

# 4

## L'exploration spatiale

Les soirs d'été, l'observation de la Voie lactée nous émerveille et soulève plusieurs questions. Comment notre système solaire s'est-il formé ? De quoi sont faites les étoiles ? Quel est l'âge de l'Univers ?

## Contenu du module

10

### Nos connaissances sur l'Univers: le fruit de milliers d'années d'études

- 10.1 L'observation des étoiles
- 10.2 Les premiers modèles de l'Univers
- 10.3 Sur les épaules de géants



11

### L'exploration spatiale et l'amélioration progressive de nos connaissances sur le système solaire

- 11.1 Le Soleil et son influence sur la Terre
- 11.2 Les caractéristiques des corps célestes du système solaire
- 11.3 L'exploration de l'espace



12

### L'exploration spatiale et l'étude des étoiles, des nébuleuses et des galaxies hors de notre système solaire

- 12.1 Les origines de l'Univers
- 12.2 Les galaxies et les étoiles
- 12.3 Notre avenir dans l'espace





Les humains ont toujours trouvé l'espace fascinant et ont cherché à connaître ses mystères.

Imagine que tu sois né(e) et que tu aies grandi sur une toute petite île au milieu de l'océan. Si ni tes voisins ni toi ne pouviez quitter l'île, vos connaissances sur l'océan et ce qui se trouve au-delà de l'horizon seraient limitées. Tu apprendrais sans doute beaucoup de choses sur les plantes et les animaux marins du littoral. La nuit, tu pourrais aussi remarquer des cycles dans les mouvements des objets célestes. Cependant, il te serait très difficile de connaître ce que tu n'as jamais vu. Si tu pouvais quitter ton île et explorer de nouveaux endroits, tu pourrais alors augmenter de beaucoup tes connaissances.

La Terre est comme une île dans l'Univers. Les êtres humains cherchent constamment des moyens pour explorer et mieux comprendre cet Univers, et comprendre la place de la Terre dans celui-ci. Au fur et à mesure des progrès de la technologie, notre capacité à acquérir de l'information sur des endroits très éloignés s'est améliorée. La plupart du temps, nous recueillons de l'information depuis la Terre à l'aide des télescopes qui nous permettent d'observer des objets très éloignés.

Cependant, au siècle dernier, nous avons été capables de lancer dans l'espace des instruments de pointe comme des satellites et des sondes spatiales. Depuis, nous recueillons de l'information grâce à eux. Les vols habités dans l'espace, à partir de notre «île terrestre», sont même devenus plus communs.

À l'Observatoire fédéral de radioastrophysique, en Colombie-Britannique, les scientifiques étudient l'espace depuis la Terre. La collecte d'information sur notre galaxie, la Voie lactée, est l'un de leurs divers projets en cours. Une galaxie est un gigantesque amas de gaz,

de poussière et de milliards d'étoiles retenus ensemble par la force de gravité. Une étoile est un astre sphérique dont le centre ressemble à une fournaise, c'est-à-dire qu'une étoile produit sa propre énergie thermique.

Notre Soleil est l'une des milliards d'étoiles qui composent la Voie lactée. La nuit, quand tu regardes le ciel par temps clair, toutes les étoiles que tu vois font partie de la Voie lactée.



L'Observatoire fédéral de radioastronomie est situé près de Penticton, en Colombie-Britannique.

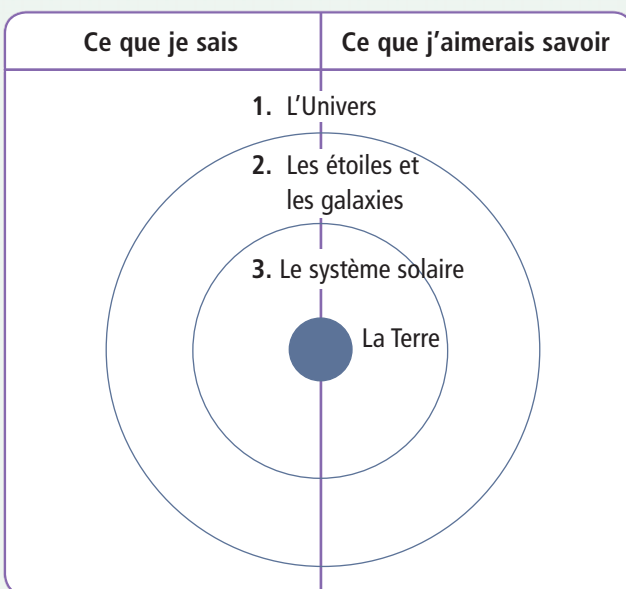
## Que sais-tu sur l'Univers?

## ACTIVITÉ d'exploration

On trouve plusieurs types d'objets dans l'Univers. Lesquels connais-tu? Au cours de cette activité, tu participeras à un remue-méninges pour dire ce que tu connais et ce que tu aimerais apprendre à ce sujet. Le diagramme que tu dessineras t'aidera à classer tes idées au fil de ta lecture de ce module.

### Matériel

- une feuille de papier grand format
- des crayons feutres



### Ce que tu dois faire

1. Travaille en équipe de deux ou en petit groupe. Tracez un diagramme comme celui de l'illustration sur la feuille, avec les crayons feutres.
2. Nommez les objets qui, selon vous, sont présents dans l'espace. Dans la colonne « Ce que je sais », inscrivez chaque objet dans l'une des catégories suivantes : l'Univers, les étoiles et les galaxies, ou bien le système solaire. Essayez de classer les objets dans la catégorie reflétant le mieux leur position par rapport à la Terre.
3. Écrivez au moins une question pour chaque catégorie dans la colonne « Ce que j'aimerais savoir ».

### Qu'as-tu découvert?

1. Une fois cet exercice terminé, lie et étudie le diagramme d'une autre équipe. Discute avec les membres de ton équipe des changements ou des ajouts à apporter à votre diagramme.
2. Toute la classe ensemble, discutez des différents objets choisis par les groupes.
3. Affichez vos diagrammes sur les murs de la classe. Vous pourrez les compléter tout au long de ce module.

# Nos connaissances sur l'Univers : le fruit de milliers d'années d'études

L'astronomie est l'une des sciences les plus anciennes. Même les hommes des cavernes observaient le ciel. Ils connaissaient les phases de la Lune et s'en servaient pour mesurer le temps, un des premiers calendriers. On croyait alors que la position et le mouvement des étoiles influençaient la vie de tous les jours. Au cours des siècles passés, des hommes et des femmes ont observé avec attention les mouvements de ces objets. On a éventuellement proposé et validé des modèles décrivant ces mouvements. Tout cela a nécessité beaucoup de temps. Parfois, les scientifiques qui proposaient de nouvelles idées révolutionnaires ont connu de dures épreuves quand leurs théories, bien qu'exactes, ont été rejetées.

Dans ce chapitre, tu auras la possibilité de faire tes propres observations du ciel. Tu apprendras également comment plusieurs astronomes ont pu, grâce à leurs observations, déterminer la place de la Terre dans l'Univers.

## Mon organisateur graphique\*

Habiletés en lecture et en écriture

### Ce que tu apprendras

À la fin de ce chapitre, tu pourras :

- **identifier** les étoiles et les constellations les plus brillantes, visibles depuis là où tu habites ;
- **décrire** les premiers modèles de l'Univers ;
- **expliquer** les mouvements des planètes ;
- **énoncer** les lois du mouvement des planètes ;
- **examiner** les grandes distances entre les planètes.

### Pourquoi est-ce important ?

Le besoin d'apprendre et le désir d'explorer sont à l'origine de nos connaissances sur l'Univers. En observant le ciel et en étudiant les découvertes des astronomes au cours de l'histoire, nous pouvons ressentir l'enthousiasme lié à cette exploration et mieux comprendre la place de la Terre au sein de l'Univers.

### Les compétences que tu utiliseras

Dans ce chapitre, tu devras :

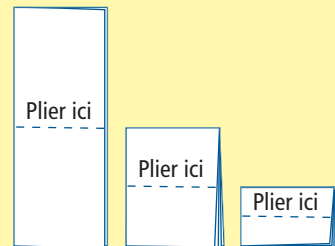
- **observer** le ciel la nuit et dessiner les constellations les plus brillantes que tu auras observées ;
- **construire** une constellation en trois dimensions ;
- **modéliser** le système solaire en respectant la taille des objets et les distances entre ceux-ci.

Prépare ton aide-mémoire repliable pour prendre des notes sur ce que tu apprendras dans le chapitre 10.

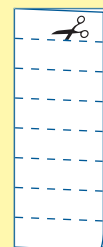
**ÉTAPE 1** Plie une feuille de papier dans le sens de la longueur.



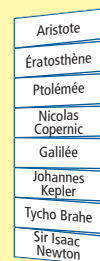
**ÉTAPE 2** Plie la feuille en deux pour former deux sections égales, puis replie-la à nouveau en deux pour former quatre sections égales, et à nouveau en deux pour former huit sections égales.



**ÉTAPE 3** Déplie la feuille en la gardant pliée dans la longueur et **découpe** le long des pliures sur un seul côté pour former huit onglets.



**ÉTAPE 4** **Inscris** les titres suivants de haut en bas : Aristote, Ératosthène, Ptolémée, Nicolas Copernic, Galilée, Johannes Kepler, Tycho Brahe, Sir Isaac Newton.



**Lis et écris** la contribution de chaque astronome sous l'onglet approprié. Au verso, prends des notes et trace des schémas pour résumer ce que tu as appris sur les étoiles et les constellations.

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

## 10.1 L'observation des étoiles

### Notions scientifiques de la section

- Dès que les humains ont regardé le ciel nocturne, ils ont été curieux de savoir ce qui se trouvait là-haut.
- Les scientifiques ont observé les mouvements des étoiles et des planètes. Ils ont ensuite proposé des théories pour expliquer leurs observations.
- On imaginait autrefois que la Terre était au centre de l'Univers. On considère maintenant que la Terre est une petite planète en orbite autour d'une étoile ordinaire.
- Bien que nous ayons déjà beaucoup appris, nous voulons toujours approfondir nos connaissances.

### Mots clés

astérisme  
constellation  
constellation circumpolaire  
constellation du zodiaque  
corps céleste  
écliptique  
magnitude

### Le savais-tu ?

Les astronomes chinois auraient été les premiers à noter leurs observations sur le mouvement des étoiles et des planètes. Ces observations très précises ont été consignées il y a plus de 4 000 ans.

À quoi penses-tu lorsque tu observes le ciel nocturne ? Te demandes-tu parfois ce qui se trouve là-haut ? Tu vois probablement la Lune et quelques étoiles brillantes. Si tu habites loin des lumières des villes, tu peux probablement aussi observer des milliers d'étoiles et même la faible lueur de la Voie lactée.

Des astronautes se sont rendus sur la Lune. Ils y sont restés quelques jours à chaque voyage. Nous savons maintenant, grâce à des observations et à des expériences, que les étoiles sont comme notre Soleil. Elles émettent de la lumière et de la chaleur, mais elles sont très éloignées. Il y a des milliers d'années, que pouvaient bien penser les gens quand ils observaient le ciel ?

Les toutes premières civilisations reposaient sur l'agriculture. Les agriculteurs devaient semer au bon moment pour avoir une bonne récolte. Ils ont appris qu'ils pouvaient se servir des étoiles et d'autres corps célestes comme d'un calendrier. Un **corps céleste** est un objet naturel dans l'espace, par exemple une planète, une lune, un astéroïde, une comète ou une étoile. Ces gens ont donc commencé à suivre le mouvement des corps célestes. Lorsque certaines étoiles étaient visibles à un moment précis de la nuit, ils savaient qu'il était temps de semer. L'apparition d'autres étoiles indiquait le temps des récoltes.

Le ciel était parfois une source de frayeur (voir la figure 10.1).



**Figure 10.1** Dans le passé, le ciel nocturne a été une source d'information mais aussi une source de peur face à l'inconnu.

Les peuples anciens interprétaient ce qu'ils voyaient dans le ciel d'une manière différente. Le lever et le coucher du Soleil et des étoiles étaient des phénomènes quotidiens prévisibles et rassurants. Lorsque survenait un événement inhabituel, tel que le passage d'une comète ou une éclipse de soleil, cela était parfois interprété comme un signe de malchance ou de désastre imminent.

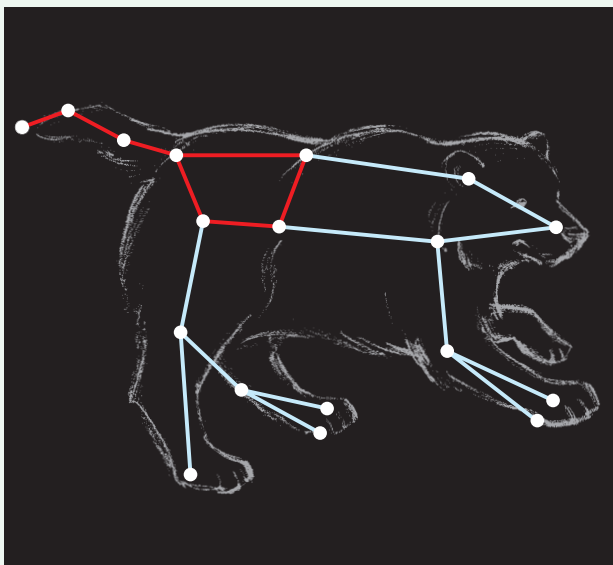
De nos jours, nous observons et apprécions le passage d'une comète ou une éclipse de la même façon que tout autre phénomène naturel.

## La construction d'une constellation

10-1A

## Réfléchis bien

Les constellations sont des ensembles d'étoiles qui peuvent être regroupées pour former une forme précise dans le ciel. Dans l'hémisphère Nord par exemple, on trouve un groupe d'étoiles qu'on appelle la constellation de la Grande Ourse.



Tu peux imaginer différents regroupements d'étoiles. L'interprétation et le nom de ces groupes d'étoiles varient selon les cultures. Au cours de cette activité, tous les élèves de ta classe recevront une image d'un même ensemble d'étoiles. Chacun devra alors individuellement créer sa propre constellation.

### Matériel

- un crayon à mine
- des crayons de couleur
- une carte du ciel

### Ce que tu dois faire

1. Observe la carte du ciel pour trouver une idée de constellation. Pour t'aider, tourne la feuille et observe-la sous des angles différents.
2. Lorsque tu auras une idée, relie entre elles les étoiles les plus brillantes à l'aide de ton crayon à mine afin qu'elles forment un schéma très simple qui reflète la forme que tu perçois dans la constellation. Ce dessin sera la structure de base de ta constellation.
3. Utilise tes crayons de couleur pour dessiner et colorier les autres détails de cette forme.
4. Nomme ta constellation.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Compare ta constellation avec celles des autres élèves. Quelles sont les différences entre ta constellation et les leurs ? Y a-t-il une constellation identique à la tienne ?
2. Comment ta réponse à la question 1 te permet-elle d'expliquer pourquoi des cultures différentes interprètent différemment les formes et les objets qu'elles perçoivent dans les mêmes ensembles d'étoiles ?
3. Est-ce qu'un télescope qui te permettrait de voir beaucoup plus d'étoiles t'aiderait à créer une constellation ? Explique ta réponse.



## Le savais-tu ?

On a trouvé la plus ancienne carte du ciel dans l'une des grottes préhistoriques de Lascaux, en France. Selon les spécialistes, cette carte aurait environ 16 500 ans et représenterait les étoiles brillantes Véga, Deneb et Altaïr.

## Les constellations

Il y a des milliers d'années, les gens essayaient d'expliquer ce qu'ils voyaient lorsqu'ils regardaient le ciel nocturne. Ils se représentaient les étoiles comme des points lumineux fixés au fond d'un bol renversé qu'ils appelaient la « voûte céleste ». Ils reconnaissaient dans certains groupes d'étoiles des formes remarquables qui portent le nom de **constellations**. Ce mot vient du latin et signifie « avec des étoiles ». Des histoires de rois et de reines, de bons et de méchants, d'animaux et de créatures mythiques ont ainsi été transposées dans le ciel. Ce sont des personnages des mythologies grecque et romaine qui peuplent la plupart des constellations que nous utilisons aujourd'hui. Les astronomes amateurs apprennent à reconnaître les constellations et s'en servent pour repérer d'autres objets dans le ciel nocturne.

Ces groupes d'étoiles restaient les mêmes nuit après nuit. Ceux qui observaient le ciel avaient aussi remarqué cinq « étoiles » brillantes qui se déplaçaient au milieu de ces groupes fixes. Ils les ont nommées *planètes*, d'un mot grec signifiant « vagabond ». Chacune de ces planètes a reçu le nom d'un dieu romain : Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

On pense parfois que les étoiles d'une constellation sont proches les unes des autres et qu'elles sont à la même distance de la Terre. Ce n'est pas le cas, car elles sont souvent très éloignées les unes des autres. Si elles semblent proches les unes des autres, c'est parce qu'elles sont très brillantes et très éloignées de la Terre.

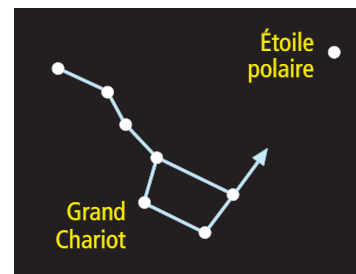
L'Union astronomique internationale a dressé une liste de 88 constellations, dont celles de Cassiopée, d'Orion et du Lion (voir la figure 10.2). Les petits groupes d'étoiles qui ont une forme remarquable à l'intérieur d'une constellation se nomment **astérismes**. Ce terme est tiré du mot grec *aster* qui signifie « étoile ». L'un des astérismes les plus connus et les plus visibles dans l'hémisphère Nord est le « Grand Chariot » (ou la « Grande Casserole ») dans la constellation de la Grande Ourse.



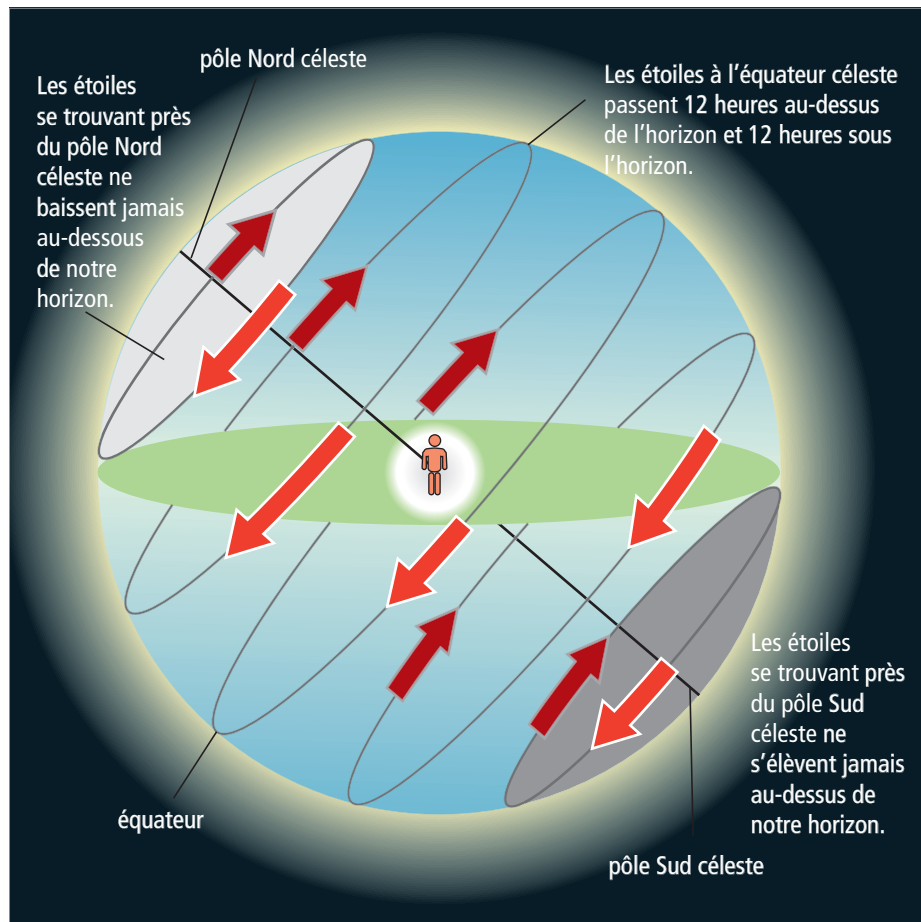
Figure 10.2 Trois constellations importantes visibles dans le ciel : Cassiopée, Orion (le chasseur) et la constellation du Lion

Les deux étoiles qui se trouvent à l'arrière du Grand Chariot pointent en direction de l'Étoile polaire (voir la figure 10.3). Bien avant l'invention de la boussole, on se dirigeait grâce à l'Étoile polaire. Beaucoup de gens croient que l'Étoile polaire est la plus brillante, mais elle brille seulement autant que les étoiles les plus brillantes du Grand Chariot.

Au Canada, il est impossible d'observer les 88 constellations. Une vingtaine de constellations ne s'élèvent jamais au-dessus de l'horizon et ne sont visibles que dans l'hémisphère Sud (voir la figure 10.4).



**Figure 10.3** Comme le montre la flèche ci-dessus, les deux étoiles qui se trouvent à l'arrière du Grand Chariot pointent en direction de l'Étoile polaire.



**Figure 10.4** Imagine qu'une nuit tu te trouves debout dans une vaste plaine. Au fur et à mesure que la Terre tourne, les étoiles dans le ciel semblent être sur une sphère qui tourne lentement autour de l'Étoile polaire. (Ce mouvement est illustré par les flèches sur le schéma.) Tu peux voir les étoiles dans le ciel au-dessus de toi, mais il y en a d'autres en dessous. Tu ne peux pas les voir parce que la Terre te bloque la vue. Les étoiles qui se trouvent dans la zone gris foncé ne sont jamais visibles dans l'hémisphère Nord.

Lorsque les explorateurs européens ont navigué pour la première fois autour du monde, en se dirigeant notamment vers l'Australie et l'Amérique du Sud, ils ont vu un certain nombre d'étoiles pour la première fois. Ces explorateurs ont alors imaginé de nouvelles constellations. Elles ne représentaient pas des animaux ou des rois, mais plutôt des objets importants de leur vie comme un navire, une horloge, un microscope ou un compas.

## Approfondissement

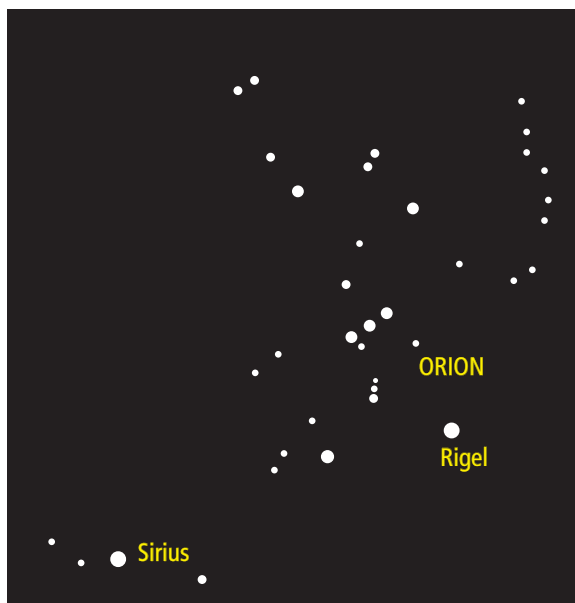
- Le Grand Chariot est aussi perçu comme une casserole, une charrue ou une cuillère selon les divers pays. Pour en apprendre plus sur les histoires associées aux noms de plusieurs constellations, commence ta recherche dans Internet à partir des mots clés suivants : **constellations, noms et historiques.**

## La magnitude

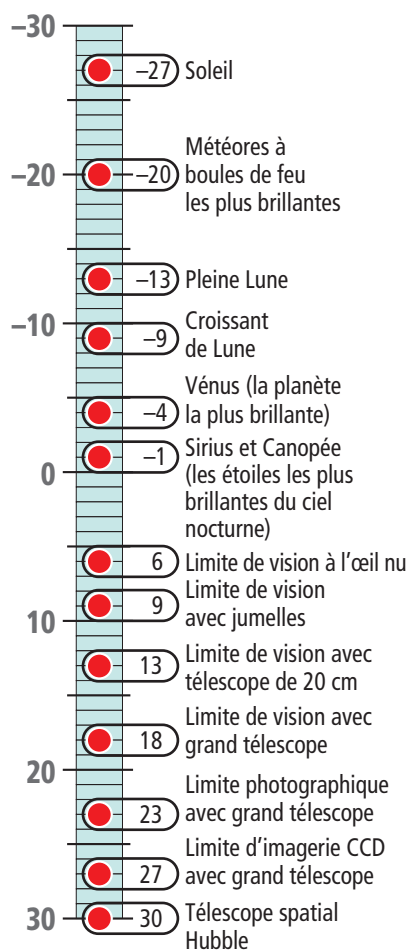
On peut décrire une étoile à l'aide de sa brillance. La **magnitude** d'une étoile indique combien elle apparaît brillante. La magnitude d'une étoile dépend de deux facteurs : sa luminosité et sa distance par rapport à la Terre. Suppose que tu aies deux lampes de poche identiques. Si une personne tient la première lampe à 10 m de toi, et qu'une autre tient la seconde lampe à 100 m, la lampe la plus proche te semblera plus brillante bien qu'elles soient identiques. Si la lampe placée à 100 m émet plus de lumière, elle te semblera peut-être aussi brillante que celle placée à 10 m.

Les étoiles n'ont pas toutes la même luminosité. En fait, celles qui paraissent les plus brillantes ne sont pas nécessairement les plus proches. Certaines étoiles sont beaucoup plus lumineuses que notre Soleil, mais comme elles sont très éloignées, elles paraissent peu brillantes (voir la figure 10.5).

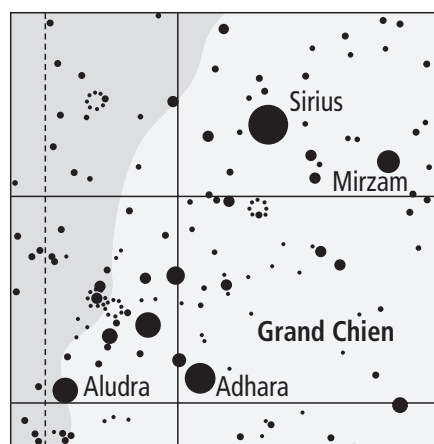
Vers environ 125 avant notre ère, l'astronome et mathématicien Hipparque a élaboré la première échelle décrivant la brillance d'une étoile. Dans son système, il donnait le rang ou la magnitude 1 aux étoiles les plus brillantes, jusqu'au rang 6 pour les étoiles visibles les moins brillantes. De nos jours, les astronomes utilisent une échelle semblable à celle d'Hipparque pour mesurer la magnitude. Les étoiles les plus brillantes ont une magnitude de près de 0 et les étoiles moins brillantes ont une magnitude de 2, 3, 4 ou plus. Plus la magnitude est faible, plus l'étoile paraît brillante (voir la figure 10.7). Les astronomes modernes ont étendu cette échelle pour inclure des objets plus brillants que ceux identifiés par Hipparque, en utilisant des nombres négatifs. Par exemple, les planètes peuvent avoir jusqu'à  $-4$  de brillance (voir la figure 10.6).



**Figure 10.5** Rigel paraît moins brillante que Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel. Pourtant, la luminosité de Rigel est beaucoup plus élevée, mais cette étoile est beaucoup plus loin de nous.



**Figure 10.6** Les magnitudes varient de  $-27$  pour le Soleil à  $+6$  pour les étoiles à peine perceptibles à l'œil nu, et jusqu'à  $+30$  pour les étoiles que nous ne pouvons pas voir mais que l'on peut observer avec un télescope spatial tel que Hubble.



**Figure 10.7** Sur les cartes du ciel, la magnitude d'une étoile est indiquée par la taille du point représentant cette étoile. Plus le point est gros, plus la magnitude est petite et plus l'étoile est brillante.

## Les mesures angulaires

Il est très difficile d'indiquer les dimensions d'un objet sans unité de mesure. Tu peux par exemple donner la hauteur d'une épulette noire en mètres. Pour exprimer la longueur, nous utilisons des unités de mesures comme le centimètre, le mètre ou le kilomètre selon ce que nous désirons mesurer.

Quand nous observons le ciel, nous ne pouvons pas utiliser une règle pour mesurer la distance apparente entre deux étoiles, car plus la règle est éloignée de nos yeux, plus la distance nous paraît grande. On peut cependant mesurer l'angle, en degrés, entre les étoiles (voir la figure 10.8). En procédant ainsi, il est possible d'indiquer la position des étoiles par rapport à la Terre d'une manière qui soit compréhensible pour tout le monde.

Pour mesurer les angles sur un schéma, tu utilises un rapporteur d'angles. Tu peux te servir de ta main pour estimer les angles entre les étoiles (voir la figure 10.9). Si tu étends le bras devant toi, l'ongle de ton petit doigt couvre environ  $1^\circ$ . Trois doigts correspondent à  $5^\circ$ , ton poing à  $10^\circ$  et la distance entre ton petit doigt et ton index correspond à environ  $15^\circ$ . Enfin, la distance entre ton pouce et ton petit doigt quand tu les écartes correspond environ à  $25^\circ$ .

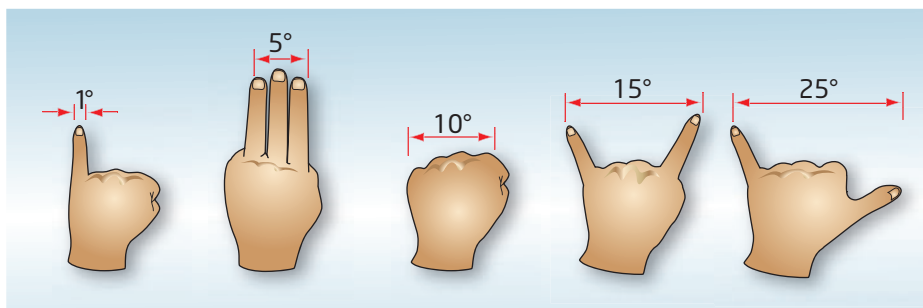


Figure 10.9 Tu peux utiliser tes mains pour estimer les angles entre les étoiles.

Tu peux vérifier cette méthode de mesure avec le Grand Chariot. La caisse du chariot mesure  $10^\circ$  et devrait donc contenir ton poing.

### Vérifie ta lecture

1. Qu'est-ce qu'un corps céleste ?
2. Définis le terme « constellation ».
3. Quels sont les deux facteurs qui influencent la magnitude d'une étoile ?
4. Comment peut-on estimer la distance apparente entre les étoiles ?

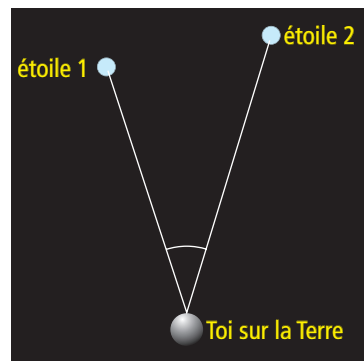


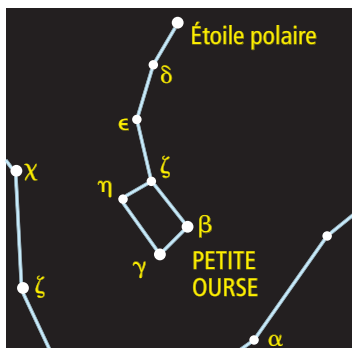
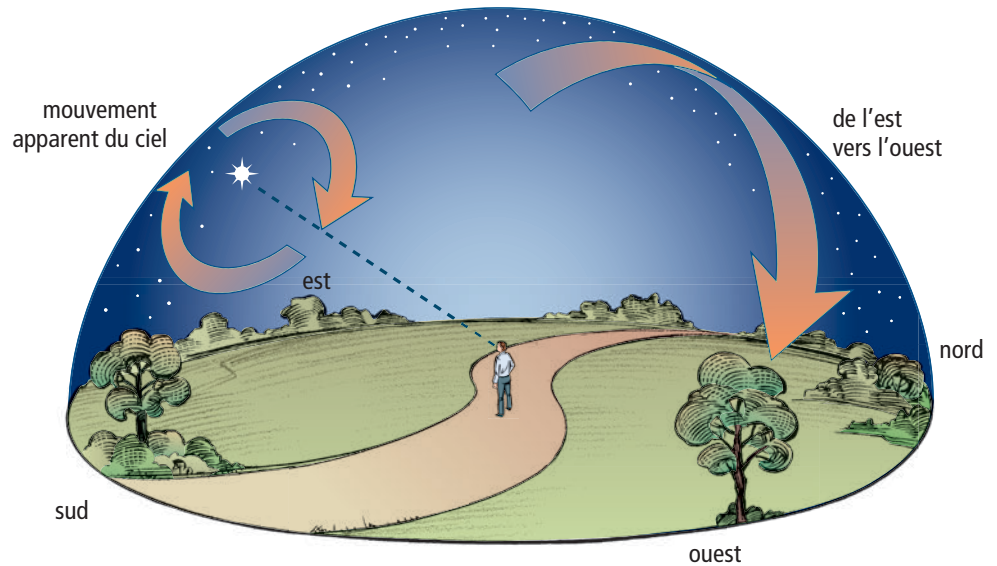
Figure 10.8 Pour estimer la distance apparente entre deux étoiles, tu peux mesurer l'angle entre ton point d'observation et une étoile, puis entre le même point d'observation et une autre étoile.

### Le savais-tu ?

Estime le diamètre de la Lune en degrés à l'aide de ta main. Tu découvriras que, peu importe la position de la Lune dans le ciel, son diamètre n'est que de  $0,5^\circ$ .

## Le mouvement des étoiles

**Figure 10.10** Les étoiles semblent se déplacer d'est en ouest. Au nord, elles semblent tourner autour d'un point central.



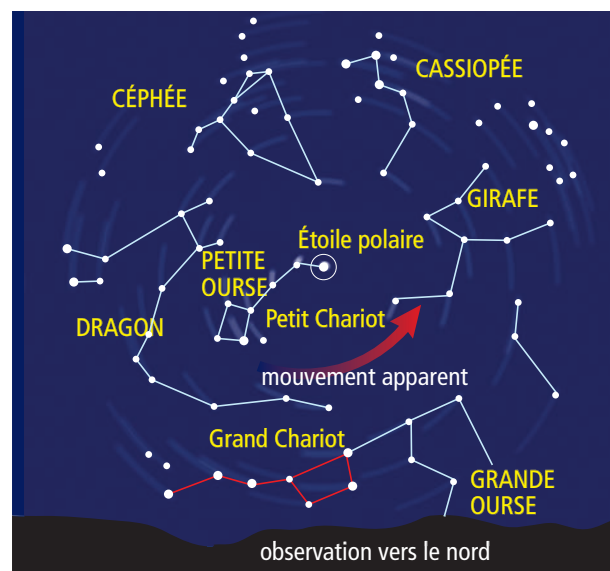
**Figure 10.11** L'Étoile polaire est la dernière étoile du Petit Chariot.

Si tu observes les étoiles durant une nuit, tu remarqueras qu'elles se déplacent généralement d'est en ouest, comme le Soleil. C'est la rotation de la Terre sur son axe vers l'est qui est à l'origine de ce mouvement régulier. Si tu regardes vers le sud, les étoiles sembleront se lever à l'est et se coucher à l'ouest. Certaines passeront même directement au-dessus de ta tête. Si tu regardes vers le nord, ce sera différent. Les étoiles sembleront toutes tourner lentement autour d'un point central (voir la figure 10.10).

Ce point autour duquel les étoiles semblent tourner est l'Étoile polaire. Si tu prolongeais l'axe de la Terre dans l'espace, il passerait par l'Étoile polaire, qui se trouve à l'extrémité de la Petite Ourse (voir la figure 10.11).

Les constellations dans le nord du ciel, notamment la Grande Ourse, la Petite Ourse et Cassiopée, sont des **constellations circumpolaires**. Elles ne disparaissent jamais sous l'horizon.

Si tu prends une photographie de cette région du ciel avec un temps de pose de plusieurs heures, les étoiles laisseront des traces circulaires, comme celles sur la figure 10.12.



**Figure 10.12** Les constellations de Cassiopée, de Céphée, du Dragon, de la Petite Ourse, de la Grande Ourse et de la Girafe tournent autour de l'Étoile polaire. Elles sont visibles toute l'année dans l'hémisphère Nord.

## Le mouvement de la Lune, du Soleil et des planètes

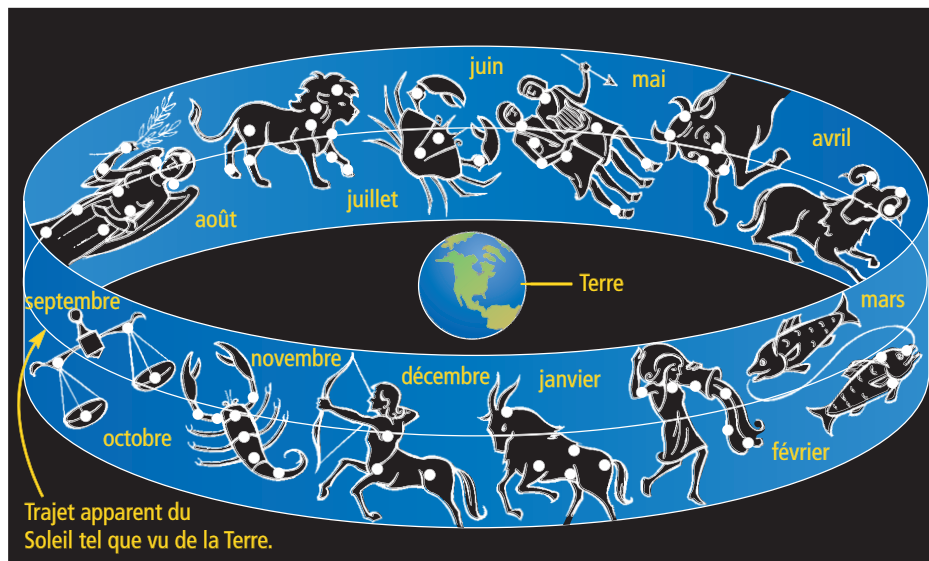


Figure 10.13 Au cours d'une année, le Soleil semble passer par les 12 constellations du zodiaque.

Comme la Terre tourne autour du Soleil, le Soleil semble se déplacer devant les étoiles en arrière-plan. On ne voit pas les étoiles le jour, puisque le Soleil est placé devant elles. Nous savons que le Soleil suit le même trajet dans le ciel, jour après jour. Ce trajet est appelé l'**écliptique**. Les 12 **constellations du zodiaque** se trouvent sur ce trajet : Bélier, Taureau, Gémeaux, Cancer, Lion, Vierge, Balance, Scorpion, Sagittaire, Capricorne, Verseau et Poissons. Ces constellations donnent leurs noms aux signes du zodiaque. La Lune et les planètes se déplacent aussi le long de l'écliptique et traversent toutes les constellations du zodiaque (voir la figure 10.13).

Les planètes qui tournent autour du Soleil ne se déplacent pas toutes à la même vitesse le long de l'écliptique. Les planètes situées entre la Terre et le Soleil, Mercure et Vénus, semblent tourner beaucoup plus vite que les autres planètes. Mercure et Vénus ne sont jamais très loin du Soleil, puisque leur orbite est plus proche du Soleil que l'orbite de la Terre. Ces deux planètes ne sont visibles que peu de temps après le coucher du Soleil ou avant son lever. Les autres planètes sont visibles toute la nuit si leur position par rapport à la Terre le permet (voir la figure 10.14).

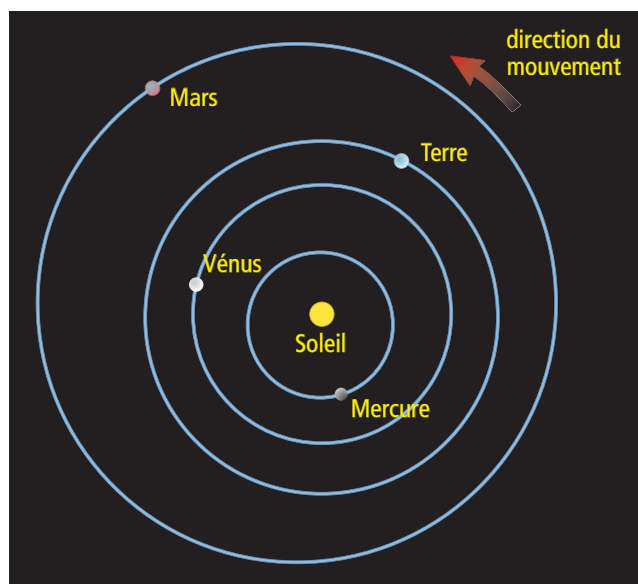
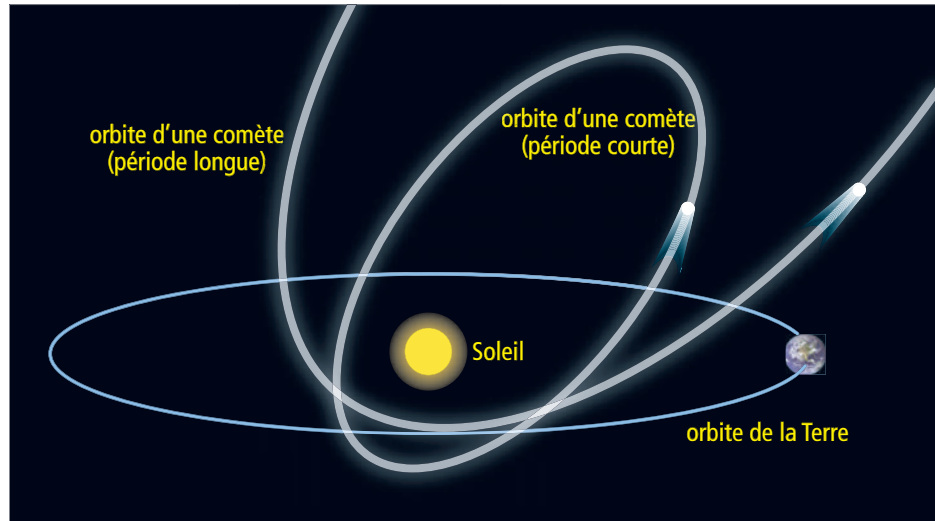


Figure 10.14 Vues de la Terre, Mercure et Vénus apparaissent proches du Soleil dans le ciel, car leur orbite autour du Soleil est plus petite que celle de la Terre. Les autres planètes, dont l'orbite est plus grande, apparaissent parfois dans le ciel très loin du Soleil.

Les astéroïdes situés entre l'orbite de Mars et celle de Jupiter semblent aussi se déplacer devant les étoiles en arrière-plan.

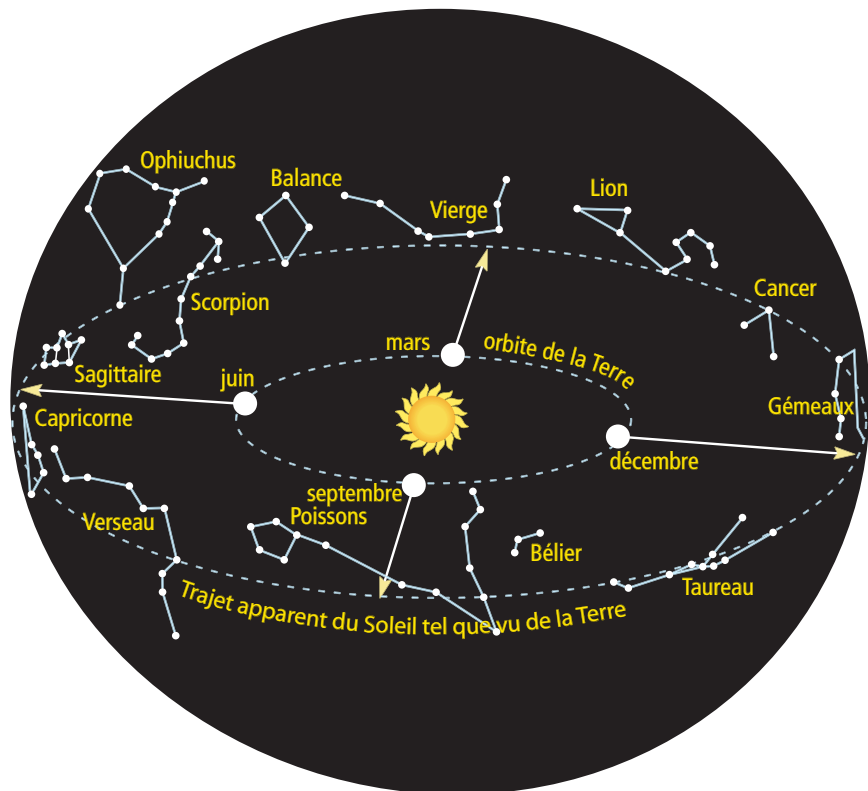
Les comètes constituent une exception. Leur orbite peut se situer au-dessus ou au-dessous de l'orbite de la Terre. C'est pour cette raison que nous ne voyons pas toujours les comètes sur l'écliptique (voir la figure 10.15).

**Figure 10.15** L'orbite de la Terre et celle des autres planètes autour du Soleil sont situées dans le même plan, alors que l'orbite des comètes peut être dans d'autres plans. Nous observons les planètes le long de l'écliptique, soit sur le même trajet que le Soleil dans le ciel, mais nous pouvons voir des comètes dans d'autres régions du ciel. Certaines comètes ont une orbite qui reste proche du Soleil, alors que d'autres suivent une orbite jusqu'aux confins du système solaire.



## Les constellations saisonnières

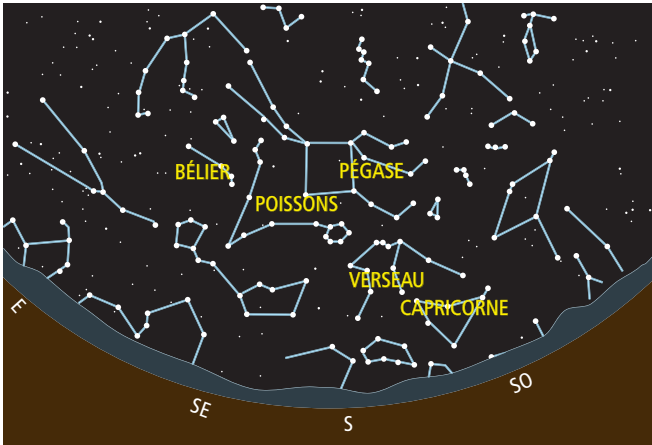
**Figure 10.16** Nous observons des constellations différentes selon les saisons. La lumière du Soleil nous empêche de voir les autres constellations. Comme nous ne pouvons voir les étoiles que la nuit, nous ne voyons que les étoiles qui sont dans la direction opposée au Soleil au moment de l'année où nous les observons.



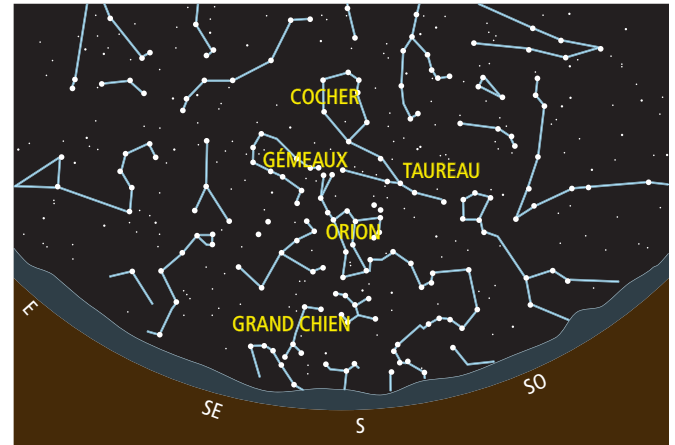
### Suggestion d'activités

Réalise une expérience 10-1B, à la page 362.  
Réfléchis bien 10-1C, à la page 363.

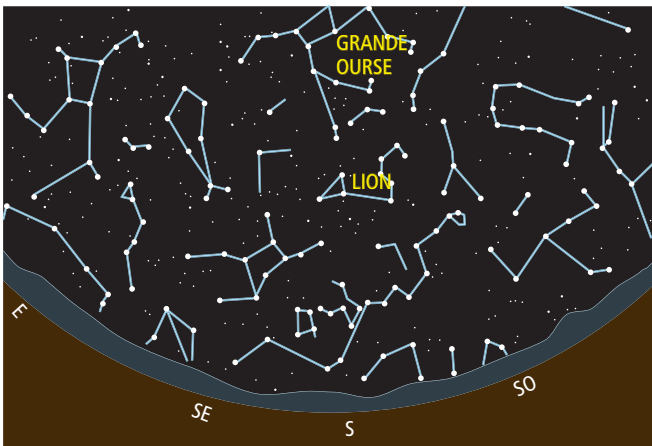
Nous voyons une partie différente du ciel à chaque saison parce que la Terre tourne autour du Soleil en une année (voir la figure 10.16). Certaines constellations sont visibles toute l'année mais changent de position. D'autres constellations ne sont visibles qu'à certaines saisons (voir les figures 10.17 à 10.20).



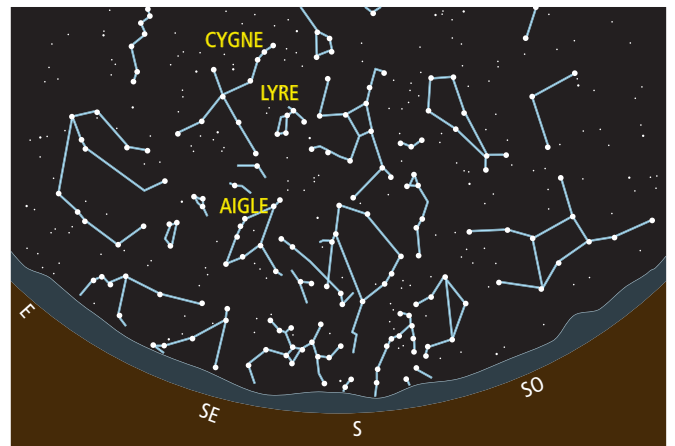
**Figure 10.17** À l'automne, Pégase domine le ciel. Cette constellation ressemble à un grand carré. Les constellations le long de l'écliptique sont relativement peu brillantes : Bélier, Poissons, Verseau et Capricorne.



**Figure 10.18** En hiver, nous observons des constellations formées de beaucoup d'étoiles brillantes. La constellation d'Orion (le grand chasseur) se trouve au centre. Autour d'elle se trouvent les constellations des Gémeaux, du Grand Chien, du Taureau et du Cocher. Sirius, l'étoile la plus brillante du ciel, se trouve dans la constellation du Grand Chien. Tu peux utiliser les trois étoiles d'Orion pour repérer Sirius.



**Figure 10.19** Au printemps, c'est la majestueuse constellation du Lion qui domine le ciel. La Grande Ourse est à son point le plus haut au printemps, en fait presque au zénith.



**Figure 10.20** En été, les constellations du Cygne, de la Lyre et de l'Aigle dominent le long de la Voie lactée. Les trois étoiles brillantes de ces constellations, Deneb, Vega et Altair, forment le Triangle d'été.

## Vérifie ta lecture

1. Pourquoi les constellations situées dans le nord du ciel sont-elles appelées circumpolaires ?
2. Quel nom porte le trajet suivi par le Soleil tous les jours ?
3. Quelle est la différence entre le mouvement des astéroïdes et celui des comètes ?
4. Pourquoi voit-on une partie différente du ciel selon les saisons ?



**Vérifie tes compétences**

- Observer
- Évaluer l'information
- Tirer des conclusions
- Expliquer les systèmes

**Consigne de sécurité**

- Consulte les prévisions météorologiques et porte des vêtements adaptés au temps.

**Matériel**

- une carte du ciel de la saison fournie par ton enseignante ou ton enseignant
- des crayons de couleur
- une lampe de poche avec un filtre de cellophane rouge
- une liste des planètes visibles fournie par ton enseignante ou ton enseignant

La position des constellations que nous voyons dans le ciel change avec les saisons, au fur et à mesure que la Terre tourne autour du Soleil. La position de la Lune, quant à elle, change chaque soir sur son orbite autour de la Terre. La Lune effectue une révolution complète en 28 jours. Les planètes apparaissent comme des étoiles brillantes et passent lentement d'une constellation à l'autre au fur et à mesure qu'elles tournent autour du Soleil.

Au cours de cette activité, tu observeras et identifieras quelques constellations. Tu observeras aussi le mouvement de la Lune durant quelques jours et tu identifieras les planètes visibles au moment de ton observation.

**Ce que tu dois faire**

1. Réalise tes observations par une nuit dégagée, au début du premier quartier de la Lune. (Durant cette période, tu peux facilement observer la Lune en début de soirée. De plus, la lumière réfléchiée par la pleine Lune peut rendre plus difficile l'observation de certaines constellations.)
2. Regarde vers le nord. Trouve les constellations circumpolaires de la Grande Ourse, de la Petite Ourse et de Cassiopée, puis dessine-les. Sers-toi de la carte du ciel pour identifier chaque constellation. Note bien la date et l'heure sur ton schéma.
3. Regarde vers le sud. Identifie les constellations saisonnières les plus brillantes à l'aide de la carte du ciel. Dessine les constellations que tu auras identifiées et indique leur position par rapport à un objet fixe (arbre, cheminée ou antenne).
4. Note la position de la Lune par rapport à une étoile brillante ou à un objet fixe. Trace un schéma.
5. Quelques heures plus tard, place-toi si possible au même endroit et note les positions des mêmes constellations et de la Lune. Trace un autre schéma en utilisant une autre couleur sur la même page.
6. Lors de la prochaine nuit claire, répète les mêmes étapes. Essaie de faire tes observations à la même heure.
7. Quelques semaines plus tard, répète les mêmes étapes. Essaie de faire tes observations à la même heure.

**Qu'as-tu découvert ?**

1. Observe les positions des constellations circumpolaires que tu as dessinées à des moments différents. Tournent-elles dans le sens des aiguilles d'une montre ou dans le sens contraire autour de l'Étoile polaire ?
2. La Lune semble-t-elle se déplacer vers l'est ou vers l'ouest au cours d'une même soirée ? Pourquoi crois-tu qu'elle semble se déplacer dans cette direction ?
3. La Lune semble-t-elle se déplacer vers l'est ou vers l'ouest d'une nuit à la suivante ? Pourquoi crois-tu qu'elle semble se déplacer dans cette direction sur un intervalle de plusieurs nuits ?
4. Qu'as-tu remarqué à propos de la position des constellations après quelques semaines ? Comment expliques-tu ce phénomène ?
5. Après quelques semaines, la Lune se trouve-t-elle au même endroit ? Sinon, pourquoi ? À quel moment la Lune sera-t-elle à nouveau visible au même endroit et à la même heure ?

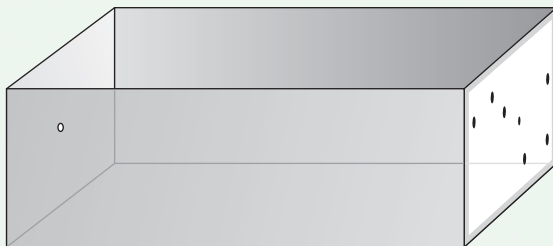
Les étoiles dans les constellations semblent toutes se trouver à la même distance. Dans cette activité, tu construiras un modèle en trois dimensions pour représenter la position des étoiles dans le Grand Chariot (ou la Grande Casserole).

### Matériel

- une petite boîte (comme une boîte à chaussures)
- de la ficelle, des ciseaux, de la colle et du ruban adhésif
- un schéma illustrant le Grand Chariot
- 7 petites perles (pour les étoiles)
- un tableau donnant la distance des étoiles à la Terre pour les placer sur le modèle (voir ci-dessous)

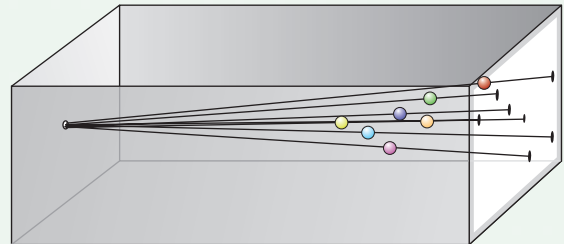
### Ce que tu dois faire

1. Colle le schéma du Grand Chariot à l'intérieur de la boîte, sur un des petits côtés.
2. Perce un trou au milieu du côté opposé. Ce trou représente la Terre.



3. Coupe sept bouts de ficelle. Ils doivent être quelques centimètres plus longs que ta boîte. Enfile une perle (une étoile) sur chaque ficelle.
4. Perce un trou dans la boîte à la position de chaque étoile sur le schéma.
5. Fais passer une des ficelles à travers le trou représentant la Terre. Colle son extrémité avec du ruban adhésif sur la face externe de la boîte.
6. Assure-toi que la perle est toujours bien enfilée sur la ficelle. Insère l'autre extrémité de la ficelle dans l'un des trous sur le schéma du Grand Chariot. Tends la ficelle et fixe-la sur la face externe de la boîte.

7. Dans le tableau ci-dessous, trouve la distance entre cette étoile et la Terre et place la perle à cette distance. Colle la perle pour la fixer à cet endroit.
8. Reprends les étapes 5 à 7 pour chaque bout de ficelle.



Étoile	Distance de la Terre sur le modèle (cm)	Magnitude
Dubhe	25	1,8
Merak	16	2,3
Phecda	17	2,4
Megrez	16	3,3
Alioth	16	1,7
Mizar	16	2,2
Alkaid	20	1,8

### Qu'as-tu découvert ?

1. Quelle étoile du Grand Chariot semble la plus brillante ? Quelle est celle qui semble la moins brillante ?
2. Megrez est l'une des étoiles les plus proches, mais sa magnitude est la plus élevée. Comment peux-tu l'expliquer ?
3. Si tu plaçais toutes les étoiles à la même distance de la Terre, laquelle serait la plus brillante selon toi ? Laquelle serait la moins brillante ?

## Les histoires de la Grande Ourse

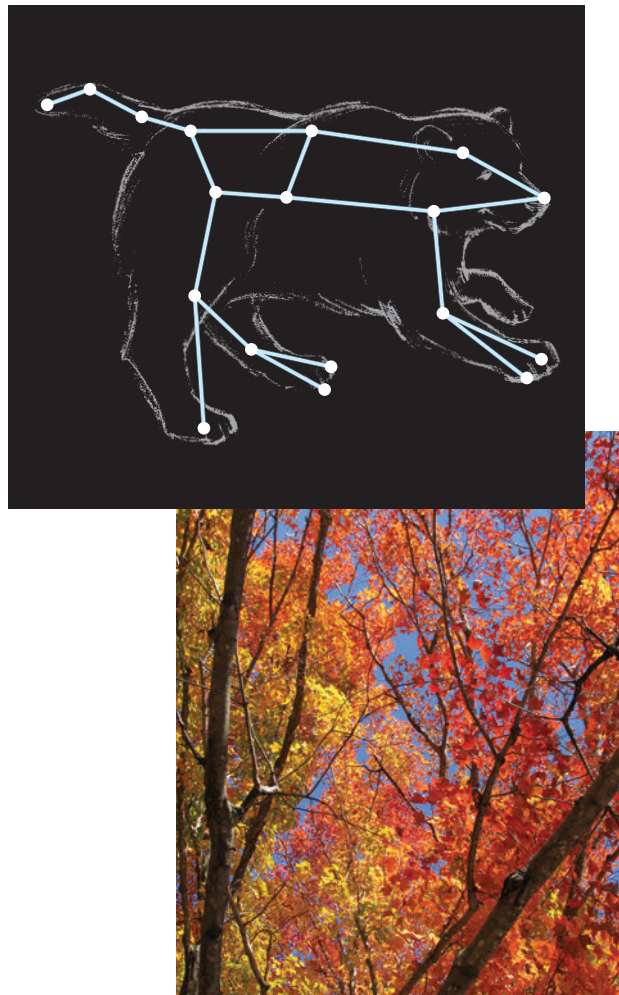
Depuis des millénaires, les peuples de diverses cultures ont imaginé des histoires variées pour expliquer l'existence des constellations. La Grande Ourse apparaît dans beaucoup de ces histoires.

Beaucoup de cultures croient que les étoiles de la Grande Ourse représentent un ours. Dans la constellation de la Grande Ourse, sept étoiles sont disposées en forme de chariot. Elles sont connues sous le nom de Grand Chariot. Une légende des Premières Nations raconte que les étoiles formant le manche du chariot (Alioth, Mizar et Alkaid) sont trois chasseurs à la poursuite de l'ours. Comme ces étoiles sont basses dans le ciel à l'automne, on raconte que les chasseurs ont blessé l'ours et que le sang de l'ours fait rougir les feuilles en automne. Pour les Mi'kmaq de la Nouvelle-Écosse et les Iroquoiens du Saint-Laurent, Alioth est un chasseur transportant un arc et des flèches pour tuer l'ours, Mizar est un chasseur transportant une casserole pour faire cuire l'ours, tandis que Alkaid est le chasseur transportant le bois pour le feu.

Dans la mythologie grecque, Héra, femme de Zeus, était jalouse de la belle Callisto. Zeus a transformé Callisto en Grande Ourse pour la protéger d'Héra. Sous la forme d'une ourse, Callisto était à l'abri d'Héra, mais elle devenait une cible pour les chasseurs. Le fils de Callisto, Actas, a failli tuer l'ourse, ne sachant pas qu'elle était sa mère. Zeus a donc transformé Actas en ours pour l'empêcher de tuer Callisto. Ainsi, les étoiles de la Petite Ourse représentent Actas.

Dans beaucoup de cultures africaines, les étoiles qui composent la Grande Ourse représentent unealebasse utilisée pour boire. Plusieurs chants des esclaves africains en Amérique du Nord parlent de cettealebasse. Comme tu l'as appris précédemment, les deux étoiles qui forment l'arrière du chariot ou de laalebasse pointent vers l'Étoile polaire. On raconte que plusieurs esclaves ont ainsi suivi l'Étoile polaire pour fuir vers le nord et ainsi échapper à l'esclavage.

Enfin, selon une légende arabe, les étoiles qui forment la caisse du chariot représentent un cercueil et les trois étoiles du manche représentent le cortège funèbre.



### Questions

1. Comment la légende de l'ours blessé des Premières Nations aidait-elle les gens à prédire et à expliquer les changements de saisons ?
2. Imagine que tu vis il y a des milliers d'années. Rédige une courte histoire qui pourrait expliquer la formation du Grand Chariot.
3. Imagine que tu fais un voyage dans le passé. Avec tes connaissances de l'astronomie moderne, comment expliquerais-tu la Grande Ourse aux Grecs de l'Antiquité ?

## Des concepts à retenir

1. Les noms des constellations sont souvent inspirés de personnages des mythologies grecque et romaine. Quels personnages peut-on utiliser pour décrire les constellations suivantes?
  - a) la Grande Ourse
  - b) Cassiopée
  - c) Orion
  - d) le Lion
2. Quelles sont les cinq planètes portant un nom de dieu romain?
3. Pourquoi Rigel, dans la constellation d'Orion, apparaît-elle moins brillante que Sirius, qui se trouve dans la constellation du Grand Chien?
4. Où se trouve l'Étoile polaire dans le ciel?
5. Pendant que la Terre tourne autour du Soleil, il nous semble que le Soleil se déplace devant des étoiles à l'arrière-plan. Quelles sont les constellations se trouvant le long de l'écliptique, c'est-à-dire le trajet suivi par le Soleil?
6. Pourquoi peut-on voir des comètes dans beaucoup de parties du ciel?
7. Dans le ciel de l'hémisphère Nord, quelles sont les constellations visibles à chacune de ces saisons?
  - a) l'automne
  - b) l'hiver
  - c) le printemps
  - d) l'été
11. L'Union astronomique internationale donne une liste de 88 constellations. Pourquoi est-il impossible de voir toutes ces constellations depuis le Canada?
12. Trouve les constellations suivantes sur une carte du ciel:
  - a) la Grande Ourse;
  - b) la Petite Ourse;
  - c) Orion;
  - d) Cassiopée;
  - e) le Lion.
13. Sur l'échelle de magnitude élaborée par Hipparque, le Soleil a une magnitude de  $-27$ . Certaines étoiles peuvent avoir une magnitude de  $+30$ , comme dans le cas de celles qui ne sont visibles qu'avec le télescope spatial Hubble. Que mesure cette échelle?

## Pause réflexion

Orion est une constellation importante, souvent appelée « constellation du Chasseur ». C'est l'une des constellations les plus vastes, les plus remarquables et les plus reconnaissables dans le ciel nocturne.

Les Sumériens voyaient dans cette constellation un berger avec son mouton ou bien son bâton. Le peuple Seri habitant au nord-ouest du Mexique donnait aux trois étoiles du centre le nom de *Hapj*, c'est-à-dire « chasseur ». En Australie, la constellation d'Orion représente un canot. La légende raconte que trois frères sont allés à la pêche et qu'ils ont attrapé et mangé du poisson interdit par leurs lois. Témoin de cet acte, le Soleil a envoyé une trombe marine qui a transporté les trois frères et leur canot dans le ciel. C'est là qu'ils sont devenus la constellation d'Orion.

Rédige un court paragraphe décrivant un mythe lié à une constellation de ton choix. Tu peux inventer ton propre mythe ou utiliser une légende de la mythologie.

## Des concepts clés à comprendre

8. Les étoiles visibles depuis la Terre ne portent pas toutes un nom. Pourquoi?
9. Tous les habitants de l'hémisphère Nord peuvent généralement observer les mêmes formes parmi les étoiles. Pourquoi les constellations et les astérismes sont-ils alors interprétés différemment?
10. Dans l'hémisphère Nord, comment peut-on repérer l'Étoile polaire dans le ciel?

## 10.2 Les premiers modèles de l'Univers

### Notions scientifiques de la section

- Nos connaissances sur la Terre et sa place dans l'Univers ont évolué à mesure que la technologie nous a permis de voir de plus en plus loin dans l'espace.
- Les premiers astronomes ont construit des observatoires pour suivre le mouvement des corps célestes.
- Ils ont développé des théories et des modèles pour expliquer ces mouvements.
- Dans les premiers modèles, tous les corps célestes tournaient autour de la Terre. Plus tard, grâce à de nouvelles observations et à des calculs, d'autres astronomes ont pu prouver que la Terre et les autres planètes tournent autour du Soleil.
- Les outils modernes nous permettent d'approfondir ces connaissances et d'en savoir plus sur l'Univers et les planètes situées hors de notre système solaire.

### Mots clés

astrolabe  
épicycle  
géocentrique  
héliocentrique  
mouvement rétrograde

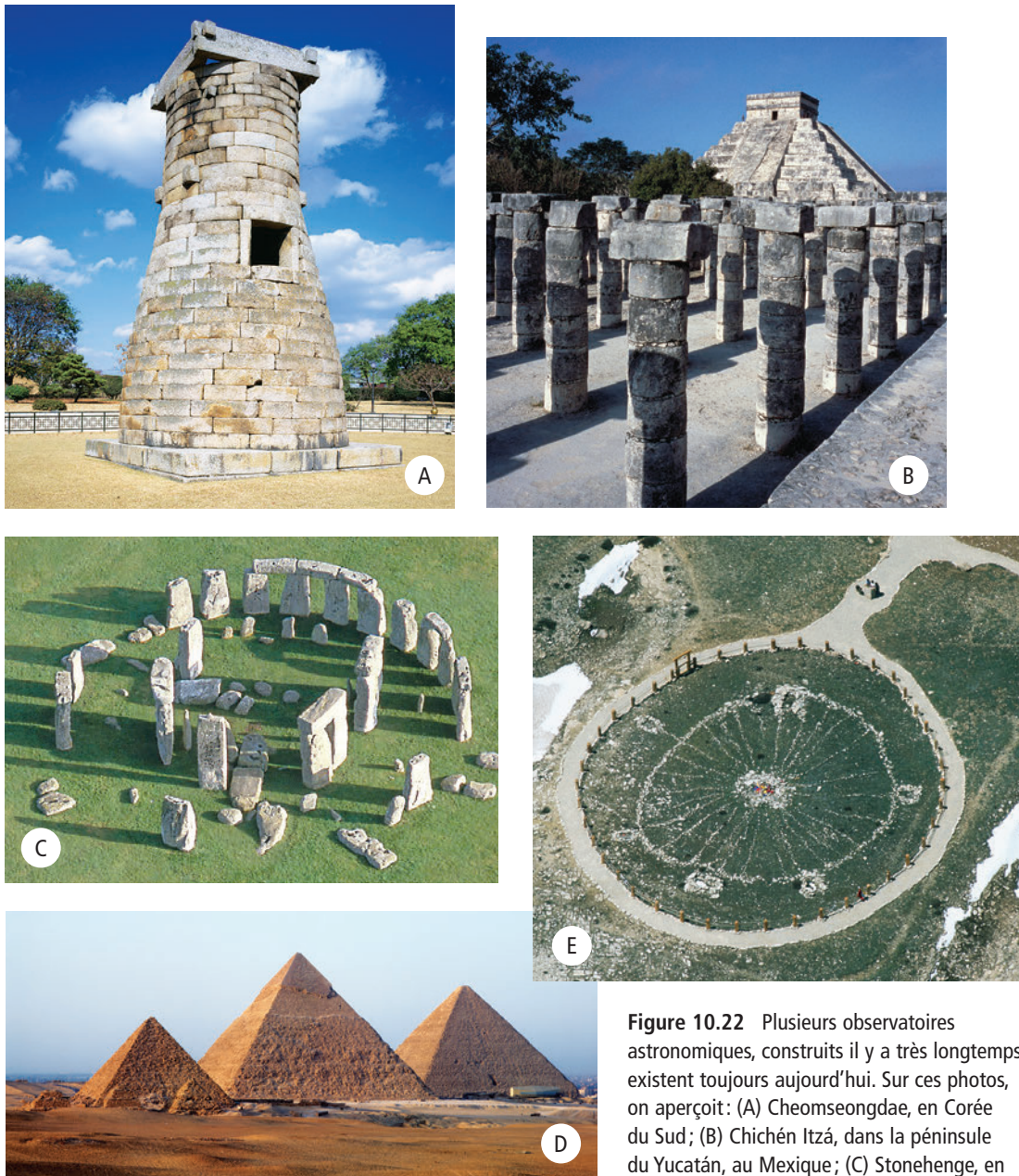
Les humains ont toujours été curieux du monde qui les entoure (voir la figure 10.21). Toutes les observations scientifiques ont longtemps été dépendantes des outils dont nous disposions. L'invention des microscopes a permis d'observer de nouvelles formes de vie. Le SONAR (*Sound Navigation and Ranging*) nous a permis d'étudier les fonds marins. L'invention de la lunette astronomique, puis du télescope au XVII<sup>e</sup> siècle, a révolutionné l'observation du ciel. Grâce à ces instruments, les gens pouvaient observer des détails dont ils n'auraient jamais soupçonné l'existence. Ces technologies ont permis de découvrir l'existence des cratères à la surface de la Lune. Elles ont aussi permis de comprendre que les étoiles se comptent par millions plutôt que par milliers, et que la Terre ne se trouve pas au centre de l'Univers. Grâce au perfectionnement des outils et autres technologies, les astronomes continuent à faire des découvertes depuis la Terre ou l'espace.



**Figure 10.21** Depuis toujours, les mystères de l'Univers ont piqué la curiosité et stimulé l'imagination des êtres humains.

## Les premiers observatoires

Les peuples anciens étaient beaucoup plus conscients des cycles naturels quotidiens et saisonniers que nous le sommes aujourd'hui. Les pêcheurs et les navigateurs connaissaient la position des étoiles et s'en servaient pour se guider. Les chasseurs, les cueilleurs et les agriculteurs observaient chaque mois les changements de phase de la Lune et le trajet du Soleil au cours d'une année. Avec ces renseignements, ils se préparaient aux changements de saisons, aux migrations animales, aux crues des rivières ou à d'autres phénomènes naturels. Partout dans le monde, de nombreuses structures sophistiquées ont été conçues et construites pour observer et suivre les mouvements des corps célestes. La figure 10.22 montre quelques-uns de ces observatoires.



**Figure 10.22** Plusieurs observatoires astronomiques, construits il y a très longtemps, existent toujours aujourd'hui. Sur ces photos, on aperçoit : (A) Cheomseongdae, en Corée du Sud ; (B) Chichén Itzá, dans la péninsule du Yucatán, au Mexique ; (C) Stonehenge, en Grande-Bretagne ; (D) les pyramides de Gizeh, en Égypte ; (E) Bighorn Medicine Wheel, au Wyoming, aux États-Unis.

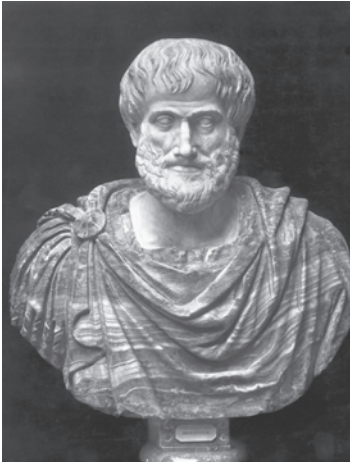


Figure 10.23 Aristote

## Aristote

Bien que certains observatoires des premiers peuples existent toujours, nous savons très peu de choses sur ceux qui les ont construits et utilisés. Cependant, parmi les premiers astronomes, plusieurs ont consigné leurs travaux par écrit et ont beaucoup contribué à notre compréhension actuelle de la Terre et de l'espace.

Aristote (384-322 av. J.-C.) était un philosophe grec (voir la figure 10.23). Comme d'autres penseurs de son époque, sa vision de l'Univers était **géocentrique**. Dans une représentation géocentrique, la Terre se trouve au centre. Le Soleil, la Lune, les planètes et les étoiles tournent autour d'elle (voir la figure 10.25).

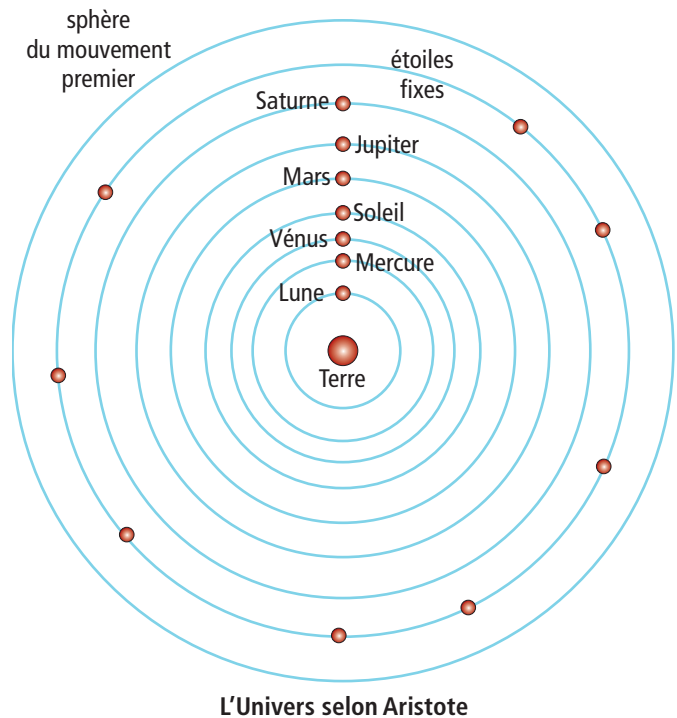
Comme les autres scientifiques, Aristote basait ses théories sur les observations qu'il pouvait faire. Ayant constaté que la forme des constellations ne changeait pas, il avait conclu que la Terre était immobile. Selon lui, la forme des constellations devraient changer si la Terre se déplaçait.

Il avait aussi observé l'ombre projetée sur la Lune pendant une éclipse de Lune. Comme les bords de cette ombre sont incurvés, Aristote a conclu que la Terre devait être une sphère (voir la figure 10.24). Comme preuve supplémentaire, il avait remarqué que l'on ne voyait pas les mêmes constellations selon que l'on allait plus au nord ou plus au sud.



Figure 10.24 Pendant une éclipse de la Lune, la forme de l'ombre que la Terre projette sur la Lune a convaincu Aristote que la Terre était une sphère. C'est la seule forme qui projette toujours une ombre courbe.

Figure 10.25 Pour expliquer le mouvement des corps célestes observés depuis la Terre, Aristote a élaboré un modèle où les corps célestes sont placés sur 22 sphères concentriques. Il expliquait que ces sphères se déplaçaient à des vitesses différentes, ce qui expliquait les différents mouvements apparents des planètes.



Peu de temps après la mort d'Aristote, un astronome grec, Aristarque de Samos (310-230 av. J.-C.), a suggéré que l'Univers n'était pas géocentrique, mais plutôt **héliocentrique**, c'est-à-dire que les planètes tournaient autour du Soleil. Selon lui, le Soleil se trouvait au centre. Il a été le premier à essayer de mesurer la distance entre la Terre et le Soleil. Il a aussi suggéré que la Terre et les autres planètes tournaient sur leur axe en plus de tourner autour du Soleil. Bien qu'Aristarque ait été le premier à avancer l'idée d'un Univers héliocentrique, c'est le modèle d'Aristote qui était accepté à cette époque. Le modèle héliocentrique a été en conséquence rejeté.

## Ératosthène de Cyrène

Ératosthène de Cyrène (276-194 av. J.-C.) était un poète, un mathématicien et un astronome grec de l'Égypte ancienne. Il a été le premier à mesurer la circonférence de la Terre avec une exactitude remarquable en utilisant seulement deux bâtons et son intelligence.

Ératosthène avait remarqué que le 21 juin à midi, le jour le plus long de l'année, un bâton planté verticalement dans le sol ne projetait aucune ombre dans la cité égyptienne de Cyrène. Cette observation prouvait que le Soleil était alors exactement au zénith. Ératosthène habitait à Alexandrie, un peu plus au nord. C'est là qu'il a observé, le même jour et à la même heure, qu'un bâton projetait une ombre. Si la Terre était plate, les bâtons plantés aux deux endroits n'auraient projeté aucune ombre, car les rayons du Soleil qui atteignent la Terre sont parallèles. Il a alors conclu que la Terre était ronde.

Ératosthène est allé encore plus loin dans son raisonnement. Il a mesuré l'angle de l'ombre créée par les rayons du Soleil à Alexandrie. Il a ensuite calculé que si les deux bâtons étaient enfoncés jusqu'au centre de la Terre, ils formeraient un angle de  $7,2^\circ$ . Puisque  $7,2^\circ$  représentent environ  $\frac{1}{50}$  du cercle ( $360^\circ$ ), Ératosthène a déduit que la distance entre Alexandrie et Cyrène était  $\frac{1}{50}$  de la circonférence terrestre. Il a donc chargé quelqu'un de mesurer la distance entre ces deux villes, soit approximativement 800 km. Ératosthène a finalement calculé la circonférence de la Terre en multipliant 800 km par 50, soit 40 000 km, ce qui est très proche de la réponse exacte (voir la figure 10.26). Il s'agit d'un résultat plutôt impressionnant compte tenu de la simplicité des outils utilisés.

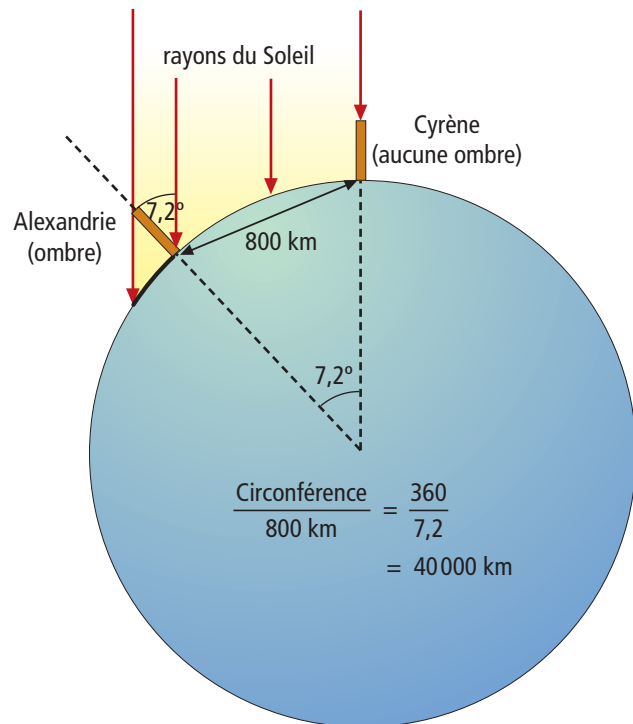


Figure 10.26 Ératosthène de Cyrène a utilisé ses connaissances des fractions, de la géométrie et de l'astronomie pour mesurer la circonférence de la Terre.

## Ptolémée

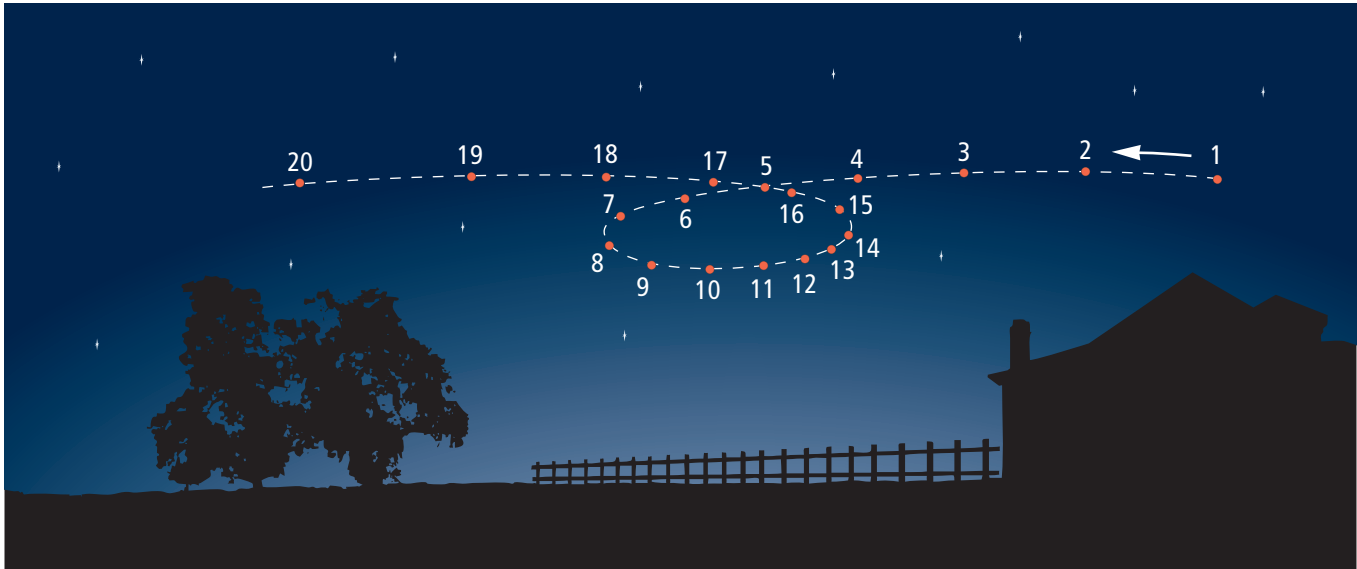
Le modèle des sphères concentriques tournant autour de la Terre correspondait en grande partie à ce que les gens voyaient dans le ciel, mais les astronomes savaient que le modèle d'Aristote ne pouvait pas expliquer tous les mouvements apparents des planètes.

Par exemple, si tu observes et que tu notes la position de Mars chaque nuit pendant quelques semaines, tu verras que le trajet de cette planète dans le ciel a la forme d'un S ou d'une boucle. Le déplacement dans la direction opposée est appelé **mouvement rétrograde**. Mars, qui se déplace vers l'est, ralentit puis s'arrête. La planète se dirige ensuite vers l'ouest pendant quelques semaines. Elle s'arrête à nouveau puis repart vers l'est (voir les figures 10.28 et 10.30). Les sphères d'Aristote ne pouvaient donc pas expliquer ce phénomène étrange.

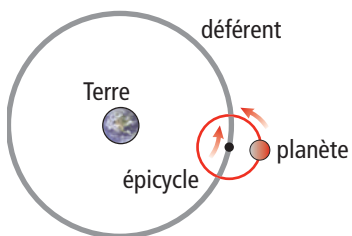


Figure 10.27 Ptolémée

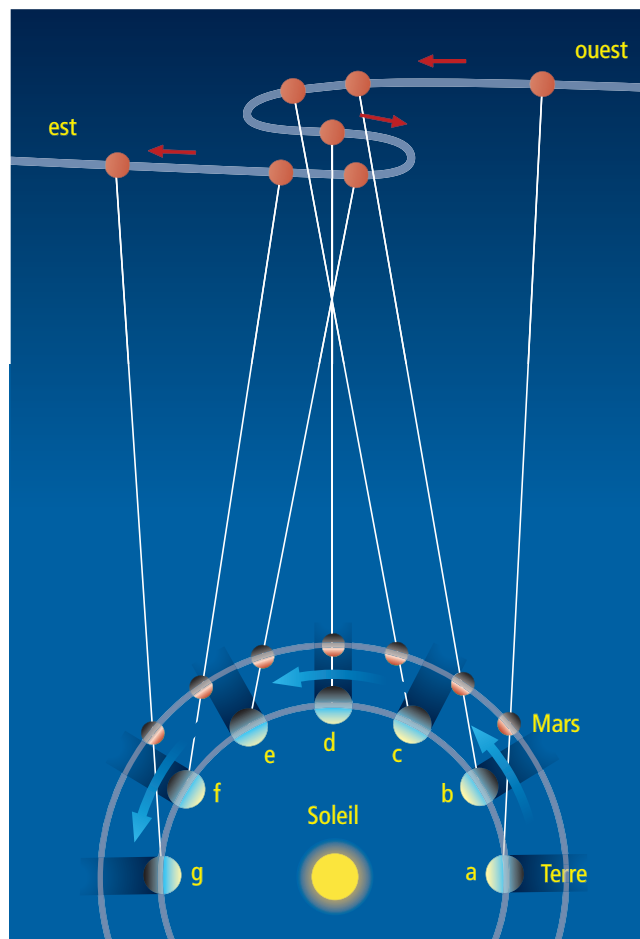




**Figure 10.28** On aperçoit ci-dessus la position de Mars par rapport aux étoiles en arrière-plan au cours du mouvement rétrograde. Les points indiquent la position de la planète déterminée tous les dix jours, au cours de la période rétrograde.



**Figure 10.29** Ptolémée avait expliqué le mouvement apparent des planètes dans le ciel au moyen de l'épicycle. Dans son modèle, chaque planète tourne autour d'un point situé sur son orbite.



**Figure 10.30** Entre les points a et b de l'orbite terrestre, Mars semble se déplacer plus vite que nous. Entre les points c et d, Mars semble se déplacer plus lentement. Cette observation donne l'impression que la planète se déplace tantôt d'est en ouest, et tantôt d'ouest en est.

Au cours du II<sup>e</sup> siècle apr. J.-C., Ptolémée a observé attentivement la planète Mars (voir la figure 10.27, page 389). C'est ainsi qu'il a mis au point un modèle du système solaire pouvant expliquer le mouvement de cette planète. Dans son modèle, chaque planète se déplaçait sur la circonférence d'un petit cercle mobile. Le centre du petit cercle tournait autour de la Terre. Le petit cercle était appelé un **épicycle** (voir la figure 10.29). Ce modèle fournissait une explication convaincante du mouvement des planètes. Il a été accepté pendant près de 1 500 ans, décrivant l'Univers selon Aristote et Ptolémée.

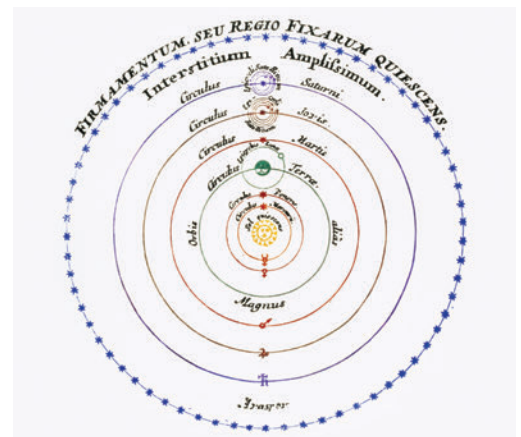
L'**astrolabe** a été inventé à la même époque. Il s'agit d'un instrument en métal formé de deux disques gradués et qui permet de représenter les mouvements du Soleil, de la Lune et des étoiles. Les astronomes s'en servaient pour repérer et prédire leur position. À l'aide d'un astrolabe, ils pouvaient décrire la position d'un corps céleste par rapport au nord et à l'horizon. Ils pouvaient ainsi réaliser des observations plus précises et comparer les observations effectuées à des moments et à des endroits différents. Ce nouvel outil était important pour les astronomes. Plus tard, les navigateurs ont élaboré leur propre version de l'astrolabe afin de pouvoir utiliser les positions du Soleil, de la Lune et des étoiles pour se repérer.

## Nicolas Copernic

Nicolas Copernic (1473-1543) était un scientifique polonais (voir la figure 10.31). Astronome, mathématicien, médecin et prêtre, il a vécu avant l'invention du télescope et de la lunette astronomique. Copernic a attentivement observé le ciel nocturne à l'œil nu. Il a proposé un modèle plus simple pour expliquer la rotation quotidienne de la voûte céleste, le mouvement annuel du Soleil le long de l'écliptique et le mouvement périodique rétrograde des planètes. Dans le modèle de Copernic, la Terre tourne sur son axe en 24 heures et effectue une révolution complète autour du Soleil en une année (voir la figure 10.32). À une époque où tout le monde était convaincu de la théorie géocentrique proposée par Ptolémée et Aristote, il fallait que Copernic soit courageux pour oser contredire cette théorie.

Le modèle héliocentrique de Copernic a pavé la voie à d'autres scientifiques qui ont amélioré les connaissances sur l'Univers. Certains de ceux qui soutenaient le modèle héliocentrique l'ont toutefois chèrement payé. Giordano Bruno (1548-1600) était d'accord avec le modèle de Copernic. Il a même suggéré que l'Univers était immense, qu'il y avait d'autres soleils comme le nôtre et d'autres planètes, possiblement habitées. Il a même avancé que les habitants de ces planètes pourraient nous être supérieurs. Ses propos ont été jugés blasphématoires, c'est-à-dire une insulte à Dieu. En 1600, à la suite d'un procès, Bruno a été condamné au bûcher.

**Figure 10.32**  
Le modèle du système solaire de Copernic, avec le Soleil au centre



## Le savais-tu ?

L'astrolabe montré à la figure 10.31 était utilisé au début du XVII<sup>e</sup> siècle. Il a été découvert près de l'Isle aux Morts en 1981, au sud-ouest de Terre-Neuve. L'instrument provient du Portugal. En parfait état, il fonctionne toujours et a été désigné trésor du patrimoine provincial.

## Suggestion d'activité

Activité d'exploration 10-2B, à la page 374.



**Figure 10.31** Nicolas Copernic



Figure 10.33 Galilée

### Le savais-tu ?

Les quatre lunes de Jupiter découvertes par Galilée sont maintenant appelées les lunes galiléennes. On peut les apercevoir facilement avec une lunette ou un télescope amateur. En 1989, la NASA a lancé l'engin spatial *Galilée* vers une orbite autour de Jupiter. Cet engin, nommé en l'honneur du célèbre astronome, a été lancé pour mieux comprendre cette planète et ses lunes.

### Approfondissement

La contribution de Galilée à la science est très importante. Pour en apprendre plus sur ses découvertes et sur leurs répercussions, commence ta recherche dans Internet à partir des mots clés suivants : **Galilée**, **invention** et **découvertes**.

## Galilée

Galilée (1564-1642) a été le premier à observer le ciel avec une lunette astronomique et à publier ses observations (voir la figure 10.33). Une lunette astronomique est un instrument optique qui comporte des lentilles qui captent et focalisent la lumière pour grossir ce qui est observé. La lunette de Galilée n'était pas très puissante. Les objets observés ne semblaient que 20 fois plus proche, ce qui est moins que la plupart des lunettes astronomiques amateurs d'aujourd'hui. Mais grâce à elle, Galilée a pu observer des corps célestes comme personne n'avait pu le faire avant. Il a découvert des cratères sur la Lune et quatre «étoiles» en orbite autour de Jupiter. Ces «étoiles» sont en fait les lunes naturelles de Jupiter. Galilée a aussi découvert que les phases de Vénus sont similaires à celles de la Lune. Cette observation constituait une preuve en faveur de la théorie héliocentrique. Pour Galilée, la seule explication possible des phases de Vénus était que cette planète tournait autour du Soleil (voir la figure 10.34).

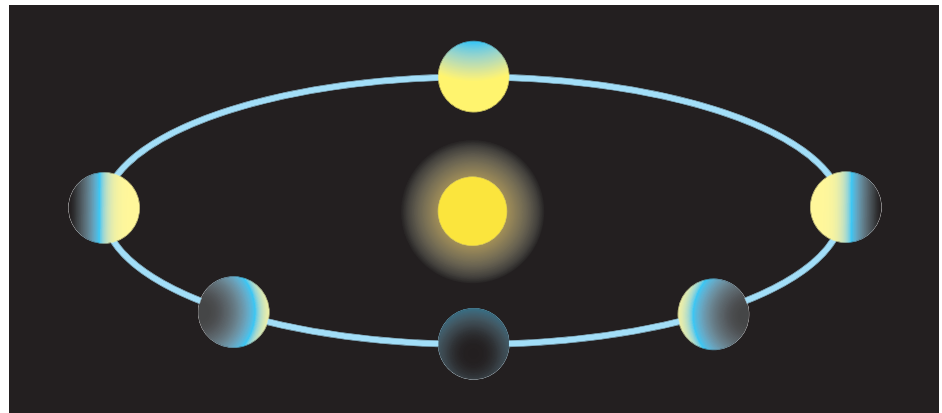


Figure 10.34 La seule explication possible des phases de Vénus est qu'elle tourne autour du Soleil. C'est ce phénomène que Galilée a observé.

Galilée a publié ses observations et ses conclusions (voir la figure 10.35). À cette époque, l'Église catholique était très puissante en Italie, là où vivait Galilée. L'Église enseignait alors que le Soleil tournait autour de la Terre. Galilée a donc été jugé pour sa théorie héliocentrique. Reconnu coupable, il a ensuite passé le reste de sa vie en résidence surveillée.

Copernic et Galilée ont eu une grande influence sur l'astronomie. Par la suite, d'autres ont pu mieux comprendre le mouvement des planètes. Les améliorations de la lunette astronomique, puis l'invention du télescope, ont permis aux astronomes de découvrir de nouveaux corps célestes dont l'existence était insoupçonnée.

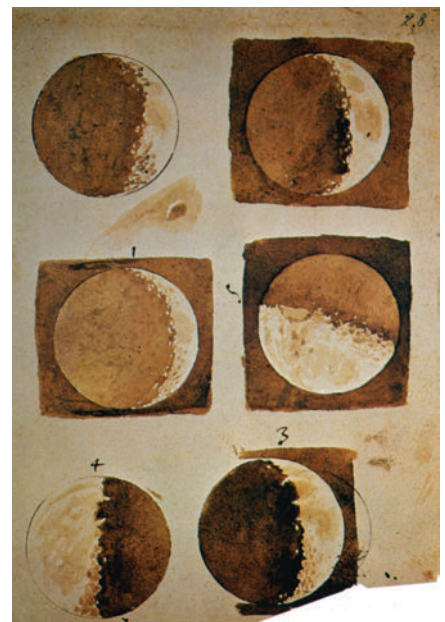


Figure 10.35 Des dessins de la Lune vue par Galilée avec sa lunette astronomique

## Vérifie ta lecture

1. Que signifie le terme « géocentrique » ?
2. À quoi sert l'astrolabe ?
3. Compare les modèles de l'Univers d'Aristote et de Copernic. Trouve des ressemblances et des différences entre les deux.
4. Quelle découverte a amené Galilée à penser que l'Univers est héliocentrique ?

## Construis ta lunette astronomique 10-2A ACTIVITÉ d'exploration

L'objectif d'une lunette astronomique capte la lumière d'un objet éloigné et forme une image dans la lunette. Cette image est alors grossie par une autre lentille dite « oculaire ». On observe l'image à travers l'oculaire. Dans cette activité, tu construiras une lunette astronomique.

### Consignes de sécurité



- Fais attention lorsque tu utilises des ciseaux pointus.
- Les lentilles de verre peuvent se casser. Manipule-les avec soin.

### Matériel

- une règle
- un crayon
- un tube de rouleau de papier hygiénique (environ 4 cm de diamètre)
- un tube de rouleau d'essuie-tout (environ 4,3 cm de diamètre)
- des ciseaux
- 2 lentilles convexes, d'environ 4,5 cm de diamètre
- du ruban adhésif transparent
- un mètre
- une page avec des petits caractères (comme une page de journal ou de magazine)

### Ce que tu dois faire

1. Trace une ligne à 2,5 cm de l'une des extrémités du tube de papier hygiénique. Fais la même chose sur le tube d'essuie-tout.
2. Avec les ciseaux, découpe une ouverture dans chaque tube le long de la ligne que tu as tracée, mais seulement sur la moitié de la circonférence du tube.

3. Insère l'une des lentilles dans l'ouverture du tube de papier hygiénique. Fixe solidement la lentille en place en collant du ruban adhésif sur l'ouverture du tube et la lentille. Fais la même chose avec l'autre lentille et le tube d'essuie-tout.
4. Glisse l'extrémité vide du tube de papier hygiénique (celle qui ne porte pas la lentille) dans l'extrémité vide du tube d'essuie-tout.
5. Demande à quelqu'un de tenir la page imprimée à environ 1 m de toi. Observe la page avec ta lunette. Pour faire la mise au point, pousse ou tire le tube interne au besoin.
6. Effectue plusieurs essais en demandant à ta ou ton partenaire de tenir la page imprimée à différentes distances.
7. Reprends l'étape 6 jusqu'à ce qu'il ne soit plus possible d'obtenir une image nette. Mesure cette distance avec le mètre et note-la.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Qu'as-tu remarqué à propos de l'image observée lorsque tu étais à 1 m de la page ?
2. Explique ce que tu devais faire avec la lunette pour obtenir une image nette lorsque tu te trouvais :
  - a) plus près de la page ;
  - b) plus loin de la page.
3. Jusqu'à quelle distance arrivais-tu à voir une image grossie nette ?
4. Propose une modification à apporter à ta lunette pour obtenir une image nette d'un objet plus éloigné.

Depuis plus de 2 000 ans, les premiers astronomes ont utilisé l'astrolabe pour déterminer la position des objets dans l'espace. Dans cette activité, tu utiliseras un astrolabe pour déterminer l'angle et la hauteur de divers objets dans la classe à des positions différentes.

## Consigne de sécurité

Ne regarde JAMAIS le Soleil directement.

## Matériel

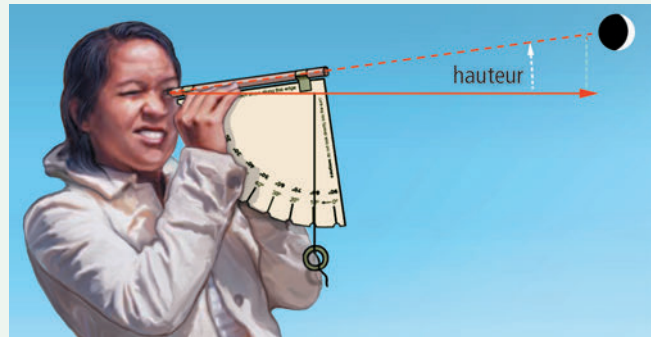
- un astrolabe
- une boussole
- un stylo
- une feuille de papier

## Ce que tu dois faire

1. Recopie le tableau ci-dessous dans ton cahier. (Ton enseignante ou ton enseignant choisira les objets à observer dans la classe.)

Objet	Angle	Hauteur
1. Exemple : Charnière du haut d'une porte		
2.		
3.		
4.		

2. Utilise la boussole pour déterminer la direction du nord dans ta classe. Toujours avec la boussole, détermine l'angle du premier objet par rapport au nord depuis ton pupitre. Inscris la valeur de cet angle dans la colonne « Angle » du tableau. Rappelle-toi qu'un angle plus éloigné du nord mesurera un plus grand nombre de degrés.
3. Utilise l'astrolabe pour déterminer la hauteur de l'objet. Prends ta mesure en position assise de ton pupitre. Inscris cette valeur dans la colonne « Hauteur » du tableau.



4. Reprends les étapes 2 et 3 pour trois autres objets choisis par ton enseignante ou ton enseignant.

## Qu'as-tu découvert ?

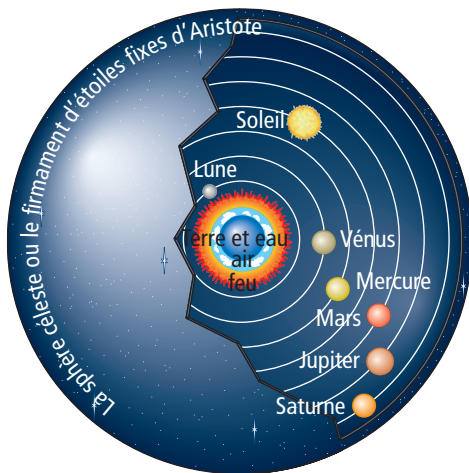
1. Décris les difficultés pour repérer des objets avec cette technique.
2. Comment pourrait-on améliorer cette technique de mesure ?
3. Compare tes coordonnées (angle et hauteur) avec celles des autres élèves. Pourquoi sont-elles différentes ?
4. Comment le moment de la journée où on détermine la position d'un objet dans le ciel avec l'astrolabe affecte-t-il la capacité de quelqu'un d'autre à repérer la même position ?
5. Rédige une règle générale sur la précision de l'astrolabe pour communiquer la position d'objets dans le ciel.

## Des concepts à retenir

1. Comment les pêcheurs, les chasseurs, les cueilleurs et les agriculteurs utilisaient-ils la position des étoiles?
2. Quelles observations ont amené Aristote à croire que la Terre était une sphère?
3. Que signifie le terme héliocentrique dans l'expression « modèle héliocentrique du système solaire »?
4. Plusieurs astronomes ont apporté une contribution importante à notre connaissance de la Terre et de l'espace. Résume les théories des astronomes suivants:
  - a) Aristote;
  - b) Aristarque;
  - c) Ptolémée;
  - d) Copernic;
  - e) Galilée.

## Des concepts clés à comprendre

5. Comment pourrais-tu prouver que la Terre n'est pas plate?
6. Observe le schéma ci-dessous du modèle du système solaire d'Aristote. Trouve au moins trois erreurs dans son modèle.



7. Comment un marin peut-il déterminer la position de son navire?
8. Comment le modèle de l'Univers de Copernic diffère-t-il de celui avancé par Ptolémée?
9. Quels corps célestes Galilée a-t-il découverts avec sa lunette astronomique?
10. Quelles sont les ressemblances et les différences entre le modèle géocentrique et le modèle héliocentrique de l'Univers?

## Pause réflexion

Dans cette section, tu as appris que les premiers astronomes ont élaboré des théories pour expliquer leur compréhension de l'Univers. L'astronomie est une science complexe. Elle englobe beaucoup de sciences et subit les influences de la religion et de la société. Donne des exemples de croyances religieuses ou sociales qui ont influencé le rejet ou l'acceptation de certains modèles de l'Univers.

## 10.3 Sur les épaules de géants

### Notions scientifiques de la section

- Au XVI<sup>e</sup> siècle, il était désormais admis que le Soleil se trouvait au centre du système solaire et que les planètes tournaient autour du Soleil.
- Les astronomes ont alors essayé d'expliquer et de comprendre le mouvement des planètes.
- Johannes Kepler et Sir Isaac Newton ont formulé les lois mathématiques décrivant ces mouvements et la gravité.
- Ces lois constituent une partie importante du modèle du système solaire utilisé aujourd'hui par les astronomes.

### Mots clés

ellipse  
orbite

Les recherches de scientifiques tels qu'Aristarque, Ératosthène, Copernic et Galilée ont ouvert la voie à leurs successeurs. Lorsque les gens ont compris que le Soleil se trouve au centre du système solaire et que les planètes tournent autour du Soleil, les astronomes ont pu utiliser des nouveaux outils à leur disposition pour faire des observations précises et ainsi compléter le modèle héliocentrique. Kepler, Brahe et Newton ont été les premiers véritables astronomes et physiciens, aussi appelés astrophysiciens. Ils ont tenté d'expliquer le mouvement des corps célestes à l'aide des mathématiques. Pour cela, ils ont dû inventer de nouvelles méthodes, trouver des régularités et établir de nouvelles lois. Les travaux de ces scientifiques ont permis de mieux expliquer le mouvement des planètes. Ils ont aussi constaté que ces nouvelles lois sur le mouvement pouvaient être appliquées à tout autre objet dans l'Univers.

Kepler, Brahe, Newton et d'autres ont contribué à nos connaissances modernes du système solaire. Leurs découvertes auraient été impossibles sans le travail des premiers astronomes et inventeurs. À propos de ses propres découvertes, Newton a un jour écrit : « Si j'ai pu voir un peu plus loin que les autres, c'est parce que j'ai pu me hisser sur les épaules de géants. »

### Johannes Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) était un mathématicien, un astronome et un astrologue allemand (voir la figure 10.36).

Kepler connaissait le modèle copernicien du mouvement des planètes. Il savait aussi qu'il pouvait décrire plus précisément le mouvement des planètes et améliorer les connaissances sur le système solaire en utilisant de nouveaux outils pour faire des observations très précises et en analysant les résultats à l'aide des mathématiques. Comme il avait peu d'expérience en observation astronomique, Kepler a cherché l'aide d'une personne réputée dans ce domaine : Tycho Brahe.

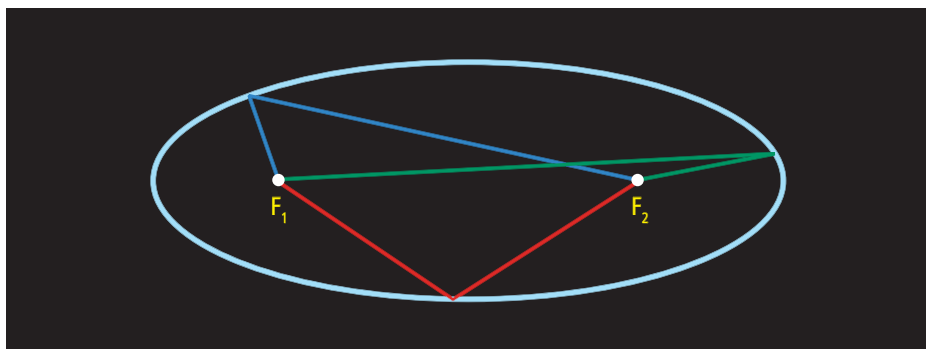


Figure 10.36 Johannes Kepler

## Tycho Brahe

Tycho Brahe (1546-1601) était un membre de la noblesse danoise (voir la figure 10.37). Il utilisait les instruments de son nouvel observatoire pour effectuer des observations très précises de la position des planètes. Kepler l'a aidé à réaliser ces observations. Il a ensuite utilisé les données recueillies pour développer ses théories sur le mouvement des planètes.

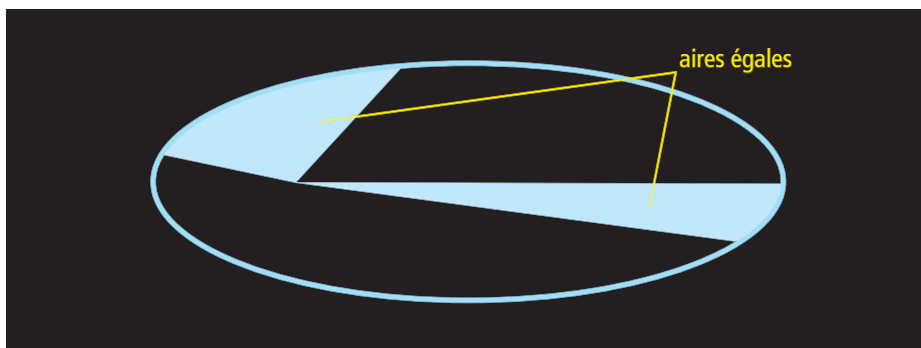
Kepler a travaillé plusieurs semaines avec les données provenant de l'observation de l'orbite de Mars réalisée par Brahe et lui-même. Il cherchait à trouver des formules mathématiques modélisant le mouvement observé. Dans les faits, une orbite circulaire pour Mars ne correspondait pas aux observations. Quand il a utilisé une **ellipse** pour l'orbite, cela a marché (voir la figure 10.38). Il pouvait ainsi prédire le mouvement des planètes avec les mathématiques.



**Figure 10.38** Dans une ellipse, la somme de la distance du premier foyer ( $F_1$ ) à un point de l'ellipse et de la distance de ce point au second foyer ( $F_2$ ) est constante, et ce, quel que soit le point choisi sur l'ellipse.

Kepler a formulé trois lois sur le mouvement des planètes. Ces lois sont valides pour tout corps céleste en orbite autour d'un autre corps :

1. Toutes les planètes se déplacent sur des ellipses dont le Soleil est un des foyers.
2. L'aire de l'ellipse balayée par une planète en un temps donné est toujours la même quelle que soit sa position sur l'ellipse. Cette loi signifie que la vitesse d'une planète au cours de sa révolution autour du Soleil n'est pas constante. Lorsqu'une planète s'approche du Soleil, sa vitesse augmente. Lorsqu'elle s'en éloigne, sa vitesse diminue (voir la figure 10.39).



**Figure 10.39** La vitesse de révolution d'une planète autour du Soleil n'est pas constante, mais la région balayée en une période donnée est constante.



**Figure 10.37** Tycho Brahe

### Le savais-tu ?

Le télescope spatial Kepler a été mis en orbite le 6 mars 2009 pour chercher des planètes de la taille de la Terre. Nommé en hommage à Johannes Kepler, ce télescope a pour mission de surveiller la luminosité de plus de 100 000 étoiles sur une certaine période de temps et ainsi de détecter une éventuelle baisse de luminosité de l'une d'entre elles. Si une étoile semble légèrement moins brillante, cela indiquera qu'une planète est passée devant elle.

### Suggestion d'activité

Activité d'exploration 10-3C, à la page 384.





Figure 10.40 Sir Isaac Newton

3. La durée d'une révolution complète d'une planète autour du Soleil est directement liée à la distance de cette planète au Soleil.

On utilise toujours les trois lois de Kepler pour décrire et prédire le mouvement de deux corps célestes dont l'un est en orbite autour de l'autre.

### Sir Isaac Newton

Sir Isaac Newton (1643-1727) était un mathématicien, un astronome et un physicien anglais (voir la figure 10.40). On considère souvent qu'il a été le scientifique le plus influent de tous les temps. Newton a formulé trois lois qui décrivent et prédisent le mouvement et qui expliquent le déplacement des corps célestes dans l'Univers.

À cette époque, on savait déjà qu'une force attire les objets vers le sol (la gravité). Néanmoins, Newton a été le premier à démontrer mathématiquement que la force gravitationnelle s'exerce très loin de la surface terrestre et sur tous les corps célestes. Il a aussi montré que cette

force maintient les corps célestes en orbite autour de corps plus lourds. Newton a publié dans un ouvrage toute sa théorie mathématique. Les lunes tournent autour des planètes et les planètes tournent autour du Soleil sur des orbites elliptiques. Si les planètes restent en orbite, c'est grâce à la force gravitationnelle. Les scientifiques utilisent les lois de Newton lorsqu'ils envoient des astronautes sur la Lune ou des sondes sur d'autres planètes. Ces lois régissent le mouvement des étoiles dans toute la Voie lactée.

Newton s'intéressait à plusieurs domaines de la science. Il a découvert que la lumière traversant un prisme est divisée ou réfractée en un spectre de couleurs. Il a également montré que ce spectre peut être réassemblé en une lumière blanche s'il traverse un autre prisme. Newton a aussi inventé le télescope. Un tel outil d'observation comporte un miroir courbe qui focalise la lumière en un point de l'oculaire (voir la figure 10.41). Son télescope pouvait être plus gros que les lunettes astronomiques et permettait de réaliser des observations plus précises. On construit toujours des télescopes selon ce principe. Ils sont de type Newton.



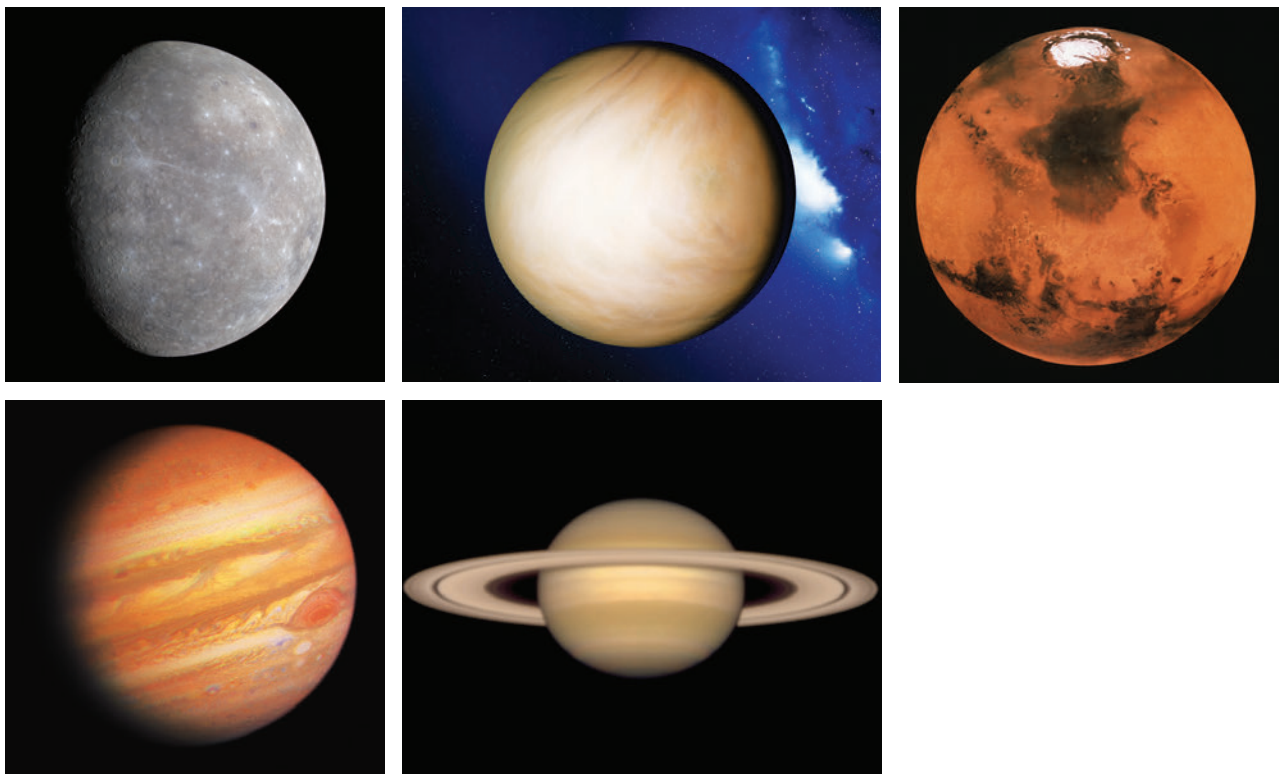
Figure 10.41 Newton a observé le système solaire en utilisant un simple télescope comme celui-ci.

## L'échelle du système solaire

Depuis l'époque de Johannes Kepler, Tycho Brahe et Sir Isaac Newton, beaucoup d'autres astronomes ont contribué à la connaissance du système solaire. Le modèle de base utilisé pour représenter le système solaire n'a pas changé depuis Newton, mais les astronomes en savent beaucoup plus sur les planètes et leurs orbites. Grâce à ces scientifiques, nous savons maintenant que tous les corps célestes du système solaire tournent autour du Soleil selon une orbite elliptique. Nous savons aussi que ces corps restent en orbite grâce à la force gravitationnelle exercée par le Soleil. Les planètes tournent sur elles-mêmes autour de leur axe et ce mouvement cause la succession des jours et des nuits.

Depuis longtemps, on peut observer les planètes Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne à l'œil nu (voir la figure 10.42). Uranus est difficilement visible de cette façon. Comme elle est très loin du Soleil, elle semble se déplacer très lentement. Les astronomes l'avaient remarquée mais croyaient au départ qu'il s'agissait d'une étoile. En 1781, William Herschel a observé Uranus au télescope et l'a ainsi identifiée comme une planète de notre système solaire.

Neptune est tellement éloignée de la Terre qu'il est impossible de la voir à l'œil nu. Les astronomes ont constaté que l'orbite d'Uranus n'était pas une ellipse parfaite. Ils en ont déduit qu'il y avait peut-être une autre planète exerçant une force gravitationnelle sur Uranus. En 1846, à l'aide de calculs mathématiques, des astronomes ont prédit l'endroit où cette planète devait se trouver. À l'aide de télescopes, ils ont pu trouver Neptune tout près de l'endroit prédit.



**Figure 10.42** On aperçoit ci-dessus les planètes Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne, vues avec un puissant télescope. De la Terre, ces planètes peuvent être observées sans télescope. Elles ont l'air d'étoiles brillantes mais suivent un autre trajet dans le ciel.

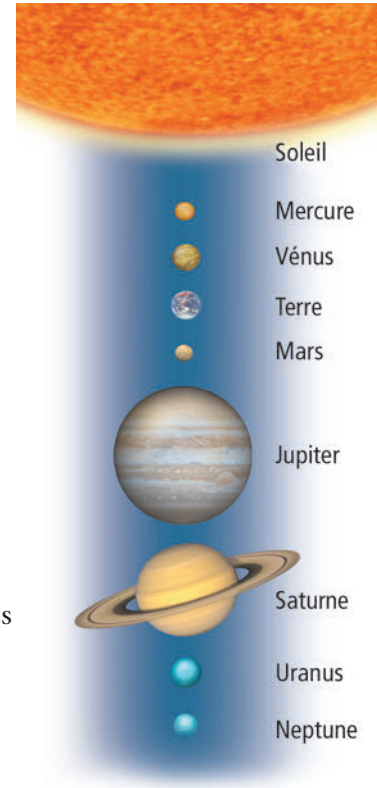
### Suggestion d'activité

Réalise une expérience 10-3B, aux pages 382 et 383.

Le schéma ci-contre montre l'ordre des planètes par rapport au Soleil.

Les planètes les plus proches du Soleil sont les planètes dites «telluriques» : Mercure, Vénus, la Terre et Mars. Ces planètes sont relativement petites et ont des noyaux solides et une croûte rocheuse. On pourrait se tenir debout sur n'importe laquelle de ces planètes. Les autres planètes sont appelées les géantes gazeuses. Ce sont Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Ces planètes sont caractérisées par leur atmosphère gazeuse, leur température froide et l'absence de surface solide.

Les distances qui séparent les planètes du système solaire sont gigantesques. Dans l'expérience 10-3B, tu verras que les planètes sont très petites et l'espace qui les sépare est très grand.



**Figure 10.43** L'ordre des planètes dans notre système solaire (ce schéma n'est pas à l'échelle). Les planètes tournent autour du Soleil et ne sont donc jamais alignées comme sur ce schéma.

### Vérifie ta lecture

1. Qu'est-ce que le modèle copernicien du mouvement des planètes?
2. Quelles sont les trois lois du mouvement des planètes formulées par Kepler?
3. Quelle est la force maintenant les planètes en orbite autour du Soleil?
4. Les planètes sont réparties en deux groupes. Comment appelle-t-on ces groupes?

La Terre accomplit une révolution complète autour du Soleil en 12 mois. Les élèves passent environ 75 % de l'année à l'école. Cela peut te paraître très long, mais la situation pourrait être pire si tu habitais sur une autre planète

Dans cette activité, tu détermineras la durée de l'année scolaire sur d'autres planètes.

### Matériel

- un crayon
- du papier
- une calculatrice
- du papier quadrillé

### Ce que tu dois faire

1. Recopie le tableau ci-dessous dans ton cahier.

Planète	Période de révolution (mesurée en années terrestres)	Année scolaire (en mois)
Mercure	0,24	2,16
Vénus	0,61	
Mars	1,70	
Jupiter	11,90	
Saturne	29,50	
Uranus	84,00	
Neptune	165,00	

2. Calcule la durée de l'année scolaire sur chaque planète par rapport à l'année scolaire sur la Terre.

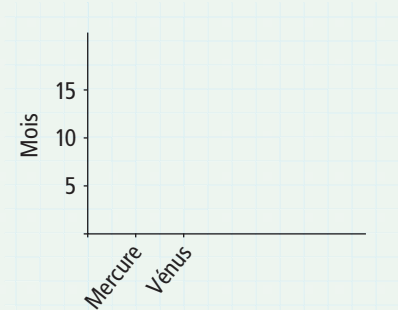
Par exemple :

Année scolaire sur la Terre = 9 mois

Année sur Mercure (comparée à l'année terrestre) = 0,24 année terrestre

Année scolaire sur Mercure =  $0,24 \times 9$  mois  
= 2,16 mois

3. Montre les données obtenues dans un graphique. Indique le nom des planètes sur l'axe des x et le nombre de mois sur l'axe des y.



4. Trace la courbe passant par tous les points.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Comment la durée de l'année scolaire varie-t-elle quand tu t'éloignes du Soleil ?
2. Qu'est-ce que la pente de la courbe t'indique sur la variation de la durée de l'année scolaire d'une planète à l'autre ?

## Vérifie tes compétences

- Classer
- Mesurer
- Modéliser
- Évaluer l'information

### Consigne de sécurité

- Ne mange jamais dans le local de sciences.

### Matériel

- de quoi modéliser le Soleil et les planètes : une bille de roulement ou une autre bille de même taille (environ 28 mm de diamètre), du sable à gros grains et à grains plus fins, du sel, des décorations à gâteau ou des petits bonbons.
- 9 fiches cartonnées
- du ruban adhésif transparent
- 9 bâtonnets d'au moins 15 cm
- un mètre à ruban (100 m)

Les affiches représentant le système solaire nous montrent des images fantastiques des huit planètes, mais elles ne montrent pas les distances gigantesques entre les planètes. Dans cette expérience, tu fabriqueras un modèle du système solaire où les distances entre les planètes et leurs dimensions à l'échelle seront raisonnablement réalistes.

### Question

Quelles sont les distances relatives entre les planètes du système solaire ?

### Marche à suivre

#### Partie 1 La dimension relative de chaque planète

1. Prépare le Soleil et chaque planète en tenant compte des dimensions indiquées dans le tableau suivant. Colle chaque objet du système solaire sur une fiche cartonnée avec du ruban adhésif.

Objet du système solaire	Diamètre réel (km)	Diamètre à l'échelle (mm)	Matériel utilisé
Soleil	1 400 000	28,00	Bille de roulement
Mercure	4 900	0,10	Grain de sable fin
Vénus	12 100	0,24	Grain de sel
Terre	12 800	0,25	Grain de sel
Mars	6 800	0,14	Grain de sable
Jupiter	143 000	2,90	Décoration à gâteau de taille appropriée
Saturne	120 000	2,40	Décoration à gâteau de taille appropriée
Uranus	51 800	1,00	Décoration à gâteau de taille appropriée
Neptune	49 500	0,99	Décoration à gâteau de taille appropriée

#### Partie 2 Les distances relatives respectives entre les planètes

2. Colle les bâtonnets sur les fiches cartonnées avec du ruban adhésif. Tu pourras ainsi planter tes modèles de planètes dans le sol.
3. Apporte tes modèles à l'extérieur, sur un terrain de football. Place le modèle du Soleil sur la ligne des buts. Toutes les mesures seront prises à partir de ce point.
4. Avec le mètre à ruban et le tableau ci-après, détermine la position à l'échelle des objets du système solaire. Place chaque modèle à la bonne position par rapport au Soleil.

Objets du système solaire	Distance réelle du Soleil (km)	Distance à l'échelle du Soleil (m)	Distance de la planète précédente (m)
Soleil			
Mercure	58 millions	1,16	
Vénus	108 millions	2,16	1,00
Terre	150 millions		
Mars	228 millions		
Ceinture d'astéroïdes	~ 400 millions		
Jupiter	778 millions		
Saturne	1 430 millions		
Uranus	2 870 millions		
Neptune	4 500 millions		

### Conclusion et mise en pratique

1. Recopie le tableau à gauche dans ton cahier et complète-le. Utilise une échelle de 1 m = 50 millions de km pour calculer la distance à l'échelle (en mètres) entre le Soleil et les objets du système solaire.
2. À l'aide de ton modèle, explique pourquoi des humains ne voyageront sans doute jamais plus loin que l'orbite de Neptune.

### Analyse

1. Le système solaire comprend des planètes telluriques (Mercure, Vénus, Terre et Mars) et des planètes géantes gazeuses (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune).  
À l'aide de ton modèle, décris ce que tu remarques à propos :
  - a) de la taille des planètes telluriques par rapport à la taille des planètes géantes gazeuses ;
  - b) des distances entre le Soleil et les planètes telluriques par rapport aux distances entre le Soleil et les planètes géantes gazeuses.
2. Les distances entre les planètes telluriques et les distances entre les planètes géantes gazeuses sont-elles comparables ?

Il y a près de 400 ans, l'astronome allemand Johannes Kepler arrivait à la conclusion que les orbites des planètes autour du Soleil ne sont pas circulaires mais elliptiques. Ses études ont permis d'expliquer les trajectoires souvent déroutantes des planètes les unes par rapport aux autres.

Dans cette activité, tu construiras des ellipses de différentes tailles.

### Matériel

- 2 cartons carrés (30 cm × 30 cm)
- une feuille de papier (28 cm × 21,5 cm)
- une règle
- du ruban adhésif transparent
- un crayon
- 20 cm de fil ou de ficelle
- 2 punaises

### Ce que tu dois faire

1. Colle les deux carrés de carton l'un sur l'autre, puis la feuille de papier par-dessus.
2. Trace une droite horizontale de 20 cm au centre de la feuille. Enfonce deux punaises, espacées de 5 cm, sur cette ligne. Ces deux points sont les foyers de l'ellipse.
3. Forme une boucle avec la ficelle et place-la autour des deux punaises. Avec un crayon, tend la boucle vers l'extérieur de la feuille.
4. Trace une ligne avec le crayon en le déplaçant autour des punaises, en le tenant bien droit et en gardant la ficelle toujours tendue.
5. Trouve trois points A, B et C à trois endroits différents sur l'ellipse.

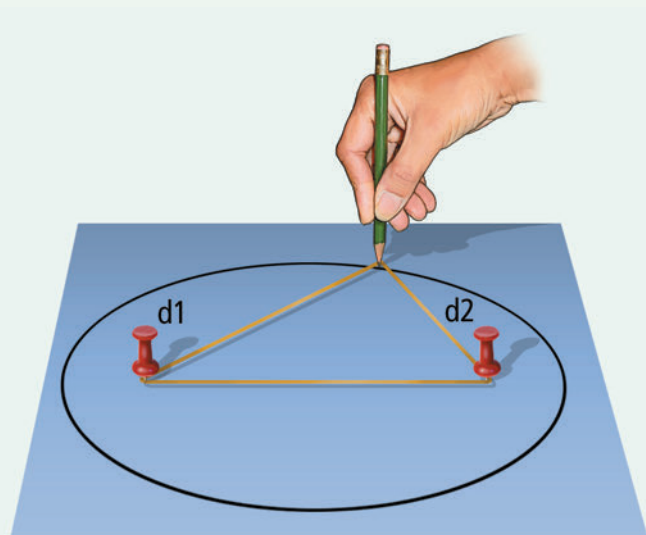
6. Mesure la distance de chaque point à chacun des foyers (d1 et d2). Dans ton cahier, inscris tes mesures dans un tableau comme celui ci-dessous.

Point	d1 + d2	Somme des distances (d1 + d2)
A	+	
B	+	
C	+	

7. Pour chaque point, additionne les deux distances et inscris la somme dans la dernière colonne.

### Qu'as-tu découvert ?

1. Que remarques-tu à propos de la somme des distances pour chaque point de l'ellipse ?
2. Indique ce qui arrive à la forme de l'ellipse :
  - a) quand tu éloignes les punaises (les foyers) l'une de l'autre ;
  - b) quand tu rapproches les punaises (les foyers) l'une de l'autre.
3. Calcule la somme des distances pour une autre ellipse.
4. Décris la forme obtenue lorsque tu places les deux punaises au même point.
5. Rédige une règle générale sur la somme des distances à partir de n'importe quel point d'une ellipse.



## Des concepts à retenir

1. Qu'est-ce qu'un astrophysicien ou une astrophysicienne?
2. Comment la vitesse d'une planète change-t-elle lorsqu'elle se rapproche du Soleil le long de son orbite elliptique?
3. Que nous apprennent les lois de Kepler sur le mouvement des planètes qui tournent autour du Soleil? Utilise les titres suivants pour organiser ta réponse:
  - i) la forme de l'orbite;
  - ii) la vitesse de la planète;
  - iii) la durée d'une orbite complète.
4. Décris les principales contributions de Sir Isaac Newton à notre compréhension de l'Univers.
5. Quel est l'effet de la force gravitationnelle sur les corps célestes?
6. Qu'est-ce qui cause la succession des jours et des nuits sur une planète?
7. Nomme les cinq planètes qu'il est possible de voir à l'œil nu dans le ciel.
8. Donne deux différences entre les planètes telluriques et les planètes géantes gazeuses.

## Des concepts clés à comprendre

9. Comment Kepler et Brahe ont-ils collaboré pour développer leurs théories sur les mouvements des planètes?
10. Résume les lois du mouvement des planètes formulées par Kepler.
11. Quelle est la relation entre la distance d'une planète au Soleil et la durée de sa révolution autour du Soleil?
12. Décris la forme de la trajectoire des planètes qui tournent autour du Soleil.
13. Quels sont les avantages du télescope de type Newton sur les lunettes astronomiques?
14. Quelles observations ont permis aux astronomes de découvrir Neptune?

## *Pause réflexion*

Dans cette section, tu as appris comment les astronomes ont utilisé les mathématiques pour expliquer les mouvements des corps célestes. Les travaux de Johannes Kepler, Tycho Brahe et Sir Isaac Newton ont grandement modifié nos connaissances sur l'Univers. Résume les lois utilisées de nos jours pour expliquer les mouvements des planètes et comment la force gravitationnelle s'exerce.



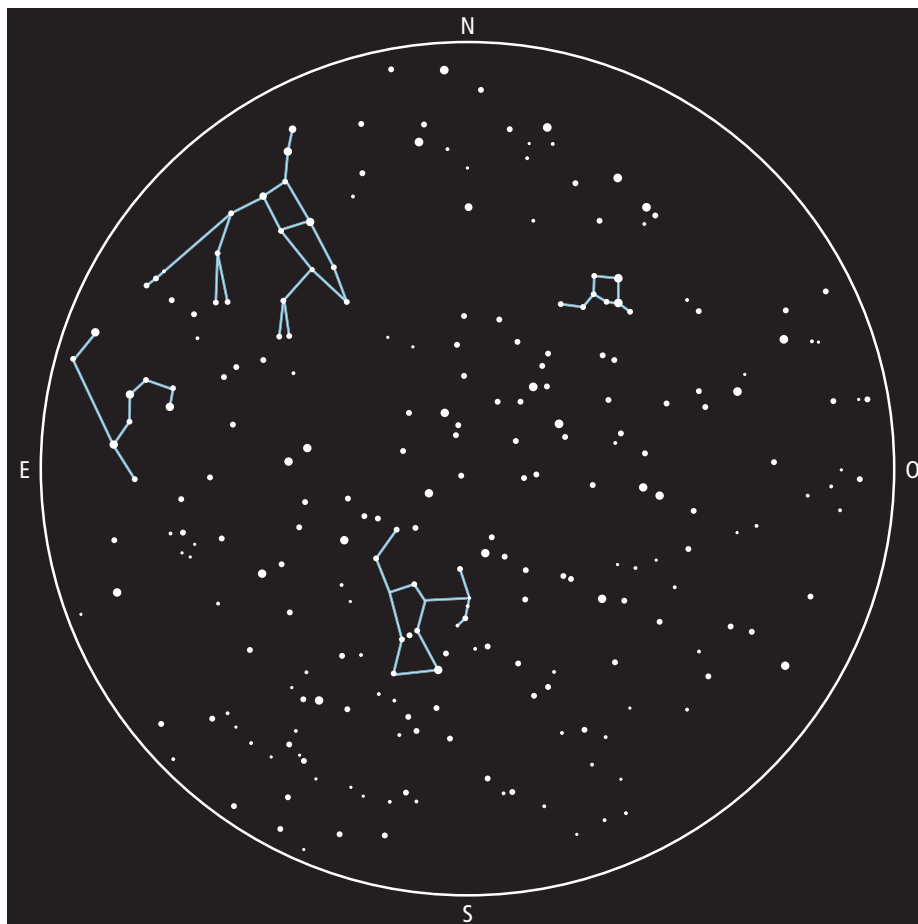
### Prépare ton propre résumé

Rédige ton propre résumé des idées principales de ce chapitre. Tu peux ajouter des organisateurs graphiques ou des illustrations à tes notes. (Voir l'Omni truc 8 pour savoir comment utiliser les organisateurs graphiques.) Sers-toi des titres suivants pour organiser tes notes :

1. Les étoiles et les constellations
2. Les contributions des astronomes de la Grèce antique
3. Le modèle héliocentrique de l'Univers
4. La construction d'une lunette astronomique par Galilée
5. Les contributions de Kepler et de Newton à l'astronomie

### Des concepts à retenir

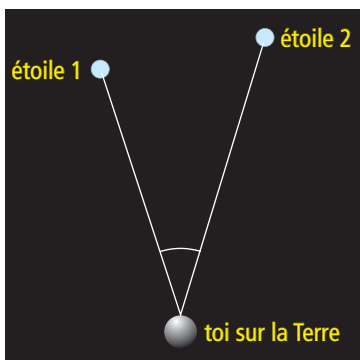
1. Quel est le nom des constellations illustrées ci-dessous ?
2. Qu'est-ce qu'un astérisme ? Donne un exemple.
3. Décris comment les astronomes notent la magnitude d'une étoile.
4. Si tu observais le ciel nocturne pendant plusieurs heures, dans quelle direction les étoiles sembleraient-elles se déplacer ?
5. Qu'est-ce qu'une constellation circumpolaire ?
6. Trace un schéma illustrant le modèle géocentrique d'Aristote.
7. Quelles sont les observations qui prouvent que la Terre est ronde ?
8. Trace un schéma illustrant le modèle du système solaire de Copernic.
9. Quels travaux de Galilée ont contribué à notre astronomie moderne ?



10. Quelles lois un astronome peut-il utiliser pour prédire le mouvement d'un corps céleste en orbite autour d'un autre ?
11. On considère souvent que Sir Isaac Newton a été le scientifique le plus influent de tous les temps. Explique pourquoi ce serait le cas.
12. Des astronomes tels que Kepler, Brahe et Newton ont contribué au modèle de l'Univers que nous utilisons aujourd'hui. Quelles sont leurs contributions ?
13. Si tu devais choisir une méthode pour mesurer les angles entre les étoiles, quelle méthode serait la plus précise : celle du poing ou celle de l'astrolabe ? Explique ta réponse.

### Des concepts clés à comprendre

14. Trouve les différences et les ressemblances entre un corps céleste et une constellation.
15. À l'aide du schéma ci-dessous, résume comment tu pourrais estimer la distance angulaire entre les deux étoiles.



16. Pourquoi certaines planètes sont-elles visibles uniquement au lever ou au coucher du Soleil ?
17. Compare la vision de l'Univers proposée par Aristote avec le modèle d'Aristarque.
18. Comment Ptolémée expliquait-il le mouvement apparent de Mars dans le ciel ?
19. Supposons que tu assistes à un débat entre deux astronomes, l'un défendant la théorie géocentrique et l'autre, la théorie héliocentrique. Quels sont les principaux arguments que chacun pourrait apporter pour soutenir sa théorie ?
20. Explique pourquoi il serait très difficile de poser un engin spatial sur l'une des planètes géantes gazeuses.
21. Sir Isaac Newton a écrit : « Si j'ai pu voir un peu plus loin que les autres, c'est parce que j'ai pu me hisser sur les épaules de géants. » Choisis trois astronomes et résume comment ils ont pu aider Newton à « voir plus loin ».

### Pause réflexion

Des observations astronomiques détaillées ont été consignées et conservées depuis l'Antiquité. Au fil du temps, plusieurs astronomes ont contribué à approfondir notre connaissance de l'Univers. Trace un tableau chronologique dans lequel seront indiqués les astronomes depuis l'Antiquité jusqu'à l'époque classique de l'astronomie (jusqu'à 1750 environ).