindres dans l'autre cylindre. Brasse le tout avec l'agitateur. Note le volume total dans ton tableau.

#### Essai 3 Des billes et du sable

6. Dépose des billes dans le cylindre gradué de 250 mL jusqu'à la ligne de 50 mL.
7. Verse 50 mL de sable dans l'un des deux autres cylindres, en ayant pris soin de bien l'essuyer avant.
8. Verse les 50 mL de sable dans le cylindre qui contient les billes. Note le volume total dans ton tableau (garde le mélange tel quel pour l'essai 4).

#### Essai 4 Des billes, du sable et de l'eau

9. Verse soigneusement 50 mL d'eau dans un cylindre gradué de 100 mL. Ensuite, verse l'eau dans le mélange de billes et de sable. Note le volume total dans ton tableau.
10. Vide les cylindres, nettoie-les et range le matériel utilisé.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Si le mélange des deux volumes de 50 mL d'eau n'a pas donné 100 mL, explique pourquoi.
2. Si le mélange de 50 mL d'eau et de 50 mL d'éthanol n'a pas donné 100 mL, explique pourquoi.
3. Si le mélange de 50 mL de billes et de 50 mL de sable n'a pas donné 100 mL, explique pourquoi.
4. Si le mélange de 50 mL de billes, de 50 mL de sable et de 50 mL d'eau n'a pas donné 150 mL, explique pourquoi.
5. Si tu versais les substances de l'essai 3 dans un cylindre, mais dans l'ordre inverse (le sable puis les billes), le volume total serait-il plus grand ou plus petit ? Explique ta réponse.



## Lien terminologique

Le mot « cinétique » vient du mot grec *kinetikos*, qui signifie le mouvement, le déplacement. C'est ce même mot grec qui est à l'origine du mot « cinéma » (images en mouvement).



**Figure 5.2** La quantité d'énergie cinétique d'une balle détermine la force avec laquelle elle frappe le gant du receveur. Les balles rapides peuvent piquer ta main même si tu as un gant de receveur.

## La théorie particulaire

La théorie selon laquelle la matière est composée de particules s'appelle la **théorie particulaire de la matière**. Voici les éléments essentiels de cette théorie :

- Toute la matière est faite de minuscules particules.
- Ces particules sont en constant mouvement — elles ont de l'énergie. Leur mouvement augmente lorsque la température augmente.
- Il existe des espaces entre les particules.
- Il y a des forces d'attraction entre les particules.
- Les particules d'une substance diffèrent des particules des autres substances.

## L'énergie cinétique

Toutes les particules de la matière sont en mouvement. Donc, elles ont de l'énergie. L'énergie produite par le mouvement des particules d'un objet s'appelle l'**énergie cinétique**. Quelles propriétés des objets ont un effet sur leur énergie cinétique ?

Imagine que tu es le receveur à un match de baseball (voir la figure 5.2). Qu'est-ce qui frapperait le plus fort ton gant : une balle lente ou une balle rapide ? Même si tu n'as jamais été receveur, tu sais sans doute que la balle rapide va frapper ton gant plus fort que la balle lente. Plus un objet augmente de vitesse, plus son énergie cinétique augmente et le rend plus difficile à arrêter.

Maintenant, imagine une partie de quilles, comme à la figure 5.3. Quand tu réussis un abat, les quilles sont fauchées d'un coup.

Qu'arriverait-il aux quilles si tu faisais rouler une balle de baseball sur l'allée à la même vitesse qu'une boule de quilles ? Les quilles bougeraient sans doute un peu, mais ne tomberaient peut-être même pas. Une boule de quilles qui se déplace à la même vitesse qu'une balle de baseball a beaucoup plus d'énergie cinétique. Quand deux objets se déplacent à la même vitesse, celui qui a la plus grande masse a aussi plus d'énergie cinétique. Donc, la masse et la vitesse ont un effet sur l'énergie cinétique des objets.



**Figure 5.3** Quand on lance bien une boule de quilles, les quilles s'abattent dans tous les sens. Qu'arriverait-il si on faisait plutôt rouler une balle de baseball ou de golf sur l'allée, à la même vitesse que la boule de quilles ?

## L'énergie cinétique moyenne

Les sports et les jeux où il y a des balles ou des boules en mouvement sont d'excellents exemples pour étudier le mouvement

des particules. Le billard permet d'analyser le mouvement de plusieurs boules en même temps. Quand le premier joueur frappe les boules en position de départ, celles-ci se déplacent dans toutes les directions (voir la figure 5.4). Chaque boule a de l'énergie cinétique, mais il est peu probable que deux boules aient la même quantité d'énergie cinétique. Tu pourrais déterminer leur énergie en trouvant l'énergie cinétique moyenne de toutes les boules. Tu trouveras dans l'activité Réfléchis bien qui suit un exemple pour trouver l'énergie cinétique moyenne.



Figure 5.4 Même si tu ne joues pas au billard, tu peux en apprendre beaucoup sur le mouvement en étudiant la vitesse et la direction des boules.

## Énergie cinétique moyenne

### 5-1B

## Réfléchis bien

Tu découvriras que l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance est une caractéristique importante de la matière. Tu peux t'exercer à calculer l'énergie cinétique moyenne des boules de billard pour apprendre à trouver l'énergie moyenne.

Note que l'unité de mesure de l'énergie cinétique est le joule (J).

### Ce que tu dois faire

1. Examine l'exemple suivant, qui permet de trouver une moyenne.

Voici l'énergie cinétique de 15 boules de billard au moment où la boule blanche les frappe.

0,95 J	1,21 J	1,10 J	0,90 J	0,82 J
0,86 J	0,79 J	1,35 J	1,08 J	1,03 J
1,05 J	0,91 J	0,77 J	0,88 J	1,11 J

Trouve l'énergie cinétique moyenne des boules en additionnant l'énergie de chaque boule, puis en divisant le total par le nombre de boules (15).



$$0,95 \text{ J} + 0,86 \text{ J} + 1,05 \text{ J} + 1,21 \text{ J} + 0,79 \text{ J} + 0,91 \text{ J} + 1,10 \text{ J} + 1,35 \text{ J} + 0,77 \text{ J} + 0,90 \text{ J} + 1,08 \text{ J} + 0,88 \text{ J} + 0,82 \text{ J} + 1,03 \text{ J} + 1,11 \text{ J} = 14,81 \text{ J}$$

$$\frac{14,81 \text{ J}}{15} = 0,99 \text{ J}$$

L'énergie cinétique moyenne des 15 boules est de 0,99 J.

2. Trouve l'énergie cinétique moyenne des boules, à l'aide des valeurs d'énergie suivantes :

0,92 J	1,09 J	1,23 J	0,94 J	0,85 J
0,89 J	0,81 J	1,04 J	1,02 J	1,14 J
1,12 J	0,72 J	0,74 J	0,85 J	0,91 J

### Qu'as-tu découvert ?

1. Si tu compares l'énergie cinétique moyenne avec l'énergie cinétique de chacune des boules, y a-t-il une grande différence, une petite, ou les valeurs sont assez proches ?
2. Selon toi, combien de temps faudrait-il pour calculer l'énergie cinétique moyenne de 100 particules ?

## Vérifie ta lecture

1. Explique la théorie particulaire de la matière.
2. Quelle sorte d'énergie est associée au mouvement d'un objet ?
3. Nomme deux caractéristiques d'un objet qui permettent de déterminer la quantité d'énergie cinétique qu'il possède.

## L'énergie cinétique et la température

Quand il fait froid dehors et que tu n'as pas de gants, tu frottes parfois tes mains ensemble pour les réchauffer. Comme tes mains sont en mouvement, elles ont de l'énergie cinétique. Quand tu te frottes les mains, les particules de peau dans tes mains se mettent à bouger plus vite. Mais comment se fait-il que ce mouvement, ou cette énergie cinétique, réchauffe tes mains ? Tu trouveras dans l'activité Réfléchis bien qui suit d'autres indices pour comprendre le lien entre l'énergie cinétique et la température.

### Trouver le lien

5-1C

### Réfléchis bien

En observant les images ci-dessous, pense au mouvement des particules de la matière. Selon la théorie particulaire, les particules sont toujours en mouvement, même si l'objet lui-même ne bouge pas. Tu ne peux pas voir le mouvement des particules parce qu'elles bougent au hasard et dans plusieurs directions. Comment pourrais-tu mesurer le mouvement de minuscules particules que tu ne vois même pas ?

#### Ce que tu dois faire

Observe attentivement chaque image. Puis, réponds aux questions suivantes :

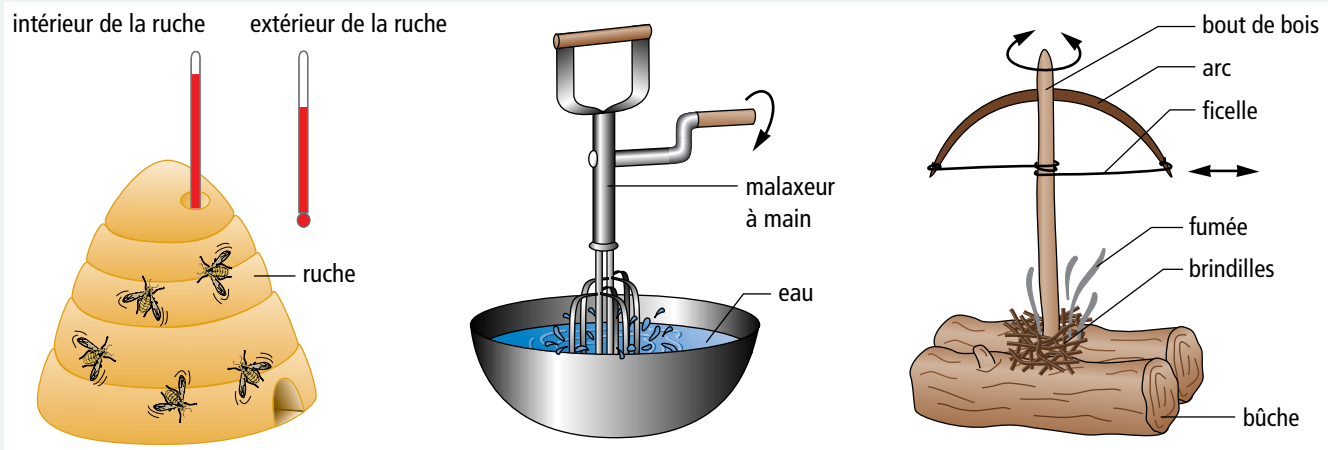


1. Les abeilles peuvent changer la température dans leur ruche en battant rapidement des ailes. Explique ce qui arrive :
  - a) au mouvement des particules d'air dans la ruche,
  - b) à la température de l'air dans la ruche.

2. Lors d'une expérience célèbre, James Joule a observé la température de l'eau pendant qu'un malaxeur mécanique la brassait rapidement. Explique ce qui est arrivé :
  - a) au mouvement des particules d'eau,
  - b) à la température de l'eau.
3. Autrefois, pour allumer un feu, les gens utilisaient un bout de bois qu'ils faisaient tourner en le frottant à un autre morceau de bois.
  - a) Qu'arrivait-il à la température à l'extrémité du bout de bois ?
  - b) Selon toi, qu'est-ce qui faisait changer la température des particules de bois ?

#### Qu'as-tu découvert ?

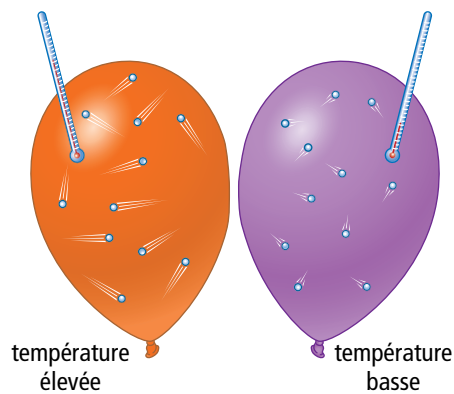
1. Quelle est la caractéristique commune qui a changé la température, dans chaque exemple que tu as analysé ?



Quand un gros objet, comme une boule de quilles ou de billard, a de l'énergie cinétique, il se déplace. Mais quand les particules qui composent cet objet ont une énergie cinétique, elles ne se déplacent pas. Plutôt, elles vibrent, elles avancent et reculent en restant presque sur place. Mais elles se cognent constamment contre les autres particules et, ainsi, elles changent de direction.

Maintenant, pense à quand tu frottes tes mains ensemble. En les frottant ainsi, tu fais vibrer les particules de tes mains plus vite, et tes mains se réchauffent. En fait, la température de tes mains a vraiment augmenté. La température est directement reliée à l'énergie cinétique des particules d'un objet.

Les particules des objets ou des substances n'ont pas toutes la même quantité d'énergie cinétique. Par contre, tu pourrais trouver leur énergie cinétique moyenne, comme tu l'as fait avec les boules de billard. Heureusement, tu n'as pas besoin de mesurer ou de calculer l'énergie cinétique de toutes les particules pour trouver leur énergie cinétique moyenne. La **température** d'une substance est une mesure de l'énergie cinétique moyenne de ses particules. À la figure 5.5, tu peux voir le lien entre la température et l'énergie cinétique. Quand les particules sont de la même grosseur, celles qui bougent vite ont plus d'énergie cinétique que celles qui bougent lentement. Quand l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance est élevée, la température de la substance est élevée.



**Figure 5.5** La température de l'air dans le ballon orange est plus élevée que celle dans le ballon violet parce que ses particules ont plus d'énergie cinétique.

### Vérifie ta lecture

1. Explique pourquoi les particules d'un objet peuvent être en mouvement, même si l'objet ne bouge pas.
2. Quel est le lien entre l'énergie cinétique des particules d'un objet et la température de cet objet ?
3. Explique comment calculer la moyenne d'un ensemble de valeurs.



Lien

Internet

Puisque tu ne peux pas voir le mouvement des particules d'un objet ou d'une substance, il est peut-être difficile de comprendre leur mouvement. Mais tu peux voir des animations dans Internet qui montrent le mouvement des particules en fonction de la température. Pour trouver une animation, commence ta recherche à l'adresse indiquée ci-dessous et suis les étapes.  
[www.cheneliere.ca](http://www.cheneliere.ca)

### Le savais-tu ?

Quand les scientifiques ont conçu les échelles de température, ils n'avaient pas encore découvert le lien entre la température et l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance. La température et l'énergie sont des quantités différentes, ayant des unités de mesure différentes, et elles ne peuvent pas être égales. Ainsi, la température est liée à l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance, mais elle n'est pas de mesure égale à cette énergie.



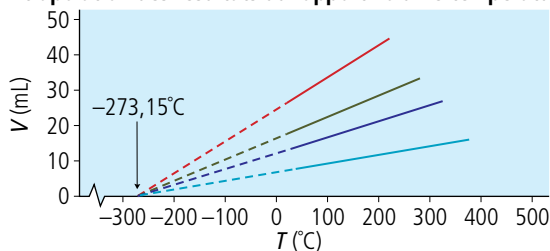
## Le zéro absolu : le froid le plus froid

Au chapitre 4, tu as vu que  $-273,15\text{ °C}$  est la plus basse température possible. Pourquoi rien ne peut être plus froid ? Tu as appris que la température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance. Donc, quand les particules n'ont aucune énergie cinétique, la température est au plus froid possible.

L'échelle de température Kelvin a été inventée en 1848. Comment les scientifiques de l'époque ont-ils fait pour découvrir que le zéro absolu de la température est  $-273,15\text{ °C}$  ? Ils n'avaient même pas de réfrigérateurs ! Ils ont utilisé une technique mathématique qu'on appelle l'*extrapolation*. Extrapoler signifie prolonger une ligne dans un graphique plus loin que les valeurs affichées. En faisant des expériences sur les gaz, les scientifiques ont recueilli des données et les ont notées dans un graphique.

Quand l'énergie cinétique des particules de gaz baisse, ces particules heurtent moins souvent et moins fort les parois du contenant. Si ces parois sont souples, le contenant va rapetisser. Donc, plus la température d'un gaz diminue, plus son volume diminue. Les scientifiques ont mesuré le volume d'échantillons de gaz à plusieurs températures. Ensuite, ils ont noté les données dans un graphique comme celui ci-dessous. Ils ont tracé une ligne pour relier les valeurs mesurées et ont pu extrapoler la valeur de la température au volume zéro en prolongeant la ligne jusqu'à zéro. Peu importe la taille

Extrapolation des résultats du rapport volume-température



de l'échantillon ou le type de gaz, la ligne arrivait toujours à  $-273,15\text{ °C}$ . Les trois lignes sur le graphique représentent trois échantillons différents de gaz, testés dans des conditions différentes.

Aujourd'hui, les scientifiques tentent d'obtenir la température la plus proche possible du zéro absolu. Ils ont inventé des techniques qui utilisent le magnétisme, et des lasers qui peuvent refroidir les particules presque jusqu'au zéro absolu. En 2001, trois physiciens, Carl Wieman, Eric Cornell et Wolfgang Ketterle, ont remporté le prix Nobel de physique. Dans le cadre de leur projet, ils ont réussi à baisser la température de quelques très petites particules à  $0,000\,000\,170\text{ °K}$ . En étudiant la matière à ces températures extrêmement basses, les scientifiques en découvriront davantage sur les plus petites particules de la matière et ils pourront ainsi développer de nouvelles technologies. Tu peux voir ci-dessous certains des instruments utilisés par ces scientifiques gagnants du prix Nobel.



### Questions

1. Explique pourquoi il est impossible de refroidir une substance en bas du zéro absolu.
2. Y a-t-il une plus haute température possible ? Fais une recherche dans Internet pour le découvrir.
3. Quelle est la température la plus froide que tu aies jamais ressentie ?

## Des concepts à retenir

1. Donne la définition de la matière. Donne un exemple de quelque chose qui n'est pas de la matière.
2. Présente les éléments essentiels de la théorie particulaire de la matière.
3. En quoi l'énergie cinétique des particules d'une boule de quilles est-elle différente de l'énergie cinétique de la boule pendant qu'elle roule sur l'allée ?
4. Un bâton de baseball frappe deux balles identiques. L'une des balles vole à une vitesse de 35 mètres/seconde ; l'autre, à 23 mètres/seconde. Laquelle des deux balles a le plus d'énergie cinétique ? Explique ta réponse.



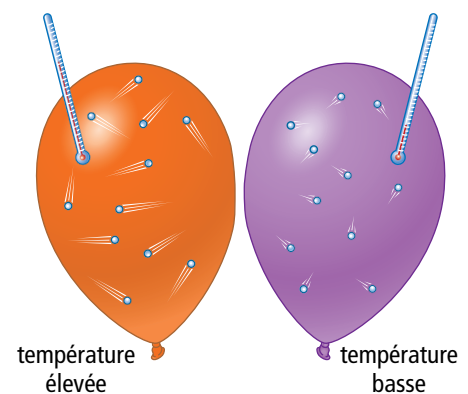
5. Une boule de billard et une balle de ping-pong se déplacent à la même vitesse. Laquelle a le plus d'énergie cinétique ? Explique ta réponse.
6. Trouve l'erreur dans l'affirmation suivante : « La température d'un objet est une mesure de son énergie cinétique ». Réécris l'affirmation en corrigeant l'erreur.

## Des concepts clés à comprendre

7. Au début du chapitre, tu as vu des images d'édifices en blocs Lego<sup>MD</sup>. Elles servaient à comprendre la théorie particulaire de la matière. Imagine un autre exemple pour expliquer la théorie particulaire. Explique-le en un paragraphe.
8. Explique pourquoi tes mains se réchauffent quand tu les frottes ensemble. De quelle autre façon pourrais-tu utiliser le mouvement pour te réchauffer ?
9. Une balle de golf est restée au soleil, tandis qu'une autre est restée à l'ombre. Les particules de quelle balle ont l'énergie cinétique moyenne la plus élevée ? Explique ta réponse.

## Pause réflexion

Voici de nouveau les ballons de la figure 5.5. Observe bien l'image pour découvrir une petite erreur que tu pourrais corriger. Pense au nombre de particules dans les ballons et à leur vitesse dans chacun d'eux. Pense au volume des ballons. Explique l'erreur dans l'image. Redessine les ballons pour corriger l'erreur.



## 5.2 Les états de la matière

### Mots clés

contraction thermique  
dilatation thermique  
gaz  
liquide  
solide

Les trois états les plus courants de la matière sont : solide, liquide et gazeux. La théorie particulaire aide à expliquer ces trois états. Peu importe son état, la matière va toujours se dilater à la chaleur et se contracter au froid.



**Figure 5.6** Si tu regardes rapidement cette photo d'un iceberg, tu ne vois peut-être que sa beauté. Mais en regardant bien, tu peux apprendre beaucoup de choses sur les états de la matière.

### Le savais-tu ?

Quand tu étudies les états de la matière, tu entends habituellement parler des états liquide, solide et gazeux, mais il existe deux autres états. Quand la matière devient extrêmement chaude, les charges positives et négatives des particules se séparent et forment un gaz électrisé. Cet état de la matière s'appelle le plasma. Quand la matière devient extrêmement froide, très proche du zéro absolu, les petites particules s'affaissent et se collent ensemble pour former un autre état de la matière : le condensat de Bose-Einstein.

Peux-tu décrire tous les états de l'eau présents dans la figure 5.6 ? L'iceberg est de l'eau solide. L'océan, bien sûr, est de l'eau liquide. Les nuages sont aussi de l'eau liquide. Les nuages sont composés de gouttelettes d'eau si petites qu'elles ne tombent pas sur Terre. La présence des nuages indique qu'il doit y avoir aussi des vapeurs d'eau dans l'air. La vapeur est l'état gazeux de l'eau. Donc, il y a dans cette figure trois états de la matière en même temps : solide, liquide et gazeux.

Savais-tu que l'eau est la seule substance qu'on trouve naturellement dans les trois états en même temps sur Terre ? Qu'est-ce qui fait que certaines substances sont solides, d'autres liquides ou gazeuses, selon la température qu'il fait sur Terre ? Dans ce chapitre, tu apprendras à définir les solides, les liquides et les gaz. Aussi, tu apprendras comment les particules d'une substance déterminent son état. Ensuite, tu découvriras comment les changements de température agissent sur la matière dans les différents états.



Tu examineras quelques objets et quelques substances et tu les classeras parmi les solides, les liquides ou les gaz. Ensuite, tu discuteras en classe des doutes que tu as eus.

### Matériel

- une roche
- une guimauve
- un carré de dessert à la gélatine (Jell-O<sup>MD</sup> ou autre)
- un verre de lait
- de la crème fouettée d'un aérosol
- un bocal et son couvercle
- un verre d'eau
- de l'huile végétale

### Consignes de sécurité

- Ne mets aucun des objets analysés dans ta bouche.

### Ce que tu dois faire

1. Observe chaque objet et note si c'est un solide, un liquide ou un gaz.
2. Si tu as un doute, explique pourquoi tu doutes.
3. Pour chaque état de la matière, note les caractéristiques qui te permettent de dire que cet objet est un solide, un liquide ou un gaz.
4. En classe, discute des difficultés que tu as eues à classer les objets ou à définir les caractéristiques de l'un des états de la matière.



### Qu'as-tu découvert ?

1. Explique les difficultés que tu as eues à définir ce qui fait qu'un objet est un solide, un liquide ou un gaz.
2. Y a-t-il des objets sur lesquels tous les élèves ne s'entendaient pas en ce qui concerne leur état ? Si oui, lesquels ?



## Décrire les états de la matière

Si tu regardes les photos de la figure 5.7, tu peux facilement reconnaître le solide, le liquide et le gaz. Par contre, si on te demandait d'expliquer ce que tu entends par solide, par liquide ou par gaz, sans t'aider d'une photo, pourrais-tu donner une explication claire ?



**Figure 5.7** A) Tu connais peut-être l'expression « solide comme le roc ». Qu'est-ce qu'elle signifie, selon toi ? B) Est-ce que cette photo t'aide à décrire la forme d'un liquide ? C) De nombreux gaz sont invisibles, mais celui-ci a une couleur rougeâtre.

## Le savais-tu ?

Les scientifiques ont trouvé des signes qui montrent que la majeure partie de la planète géante Jupiter est composée d'une étrange substance, juste au-dessous de la surface nuageuse. Cette substance est composée d'hydrogène métallique sous forme liquide. Puisque l'hydrogène sur cette planète subit une pression 4 000 000 de fois plus forte que l'atmosphère de la Terre, il coule comme un liquide, mais en plus, il conduit le courant électrique comme un métal.

L'état **solide** est l'état de la matière qui a une forme définie. La forme d'un solide ne change pas si tu le poses dans un contenant ou sur la table. Tu pourrais casser un solide, comme la roche de la figure 5.7A, à la page précédente, en le frappant avec un marteau. Alors, tu verrais des morceaux solides plus petits. De plus, un solide a toujours le même volume. Même si tu essayais de le compresser, son volume ne changerait pas. Mais tu pourrais changer sa forme, par exemple en pliant un morceau de plastique. Tu pourrais faire sortir l'air d'un objet comme une éponge, mais en faisant cela, tu ne changerais toujours pas le volume du solide.

Un **liquide** n'a pas de forme en soi. Si tu verses un liquide dans un contenant, il prend la forme du contenant et a une surface plane. La figure 5.7B montre des liquides qui ont pris de drôles de formes. Quelle est la forme des contenants de lait et de jus dans ton réfrigérateur ? Les liquides aussi ont toujours le même volume, tant que la température ne change pas. Tu peux toujours exercer une pression sur un liquide, son volume ne changera presque pas. Tu pourrais parfois penser que tu as réduit son volume, mais en fait, tu as probablement fait éclater des bulles d'air.

Un **gaz** n'a aucune forme et aucun volume en soi. Il prend la forme du contenant où il se trouve et le remplit complètement. Le gaz de la figure 5.7C a une couleur rougeâtre, pour que tu puisses voir qu'il remplit le contenant. Les gaz se dilatent et se contractent facilement pour s'adapter au volume des contenants. Tu trouveras un résumé des caractéristiques des solides, des liquides et des gaz à la figure 5.8 ci-dessous.

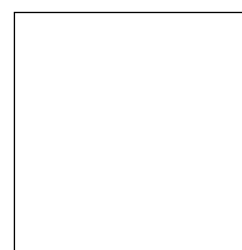
**Figure 5.8** Les définitions suivantes vont t'aider à identifier les états de la matière. Sers-toi de ces définitions pour réviser tes classements dans l'Activité d'exploration 5-2A, à la page précédente.



État solide



État liquide



État gazeux

### Solide

- Un solide a une forme définie.
- Sa forme ne change pas pour s'adapter au contenant.

### Liquide

- La forme d'un liquide épouse la forme du contenant.
- Un liquide a une surface dans le contenant.

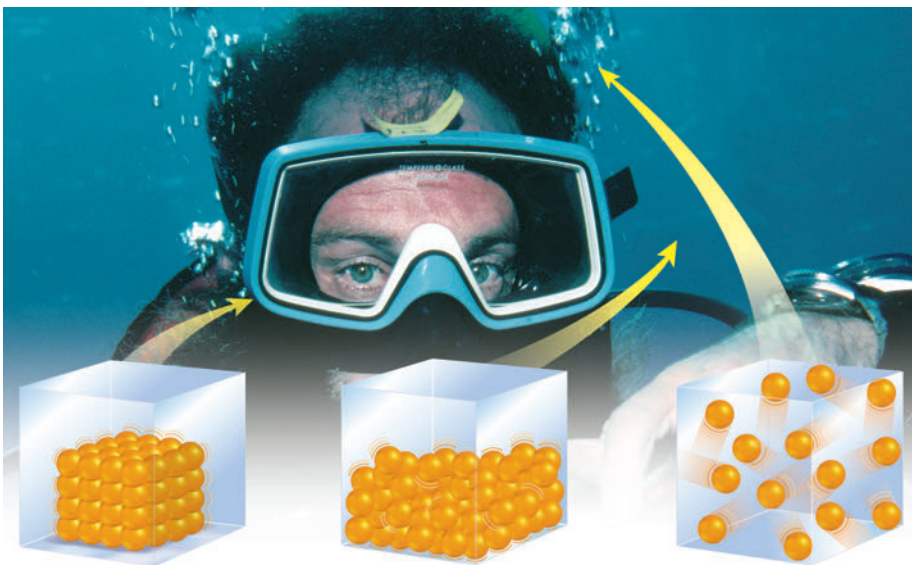
### Gaz

- La forme d'un gaz change selon la forme du contenant.
- Un gaz n'a pas de surface dans un contenant parce qu'il le remplit complètement.

Si tu comparais la masse, pour un même volume, d'un solide, d'un liquide et d'un gaz, quel serait le résultat ? Par exemple, comment se compareraient les masses d'un litre de gaz, d'un litre de liquide et d'un litre de solide ? Puisqu'il y a beaucoup d'espace entre les particules d'un gaz, la masse d'un litre de gaz serait très petite. La masse d'un litre de solide ou de liquide est beaucoup plus grande que celle d'un litre de gaz quand la température et la pression sont les mêmes. La masse d'un litre de solide ou de liquide varie selon les substances que tu compares. Par exemple, une boule de plomb solide aurait une plus grande masse qu'une boule d'aluminium de la même grosseur.

## Le modèle particulaire et les états de la matière

Le modèle particulaire de la matière pourrait t'aider à comprendre pourquoi certaines substances sont solides, d'autres liquides ou gazeuses, dans les mêmes conditions. Examine la figure 5.9 pour voir de quelle façon les particules se combinent pour former des solides, des liquides ou des gaz.



**Figure 5.9** Les particules des solides sont très rapprochées. Celles des liquides peuvent glisser les unes sur les autres. Les particules des gaz sont très éloignées. Elles se cognent ensemble et rebondissent.

Les particules des solides sont très rapprochées. Chaque particule est fortement attirée par ses voisines. Les particules restent donc proches les unes des autres, comme des enfants qui se tiennent la main (voir la figure 5.10). Chaque particule peut bouger en vibrant un peu, mais elle ne se sépare pas de ses voisines.



**Figure 5.10** Les enfants qui se tiennent par la main représentent la grande force d'attraction qui agit entre les particules d'un solide. Tant que les enfants se tiennent la main, ils peuvent bouger, mais ils vont toujours tenir la main des mêmes camarades. Les particules d'un solide aussi peuvent bouger un peu, mais la force d'attraction va les empêcher de se séparer des particules voisines.





**Figure 5.11** Pendant une danse carrée, les danseurs tiennent la main de leur partenaire, puis la lâchent pour prendre la main de quelqu'un d'autre. Par contre, chaque danseur tient toujours la main de quelqu'un tout en dansant autour du cercle.

### Le savais-tu ?



Si la quantité d'eau nécessaire pour remplir ce pichet devenait un gaz, elle remplirait environ quatre réfrigérateurs.

Les particules des liquides sont aussi très proches et sont aussi attirées les unes vers les autres par une force d'attraction. Par contre, ces particules peuvent glisser sur leurs voisines et se déplacer. C'est un peu comme les gens qui exécutent une danse carrée, à la figure 5.11 : ils dansent en changeant tout le temps de partenaire et en se déplaçant autour des autres, mais ils tiennent toujours la main de quelqu'un.

Les particules des gaz ne se touchent pas. Elles sont à une grande distance les unes des autres. Ces particules entrent en collision et rebondissent lorsqu'elles se rencontrent ou lorsqu'elles frappent une paroi. Les forces d'attraction entre ces particules sont très petites. Ces particules sont comme les enfants qui jouent au chat à la figure 5.12. Ils courent dans toutes les directions et ne se tiennent jamais la main.



**Figure 5.12** Quand les enfants jouent au chat, ils essaient de rester le plus loin possible de celui ou de celle qui est le chat. Ils courent dans toutes les directions et ne se tiennent jamais la main.

### Vérifie ta lecture

- Nomme deux caractéristiques des solides qui te permettent de les classer comme étant des solides.
  - Nomme deux caractéristiques des liquides qui te permettent de les classer comme étant des liquides.
  - Nomme deux caractéristiques des gaz qui te permettent de les classer comme étant des gaz.
- Décris comment les particules d'un solide sont disposées.
- Explique une différence entre les particules d'un liquide et celles d'un solide.
- Explique pourquoi des enfants qui jouent au chat sont un bon exemple pour expliquer la théorie particulaire des gaz.

## La dilatation et la contraction de la matière

À la page 146, tu as appris que les solides et les liquides ne peuvent pas être comprimés. En effet, la pression n'a presque aucun effet sur leur volume, tant que la température reste la même. Par contre, si tu changes la température, toute forme de matière peut se dilater ou se contracter dans une certaine mesure. En fait, de nombreux thermomètres fonctionnent grâce à la dilatation d'un solide ou d'un liquide quand la température augmente (voir la figure 5.13).

Une **dilatation thermique** se produit quand le volume d'un objet ou d'une substance augmente en même temps que la température augmente. Mais quand un objet se refroidit, il se contracte, c'est-à-dire que son volume diminue. La **contraction thermique**, c'est quand le volume diminue en même temps que la température baisse.

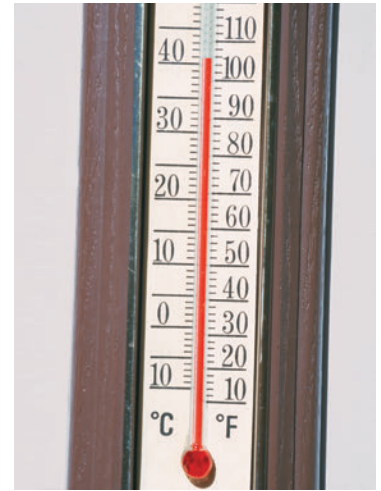
## La dilatation, la contraction et la théorie particulaire

À la section 5.1, tu as appris que les particules d'un objet ou d'une substance sont toujours en mouvement, donc, qu'elles ont une énergie cinétique. Tu as aussi appris que la température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'une substance. Si tu ajoutes de l'énergie à une substance (si tu la chauffes, par exemple), l'énergie cinétique des particules augmente. Comment cette augmentation de l'énergie cinétique fait-elle dilater la substance ?

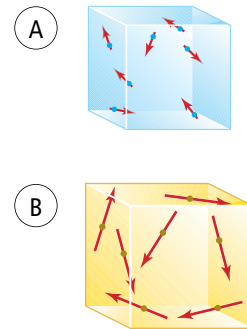
La figure 5.14 représente les particules d'un gaz (A) à une température fraîche et (B) à une température chaude. La longueur des flèches représente la vitesse des particules. Quand la température d'un gaz et l'énergie cinétique de ses particules augmentent, les particules se cognent plus fort contre les parois du contenant. Si ces parois sont souples, les particules, qui cognent fort, poussent les parois, et ainsi le gaz augmente de volume.

La même chose se produit avec les liquides et les solides, quand la température de la substance augmente. Les particules bougent plus vite et se cognent plus fort les unes contre les autres. Par contre, la force d'attraction entre les particules des liquides et des solides les empêche d'aller aussi loin que les particules de gaz. Néanmoins, les particules se cognent plus fort à haute température et rebondissent plus loin. C'est pourquoi le volume augmente un peu.

Tu te demandes peut-être comment une particule d'un solide arrive à bouger plus vite et avoir plus d'énergie quand la température augmente, sans pour autant se détacher des particules voisines. Imagine que les particules d'un solide sont



**Figure 5.13** Le liquide rouge dans ce thermomètre se dilate quand la température augmente, mais il se contracte quand la température baisse.



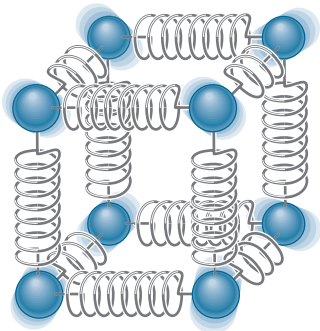
**Figure 5.14** Quand la température d'un gaz et l'énergie cinétique de ses particules augmentent, les particules se cognent plus fort contre les parois du contenant. Si ces parois sont souples, les particules, qui cognent fort, poussent les parois, et ainsi le contenant augmente de volume.

### Suggestion d'activité

Réalise une expérience 5-2B, à la page 151

### Suggestion d'activité

Réalise une expérience 5-2C, à la page 152



**Figure 5.15** Les particules ne sont pas vraiment reliées par des ressorts, mais la force qui les retient ensemble agit de la même façon qu'un ressort.

### Suggestion d'activité

Réalise une expérience 5-2D, à la page 154

attachées ensemble par des ressorts, comme à la figure 5.15. Les ressorts représentent la force d'attraction entre les particules. Les particules peuvent vibrer et même étirer le ressort, mais le ressort les empêche de se séparer des autres particules.

La dilatation thermique des solides est très réduite. Par exemple, si tu avais une tige de plomb d'exactly 100 cm de long à 0 °C, elle se dilaterait pour atteindre la taille de 100,29 cm à 100 °C (c'est-à-dire que la tige se dilaterait de 0,29 cm : environ l'épaisseur de la couverture de ton manuel). Cette proportion semble sans doute minime, mais pour les gros objets, elle peut être très importante. Les ingénieurs qui construisent de gros édifices, des ponts et des chemins de fer doivent prévoir la dilatation thermique, sinon les structures pourraient se briser. À la figure 5.16, tu vois ce qui peut arriver à un chemin de fer construit sans tenir compte de la dilatation thermique. Les rails d'un chemin de fer bien construit sont espacés un peu les uns des autres, comme tu peux le voir à la figure 5.16A. Si l'espace n'est pas assez grand et si les rails se dilatent durant une journée très chaude, ils peuvent se courber, comme à la figure 5.16B. Des rails qui se courbent de cette manière peuvent faire dérailler un train.



**Figure 5.16** A) Vois-tu l'espace entre chacun de ces rails ? Cet espace empêche les rails de se pousser l'un l'autre et ainsi faire courber le chemin de fer quand il se dilate sous l'effet de la chaleur. B) Voilà ce qui arrive quand il n'y a pas assez d'espace entre les rails.

### Vérifie ta lecture

1. Donne une définition du terme *dilatation thermique*.
2. De quelle manière les particules d'un gaz font-elles augmenter le volume d'un contenant quand la température du gaz augmente ?
3. Donne une raison pour laquelle la dilatation d'un liquide sous l'effet de la chaleur peut être utile.



**Vérifie tes habiletés**

- Examiner – observer
- Prédire
- Contrôler des variables
- Évaluer l'information

**Matériel**

- deux ballons identiques
- un réfrigérateur ou un congélateur
- un séchoir à cheveux ou un radiateur électrique

Pour observer la dilatation et la contraction d'un gaz, il doit se trouver dans un contenant souple. Pour cette expérience, tu utiliseras des ballons comme contenants et tu observeras leurs changements de volume.

**Question**

Comment pourrais-tu démontrer l'effet d'un changement de température sur un gaz ?

**Prédiction**

Prédis ce qui arrive à un ballon quand on le chauffe et quand on le refroidit.

**Marche à suivre**

1. Souffle dans les deux ballons plusieurs fois pour les étirer. Puis, gonfle-les à la même grosseur et attache-les pour ne pas que l'air sorte.
2. Mets un ballon dans le réfrigérateur ou le congélateur pour le refroidir. Laisse l'autre ballon à la température de la pièce.
3. Vers la fin de la période de classe, compare la grosseur des deux ballons.
4. Réchauffe le ballon qui est froid en soufflant de l'air chaud dessus à l'aide du séchoir à cheveux ou en le tenant devant le radiateur électrique allumé. Laisse le ballon se réchauffer jusqu'à ce qu'il soit plus chaud que l'air de la pièce.
5. Compare la grosseur des deux ballons.

**Analyse**

1. Décris ce que tu as observé en utilisant les mots « se dilate » et « se contracte ».
2. Jusqu'à quel point tes prédictions étaient-elles justes ? Totalement, en partie ou pas du tout ?
3. Qu'est-ce qui est différent entre ce que tu avais prédit et ce qui s'est produit ?
4. Pour cette activité, l'un des ballons s'appelle le ballon-témoin et l'autre ballon, le ballon-test. Lequel est lequel ? Explique ta réponse.

**Conclusion et mise en pratique**

5. À quel moment, dans cette activité, les particules d'air d'un des ballons étaient-elles le plus éloignées les unes des autres ? À quel moment étaient-elles le plus rapprochées ?
6. Décris une autre situation dans laquelle tu peux observer la dilatation et la contraction d'un gaz ?

## Vérifie tes habiletés

- Examiner – observer
- Prédire
- Contrôler des variables
- Évaluer l'information

## Consignes de sécurité



- L'éthanol est toxique. Prends soin d'essuyer les éclaboussures.
- Manipule l'eau bouillante avec précaution.

## Matériel

- trois liquides (eau colorée, éthanol et huile à friture)
- trois grandes éprouvettes
- trois bouchons à un trou avec un tube de verre de 50 cm inséré dans le trou
- un support universel et une pince
- une bande élastique
- des marqueurs
- deux grandes boîtes de conserve ou deux béciers de 500 mL
- de l'eau très chaude
- de l'eau très froide

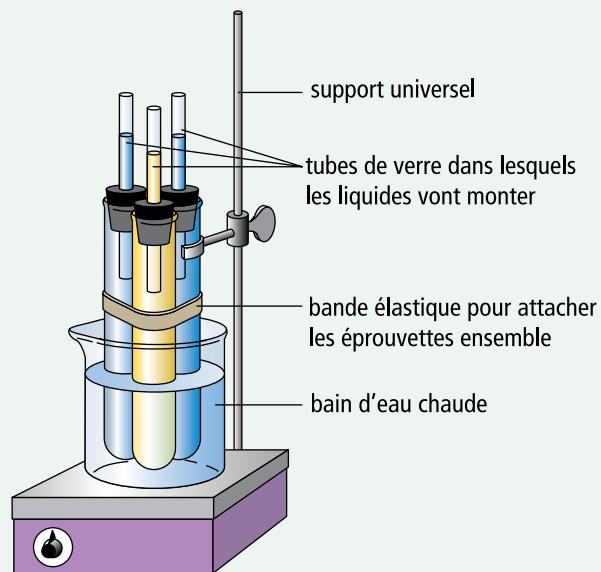
Tu sais déjà que les liquides se dilatent à la chaleur. Tu as déjà utilisé un thermomètre de laboratoire qui indique la température parce que le liquide à l'intérieur se dilate. Les thermomètres sont conçus pour que le degré indiqué corresponde à l'augmentation du volume du liquide quand la température augmente d'un degré. Mais est-ce que tous les liquides réagissent de la même façon ? (Ton enseignante ou ton enseignant pourrait faire la démonstration des étapes, en partie ou totalement, à ta place.)

## Question

Est-ce que tous les liquides se dilatent autant quand ils sont chauffés ?

## Hypothèse

Formule une hypothèse sur la dilatation de différents liquides quand on les chauffe à la même température.



## Marche à suivre

1. Remplis une éprouvette d'eau colorée, une autre d'éthanol et la dernière d'huile à friture. Pose un bouchon sur chaque éprouvette pour éviter les bulles d'air et pour que les liquides montent dans le petit tube de verre.
2. Attache les éprouvettes ensemble avec la bande élastique pour que les tubes de verre soient à la même hauteur.
3. Dispose le tout comme sur l'image.



4. Utilise les marqueurs pour indiquer la hauteur de départ des liquides dans les tubes de verre.
5. Verse l'eau chaude autour des éprouvettes dans le bécher. Observe bien la hauteur des liquides quand leur température augmente.
6. Avant que les liquides débordent des tubes de verre, enlève les éprouvettes du bécher et trempe-les dans l'eau froide.
7. Observe encore une fois la hauteur des liquides qui se refroidissent.

### Analyse

1. Est-ce que les trois liquides se sont dilatés autant en chauffant ? Sinon, réponds aux questions suivantes :
  - a) Quel liquide s'est le plus dilaté ?
  - b) Ce même liquide est-il aussi celui qui s'est le plus contracté dans l'eau froide ?
2. À la fin de l'activité, les liquides sont-ils tous retournés à leur hauteur de départ dans les tubes ? T'attendais-tu à ce qu'ils reviennent à leur hauteur de départ ? Explique ta réponse.

### Conclusion et mise en pratique

3. Selon tes observations, les liquides se dilatent-ils et se contractent-ils tous autant sous l'effet de la chaleur et du froid ?
4. Explique lequel des trois liquides serait le meilleur pour faire partie d'un thermomètre qui servirait à :
  - a) montrer avec précision les petits changements de température ;
  - b) mesurer de grands changements de température sans que le thermomètre soit trop grand.
 Explique tes réponses aux questions a) et b).
5. Examine le thermomètre de laboratoire et le thermomètre de maison dans l'image ci-dessous. As-tu remarqué que tous les thermomètres à liquide ont un réservoir de liquide dans le bas ?
  - a) À quoi sert ce réservoir, selon toi ?
  - b) Quelle partie de ton installation joue le même rôle que le réservoir du thermomètre ?
  - c) Pourquoi, selon toi, le diamètre du tube dans lequel le liquide monte a-t-il un effet sur la précision du thermomètre ?





# La dilatation des solides

## Vérifie tes habiletés

- Examiner – observer
- Mesurer – calculer
- Évaluer l'information
- Expliquer le fonctionnement d'un système

## Matériel

- un long fil de cuivre ou de fer
- une masse (200 g ou 500 g) avec un crochet
- un mètre
- un anneau dilatométrique
- un brûleur de laboratoire
- des chandelles
- des allumettes
- de l'eau froide

Temps d'échauffement ou de refroidissement	Hauteur de la masse au-dessus de la table

Les changements de volume des solides sont si petits qu'en général, on ne les remarque même pas. Dans cette expérience, tu vas observer deux phénomènes particuliers qui vont te permettre de voir l'effet de la dilatation et de la contraction sur les solides.

## Question

Quels signes visibles te montrent que la matière solide se dilate sous l'effet de la chaleur ?

## Consignes de sécurité



- Durant la première partie, tu travailleras avec une flamme nue et des objets chauds. Fais attention !

## Première partie Un fil qui fléchit



## Marche à suivre

1. Prépare un tableau comme celui de gauche pour noter tes résultats. Dessine au moins 12 rangées.
2. Étends le fil fermement entre deux supports solides. Pose la masse au milieu du fil. Place le mètre derrière la masse et note sa hauteur.
3. Allume les chandelles et utilise-les pour chauffer tout le fil pendant quelques minutes. Pendant ce temps, observe et note avec précision aux 30 secondes la hauteur de la masse.
4. Arrête de chauffer le fil. Observe et note ce qui arrive à la hauteur de la masse durant les 2 ou 3 prochaines minutes.



## Analyse

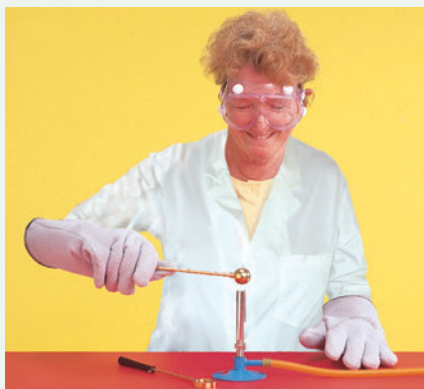
1. a) Si le fil fléchit, la masse descend. Cela veut-il dire que le fil devient plus court ou plus long ?  
b) Qu'arrive-t-il à la longueur du fil quand la masse remonte ?

- Si le fil fléchit, est-ce que les particules s'éloignent ou se rapprochent les unes des autres ? Explique ta réponse (Indice : pense à leur mouvement).

### Deuxième partie

Ton enseignante ou ton enseignant fera la démonstration dans cette partie.

### L'anneau dilatométrique



- Vérifie si tu peux faire passer la boule de cuivre dans l'anneau de cuivre quand les deux sont à la température de la pièce.
- Chauffe seulement l'anneau à la flamme nue pendant 30 secondes. La boule passe-t-elle dans l'anneau quand on chauffe seulement l'anneau ?
- Laisse refroidir l'anneau.
- Chauffe seulement la boule à la flamme nue pendant 30 secondes. Passe-t-elle dans l'anneau quand on chauffe seulement la boule ?
- Chauffe l'anneau et la boule. La boule passe-t-elle dans l'anneau quand on chauffe les deux ?
- Laisse la boule et l'anneau refroidir. Ensuite, essaie de nouveau pour voir si la boule passe dans l'anneau.

### Analyse

- En classe, essaie avec tes camarades d'expliquer ce que tu as observé. Si c'est possible, propose une expérience qui te permettra de le vérifier.



### Conclusion et mise en pratique

- Lors de l'expérience, qu'est-ce qui a permis de conclure que les solides se dilatent ? Explique ce que tu as fait pour provoquer la dilatation et quelle partie s'est dilatée (la boule, l'anneau ou les deux).
- Explique clairement ce qui arrive, selon toi, aux particules quand on chauffe la boule et l'anneau. De quelle façon ce changement des particules, sous l'effet de la chaleur, provoque-t-il un changement dans la structure de la boule et de l'anneau ? De quelle façon le changement dans la structure provoque-t-il les résultats que tu as observés en essayant de faire passer la boule dans l'anneau ?
- Selon toi, qu'arrive-t-il aux particules quand on laisse la boule et l'anneau refroidir ?



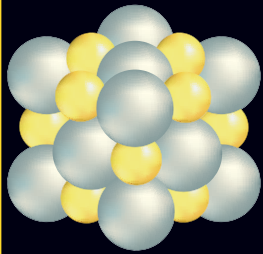


Sur Terre, il existe naturellement quatre états de la matière : solide, liquide, gazeux et plasma (voir les images). L'état d'une partie de la matière varie selon la quantité d'énergie de ses particules. Plus la matière contient d'énergie, plus ses atomes, ou molécules, bougent librement, parce qu'ils sont capables de surmonter la force d'attraction qui les maintient ensemble.

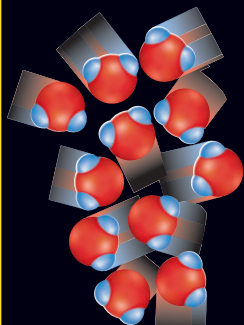
**D PLASMA** Les particules électrisées des éclairs dans le ciel se déplacent librement.



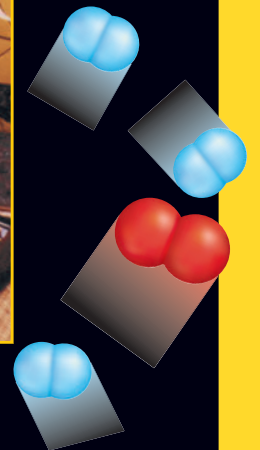
**A SOLIDE** Dans un solide, comme la galène, les particules sont très rapprochées. Elles n'ont pas assez d'énergie pour se déplacer beaucoup.



**B LIQUIDE** Les particules d'un liquide comme l'eau ont assez d'énergie pour surmonter un peu la force d'attraction qui les maintient ensemble et ainsi bouger les unes autour des autres.



**C GAZ** Dans l'air, et dans les autres gaz, les particules ont assez d'énergie pour se séparer complètement des autres et ainsi bouger dans toutes les directions.





## Des concepts à retenir

1. En quoi les trois états de l'eau sont-ils uniques par rapport aux autres substances ?
2. Donne un exemple où les solides et les liquides sont semblables et un exemple où ils sont différents.
3. Donne un exemple où les liquides et les gaz sont semblables et un exemple où ils sont différents.
4. Selon la théorie particulaire de la matière, pourquoi les particules d'un liquide peuvent-elles glisser sur leurs voisines, mais pas les particules d'un solide ? Pourquoi les particules d'un solide restent-elles rapprochées ?
5. Compare la force d'attraction entre les particules des gaz, des liquides et des solides.
6. Compare la dilatation thermique des gaz avec la dilatation thermique des solides et des liquides. En quoi sont-elles semblables et en quoi sont-elles différentes ?
7. Explique pourquoi un solide peut se dilater même si ses particules restent toujours collées ensemble.
8. Pourquoi les ingénieurs qui construisent des édifices et des ponts doivent-ils comprendre le principe de la dilatation et de la contraction thermiques des matériaux ?

## Pause réflexion

Sur les ponts, la surface de la route ressemble souvent à ce que tu vois sur la photo à droite. Pourquoi, selon toi, y a-t-il ces structures sur la chaussée des ponts ? Essaie de deviner si cette photo a été prise en été ou en hiver. Explique ton raisonnement.

## Des concepts clés à comprendre

9. Décris l'utilisation que tu ferais d'une boule de styromousse pour montrer les trois états de la matière. Tu peux te servir de croquis.
10. Le couvercle de métal d'un bocal est coincé. À l'aide de la théorie particulaire de la matière, explique ce que tu peux faire pour le rendre plus facile à ouvrir : le chauffer ou le refroidir ?
11. Imagine que quelqu'un te donne un ballon et une bouteille. Pense à une activité que tu pourrais faire pour démontrer la dilatation thermique des gaz.



## 5.3 Les changements d'état

### Mots clés

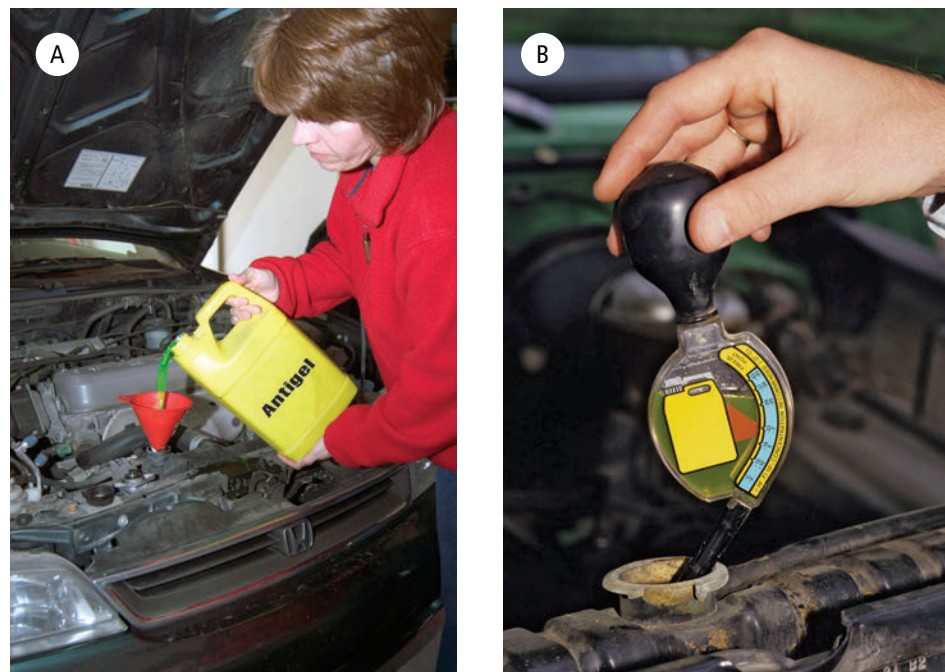
changement d'état  
condensation solide  
courbe d'échauffement  
fusion  
liquéfaction  
point d'ébullition  
point de fusion  
solidification  
sublimation  
vaporisation

Les changements d'état sont : la fusion, la solidification (ou congélation), la vaporisation, la liquéfaction, la sublimation et la condensation solide. Chaque substance, à l'état pur, a son propre point de congélation et son point d'ébullition. La force d'attraction entre les particules détermine les points de congélation et d'ébullition d'une substance à l'état pur.

As-tu déjà entendu un automobiliste dire qu'il allait « hivériser » son auto ? Cela signifie qu'il va la préparer pour l'hiver. L'une des choses les plus importantes est de s'assurer que l'eau dans le radiateur ne gèlera pas. L'eau circule dans le moteur pour le refroidir pendant qu'il est en marche. Quand l'auto n'est pas en marche, par contre, l'eau du radiateur pourrait devenir, en hiver, aussi froide que la température extérieure. Si l'eau gèle, elle va briser le radiateur et peut-être même le moteur, et réparer ces bris coûte très cher. C'est pourquoi les automobilistes ajoutent de l'antigel dans l'eau du radiateur, comme sur la photo de la figure 5.17A. L'automobiliste, ou le mécanicien, peut aussi vérifier l'état de l'antigel (voir la figure 5.17B) pour savoir jusqu'où la température peut baisser avant que le réfrigérant gèle.

### Le savais-tu ?

L'antigel contient de l'éthylène glycol, un produit très toxique pour les humains et les autres animaux. L'éthylène glycol a un goût sucré, ce qui peut inciter les animaux à lécher les éclaboussures d'antigel. Les automobilistes doivent être très prudents. Ils doivent bien nettoyer les éclaboussures et ranger soigneusement l'antigel. Aussi, les sociétés pour la protection des animaux insistent auprès des gouvernements pour faire voter des lois qui obligent les fabricants à ajouter un produit chimique au goût amer dans l'antigel pour empêcher les animaux d'en boire.



**Figure 5.17** A) L'automobiliste ajoute de l'antigel dans le radiateur de son auto. B) Pour vérifier l'état du réfrigérant, il suffit de presser la poire, de placer le bout dans le réfrigérant et de relâcher, pour aspirer un peu de réfrigérant. Le cadran indiquera jusqu'à quelle température le réfrigérant demeurera liquide.

L'instrument sur la photo s'appelle un psychromètre fronde. Il est composé de deux thermomètres : l'un au réservoir sec et l'autre au réservoir humide. Pour l'utiliser, on trempe le tissu autour du thermomètre humide, on tient la poignée, puis on le fait tourner rapidement dans les airs. Ensuite, on regarde rapidement la température sur les deux thermomètres. Le mouvement fait s'évaporer l'humidité du tissu très rapidement. La différence entre la température des deux thermomètres permet au technicien de calculer l'humidité relative et le point de rosée.



Dans cette activité, tu observeras, à l'aide d'un thermomètre à réservoir humide, l'effet de l'évaporation de deux liquides différents. Tu ne feras pas tourner rapidement le thermomètre dans les airs. Plutôt, tu utiliseras un ventilateur électrique pour accélérer l'évaporation. Tu trouveras étonnant de découvrir comment l'évaporation agit sur la température d'un objet. Essaie pour voir.

### Matériel

- un thermomètre de laboratoire
- un ventilateur électrique
- deux morceaux de tissu ou deux essuie-tout
- de l'eau à la température de la pièce
- de l'alcool à la température de la pièce

### Consignes de sécurité



- Le contact avec l'alcool pur est dangereux. Ne le goûte pas et évite de respirer ses vapeurs. Garde toujours l'alcool loin d'une flamme nue parce que les vapeurs d'alcool pourraient s'enflammer ou produire une explosion.

### Ce que tu dois faire

1. Mesure la température de l'eau et de l'alcool et prends-les en note.
2. Enveloppe le réservoir du thermomètre avec le morceau de tissu et trempe-le dans l'eau. Ensuite, tiens le thermomètre près du ventilateur pour accélérer l'évaporation de l'eau sur le tissu trempé. Note la température aux 30 secondes, jusqu'à ce qu'elle arrête de changer.
3. Répète l'étape 2 en utilisant l'autre morceau de tissu et en le trempant dans l'alcool.
4. Afin de comparer tes observations pour les deux liquides, trace un graphique avec la température sur l'axe vertical et les secondes sur l'axe horizontal. Note les données des deux observations sur le même graphique.



### Qu'as-tu découvert ?

1. Les particules de quel liquide se sont évaporées le plus rapidement ? Comment le sais-tu ?
2. Lequel des deux tissus prendrait le plus de temps à sécher complètement ? Qu'arriverait-il à la température du tissu après que tout le liquide se soit évaporé ?
3. Selon toi, pour quel liquide la force d'attraction est la plus forte entre les particules ? Explique ta réponse.

#### Omnitruc

Rends-toi à l'Omnitruc 1 pour t'aider à tracer le graphique.





**Figure 5.18** Souvent, tu peux voir de l'humidité sur l'extérieur d'un verre d'eau glacée. Pourquoi n'en vois-tu jamais sur un verre ou une tasse de boisson chaude ?

## Décrire des changements d'état

Il n'y a rien de plus commun qu'un verre d'eau ou de boisson glacée comme celui de la figure 5.18. Tu mets de la glace pour refroidir le liquide, et il se refroidit à mesure que la glace fond. Souvent, il y a aussi de la vapeur d'eau qui se condense sur la paroi extérieure du verre.

La fusion de la glace et la liquéfaction de la vapeur d'eau sont des changements d'état de l'eau. Toutes les substances peuvent exister à l'état solide, liquide ou gazeux. La forme gazeuse de l'eau est souvent appelée vapeur. Par contre, pour la plupart des substances, les scientifiques préfèrent parler « d'état gazeux », plutôt que de vapeur. Un changement d'un état à un autre, peu importe l'état, s'appelle un **changement d'état**. Il y a un nom spécifique pour décrire chacun de ces changements :

- La **fusion** est le passage de l'état solide à l'état liquide.
- La **solidification** est le passage de l'état liquide à l'état solide.
- La **vaporisation** est le passage de l'état liquide à l'état gazeux.
- La **liquéfaction** est le passage de l'état gazeux à l'état liquide.
- La **sublimation** est le passage de l'état solide à l'état gazeux.
- La **condensation solide** est le passage de l'état gazeux à l'état solide.

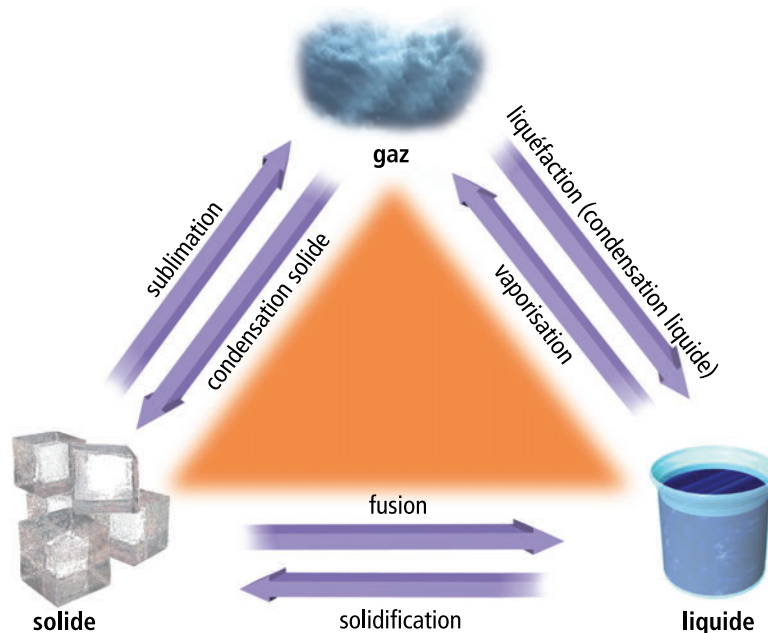
La figure 5.19 présente un résumé de ces définitions.

### Suggestion d'activité

Réalise une expérience 5-3C, à la page 166

### Lien

Pour plus d'information sur les substances pures, consulte la section 7.1.



**Figure 5.19** Ce graphique résume tous les changements d'état.

Avant de lire le paragraphe précédent, savais-tu qu'une substance pouvait passer directement de l'état solide à l'état gazeux, c'est-à-dire se sublimer ? Tu ne t'en rends peut-être pas compte, mais tu as sans doute déjà pu observer la sublimation. Ce qu'on appelle la glace sèche est en fait du dioxyde de carbone solide. Cette substance est extrêmement froide, alors tu ne dois jamais y toucher les mains nues, car ta peau gèlerait en quelques secondes. On utilise souvent la glace sèche pour produire des effets spéciaux dans des spectacles ou des fêtes.

Dans des conditions normales, la glace sèche ne fond pas, mais elle se sublime directement et devient du gaz carbonique. Si tu la mets dans l'eau, elle a l'air de faire bouillir l'eau, mais en fait, elle se change en gaz carbonique et c'est ce qui fait les bulles.

Tu as peut-être déjà vu des effets comme celui de la figure 5.20. C'est de la glace sèche qui produit cet effet, mais le brouillard que tu vois n'est pas du gaz carbonique, car ce gaz est incolore, donc invisible. En fait, le gaz carbonique refroidit l'air au point que la vapeur d'eau dans l'air se condense et c'est ce qui forme ce brouillard.

## Les points de fusion et les points d'ébullition

En général, si tu penses à des métaux comme le plomb et l'étain, tu penses à des solides. De même, si tu penses à l'oxygène et à l'azote, tu penses à des gaz. En effet, on trouve ces substances dans ces états à la température ambiante. Par contre, si tu chauffes à très haute température de l'étain ou du plomb, ils deviendront des liquides, puis des gaz. Si tu refroidis à très basse température de l'oxygène ou de l'azote, ils deviendront des liquides, puis des solides.

La plupart des substances fondent et bouillent à des températures déterminées. La température à laquelle une substance passe de l'état solide à l'état liquide s'appelle le **point de fusion**. La température à laquelle une substance passe de l'état liquide à l'état gazeux s'appelle le **point d'ébullition**. Tu trouveras dans le tableau 5.1 de la page 162 les points de fusion et d'ébullition de quelques substances bien connues. N'oublie pas : sous le point de fusion, une substance est solide. À une température entre le point de fusion et le point d'ébullition, la substance est liquide. Au-delà du point d'ébullition, la substance est un gaz.



**Figure 5.20** On dirait qu'il y a de la vapeur qui sort de la bouche de cette citrouille d'Halloween. En fait, il y a de la glace sèche à l'intérieur. La glace sèche se sublime, refroidit l'air et condense la vapeur d'eau.

### *Le savais-tu ?*

L'eau est une substance unique. Son point d'ébullition (100 °C) et son point de fusion (0 °C) sont beaucoup plus élevés que ceux de presque toutes les autres substances qui ont des particules d'environ la même grosseur que les particules d'eau. Qu'est-ce que ce renseignement te permet de deviner sur la force d'attraction entre les particules d'eau ?

**Tableau 5.1** Points de fusion et d'ébullition de quelques substances pures

Substance	Point de fusion (°C)	Point d'ébullition (°C)
Oxygène	-219	-183
Azote	-210	-196
Alcool à friction	-88	82
Mercure	-39	357
Eau	0	100
Soufre	115	445
Étain	232	2602
Plomb	328	1740
Aluminium	660	2519
Sel de table	801	1413
Argent	962	2162
Or	1064	2856
Fer	1535	2861

## Identifier l'état

5-3B

## Réfléchis bien

Différentes substances à l'état pur ont des points de fusion et d'ébullition différents. Les scientifiques ont mesuré et utilisé ces températures pour identifier les substances longtemps avant qu'ils puissent expliquer les raisons des différences. Tu peux sans doute deviner que vu l'état actuel des connaissances, on fait référence à la force d'attraction qui maintient les particules des substances ensemble.

### Ce que tu dois faire

À l'aide des données du tableau 5.1, réponds aux questions suivantes :

1. Dans quel état (solide, liquide ou gaz) seraient les substances suivantes à la température donnée ?
  - a) De l'oxygène à  $-50\text{ °C}$
  - b) De l'aluminium à  $800\text{ °C}$
  - c) Du sel de table à  $800\text{ °C}$
  - d) De l'or à  $3000\text{ °C}$
  - e) Du fer à  $2000\text{ °C}$



2. Quel changement d'état, s'il y a lieu, subirait les substances suivantes pendant les changements de température donnés ?
  - a) Le mercure qui refroidit, passant de  $-10\text{ °C}$  à  $-45\text{ °C}$ .
  - b) L'argent qui refroidit, passant de  $1000\text{ °C}$  à  $950\text{ °C}$ .
  - c) L'étain qui s'échauffe, passant de  $2200\text{ °C}$  à  $2300\text{ °C}$ .
  - d) Le mercure qui s'échauffe, passant de  $300\text{ °C}$  à  $350\text{ °C}$ .
  - e) Le fer qui refroidit, passant de  $1600\text{ °C}$  à  $1500\text{ °C}$ .

### Qu'as-tu découvert ?

Compare les points de fusion de l'aluminium et de l'étain. Lequel des deux métaux a la plus grande force d'attraction entre les particules, selon toi ? Explique ta réponse.



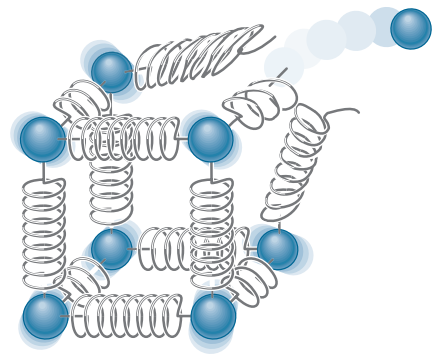
## Vérifie ta lecture

1. Donne un autre nom à la vapeur d'eau.
2. Quel est le changement d'état opposé :
  - a) à la vaporisation,
  - b) à la fusion,
  - c) à la condensation solide.
3. Donne une définition de *point d'ébullition*.
4. À quelle température le soufre bout-il ?

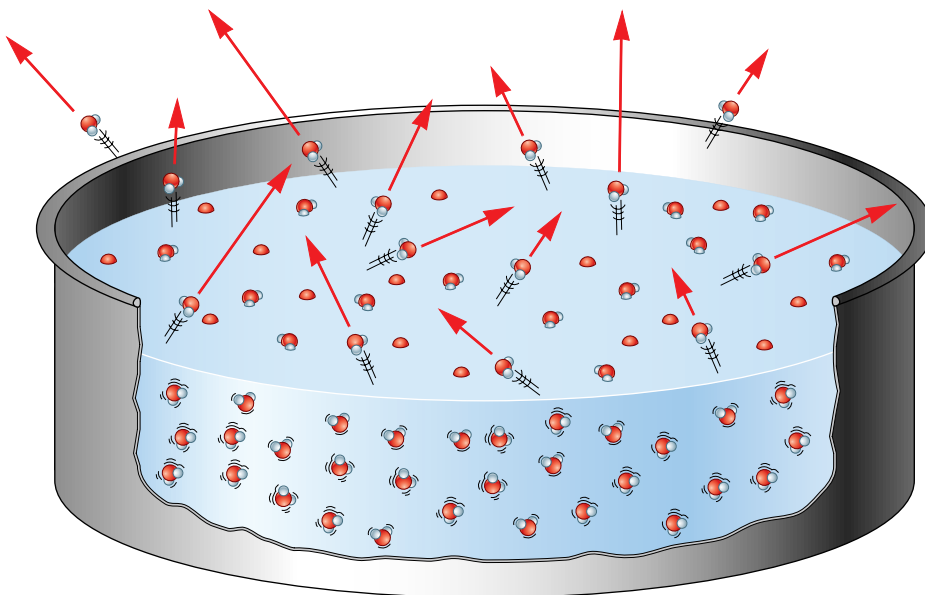
## Les changements d'état et la théorie particulaire

Dans une substance solide, les particules sont très rapprochées. Comme tu l'as vu à la figure 5.15, à la page 150, les particules ont une énergie cinétique, donc elles vibrent. Mais il y a une force qui les maintient ensemble, qu'on peut représenter par des ressorts. Plus on ajoute de l'énergie, sous forme de chaleur, plus l'énergie cinétique des particules augmente, tout comme la température. Finalement, on atteint une température à laquelle l'énergie cinétique est assez forte pour briser la force d'attraction (les ressorts), qui rapproche les particules (voir la figure 5.21). Cette température est le point de fusion de la substance en question. Comme les particules se séparent et ont assez d'énergie pour glisser les unes sur les autres, la substance devient un liquide.

Quand on chauffe un liquide, l'énergie cinétique des particules augmente. Finalement, de nombreuses particules auront assez d'énergie pour sortir du champ d'attraction des autres particules et quitter la surface du liquide, comme on le voit à la figure 5.22. Ces particules de grande énergie sont maintenant à l'état gazeux.



**Figure 5.21** La force qui maintient les particules ensemble à l'état solide est très grande. Pourtant, les particules peuvent acquérir assez d'énergie pour se séparer des particules voisines.



**Figure 5.22** Ce schéma représente l'activité des particules lors de l'évaporation d'une substance (c'est-à-dire quand elle passe de l'état liquide à l'état gazeux).

## Le savais-tu ?

Presque toutes les substances se contractent en se congelant, c'est-à-dire en passant de l'état liquide à l'état solide. L'eau, au contraire, se dilate en se congelant pour devenir de la glace. C'est ce qui explique que la glace flotte sur l'eau, plutôt que de couler.

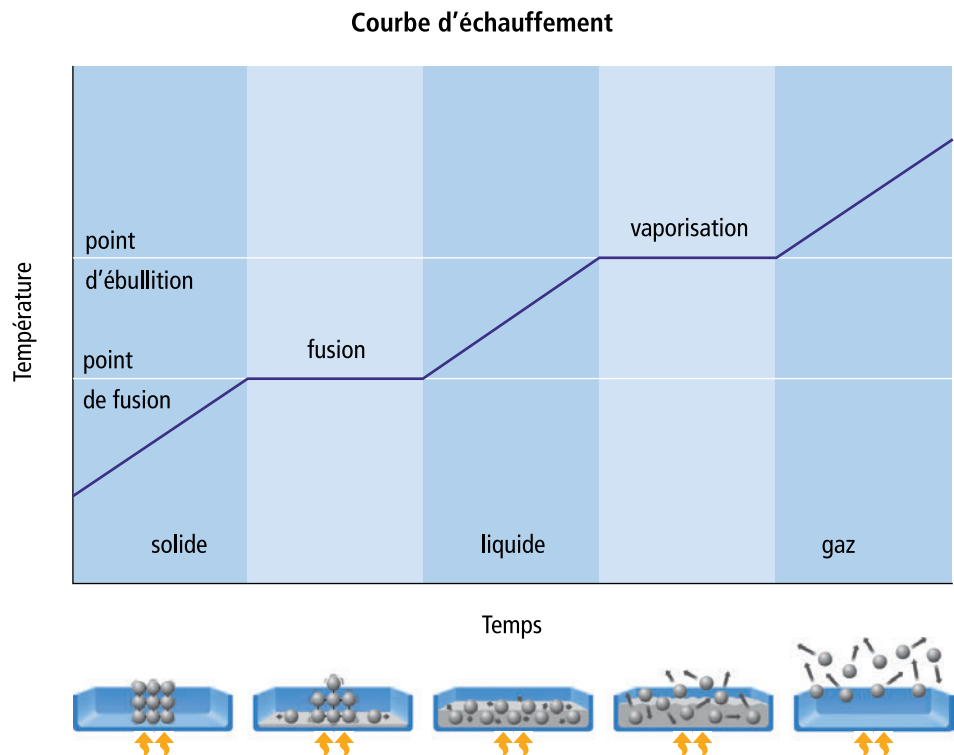
Pourquoi différentes substances ont-elles des points de fusion et d'ébullition si différents ? Les points de fusion et d'ébullition d'une substance varient selon la force d'attraction qui maintient les particules ensemble. Si l'attraction est très grande, il faut beaucoup d'énergie aux particules pour se détacher de leurs voisines.

Pour que les particules aient beaucoup d'énergie, la température doit être élevée. C'est ce qui explique pourquoi les particules des substances qui ont des points de fusion et d'ébullition élevés subissent une très grande force d'attraction. Par exemple, le point de fusion du sel de table est  $801\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tandis que celui du soufre est  $115\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ainsi, la force d'attraction qui retient les particules du sel de table ensemble est plus grande que celle du soufre.

## Les courbes d'échauffement

Tu peux résumer les changements d'état à l'aide d'une courbe d'échauffement. Une **courbe d'échauffement** est une représentation graphique de la température et du temps. On ajoute continuellement de l'énergie à la substance. La figure 5.23 montre une courbe d'échauffement. Les illustrations en dessous montrent ce qui se passe en fonction de la durée, à mesure qu'on ajoute continuellement de l'énergie à une substance.

**Figure 5.23** Les images sous le graphique montrent comment la théorie particulaire permet d'expliquer ce qui se passe quand on ajoute de l'énergie à une substance sur une période déterminée. Les flèches jaunes indiquent que le contenant est chauffé.



Pour mieux comprendre la courbe d'échauffement, suis la ligne à partir du moment où l'échauffement commence, à gauche, jusqu'à la fin du processus, à droite. Les particules, qui représentent un solide, se trouvent dans un contenant qui est chauffé. Les flèches jaunes sous le contenant représentent la chaleur qui entre dans le contenant. Au début du processus, l'objet chauffé est à l'état solide et la température est basse. Plus on ajoute de chaleur, plus la température augmente parce que la température donne plus d'énergie cinétique aux particules. Quand la température atteint le point de fusion de l'objet, l'énergie des particules est assez grande pour qu'elles puissent se détacher de leurs voisines, et elles commencent ainsi à former un liquide. Note que la température reste stable pendant un moment. Durant ce moment, toute la chaleur qui pénètre l'objet sert à surmonter la force d'attraction qui retient les particules. L'énergie cinétique des particules n'est pas en train d'augmenter. Finalement, l'objet a complètement fondu et est devenu un liquide.

Maintenant, la chaleur ajoute de l'énergie cinétique aux particules du liquide et la température augmente de nouveau. Une situation similaire survient quand le liquide atteint son point d'ébullition. Encore une fois, la température reste stable un moment. Toute la chaleur qui pénètre le liquide sert aux particules à surmonter la force d'attraction qui les retient dans cet état et leur permet de passer à l'état gazeux. Finalement, quand tout le liquide s'est évaporé, la chaleur ajoute de l'énergie cinétique aux particules de gaz. La température augmente de nouveau.

### Vérifie ta lecture

1. Quelle est la condition nécessaire pour provoquer la fusion d'un solide ?
2. Explique le principe de la vaporisation à l'aide du modèle particulaire de la matière.
3. Explique comment il est possible d'ajouter de la chaleur à une substance sans que la température de cette substance augmente.



### Le savais-tu ?

Certaines espèces de bactéries peuvent vivre dans de l'eau à 90 °C et dans de l'eau aussi acide que le vinaigre.

### Le savais-tu ?

Les traînées blanches derrière les avions à réaction dans le ciel sont en fait des *traînées de condensation*, parce qu'elles résultent de la condensation de l'eau dans l'échappement du moteur de l'avion. Cet échappement des avions à réaction est très chaud et contient beaucoup de vapeur d'eau. Quand la vapeur entre en contact avec l'air froid à ces hautes altitudes, elle se condense (se liquéfie) et forme une traînée de condensation.



## Vérifie tes habiletés

- Examiner – observer
- Contrôler des variables
- Représenter graphiquement
- Travailler en collaboration

## Consignes de sécurité



- Utilise une poignée pour le four ou des pinces pour manipuler le bécber d'eau bouillante.
- Débranche la plaque chauffante à la fin de l'expérience et laisse-la refroidir avant de la ranger.

## Matériel

- deux thermomètres de laboratoire
- un agitateur
- une plaque chauffante
- une bouilloire
- deux bécbers de 250 mL
- une montre ou une horloge
- de la glace concassée
- de l'eau glacée
- de l'eau chaude (presque bouillante)

Les flaques d'eau sur la route peuvent geler par une nuit d'hiver, mais elles ne gèlent pas tout d'un coup. L'eau qui bout dans la bouilloire se change en vapeur, mais cela prend du temps. Qu'arrive-t-il quand l'eau change d'état ?

## Question

Qu'arrive-t-il à la température de l'eau quand elle change d'état ?

## Hypothèse

Pense à une situation de tous les jours au cours de laquelle la glace fond ou l'eau bout. Ensuite, formule deux hypothèses en complétant les deux énoncés suivants. Explique tes hypothèses.

- Quand la glace fond, passant ainsi de l'état solide à l'état liquide, la température (baisse/reste la même/augmente), parce que...
- Quand l'eau bout, passant ainsi de l'état liquide à l'état gazeux, la température (baisse/reste la même/augmente), parce que...

## Marche à suivre



1. Prépare un tableau de données comme celui ci-dessous. Il te faudra au moins cinq rangées (pour cinq observations, ou plus si tu as le temps).



Temps (min)	Température de la glace en fusion (°C)	Température de l'eau bouillante (°C)

2. Remplis un bécber d'eau chaude de la bouilloire et pose-le sur la plaque chauffante pour faire bouillir l'eau.
3. Dans l'autre bécber, fais comme une barbotine en mettant de la glace concassée et un peu d'eau froide.
4. À l'aide de l'agitateur, brasse le contenu des deux bécbers pendant plusieurs secondes. Ensuite, mesure et note la température. Ne touche pas le fond du bécber avec le thermomètre pour t'assurer que tu mesures la température du contenu et non du contenant.

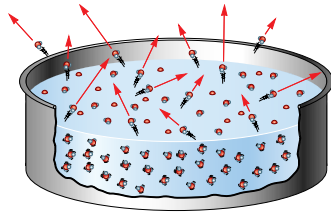
5. Mesure la température aux 3 minutes. Pour que l'expérience soit objective, assure-toi de brasser et de mesurer exactement de la même façon chaque fois. Note les résultats.
6. Arrête de faire bouillir l'eau *avant* qu'elle soit complètement vaporisée. Débranche la plaque chauffante et mets le bécher de côté pour le laisser refroidir.

### Analyse

1. Pour cette activité, tu as mesuré le temps et la température.
  - a) Quelle était ta variable dépendante ? (Quelle valeur était inconnue avant l'observation ?)
  - b) Quelle était ta variable indépendante ? (Quelle valeur avais-tu déterminée avant l'observation ?)
2. Trace deux graphiques linéaires pour présenter tes observations du temps et de la température : un graphique pour la glace qui fond et un pour l'eau bouillante. Au lieu de rejoindre les points un à un, trace une ligne droite ou une courbe qui passe à travers ou entre les points (une droite de meilleur ajustement).
3. Sur ton graphique pour l'eau bouillante, indique le moment où :
  - a) l'eau était chaude, mais ne bouillait pas encore ;
  - b) l'eau chaude bouillait fortement (en cuisine, c'est ce qu'on appelle la « pleine ébullition ».)
4. Signale les plateaux sur ton graphique (les segments horizontaux).
5. Compare la température de la glace en fusion avec la température « officielle » que tu as vue au chapitre 4.
  - a) Si les deux températures sont presque identiques, une petite différence signifie peut-être une erreur due aux mesures ou au matériel utilisé. Présente au moins deux erreurs qui auraient pu survenir.
  - b) Si les deux températures sont très différentes, c'est peut-être à cause des conditions dans le laboratoire ou de ton échantillon. Présente au moins deux conditions qui auraient pu provoquer ces erreurs.
6. Imagine que tu as combiné les deux parties de cette recherche. Trace un troisième graphique qui montre ce qui arriverait probablement si tu chauffais un échantillon pour le faire passer de la glace à l'eau, puis de l'eau à la vapeur.
7. Sur l'échelle de température de ton troisième graphique, indique le point de fusion et le point d'ébullition de tes échantillons, selon tes observations.
8. Combine tous les résultats de ta classe pour trouver les points de fusion et d'ébullition moyens pour l'eau. Sont-ils plus proches des valeurs espérées que des valeurs que ton groupe a observées ? Si oui, explique ta réponse.

### Conclusion et mise en pratique

9. À partir de tes observations, réponds clairement par écrit à la question posée au début de cette recherche.
10. Tes observations correspondent-elles bien à ton hypothèse ?
11.
  - a) Relève les problèmes que tu as rencontrés avec le matériel, la marche à suivre ou le travail en équipe.
  - b) Propose une amélioration que ton groupe pourrait apporter la prochaine fois pour mieux travailler en collaboration.



## Le refroidissement par évaporation

Quand tu fais du sport ou un travail physique difficile, en général tu transpires beaucoup. La sueur est-elle seulement désagréable ou joue-t-elle un rôle utile pour ton corps ? En fait, la sueur aide à rafraîchir ton corps. C'est ce qu'on appelle le refroidissement par évaporation.

Analyse de nouveau le processus de l'évaporation à l'aide de la figure 5.22 reproduite ci-haut. Rappelle-toi que chaque particule d'une substance comme l'eau a une énergie cinétique différente. Même quand l'eau est loin du point d'ébullition, certaines particules ont une grande énergie cinétique. Ces particules peuvent s'échapper de l'eau. Qu'arrive-t-il alors à l'énergie cinétique moyenne des particules qui restent à l'état liquide ? Le calcul suivant va t'aider à répondre à la question.

### Avant l'évaporation

Énergie cinétique  
des particules :

1,13 J 0,87 J 0,94 J

0,99 J 0,91 J 0,88 J

0,78 J 0,82 J 0,73 J

0,85 J 1,28 J 0,94 J

1,34 J 1,02 J 0,97 J

Énergie cinétique  
moyenne : 0,96 J

### Après l'évaporation

Les quatre particules ayant  
le plus d'énergie cinétique  
s'évaporent.

Énergie cinétique des  
particules restantes :

0,99 J 0,91 J 0,73 J

0,78 J 0,82 J 0,94 J

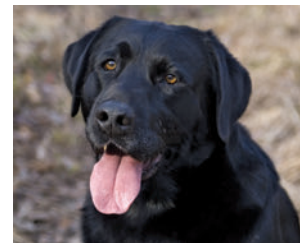
0,85 J 0,94 J 0,97 J

0,87 J 0,88 J

Énergie cinétique moyenne  
des particules restantes :  
0,88 J

L'énergie cinétique moyenne des particules restantes après l'évaporation des particules les plus énergiques est plus basse qu'elle était avant l'évaporation de ces quatre particules. Par conséquent, la température du liquide, après l'évaporation, est plus basse : elle est plus froide !

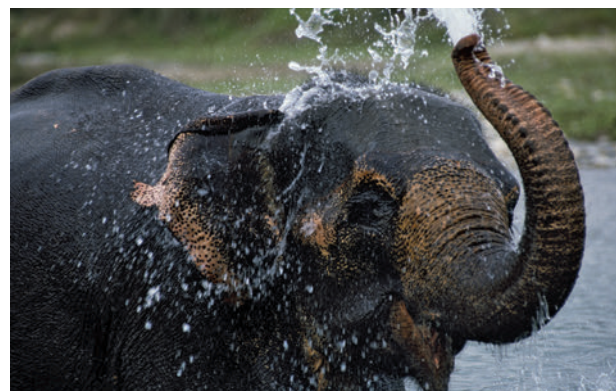
Le refroidissement par évaporation est très efficace et utile. La sueur te rafraîchit. Les animaux ne transpirent pas tous, mais ils ont d'autres façons de faire s'évaporer l'eau de leur corps. Tu as probablement déjà vu les chiens haleter en sortant la langue. L'évaporation de leur langue et de leur haleine les rafraîchit.



Certains animaux se lèchent et l'humidité qu'ils laissent sur leur peau ou leur fourrure s'évapore et les rafraîchit. Le tantale d'Amérique, qu'on voit sur la photo, et l'urubu noir urinent sur leurs pattes. L'évaporation de leur urine rafraîchit leurs pattes et le sang qui coule sous la peau.



Les éléphants, pour leur part, aspergent leur corps avec de l'eau.





## Des concepts à retenir

1. Explique ce que signifie un « changement d'état ».
2. En quoi la sublimation est-elle différente de la vaporisation ?
3. Réfère-toi au tableau 5.1 de la page 162 pour répondre aux questions suivantes :
  - a) Dans quel état est l'azote à  $-200\text{ °C}$  ?
  - b) Dans quel état est l'alcool à friction à  $90\text{ °C}$  ?
  - c) Entre quelles températures l'étain est-il à l'état liquide ?
4. Explique la fusion à l'aide de la théorie particulaire de la matière.
5. Comment la théorie particulaire de la matière peut-elle expliquer la raison pour laquelle différentes substances ont des points de fusion et d'ébullition différents ?
6. Qu'est-ce que la courbe d'échauffement ?



Pour la question 8

## Des concepts clés à comprendre

7. Les gens mettent souvent du sel sur les routes et sur les trottoirs glacés en hiver. Pourquoi le sel fait-il fondre la glace ? Donne une explication possible.
8. Quand tu tiens un verre d'eau ou de boisson froide, l'extérieur du verre devient souvent humide. D'où vient cette eau sur le verre ?
9. Compare la force d'attraction entre les particules de l'eau et celle entre les particules du sel de table.
10. Une courbe de refroidissement est le contraire d'une courbe d'échauffement. Suppose qu'au début de tes observations, la substance est un gaz et la température est chaude. La substance perd de l'énergie (se refroidit) sur une certaine période. Trace une courbe de refroidissement pour l'alcool à friction. (Indice : le point d'ébullition de l'alcool à friction est  $82\text{ °C}$  et son point de fusion,  $-88\text{ °C}$ ).
11. Quand on chauffe un liquide, pourquoi les particules ne s'échappent-elles pas toutes en même temps pour devenir un gaz ?

### *Pause réflexion*

Dans l'introduction de ce chapitre, tu as appris que les automobilistes ajoutent de l'antigel dans le réfrigérant du radiateur de leur auto. Explique pourquoi, selon toi, l'antigel empêche le réfrigérant de geler.

### Prépare ton propre résumé

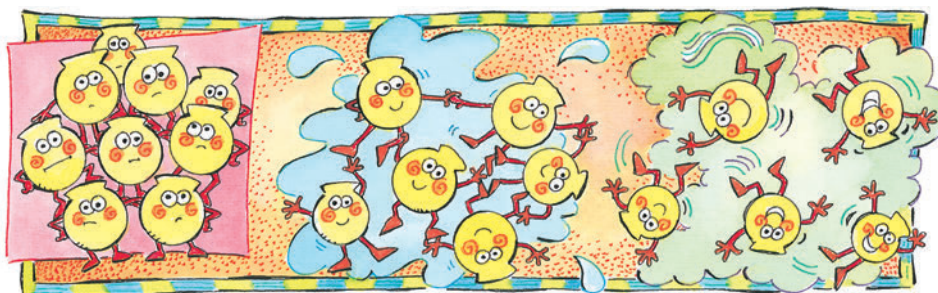
Dans ce chapitre, tu as étudié la théorie particulaire de la matière et les états de la matière. Rédige ton propre résumé des idées principales de ce chapitre. Tu peux ajouter des organisateurs graphiques ou des illustrations à tes notes. Lis l'**Omnitruc 9** pour t'aider à utiliser des organisateurs graphiques. Sers-toi des titres suivants pour organiser tes notes :

1. La théorie particulaire de la matière
2. La température et l'énergie cinétique des particules
3. Les états de la matière
4. La dilatation et la contraction de la matière
5. Les changements d'état
6. Les points de fusion et les points d'ébullition

### Des concepts à retenir

1. Pour avoir de l'énergie cinétique, que doit faire un objet ?
2. Qu'est-ce que la mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'un objet ou d'une substance ?
3. Comment détermine-t-on qu'une substance est un solide, un liquide ou un gaz ?
4. Dessine un croquis qui montre que la théorie particulaire peut expliquer les trois états communs de la matière. Explique ton croquis.

5. En quoi une augmentation de la température d'un objet a-t-elle un effet sur son volume ? Quel état de la matière est le plus sensible à cet effet ?
6. En quoi la théorie particulaire de la matière peut-elle expliquer l'écoulement des liquides ?
7. Identifie le changement d'état :
  - a) de liquide à solide,
  - b) de solide à gazeux,
  - c) de gazeux à solide.
8. En quoi la théorie particulaire de la matière peut-elle expliquer la vaporisation ?
9. Décris la force d'attraction entre les particules d'une substance pure, si sa température de fusion est  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
10. Qu'arrive-t-il à la température d'une substance pure lors de sa fusion ?
11. L'illustration ci-dessous peut servir de modèle pour représenter certains concepts que tu as appris dans ce chapitre.
  - a) Quels concepts cette illustration sert-elle à représenter ?
  - b) Explique comment chaque partie de l'illustration sert à représenter le concept.
  - c) Y a-t-il des changements que tu pourrais apporter à l'illustration pour améliorer la représentation ? Si oui, lesquels ?



## Des concepts clés à comprendre

12. Explique comment on peut utiliser des blocs Lego<sup>MD</sup> pour simuler la théorie particulaire de la matière.
13. Si deux balles de golf sont projetées dans les airs, comment peux-tu dire laquelle a le plus d'énergie cinétique ?
14. Imagine que tu tombes de vélo et que ton bras frotte contre le sol. On appelle souvent ce genre de blessure une « brûlure ». Explique pourquoi c'est une assez bonne description de la blessure.
15. Une ou un camarade de classe te dit que si quelque chose prend la forme du contenant, c'est sûr que c'est un liquide. Que lui répondrais-tu ?
16. Le mercure est le seul métal à l'état liquide à la température ambiante. Tous les autres métaux sont solides à cette température. Explique l'interaction entre les particules du mercure, comparativement aux particules des autres métaux.
17. Imagine que tu emplis jusqu'au bord un verre avec de l'eau du réfrigérateur. Tu le poses sur la table puis tu réponds au téléphone. Après une longue conversation, tu t'aperçois qu'il y a une petite flaque d'eau sous le verre. Explique ce qui s'est passé.
18. Deux verres sont coincés l'un dans l'autre. Rédige une suggestion pour séparer les verres sans les briser. Explique pourquoi ta méthode fonctionne.
19. Un jour d'hiver, le vent souffle fort toute la journée. Le soir venu, tu remarques qu'il y a beaucoup moins de neige dans l'entrée de la cour qu'au matin. Pourtant, l'asphalte n'a pas été trempé de la journée. Explique ce qui est arrivé à la neige.
20. Si tu veux chauffer une substance pour atteindre 450 °C, utiliserais-tu un contenant en étain ou en aluminium ? Explique ta réponse.
21. Imagine que tu déposes des œufs dans une casserole remplie d'eau sur la cuisinière et que tu allumes le feu pour les faire bouillir. Ensuite, tu vas dans ta chambre pour faire tes devoirs. Tu travailles si fort que tu oublies tes œufs sur la cuisinière. Pendant que tu faisais tes devoirs, toute l'eau s'est vaporisée et les œufs ont brûlé. Explique alors pourquoi les œufs ne brûlent pas quand ils sont dans l'eau bouillante, mais brûlent quand l'eau est évaporée.

### Pause réflexion



Examine la photo du trottoir ci-dessus. Pourquoi le trottoir s'est-il déformé et cassé de cette façon ? Donne une explication possible.