

# Cahier d'exploration du ciel

Yaël NAZÉ



Edité par Réjou**sciences**  
dans le cadre de l'Année Internationale de l'Astronomie (mars 2009),  
réédité en 2011

### **Déjà parus\* :**

- *Sur la piste des planètes*, Yaël **NAZÉ**
- *Lentilles gravitationnelles*, Jean **SURDEJ**

\*Plus d'informations sur le site de Réjou**sciences**

### **Ouvrages à paraître :**

- *Cahier d'exploration du ciel II. Mesurer l'Univers*, Yaël **NAZÉ**
- *La cuisine du cosmos. Traité de (G)astronomie*, Yaël **NAZÉ**

### **Remerciements**

L'auteure tient particulièrement à remercier Jean-Pierre Swings et Gregor Rauw (Institut d'Astrophysique et de Géophysique de Liège); l'équipe de Réjou**sciences** et Michèle Housen pour la réalisation de ce cahier; les professeurs Pierre Noez et Renée Godefroid pour leurs relectures attentives; Danielle Lambert (enseignante à l'Athénée de Waha) pour ses nombreux encouragements et Ghislain Ghistelincq pour avoir « essayé » ce petit opus avec ses enfants et petits enfants. Ses remerciements vont également à la DGO6 (Service Public de Wallonie), sans le soutien financier de laquelle ce cahier d'exploration du ciel n'aurait pu voir le jour.

# Table des matières

<b>1.</b>	<b>Notre planète bleue</b>	5
	<b>A.</b> Jour et nuit, la grande alternance	8
	Expérience 1.1 : La rotation et la journée	9
	Expérience 1.2 : Le Soleil et les points cardinaux	10
	Expérience 1.3 : Les fuseaux horaires	11
	<b>B.</b> Au fil de l'année	12
	Expérience 1.4 : La durée du jour au fil de l'an	13
	Expérience 1.5 : Les températures et les saisons	15
	<b>C.</b> Notre compagne, la Lune	17
	Expérience 1.6 : La face changeante de la Lune	18
	Expérience 1.7 : Les éclipses	19
<b>2.</b>	<b>Le voisinage du Soleil</b>	21
	<b>A.</b> Portrait de famille	25
	<b>B.</b> L'Univers dans mon jardin	30
<b>3.</b>	<b>Plus loin, les étoiles</b>	33
	<b>A.</b> Des dessins dans le ciel	35
	<b>B.</b> La ronde céleste	36
	Expérience 3.1 : Le mouvement des étoiles	38
	<b>C.</b> Le chemin du Soleil	39
	Expérience 3.2 : La couleur du ciel	40
	Expérience 3.3 : Les constellations au fil de l'année	41
	<b>D.</b> Mais encore...	42
	Expérience 3.4 : La construction d'une carte céleste mobile	44
<b>4.</b>	<b>Voyager dans l'espace</b>	49
	Expérience 4.1 : La propulsion des fusées	54
	Expérience 4.2 : La construction d'une fusée à eau	55
<b>5.</b>	<b>Cahier de l'apprenant</b>	57
	<b>A.</b> Notre planète bleue	60
	<b>B.</b> Le voisinage du Soleil	63
	<b>C.</b> Plus loin, les étoiles	67
	<b>D.</b> Voyager dans l'espace	68
<b>6.</b>	<b>Réponses</b>	69
	<b>A.</b> Notre planète bleue	70
	<b>B.</b> Le voisinage du Soleil	73
	<b>C.</b> Plus loin, les étoiles	74
	<b>D.</b> Voyager dans l'espace	75
	<b>E.</b> Notes personnelles	76



*Fig 1.1 Lever de Soleil sur la Terre*

© SXT/Gilderm

# 1. Notre planète bleue



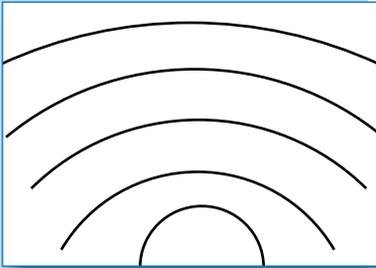
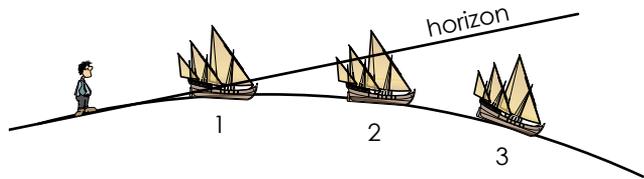


Fig. 1.2 Plus le rayon du cercle augmente, plus une portion de sa circonférence semble plate.

Nous vivons sur une planète qui s'appelle **la Terre**. Cette planète est une **grosse boule** presque parfaitement sphérique. Nous vivons en fait à la surface externe de cette sphère. Pourtant, en regardant autour de soi, on a l'impression que le sol terrestre est plat. Ce sentiment est simplement dû au gigantisme du rayon de la Terre : 6 378 kilomètres au niveau de l'équateur (Fig. 1.2)!

Pour se rendre compte de la rotondité de la Terre, il faut observer les phénomènes se produisant sur de grandes distances. Par exemple, si l'on observe aux jumelles un bateau qui s'éloigne petit à petit du rivage, on verra d'abord disparaître sa coque, puis le bas de son mât, les voiles et enfin la vigie (Fig. 1.3).

Fig. 1.3 Lorsque le bateau s'éloigne, il disparaît petit à petit à cause de la forme ronde de la Terre : en 1, on peut voir le bateau en entier ; en 2, on ne voit que le bout de ses voiles ; en 3, il a disparu sous l'horizon.



À l'intérieur de la Terre, on trouve de la roche en fusion, qui arrive parfois à la surface grâce aux cheminées naturelles que sont les volcans. La surface de notre planète, que l'on appelle la **croûte terrestre**, est composée, elle, de roches solides. En certains endroits, elle accueille de grandes étendues d'eau liquide : les **océans**. Ceux-ci couvrent environ les trois quarts de la surface terrestre. La Terre est aussi entourée d'une couche d'air : l'**atmosphère**. L'air contient notamment de l'oxygène, ce qui nous permet de respirer, et des ensembles de gouttelettes d'eau, présents sous forme de nuages (Fig. 1.4).

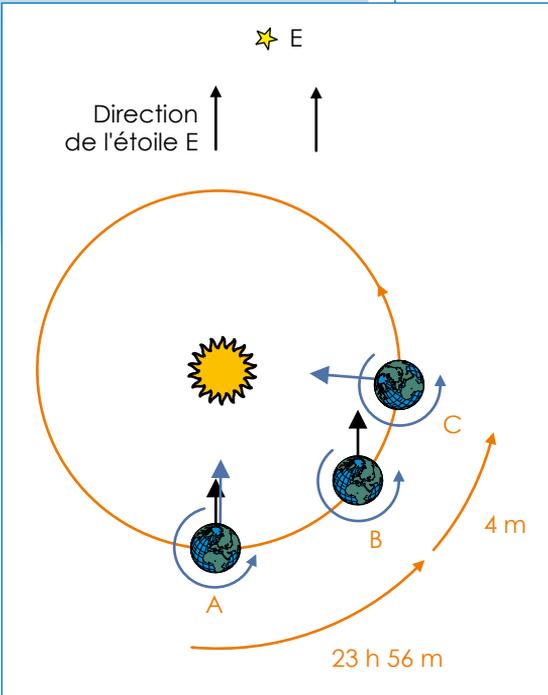
Fig. 1.4 →  
Notre planète, la Terre, vue depuis l'espace, paraît bien ronde. On y voit de grandes étendues bleues, les mers ; des zones brunes ou vertes, les continents ; et des nuages blancs flottant dans l'atmosphère.

© NASA



## A. Jour et nuit, la grande alternance

Au fil des heures, le temps passe, et le ciel change. Parfois, il fait clair, c'est le jour ; parfois il fait noir, c'est la nuit. Une journée complète (jour + nuit) prend **24 heures** : c'est le temps nécessaire pour retrouver le Soleil dans la même direction, par exemple le Sud.



L'alternance jour-nuit est due à la rotation de la Terre sur elle-même (cf. Exp. 1.1). L'humanité a compris cela depuis plusieurs siècles, mais on a véritablement réussi à le prouver il y a 150 ans seulement ! Autrefois, il y a bien longtemps, nos ancêtres pensaient que la Terre était fixe et que l'Univers tournait autour d'elle. Il faut dire que nous n'avons pas vraiment l'impression de bouger. Pourtant, en Europe, on tourne à la vitesse de 1 000 km/h !

Pour retrouver le Soleil dans la même direction dans le ciel, il faut donc attendre 24 heures : c'est ce que les astronomes appellent le **jour solaire**. Ils utilisent également une autre notion : le **jour sidéral**. C'est le temps nécessaire pour revoir le ciel étoilé à la même position. On pourrait croire que jour solaire et jour sidéral sont identiques, mais cela est faux car la Terre ne tourne pas seulement sur elle-même mais aussi autour du Soleil (Fig. 1.5). Le jour sidéral est plus court que le jour solaire : il ne vaut que 23 heures et 56 minutes.

*Fig. 1.5 Lorsque la Terre fait un tour sur elle-même, il lui faut 23h56min : après ce laps de temps, la flèche-repère ci-contre pointe de nouveau dans la direction de l'étoile lointaine E.*

*Mais alors qu'elle effectuait cette rotation, la Terre se déplaçait aussi sur son orbite, passant de A en B.*

*Si la flèche-repère faisait bien face au Soleil lorsque la Terre était en A, ce n'est plus le cas en B !*

*Pour retrouver le Soleil en face du repère, la Terre doit tourner encore un peu, ce qui lui prend quatre minutes (position C).*

*Notez que les dimensions ne sont pas représentées à l'échelle sur ce schéma (ni sur les suivants).*

# 1.1 > La rotation et la journée

## EXPÉRIENCE

Construisez une Terre miniature en plantant la boule sur la tige. Notez « pôle Nord » sur la fixation supérieure de la tige et « pôle Sud » sur la fixation inférieure. Entre les deux pôles, tracez une ligne séparant la sphère en deux moitiés égales : c'est l'équateur.

À mi-chemin entre l'équateur et le pôle Nord, tracez une petite croix qui indique la position de l'Europe sur la Terre. Dans un local sombre, éclairez la Terre ainsi construite avec la lampe, qui servira de Soleil (Fig. 1.6).

## Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe forte
- Une sphère (boule en frigolite, orange,...)
- Une tige
- Un marqueur

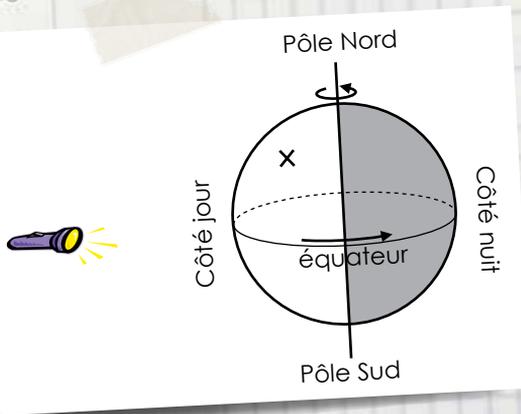


Fig. 1.6 La lumière du Soleil (représentée ici par la lampe) éclaire une partie de la sphère alors que l'autre reste dans l'ombre.

## OBSERVATIONS

Lorsque la Terre tourne sur son axe-tige, la croix-repère passe alternativement du côté sombre au côté clair.

Lorsqu'elle est du côté sombre, le corps de la Terre lui empêche de voir le Soleil : il fait nuit.

Lorsqu'elle est du côté éclairé, le Soleil est visible sans problème : c'est le jour.

## CONCLUSION

La rotation de la Terre est responsable de l'alternance jour-nuit.

## 1.2 > Le Soleil et les points cardinaux

### Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe forte
- Un marqueur effaçable

### EXPÉRIENCE

Dessinez sur vous les points cardinaux : « Nord » sur le front, « Sud » sur les pieds, « Est » sur la main gauche et « Ouest » sur la main droite.

Allumez la lampe et placez-vous face à elle. Les bras écartés, tournez lentement sur vous-même dans le sens contraire aux aiguilles d'une montre, pour reproduire la rotation de la Terre.

### OBSERVATIONS

Repérez le moment où la lampe-Soleil est visible pour la première fois (on dit que le Soleil **se lève**) : la main qui est tendue vers lui est celle qui porte le nom « Est ».

Repérez ensuite le moment où le Soleil va disparaître (on dit que le Soleil **se couche**) : la main indique cette fois « Ouest » (Fig. 1.7).

### CONCLUSION

Le Soleil se lève du côté Est et se couche côté Ouest.

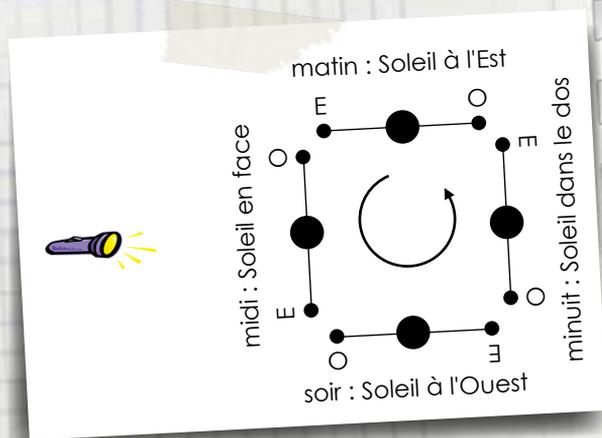


Fig. 1.7 Vue du dessus

### NOTE

Cette expérience montre la situation observable depuis l'hémisphère Nord. Notez que dans l'hémisphère boréal (ou hémisphère Nord), le Soleil n'apparaît jamais au Nord, et dans l'hémisphère austral (ou hémisphère Sud), il n'est jamais visible au Sud.

## 1.3 > Les fuseaux horaires

### EXPÉRIENCE

Reprenez la Terre miniature de l'expérience 1.1 et tracez plusieurs croix-repères sur le pourtour de la sphère.

### OBSERVATIONS

Lorsque la Terre tourne sur son axe, certains repères sont dans l'ombre alors que d'autres se trouvent du côté éclairé (Fig. 1.8) : pour certaines personnes c'est la nuit, pour d'autres le matin, le midi ou le soir.

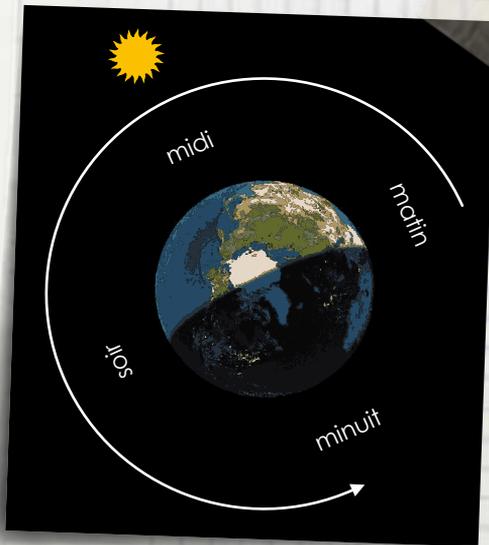


Fig. 1.8 Selon l'endroit où l'on se trouve sur Terre, le moment de la journée est différent.

### Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe forte
- Une sphère (boule en frigolite, orange,...)
- Une tige
- Un marqueur

L'heure n'est donc pas la même partout sur Terre, même si nous habitons tous sur la même planète. C'est pourquoi on a découpé la Terre en 24 tranches, appelées **fuseaux horaires** : dans chaque fuseau, l'heure est la même partout, et il y a une heure de différence entre chaque fuseau et ses voisins.

### CONCLUSION

À un instant donné, le moment de la journée n'est pas le même pour tous les habitants de la Terre.

## B. Au fil de l'année

La Terre tourne autour du Soleil en 365,25 jours, soit un an. Pendant cette année, la température n'est pas toujours la même. Lorsqu'il fait très chaud, on dit que c'est l'**été**, tandis que les jours très froids font partie de l'**hiver**. Entre ces cas extrêmes, on retrouve des périodes tempérées, l'**automne** et le **printemps**.

Ces quatre époques sont appelées des **saisons**. On pense souvent qu'il fait plus froid en hiver parce que la Terre se trouve plus loin du Soleil à ce moment-là : c'est totalement faux. Les différences de température sont en fait dues au fait que la Terre est penchée sur son orbite (voir Fig. 1.9, Exp. 1.4 et Exp. 1.5).

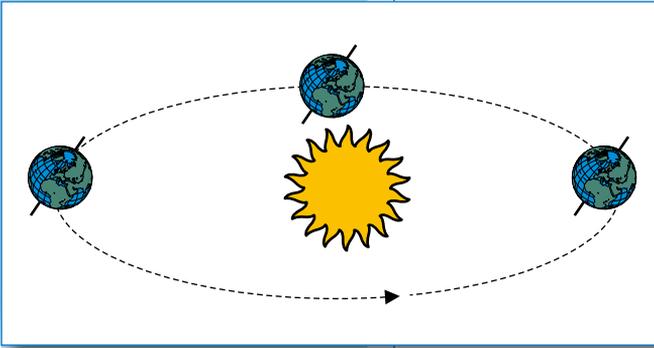


Fig. 1.9 La Terre est inclinée sur son orbite.

(Attention, la forme en apparence ovale de l'orbite terrestre provient de la vue en perspective adoptée ici !)

Si l'on note les heures de lever et de coucher du Soleil au cours de l'année, on se rend compte que la nuit est plus courte en été et plus longue en hiver (Exp. 1.4). La nuit la plus longue de l'année (et donc le jour le plus court) se produit au **solstice d'hiver** (généralement le 21 décembre). La nuit la plus courte (et donc le jour le plus long) se produit au **solstice d'été** (généralement le 21 juin). Entre ces deux cas extrêmes, il y a deux journées où la durée du jour est parfaitement égale à la durée de la nuit : ce sont les jours d'équinoxes (équinoxe, en latin, veut d'ailleurs dire « égal à la nuit »). L'**équinoxe de printemps** se déroule généralement le 21 mars et l'**équinoxe d'automne** a souvent lieu le 23 septembre.

À midi au solstice d'été, le Soleil est très haut, le plus haut possible dans le ciel : il a donc beaucoup de chemin à parcourir avant de descendre en-dessous de l'horizon pour se coucher et le jour est donc très long. Au contraire, au solstice d'hiver, le Soleil monte à peine au-dessus de l'horizon à midi : il ne faudra pas attendre longtemps pour le voir disparaître, et le jour est donc extrêmement court. De plus, si l'on repère les endroits où le Soleil se couche et se lève, on voit qu'ils se modifient aussi au fil des saisons : en Europe, le Soleil se lève au Nord-Est en été, au Sud-Est en hiver, et exactement à l'Est aux équinoxes ; le Soleil se couche au Nord-Ouest en été, au Sud-Ouest en hiver, et exactement à l'Ouest aux équinoxes.

Dans nos pays, le Soleil ne se trouve jamais au-dessus de nos têtes (un point appelé le **zénith**), même en été. En fait, une telle situation ne se produit qu'en des endroits proches de l'équateur. Ainsi, les midis des jours d'équinoxes, le Soleil se trouve pile au-dessus de l'équateur.

## 1.4 > La durée du jour au fil de l'an

### EXPÉRIENCE

Placez les deux lampes dos à dos comme montré ci-dessous. Reprenez ensuite la Terre miniature de l'expérience 1.1, inclinez-la et faites-la tourner sur elle-même.

### OBSERVATIONS

Lorsque la Terre tourne sur son axe-tige face à la première lampe, repérez le temps passé par le repère du côté nuit. Placez-vous ensuite face à la seconde lampe et, sans changer l'inclinaison de la Terre, recommencez l'expérience et notez de nouveau le temps passé cette fois par le repère du côté nuit (Fig. 1.10). Il n'est pas identique !

Recommencez l'expérience en observant la direction du Soleil depuis le repère : elle change également.

### CONCLUSION

L'inclinaison de la Terre provoque des changements de durée de la nuit et du jour au cours de l'année. De plus, au fil des saisons, le Soleil ne se trouve pas à la même hauteur dans le ciel.

### Matériel :

- Un local sombre
- Deux lampes fortes
- Une sphère (boule en frigolite, orange,...)
- Une tige
- Un marqueur

#### SITUATION A

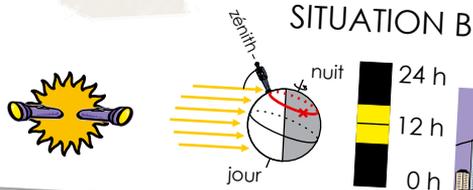
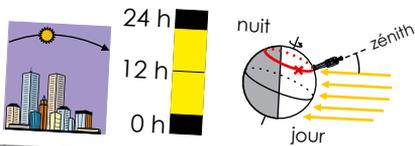


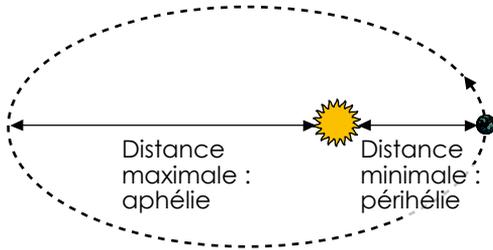
Fig. 1.10 Dans la situation A, la croix-repère passe plus de temps du côté jour que du côté nuit : le jour est plus long. De plus, le Soleil est assez proche du zénith (le point situé au-dessus de nos têtes) : c'est donc l'été.

Au contraire, dans la situation B, le Soleil est très bas sur l'horizon, et la croix-repère passe plus de temps du côté nuit : c'est l'hiver.

Remarquez que si la croix-repère était mise en-dessous de l'équateur et non au-dessus, la situation serait inversée : les saisons dans les deux hémisphères sont donc opposées.

Au solstice d'été à midi, le Soleil sera au zénith d'une zone appelée **Tropique du Cancer** ; au solstice d'hiver à midi, le Soleil sera au zénith du **Tropique du Capricorne**. En outre, l'inclinaison des rayons solaires par rapport au sol diffère d'un hémisphère à l'autre : ainsi, lorsque c'est l'hiver dans notre hémisphère Nord, c'est l'été dans l'hémisphère Sud, et vice-versa.

Il n'est pas correct de dire que la distance entre la Terre et le Soleil ne change pas (*Fig. 1.11*). Toutefois, la variation est minime et n'a qu'un effet très faible sur les saisons<sup>1</sup>. Nous sommes en fait au plus près du Soleil en janvier (c'est ce que l'on appelle le périhélie) : l'hiver dans l'hémisphère Nord est donc légèrement moins rude que l'hiver dans l'hémisphère Sud.



*Fig. 1.11 L'orbite terrestre est quasi-circulaire. Si l'on voulait toutefois exagérer les différences par rapport au cercle parfait, voilà à quoi ressemblerait l'orbite terrestre vue du dessus. Remarquez que le Soleil ne se trouve pas au centre.*



*Fig. 1.12 Trajet du Soleil le jour du solstice d'hiver*

© D. Pivato

<sup>1</sup> Pour certaines planètes, comme Mars (voir Chapitre suivant), la distance varie bien plus, et les saisons sont alors aussi liées à ce changement. Si l'axe de rotation d'une planète avec une orbite allongée n'était pas incliné, alors le changement de distance serait la seule cause des saisons : l'été se produirait en même temps dans les deux hémisphères.

## Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe de poche

# 1.5 > Les températures et les saisons

## EXPÉRIENCE

Allumez la lampe-Soleil et observez la taille de la tache lumineuse créée au sol lorsque la lampe est perpendiculaire ou inclinée par rapport au sol.

## OBSERVATIONS

La zone éclairée est plus petite quand les rayons du Soleil tombent perpendiculairement au sol. Au contraire, la surface est plus grande lorsque les rayons sont inclinés par rapport au sol (Fig. 1.13) : il y a donc moins d'énergie reçue par centimètre carré, le sol est ainsi moins chauffé lorsque le Soleil est plus bas sur l'horizon et, dès lors moins haut dans le ciel, comme c'est le cas en hiver. De plus, le Soleil a moins de temps pour réchauffer le sol quand le jour est plus court.

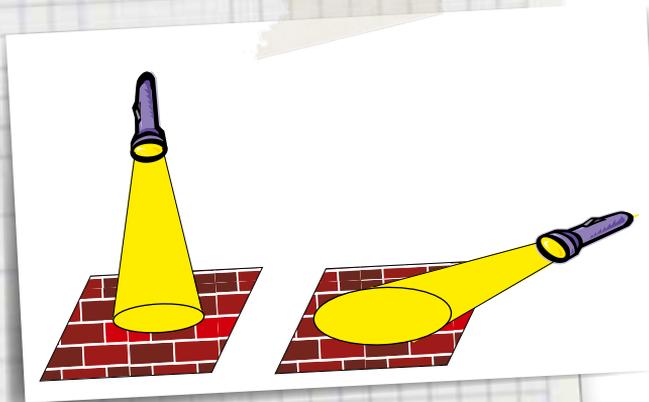


Fig. 1.13 Selon l'inclinaison des rayons lumineux, la taille de la surface éclairée varie.

## CONCLUSION

Le changement de température au cours de l'année est dû à la modification de la durée d'ensoleillement et aux variations de l'inclinaison des rayons solaires par rapport au sol.



# C. Notre compagne, la Lune

Dans notre voyage autour du Soleil, nous ne sommes pas seuls. Une grosse boule rocheuse nous accompagne : **la Lune** (Fig. 1.14). Sa taille vaut environ un tiers de celle de notre planète et elle en est éloignée de 384 000 kilomètres. La Lune tourne autour de la Terre en 27 jours et 8 heures. Dans son périple, la Lune présente toujours le même côté à la Terre. L'arrière de la Lune, vu depuis la Terre, s'appelle donc très logiquement la «face cachée». Elle n'est plus vraiment mystérieuse car des humains ont pu l'observer pour la première fois il y a quarante ans environ, en envoyant des robots la visiter.



← Fig. 1.15 En 1969, un homme marchait sur la Lune pour la première fois !

© NASA

Notre voisine lunaire est le seul endroit de l'Univers, hormis la Terre, où l'Homme a posé le pied. Le premier Homme à avoir marché sur la Lune est un Américain du nom de Neil Armstrong. Cela s'est passé le 21 juillet 1969, et le vaisseau de Neil s'appelait Apollo 11. Neil eut très peu de successeurs : en tout, seuls douze hommes ont marché sur la Lune, entre 1969 et 1972 (Fig. 1.15).

← Fig. 1.16 Les phases de la Lune

© Antonio Cidadao

Au fil des jours, la Lune se présente sous des aspects différents qu'on appelle les **phases de la Lune** (Fig. 1.16). Parfois, on voit la Lune complètement, c'est la **pleine lune** ; d'autres fois, on ne voit qu'un fin croissant (lorsque ce croissant montre exactement la moitié de la Lune, on parle de **premier quartier** ou de **dernier quartier**) ; et de temps en temps, la Lune devient invisible : c'est la **nouvelle lune**<sup>2</sup>. Cet aspect changeant s'explique par le fait que la Lune tourne autour de la Terre et qu'elle est éclairée seulement par le Soleil (Fig. 1.16 et Exp. 1.6). De temps à autre, le Soleil, la Terre et la Lune sont parfaitement alignés : il se produit alors une **éclipse** (Exp. 1.7).



← Fig. 1.14 Pleine lune

© NASA

<sup>2</sup> L'intervalle entre deux pleines lunes est de 29 jours et demi. Cette période approchant la trentaine de jours donna naissance aux mois. Elle est plus grande que le temps mis par la Lune pour faire un tour complet autour de la Terre (27j et 8h) en prenant les étoiles comme repère : la différence entre ces deux périodes provient du fait que la Terre tourne autour du Soleil, tout comme l'intervalle entre deux «midis» (le jour solaire) diffère du jour sidéral (voir Fig. 1.5).

# 1.6 > La face changeante de la Lune

## EXPÉRIENCE

Allumez la lampe-Soleil et constituez une mini-Lune en plantant la boule sur la tige. Vous représentez la Terre. Asseyez-vous au sol, en contrebas de la lampe, et levez la tige avec la boule. Faites tourner la boule-Lune autour de vous dans le sens inverse des aiguilles d'une montre et observez la forme de la zone éclairée.

## Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe forte
- Une tige
- Une sphère (boule en frigolite, orange,...)

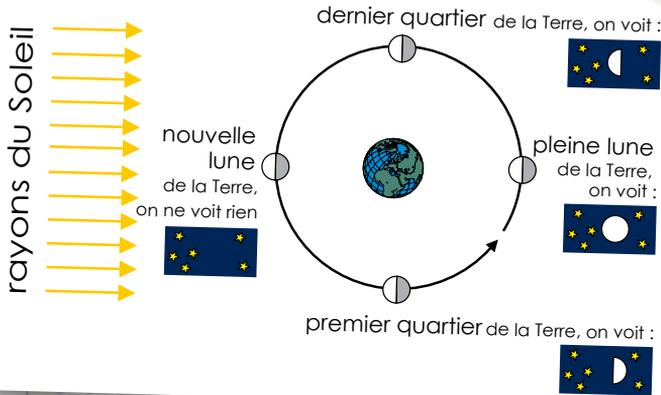


Fig. 1.17 Les phases de la Lune dépendent de la position de la Lune et du Soleil par rapport à la Terre.

## OBSERVATIONS

Le Soleil est le seul objet du Système solaire à émettre de la lumière visible. La surface lunaire est toutefois capable de réfléchir la lumière qu'elle reçoit : la zone de la Lune éclairée par le Soleil est donc la seule que l'on peut voir depuis la Terre. Si la Lune se trouve entre le Soleil et la Terre, on ne voit que son côté non éclairé : la Lune semble alors « disparaître », c'est la **nouvelle lune**. Si la Lune se place à l'opposé du Soleil, on voit l'ensemble de sa face éclairée : c'est donc la **pleine lune**. Enfin, quand la Lune forme le sommet d'un triangle rectangle dont les autres sommets sont la Terre et le Soleil (voir Fig. 1.17), on ne voit plus que la moitié de la Lune, c'est le **premier quartier** si la partie éclairée est à droite (on peut alors former un **p** avec la Lune), ou le **dernier quartier** si la partie éclairée est à gauche (on peut alors former un **d** avec la Lune).

## CONCLUSION

Les phases de la Lune existent parce que la Lune tourne autour de la Terre et que la surface lunaire située face au Soleil en réfléchit la lumière.

## Matériel :

- Un local sombre
- Une lampe forte
- Une tige
- Une sphère (boule en frigolite, orange,...)

## 1.7 > Les éclipses

### EXPÉRIENCE

Reprenez la mini-Lune de l'expérience 1.6. Cette fois, tenez-vous debout face à la lampe avant de faire de nouveau tourner la Lune autour de vous.

### OBSERVATIONS

Remarquez que la Lune porte son ombre sur vous lorsqu'elle se trouve exactement entre le Soleil et vous : c'est une éclipse de Soleil, car la Lune vous cache le Soleil. Remarquez également qu'elle passe dans votre ombre si vous vous trouvez exactement entre le Soleil et la Lune : c'est une éclipse de Lune car la Lune se trouve alors dans l'ombre de la Terre et ne peut être vue (Fig. 1.18, haut).

### CONCLUSION

Les éclipses de Lune se produisent lorsque le Soleil, la Terre et la Lune sont alignés dans cet ordre. Les éclipses de Soleil se produisent lorsque le Soleil, la Lune et la Terre sont alignés dans cet ordre.

### NOTE

De telles éclipses ne se produisent pas à chaque tour de la Lune autour de la Terre, comme dans cette expérience, car l'orbite de la Lune autour de la Terre et celle de la Terre autour du Soleil ne sont pas situées dans un même plan : parfois, la Lune passe un peu au-dessus ou un peu en-dessous de la Terre (Fig. 1.18, bas).

L'alignement parfait, générateur d'éclipses, est donc très rare, et ne se produit que quatre fois par an, environ : une paire éclipse de Soleil – éclipse de Lune (éclipses séparées de 14 jours) suivie six mois plus tard par une autre paire d'éclipses identiques.

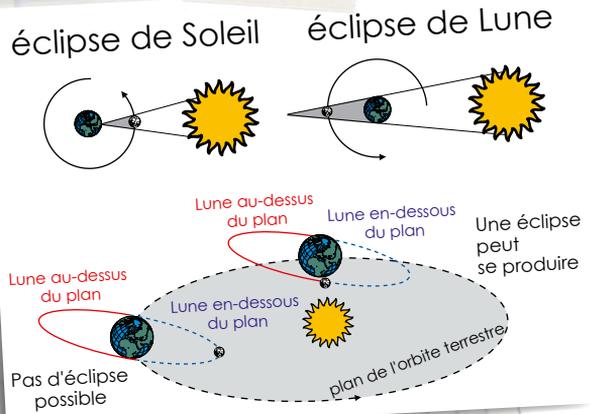
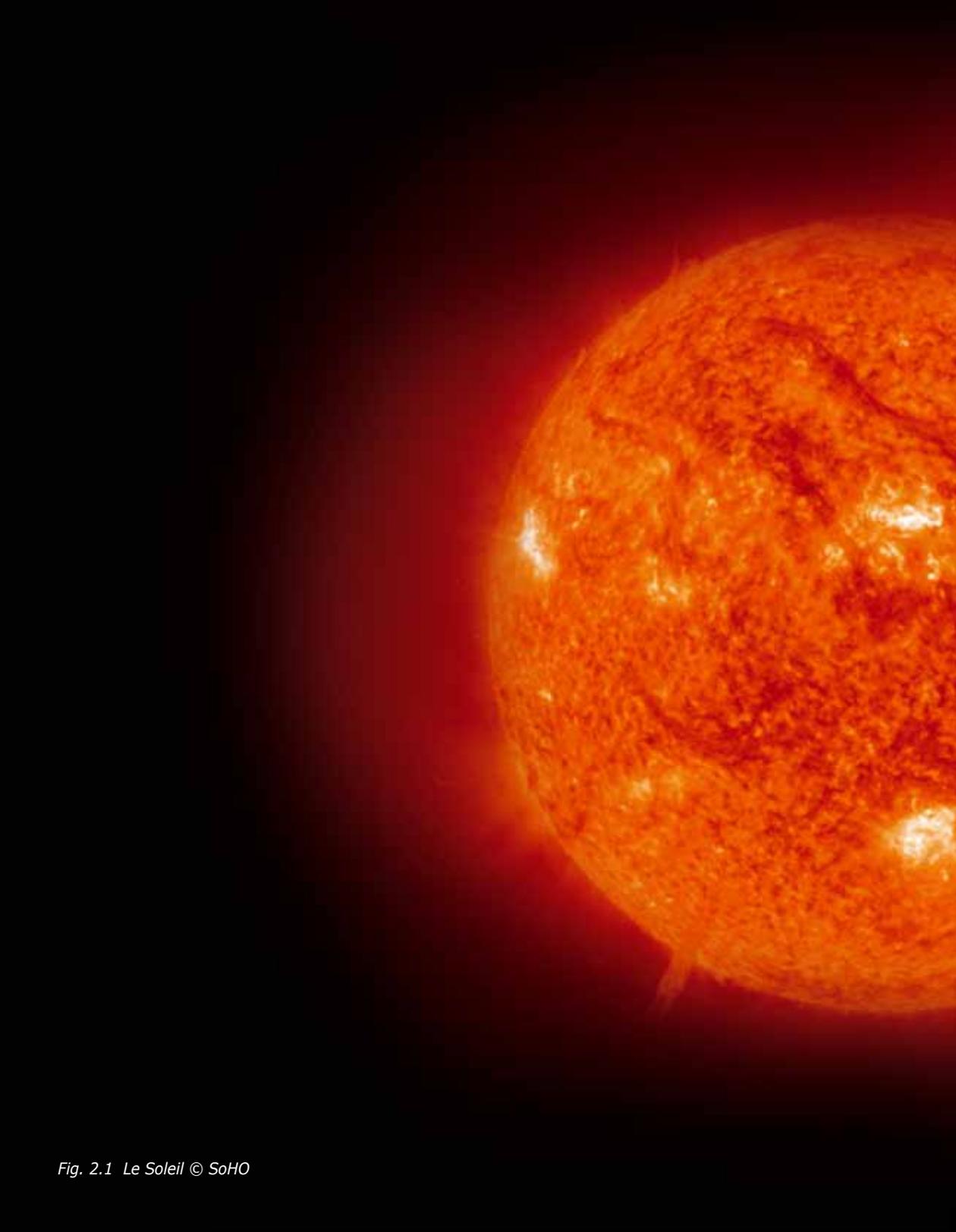


Fig. 1.18 Les éclipses se produisent uniquement quand la Terre, le Soleil et la Lune sont parfaitement alignés.

Cela ne se produit que rarement car l'orbite de la Lune est inclinée par rapport au plan de l'orbite de la Terre autour du Soleil.



*Fig. 2.1 Le Soleil © SoHO*



# 2. Le voisinage du Soleil

La Terre ne forme pas l'ensemble de l'Univers : elle n'est qu'une planète parmi d'autres, mais elle est très importante pour nous car c'est notre « maison ».

### Il faut remplir trois critères pour obtenir le statut de planète :

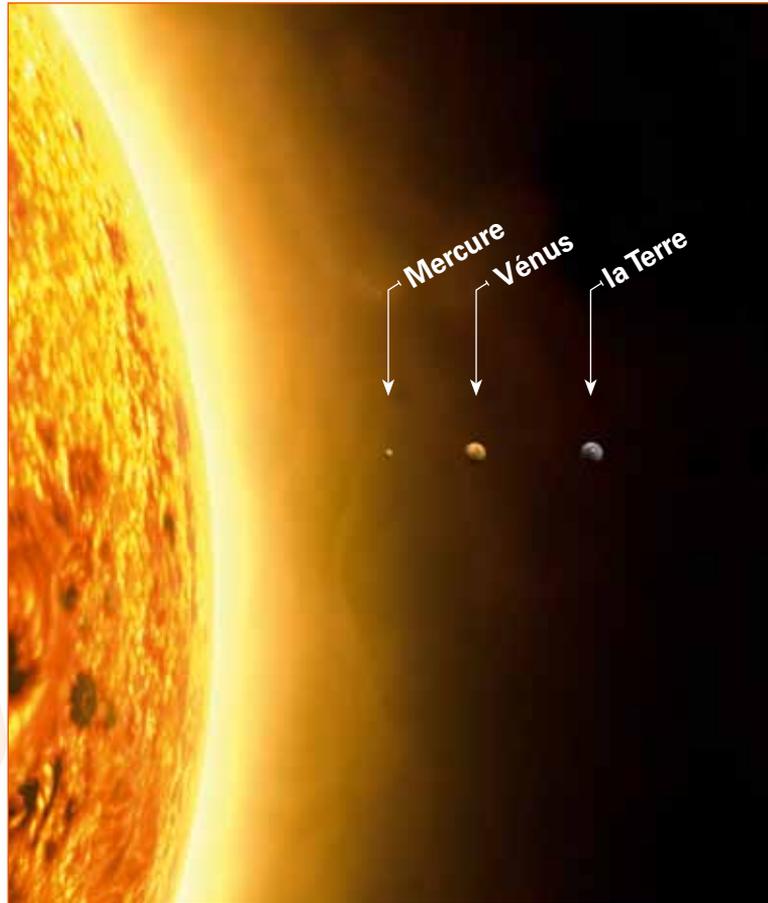
- tourner autour du Soleil (dans un circuit fermé, baptisé orbite) ;
- être un objet suffisamment massif pour avoir pris une forme sphérique (ou ronde) lors de sa formation ;
- ne pas avoir de voisin se déplaçant sur une orbite proche.

De plus, une planète n'émet pas de lumière visible par elle-même : elle ne fait que réfléchir la lumière du Soleil, comme un miroir.

*Fig. 2.2  
Les composantes principales  
de notre Système solaire :  
Mercure, Vénus, la Terre,  
Mars, Jupiter, Saturne,  
Uranus et Neptune.*

*Les tailles relatives du Soleil  
et des huit planètes sont  
ici correctes sur le schéma  
(le Soleil, trop grand, n'entre pas  
complètement dans la photo),  
mais les distances ont été  
choisies arbitrairement.*

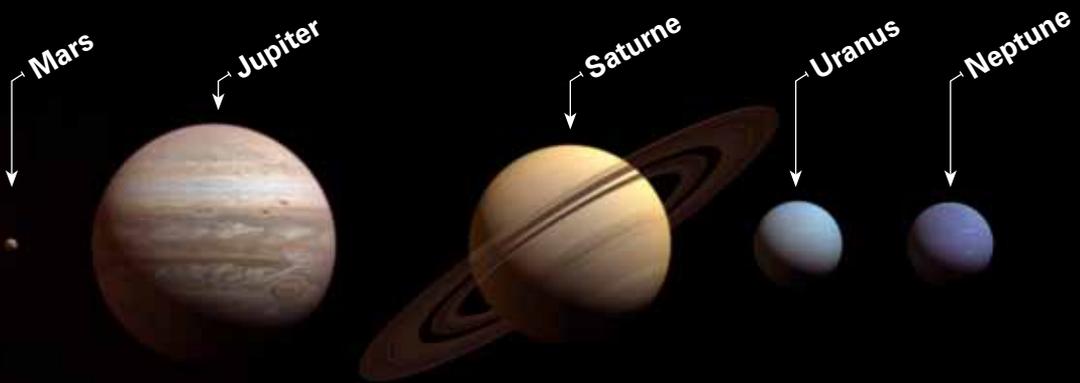
© Martin Kornmesser



Il y a en tout huit planètes : en partant du Soleil, maître incontesté du Système solaire, on rencontre tout d'abord **Mercure**, puis **Vénus**, La **Terre**, **Mars**, **Jupiter**, **Saturne**, **Uranus**, et enfin **Neptune**.

Pour retenir plus facilement l'ordre des planètes, il suffit de mémoriser la phrase « **M**on **V**ieux, **T**u **M**e **J**ettes **S**ur **U**n **N**uage » : la première lettre de chaque mot donne la première lettre de la planète correspondante.

Les planètes se subdivisent en deux types : les planètes **telluriques**, semblables à la Terre (c'est-à-dire des planètes rocheuses) et les planètes **géantes**, gigantesques boules de gaz. Lorsque l'on regarde une photo de famille (*voir Fig. 2.2*), on remarque immédiatement les quatre planètes géantes (Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune) car, comme leur nom l'indique, elles sont bien plus grandes que les autres.



## 2. Le voisinage du Soleil

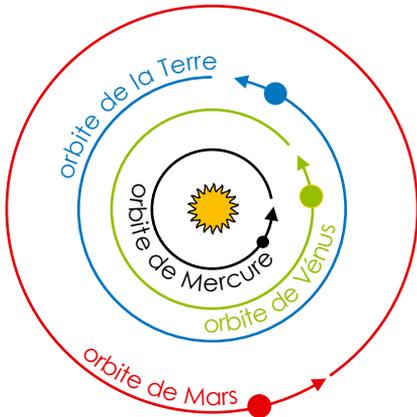


Fig. 2.3 Chaque planète tourne autour du Soleil à son rythme.

Six des huit planètes sont visibles à l'œil nu et sont donc connues depuis la plus haute Antiquité : il s'agit des six planètes les plus proches du Soleil. Depuis la Terre, que nous avons en permanence sous les yeux, nous pouvons ainsi apercevoir dans le ciel Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne comme de petites étoiles brillantes. Les deux dernières planètes ont été découvertes bien plus récemment grâce aux observations des astronomes : l'Anglais William Herschel découvrit Uranus en 1781 ; et l'Allemand Johann Gottfried Galle dénicha Neptune en 1846 sur les indications de Louis Le Verrier.

Le Soleil, notre astre du jour, constitue le cœur du Système solaire. Cette boule de gaz incandescent possède des dimensions gigantesques (diamètre 100 fois plus grand que celui de la Terre) et une température élevée (près de 6000 degrés en surface), ce qui provoque son émission lumineuse.

La table ci-dessous reprend les caractéristiques principales des corps les plus importants du Système solaire. On y trouve le nombre de satellites naturels (des « lunes ») que possède chaque planète, le rayon de l'objet (en kilomètres), sa masse par rapport à celle de la Terre (masse qui vaut quand même 6 millions de milliards de milliards de kilogrammes !), le temps mis par chaque objet pour faire un tour sur lui-même (*jour sidéral, voir Chapitre 1*) par rapport au jour terrestre, le temps mis pour faire un tour autour du Soleil ainsi que sa distance moyenne au Soleil comparée à la distance Terre-Soleil (soit 149,6 millions de kilomètres, ce que l'on appelle également une unité astronomique ou UA).

Astre	Nombre de lunes connues en 2011	Rayon équatorial (en km)	Masse (par rapport à celle de la Terre)	Période de rotation (en jours terrestres)	Période de révolution autour du Soleil	Distance moyenne au Soleil (en UA)
Soleil		695 000	333 000	28 à 30		
Mercure	0	2 440	0,055	58,7	88 j	0,39
Vénus	0	6 052	0,81	243	224,7 j	0,72
Terre	1	6 378	1	1	1 an	1
Mars	2	3 394	0,11	1,03	1,88 an	1,52
Jupiter	65	71 400	318	0,41	11,9 ans	5,2
Saturne	62	60 330	95	0,44	29,5 ans	9,54
Uranus	27	25 559	14,5	0,72	84 ans	19,2
Neptune	13	24 764	17,1	0,67	165 ans	30,1

# A. Portrait de famille

Tous les objets du Système solaire sont différents.

**Mercury** est la planète la plus proche du Soleil, il y fait donc très chaud : plus de 400°C en journée ! Toutefois, dès que le Soleil se couche, la température descend rapidement car Mercury ne possède pratiquement aucune atmosphère pouvant répartir et retenir la chaleur solaire : la nuit, la température approche ainsi les -200°C...

Mercury est donc à la fois brûlante et glacée ! Avec des cratères à profusion, c'est une planète qui ressemble beaucoup à la Lune (*Fig. 2.4*) – elle est d'ailleurs juste un peu plus grande que cette dernière. Mercury possède en outre une relation particulière avec le Soleil : elle tourne trois fois sur elle-même pendant qu'elle exécute deux rotations autour du Soleil. Cette caractéristique étonnante a une conséquence plutôt amusante : sur Mercury, l'intervalle entre deux « midis » est plus long qu'une année mercurienne !

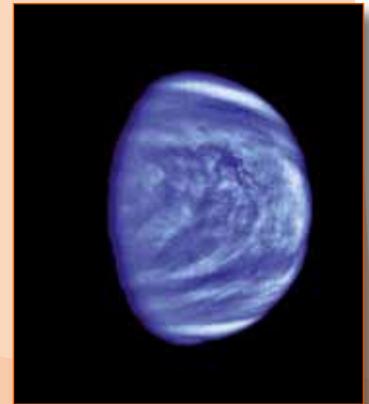
**Vénus** (couramment appelée « l'étoile du Berger ») se cache en permanence sous un pudique voile d'épais nuages (*Fig. 2.5*) : même les meilleurs télescopes ne peuvent rien voir de sa surface ! Dans les années 1980, quelques sondes russes très résistantes ont réussi à s'y poser, et elles nous ont alors révélé les conditions infernales existant à la surface : bien que située plus loin du Soleil que Mercury, Vénus est bien plus chaude... 460°C (jour ET nuit). Ces conditions extrêmes, Vénus les doit à un effet de serre gigantesque, causé par le dioxyde de carbone rejeté par les nombreux volcans de la planète. Mais ce n'est pas tout : la planète subit aussi des pluies... d'acide sulfurique ; et la pression atmosphérique à sa surface atteint cent fois la pression atmosphérique terrestre (soit la pression qu'un sous-marin subirait à mille mètres de profondeur !). Ce n'est vraiment pas une planète accueillante...

Nous connaissons bien la **Terre**, notre planète. Elle possède un **satellite** naturel, la Lune, qui proviendrait d'un morceau de la Terre éjecté suite à une collision. Pour rappel, un satellite est simplement un objet qui tourne autour d'une planète – certaines en sont dépourvues : ainsi, Mercury et Vénus ne possèdent pas de « lunes ».



*Fig. 2.4 Mercury*

© NASA



*Fig. 2.5 Vénus*

© NASA



*Fig. 2.6  
Mars, ses sables rouges,  
ses calottes polaires blanches,  
ses zones foncées  
et ses nuages...*

© HST

Dans le ciel nocturne, **Mars** brille d'un éclat rougeâtre qui fait penser à la couleur du sang. C'est pourquoi la planète reçut le nom du dieu romain de la Guerre. Cette couleur rouge est due à la rouille, un oxyde de fer qui recouvre quasiment toute la surface de Mars (*Fig. 2.6*). Par le passé, des astronomes crurent voir à la surface des canaux (c'est-à-dire des structures artificielles impliquant l'existence de constructeurs... les Martiens). Toutefois, les robots envoyés vers Mars depuis les années 1960 n'ont rien révélé en ce sens. Tout au plus certains gaz de l'atmosphère pourraient être émis par de la Vie sous une forme très simple (des microbes, par exemple). Malgré l'absence probable de réels Martiens, Mars reste une planète très intéressante. Elle possède notamment des volcans géants, dont le plus haut sommet de tout le Système solaire : Olympus Mons, le Mont Olympe, a 25 000 mètres de haut, contre moins de neuf mille pour l'Everest, et il est tellement gigantesque que sur Terre, il occuperait une superficie équivalente à celle de la France ! Les volcans géants martiens ont provoqué l'apparition d'une faille gigantesque, Valles Marineris, dont les falaises atteignent 7 000 mètres de haut ! Aujourd'hui, les astronomes savent que Mars et la Terre se ressemblaient dans un lointain passé. L'eau a en effet coulé sur Mars : on y retrouve de nombreuses vallées asséchées, et il existerait même encore une mer gelée. Mais l'exploration de la planète rouge n'est pas aisée : les Russes ont perdu presque toutes leurs sondes envoyées vers cette planète, et les Américains en ont perdu la moitié !

**Jupiter** est la planète principale de notre Système solaire et c'est pour cela qu'on lui a donné le nom du maître des dieux romains. Dix fois plus grande que la Terre, Jupiter est une planète composée principalement de gaz (surtout de l'hydrogène et de l'hélium). Certains scientifiques pensent que son cœur solide serait un diamant géant. La planète tourne rapidement sur elle-même, en moins de dix heures : les nuages de son atmosphère sont donc étirés en bandes nuageuses parallèles à l'équateur (*Fig. 2.7, gauche*). On peut également voir sur Jupiter de nombreuses structures arrondies, qui révèlent la présence de grands ouragans : le plus grand d'entre eux, la « Grande Tache Rouge », a un diamètre double de celui de la Terre ! Jupiter possède toute une ribambelle de satellites (65 connus en 2011), dont les quatre premiers furent découverts en 1610 par un astronome italien appelé Galilée. Parmi ces lunes, deux objets focalisent particulièrement l'attention : Io et Europe. **Io** est surnommé le satellite-pizza : par ses teintes variées (rouge, jaune, blanc et noir, *cf. Fig. 2.7, milieu*), ce satellite montre en effet une certaine ressemblance avec le plat italien bien connu.

Les couleurs d'Io proviennent de divers composés soufrés. L'intérieur d'Io est malaxé en permanence par les forces de marée dues à Jupiter, ce qui donne naissance à de nombreux volcans très actifs. Au contraire de la volcanique Io, **Europe** est un monde glacé (Fig. 2.7, droite) : ce satellite possède un noyau rocheux, une croûte de glace et très probablement un océan d'eau liquide entre les deux. Dans cet océan pourraient exister certaines formes de vie.



Fig. 2.7  
Jupiter en dernier quartier,  
le soufre d'Io  
et les banquises d'Europe

© Cassini et Galileo

Gigantesque boule de gaz, **Saturne** est très peu dense : si l'on trouvait un océan suffisamment grand pour l'y déposer, la planète flotterait ! Semblable à Jupiter, la planète présente des bandes nuageuses parallèles à l'équateur mais c'est surtout pour ses anneaux qu'elle est célèbre (Fig. 2.8). Cette brillante ceinture est en fait composée de myriades de cailloux recouverts de glace (c'est pour cela qu'ils réfléchissent si bien la lumière du Soleil) : les plus grands rochers sont aussi grands qu'une maison, tandis que les plus petits ont la taille de grains de sable. Cependant, il faut souligner que toutes les planètes géantes possèdent de tels systèmes annulaires autour d'eux mais on ignore encore pourquoi ceux de Saturne sont particulièrement imposants.



Fig. 2.8 Saturne et ses anneaux

© Cassini

**Titan** est le plus gros satellite de Saturne. Cette lune extraordinaire, plus grande que Mercure, possède une atmosphère très épaisse. Comme sur Vénus, cette atmosphère empêche de voir la surface. Toutefois, un robot européen, Huygens, s'est posé sur Titan en janvier 2005 et a révélé de nombreux détails : il existe sur Titan des rivières et des mers – ce n'est pas de l'eau liquide qui y coule car il fait  $-180^{\circ}\text{C}$ , mais bien du méthane (ce que nous appelons le « gaz naturel ») liquéfié ! En outre, Titan montre la trace de nombreux composés organiques, bases de la Vie, de sorte que l'on peut véritablement qualifier ce satellite de Terre primitive mise au frigo. Enfin, à l'instar de celle d'Europe, la surface de Titan pourrait n'être qu'une croûte glacée cachant un océan.



Fig. 2.10 Neptune  
© Voyager 2



Fig. 2.11 Un astéroïde de forme irrégulière appelé Eros  
© NEAR

**Uranus** possède, après Saturne, le plus bel ensemble d'anneaux (ils ont été découverts en 1977) et l'axe de rotation d'Uranus est si incliné que la planète « roule » sur son orbite (Fig. 2.9) !

Au contraire de ceux des autres planètes, les satellites d'Uranus ne portent pas les noms de héros ou de dieux grecs. En hommage au lieu de sa découverte, le Royaume-Uni, on leur a en effet attribué le nom de personnages tirés des pièces de William Shakespeare, célèbre dramaturge anglais : il y a ainsi une lune appelée « Juliette »... mais pas encore de « Roméo ».

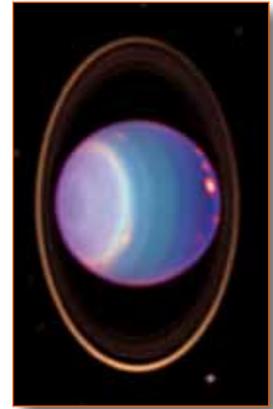


Fig. 2.9 Uranus  
© HST

À cause de sa couleur, **Neptune** est parfois surnommée « l'autre planète bleue » (Fig. 2.10). Cette teinte provient de la présence importante de gaz méthane – le gaz naturel – dans son atmosphère. Cette atmosphère est aussi la plus violente de tout le Système solaire : on y a observé des vents se déplaçant à 2 000 km/h ! Enfin, si Jupiter possède une « grande tache rouge », Neptune arbore une « grande tache sombre », mais celle-ci peut parfois disparaître.

Outre les planètes, d'autres objets, plus petits, tournent aussi autour du Soleil. Ils n'ont pas reçu le nom de planète. Il s'agit des **petits corps du Système solaire**, que l'on peut répartir en deux groupes : les astéroïdes et les comètes.

Les **astéroïdes** ou **planétoïdes** sont de gros rochers qui se présentent sous des formes très diverses : certains sont de simples petits cailloux irréguliers (Fig. 2.11) tandis que d'autres sont des sphères métalliques de plusieurs milliers de kilomètres.

Parmi eux, il en existe même qui possèdent leurs propres lunes ! Ces corps existent un peu partout dans le Système solaire, mais ils se rassemblent toujours en groupes plus ou moins denses – c'est ce qui les différencie des planètes qui ne sont jamais deux sur la même orbite. En fait, il existe deux concentrations particulièrement importantes : la **ceinture d'astéroïdes**, connue depuis 1801, se situe entre Mars et Jupiter, tandis que la **ceinture de Kuiper** est située au-delà de Neptune. En 2006, les astéroïdes les plus gros, ceux qui sont ronds, reçurent le titre de **planète naine** ; il y en a au moins cinq : Cérès, Haumea, Makemake, Éris, et... Pluton.

**Pluton**, découvert en 1930, a longtemps été considéré comme la neuvième planète du Système solaire. Cet objet possède une orbite très inclinée et très allongée : sur les 249 ans terrestres nécessaires à Pluton pour faire un tour autour du Soleil, la planète en passe 20 à l'intérieur de l'orbite neptunienne. Pluton est située si loin que le Soleil y est 1500 fois moins lumineux que sur Terre : il apparaît comme une simple étoile, juste un peu plus brillante que les autres !

Le plus gros satellite de Pluton s'appelle Charon : découvert en 1978, il a un rayon de 656 kilomètres et est donc presque aussi gros que sa planète (Fig. 2.12) ! Les deux objets tournent l'un autour de l'autre en se présentant continuellement la même face et l'on pourrait donc construire, sans véritable problème, un pont de 20 000 km de long entre les deux ! Si Pluton a récemment perdu son statut planétaire, c'est parce que les astronomes découvrent depuis 1992 nombre d'objets situés comme lui au-delà de Neptune... Puisque Pluton n'est pas seul, il ne répondait plus aux critères planétaires. En fait, il est simplement le plus proche des objets de la ceinture de Kuiper.

Longtemps mal perçues (annonciatrices de guerres, d'épidémies, ou de malheurs quelconques) les **comètes** ressemblent à des «boules de neige sale». La majorité d'entre elles provient en fait des confins de notre Système solaire, d'un endroit appelé le **Nuage d'Oort**, qui est une gigantesque structure sphérique marquant la limite de notre Système solaire. De temps à autre, suite à une perturbation quelconque, les comètes plongent vers le Soleil. Leur noyau chauffé se met alors à émettre du gaz et des poussières en grandes quantités, créant ainsi les queues cométaires bleues et jaunes. Ces astres devenus ainsi chevelus (traduction du mot grec *kometes*) nous offrent un des plus beaux spectacles de l'Univers (Fig. 2.13). La matière qu'ils perdent alors peut parfois terminer sa vie en tombant dans notre atmosphère : en y brûlant, ces poussières donnent naissance aux fameuses «**étoiles filantes**».

Il faut noter que la séparation entre astéroïde et comète n'est pas très claire : il existe des comètes inactives ressemblant à des astéroïdes et des astéroïdes «émettant des gaz et de la poussière» comme des comètes.



Fig. 2.12 Pluton et sa plus grosse lune, Charon

© HST

Fig. 2.13 La comète Hale-Bopp

© Ph. Demoulin



### B. L'Univers dans mon jardin

*Fig 2.14 La Lune et Vénus,  
au-dessus d'un télescope  
construit à Liège et  
installé au Chili*  
© ESO/Y. Beletsky

Le Système solaire est si vaste qu'on a beaucoup de peine à l'imaginer. Pour mieux percevoir ses dimensions, nous allons tenter de le représenter **à l'échelle**. La notion d'échelle est en fait très simple : lorsqu'un objet est très petit, on peut le représenter en version agrandie, ou à l'inverse, si un objet est trop grand, on le dessine en réduction pour pouvoir le comprendre avec plus de facilité. L'échelle est en fait un nombre par lequel on multiplie les dimensions d'un objet pour obtenir sa version finale. Par exemple, si je dessine une rivière de 1 000 mètres par un trait d'un centimètre de long, j'ai utilisé une échelle de 1/100 000 (car comme 1 m = 100 cm, 1 000 m = 100 000 cm).



Le Système solaire est tellement grand qu'il faut utiliser une échelle encore plus petite. Par exemple 1/1 000 000 000, c'est-à-dire que l'on divise toutes les dimensions par un milliard. À cette échelle, le Système solaire aurait la taille d'une ville dans laquelle on trouverait au centre un Soleil dont la taille serait celle d'un gros ballon de plage.

Mercury deviendrait un petit pois placé à 58 mètres de là, Vénus et la Terre seraient des billes situées respectivement à 108 et 150 mètres du Soleil, tandis que la Lune, un simple pépin de raisin, se situerait à 38 centimètres de la Terre-bille. Mars ressemblerait à un gros pois installé à 230 mètres du Soleil, Jupiter s'assimilerait à un pamplemousse posé à 0,75 kilomètre du centre-ville, et Saturne, une orange de taille moyenne, se placerait à un kilomètre et demi du Soleil. Quant à Uranus, il s'agirait d'une petite prune située à 2,9 kilomètres du Soleil tandis que Neptune, une grosse noix, se baladerait à 4 kilomètres et demi de notre astre du jour.

Si l'on désire représenter le Système solaire dans la cour d'une école, il faut utiliser une échelle au moins soixante fois plus petite : 1/60 000 000 000. Neptune se balade alors à 75 mètres du Soleil, une distance raisonnable pour un homme, mais la Terre n'a alors qu'un diamètre de deux dixièmes de millimètres, soit presque le diamètre d'une aiguille ! En dessinant ainsi le Système solaire à une échelle choisie, on se rend donc facilement compte que l'espace est principalement rempli de... vide !

Il faut noter que de tels Systèmes solaires à l'échelle existent déjà à divers endroits. Toutefois, ils utilisent généralement des échelles différentes pour les tailles et les distances. En Belgique, le Système solaire des bois de l'Université de Liège au Sart Tilman<sup>3</sup> fait figure d'exception : il repose sur une échelle de 1/60 000 000 000 pour les tailles ET pour les distances.

## RÉCAPITULATIF

### Le Système solaire comprend :

<i>le Soleil</i>	<i>la seule source de lumière du Système solaire</i>
<i>8 planètes</i>	<i>les géantes : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune</i>
	<i>les telluriques : Mercure, Vénus, la Terre, Mars</i>
<i>au moins 5 planètes naines</i>	<i>Cérès, Haumea, Makemake, Éris, Pluton</i>
<i>des milliers de petits corps</i>	<i>les astéroïdes : Éros, Ida, Wallonia, etc.</i>
	<i>les comètes : la comète de Halley, la comète Hale-Bopp, etc.</i>

<sup>3</sup> Plus d'informations sur [www.ulg.ac.be/sciences/pistep.htm](http://www.ulg.ac.be/sciences/pistep.htm)



*Fig 3.1 L'Univers ne se limite pas au Système solaire. Voici un ensemble de jeunes étoiles situées à 2 700 années-lumière de notre planète. Elles chauffent le gaz environnant, qui se met lui aussi à briller.*

© ESO/J. Emerson/VISTA



3

Plus loin,  
Les étoiles

### 3. Plus loin, Les étoiles

Lorsque le Soleil se couche, nous pouvons voir, s'il n'y a pas de nuages, un ciel noir constellé de petits points brillants : **les étoiles**. Ces astres sont simplement d'autres soleils, qui brillent faiblement car ils sont situés très loin de nous.

Comme notre astre du jour, les étoiles émettent leur propre lumière, et possèdent pour la plupart tout un cortège de planètes. Une personne habitant la ville ne peut malheureusement observer qu'une petite dizaine d'étoiles car les lumières des lampadaires l'éblouissent (on parle de « pollution lumineuse »). Par contre, en pleine campagne ou au sommet de montagnes, on peut percevoir à l'œil nu des milliers d'étoiles. Il en existe encore bien plus en réalité : notre Galaxie (voir plus loin) comporte 200 milliards d'étoiles, et il existe des milliards de galaxies comme la nôtre !

Pour comprendre l'énorme distance qui nous sépare des étoiles, supposons qu'il existe une gigantesque autoroute céleste reliant le Soleil aux planètes et aux étoiles. Sur cette autoroute, la vitesse est limitée à 100 km/h. La distance que la voiture parcourt sur l'autoroute céleste en un an peut être appelée « année-voiture ». Connaissant les distances qui séparent le Soleil des planètes (voir Chapitre 2), nous pouvons alors calculer qu'il faut par exemple 171 ans à cette voiture pour, partant du Soleil, parvenir à la Terre en utilisant cette autoroute sans s'arrêter (voir Table page 75 pour les autres planètes).

L'étoile la plus proche du Soleil est Proxima du Centaure : elle se situe 267 505 fois plus loin du Soleil que la Terre et il faudrait 46 millions d'années à la voiture pour la rejoindre ! Les étoiles sont donc vraiment très loin de nous. En réalité, les astronomes n'utilisent pas les années-voiture, mais se servent d'une unité similaire : **l'année-lumière**. Une année-lumière est la distance parcourue en un an par la lumière, qui voyage à la vitesse incroyable (et infranchissable, selon les physiciens) de 299 792,458 km/s ! Connaissant cela, on peut déterminer les distances aux planètes et à Proxima en années-lumière, comme les astronomes, plutôt qu'en années-voiture (voir page 75).

Toutes les étoiles ne sont pas identiques. En regardant le ciel, certaines d'entre elles nous paraissent brillantes tandis que d'autres sont moins lumineuses. Cela peut être expliqué de deux manières. Tout d'abord, les étoiles peuvent être plus brillantes simplement parce qu'elles sont situées plus près de nous, tout comme un lampadaire proche nous paraît plus lumineux qu'un éloigné. Cependant, certaines étoiles sont véritablement plus brillantes que les autres, tout comme un phare est plus brillant qu'une bougie.

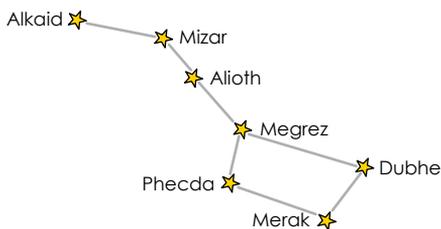


D'autre part, on peut aussi repérer dans le ciel des étoiles de différentes couleurs. Ces couleurs distinctes marquent une différence de température : au contraire de la convention adoptée pour les robinets d'eau chaude et d'eau froide, les étoiles bleues sont les plus chaudes (plus de 10 000°C en surface) et les étoiles rouges les plus froides (environ 3 000°C en surface). Les étoiles jaunes comme le Soleil affichent une température intermédiaire, soit environ 6 000°C en surface. Parmi la population stellaire, notre Soleil n'est en fait qu'une étoile très moyenne.

## A. Des dessins dans le ciel

Les étoiles se disposent presque au hasard dans le ciel, mais les êtres humains ont imaginé que certaines formaient des groupes. Ainsi sont nées nos **constellations**, des dessins imaginaires tracés sur le ciel en utilisant des étoiles généralement sans lien entre elles (Fig. 3.2). La plupart de nos constellations nous viennent des Grecs : l'astronome Ptolémée répertoria ainsi 48 constellations grecques il y a environ deux mille ans. Bien plus tard, au XVII<sup>ème</sup> Siècle, les Européens définirent des constellations supplémentaires pour l'hémisphère Sud : leurs noms sont moins poétiques, et rappellent les grandes inventions de l'époque, comme le microscope, le télescope ou encore la machine pneumatique ! En 1922, les astronomes du monde entier se mirent d'accord sur une liste définitive de 88 constellations qui sont encore utilisées aujourd'hui. Toutefois, il faut noter que ces constellations ne sont pas les seules qui ont existé : d'autres peuples, comme les Chinois, les Incas ou les Aborigènes, avaient eux aussi élaboré un système de constellations, totalement différent du nôtre, mais les Occidentaux ont préféré garder le leur. Notons que la plupart des noms d'étoiles nous viennent, eux, des astronomes arabes du Moyen-Âge.

*Fig. 3.2 En réalité, les étoiles de la Grande Ourse ne forment une casserole ou un chariot que vues depuis notre Système solaire ; en outre, elles ne sont pas toutes situées à la même distance (Dubhe et Alkaid sont plus éloignées que les autres qui forment un groupe lâche appelé Cr 285).*



La Grande Ourse, comme nous la voyons depuis la Terre



Les distances relatives entre les étoiles de la Grande Ourse, ou la Grande Ourse vue de profil

## B. La ronde céleste

Au fil des heures de la nuit, les étoiles ne restent pas fixes. En réalité, ce ne sont pas les étoiles qui bougent : leur mouvement n'est qu'apparent et est provoqué par la rotation de la Terre sur elle-même. Il faut 23 heures et 56 minutes pour retrouver une étoile à la même position dans le ciel : c'est ce que l'on appelle le **jour sidéral** (voir Chapitre 1 et Fig. 1.5). Comme le Soleil, les étoiles se lèvent côté Est, culminent au Sud et se couchent côté Ouest. Toutefois, il existe certaines étoiles qui ne se couchent jamais sous nos latitudes : elles font partie des constellations **circumpolaires** et se trouvent du côté Nord.

Parmi elles, on peut noter la Grande Ourse, dont les sept étoiles principales forment une casserole ou un chariot facilement repérable (Figs. 3.2 et 3.5), même en ville. Il y a également Cassiopée, une constellation en forme de «W» (voir Fig. 3.3).

En observant attentivement ces constellations, on remarque rapidement qu'elles tournent autour d'une étoile particulière (voir Fig. 3.4) : cette étoile a reçu le nom d'**étoile polaire**. Son apparente immobilité est due au fait qu'elle se trouve pour le moment dans la direction de l'axe de rotation de la Terre : elle indique donc le Nord à tout moment (voir Exp. 3.1).

L'étoile polaire se repère facilement en utilisant le bord de la constellation de la Grande Ourse (voir Fig. 3.5). Mise à part sa position privilégiée, cette étoile n'a rien de particulier : elle n'est pas plus brillante, plus grosse ou plus jolie qu'une autre.

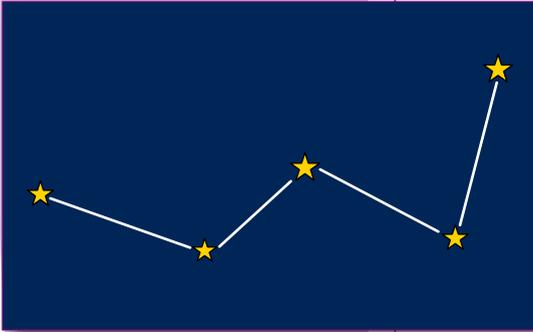


Fig. 3.3 La constellation de Cassiopée a une forme de W.

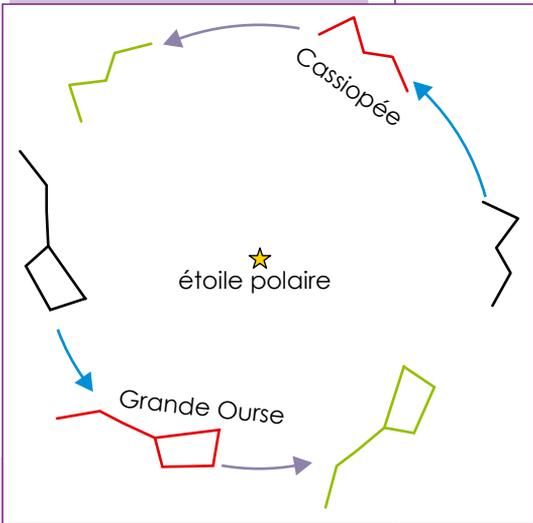


Fig. 3.4 Le mouvement de Cassiopée et de la Grande Ourse au cours de la nuit.

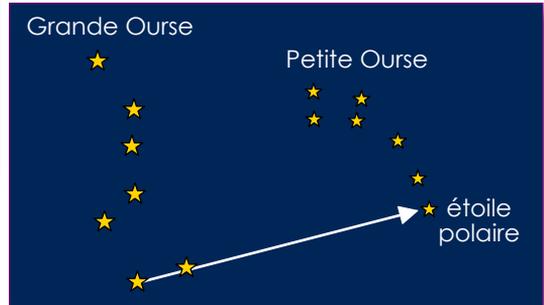
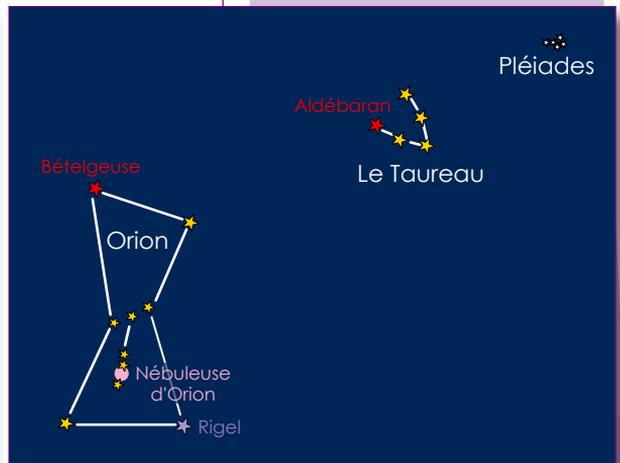
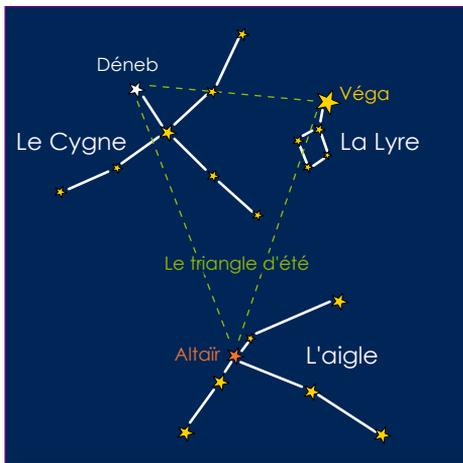


Fig. 3.5 Pour trouver l'étoile polaire, il suffit de prolonger le bord de la «casserole» Grande Ourse.

Au cours de l'année, différentes constellations apparaissent dans le ciel situé du côté Sud. En été, on peut voir dans le ciel la constellation du Cygne, de la Lyre et de l'Aigle (voir Fig. 3.6). Chacune comporte une étoile brillante (Déneb pour le Cygne, Véga pour la Lyre et Altair pour l'Aigle) : ces trois étoiles forment un grand triangle dans le ciel d'été (Fig. 3.6, gauche).

L'hiver, c'est la constellation d'Orion qui domine le ciel. Orion était un chasseur dans la mythologie grecque et les étoiles principales de cette constellation semblent donc former un corps : les deux étoiles du haut sont les épaules du chasseur, les étoiles du bas ses genoux et les trois étoiles alignées au centre sa ceinture (Fig. 3.6, droite). En regardant bien, une épée semble pendre à cette ceinture. Le bas de l'épée, observé aux jumelles, est un peu flou. Il s'agit d'une **nébuleuse**, un nuage de gaz céleste. La Nébuleuse d'Orion est une véritable pouponnière : des milliers d'étoiles sont en train de s'y former. Un peu au-dessus d'Orion, se trouve un triangle d'étoiles : c'est la tête de la constellation du Taureau. Plus haut encore se devine un groupe serré composé d'étoiles très peu lumineuses : il s'agit des Pléiades. Celles-ci forment **un amas d'étoiles**, c'est-à-dire un ensemble d'étoiles proches et toutes nées en même temps (des jumeaux célestes, en quelque sorte).

Fig. 3.6  
Gauche : le Triangle d'été.  
Droite : Orion, le Taureau et  
les Pléiades



## Matériel :

- Un parapluie
- Des confettis

# 3.1 > Le mouvement des étoiles

## EXPÉRIENCE

Coller les confettis sur la toile intérieure du parapluie de manière à recréer une voûte céleste constellée d'étoiles. Ouvrir le parapluie et le faire tourner (dans le sens inverse à celui des aiguilles d'une montre) juste au-dessus de sa tête.

## OBSERVATIONS

Tous les confettis tournent avec le parapluie, mais l'endroit où la toile touche le bâton central reste apparemment fixe : c'est dans cette direction que se trouve l'étoile polaire.

## CONCLUSION

L'étoile polaire semble fixe simplement parce qu'elle se trouve dans la direction de l'axe de rotation de la Terre.



Fig. 3.7 Exemple de réalisation d'expérience

© Embarcadère du Savoir

## NOTE

Dans cette expérience, on tourne le parapluie pour éviter à l'expérimentateur d'avoir le tournis. Cependant, dans la réalité, c'est la Terre qui tourne et donc l'expérimentateur, alors que le ciel-parapluie est fixe (pour faire cette expérience, il faut une personne supplémentaire tenant le parapluie pendant que l'expérimentateur tourne sur lui-même, Fig. 3.7).



Fig. 3.8 Le mouvement apparent des étoiles de la voûte céleste

© ESO/G. Lombardi

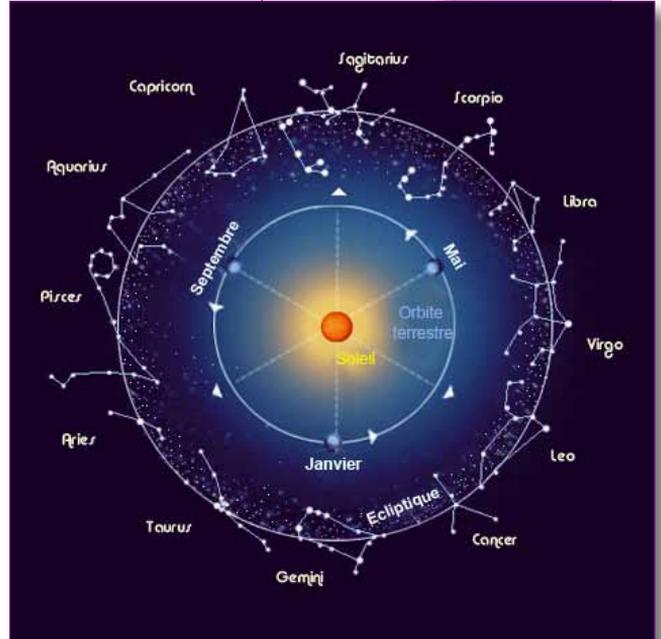
## C. Le chemin du Soleil

Pendant le jour, la lumière du Soleil nous éblouit et son interaction avec l'atmosphère rend le ciel bleu (Exp. 3.2) : les étoiles restent cachées et ne peuvent donc être observées que pendant la nuit. Si l'on pouvait voir les étoiles le jour, on remarquerait que le Soleil se déplace parmi les constellations. Ce mouvement apparent est dû à la révolution de la Terre autour de notre astre du jour (voir Fig. 3.9 et voir Exp. 3.3). Le chemin que parcourt le Soleil à travers le ciel au fil de l'année s'appelle **l'écliptique**, et les constellations que traverse le Soleil ont reçu un nom particulier : **le zodiaque**.

Il y a treize constellations du zodiaque : le Bélier, le Taureau, les Gémeaux, le Cancer, le Lion, la Vierge, la Balance, le Scorpion, Ophiuchus (une partie de l'ancienne constellation du Serpentaire), le Sagittaire, le Capricorne, le Verseau et les Poissons.

Leur longueur sur l'écliptique est très inégale : ainsi, le Soleil passe seulement 7 jours dans la constellation du Scorpion contre 45 jours dans la constellation de la Vierge. Attention, il ne faut pas confondre **astronomie**, la science qui tente de comprendre les objets de notre Univers, et **astrologie**, la croyance selon laquelle l'avenir des gens dépend de la position des étoiles et des planètes dans le ciel.

L'astrologie utilise douze « signes du zodiaque » de longueur égale qui correspondent plus ou moins aux constellations du même nom à la position qu'elles occupaient il y a quelques milliers d'années : aujourd'hui, on mesure un décalage d'environ un signe entre le « signe officiel » et la position du Soleil dans les constellations réelles. Ainsi, quelqu'un né le premier juin, alors que le Soleil se trouvait dans la constellation du Taureau, se voit attribué le signe astrologique des Gémeaux.



*Fig 3.9 Au cours de l'année, le Soleil vu depuis la Terre semble se déplacer parmi les constellations du zodiaque (cf. Exp. 3.3) - les douze les plus importantes sont ici représentées.*

## 3.2 > La couleur du ciel

### EXPÉRIENCE

Verser l'eau et quelques gouttes de lait dans l'aquarium. Dans cette expérience, la lampe figure le Soleil et le mélange eau + lait l'atmosphère terrestre.

### OBSERVATIONS

Placer la lampe allumée derrière un des côtés de l'aquarium et regarder la lampe depuis le côté opposé : la lampe paraît rougeâtre. Si l'on regarde plutôt les autres côtés de l'aquarium, une faible lueur bleutée apparaît. La lumière bleue de la lampe a été dispersée par le mélange dans toutes les directions, mais la lumière rouge a pu passer sans être déviée (voir Fig. 3.10).

### CONCLUSION

Le ciel nous apparaît bleu car l'atmosphère disperse principalement la lumière bleue du Soleil et lorsque l'on regarde dans une autre direction que celle du Soleil, on voit uniquement cette lumière dispersée.

### Matériel :

- Un local sombre
- Un aquarium rectangulaire
- De l'eau
- Du lait
- Une lampe de bureau



Fig. 3.10 L'atmosphère disperse la plupart des rayons bleus dans n'importe quelle direction : lorsque l'on regarde dans une direction quelconque du ciel, on voit donc cette lumière bleue dispersée. Par contre, les autres rayons traversent l'atmosphère en ligne droite : on ne les voit donc que dans la direction du Soleil. Lorsque le Soleil est bas sur l'horizon (c'est-à-dire lors de son lever ou de son coucher, figure de droite), la couche d'atmosphère à traverser est plus importante et toute la lumière bleue est dispersée : le Soleil apparaît alors rouge.

### NOTE

Sur Mercure ou la Lune, objets qui ne possèdent pas d'atmosphère, le ciel est noir et on peut voir les étoiles en plein jour sans problème!

## 3.3 > Les constellations au fil de l'année

### Matériel :

*Un ensemble d'objets ou de personnes (des fruits, des enfants,...).*

### EXPÉRIENCE

Avec tous les objets sauf un, former un cercle régulier : ils joueront le rôle des constellations du zodiaque. Placer le dernier objet au centre du cercle : il jouera le rôle du Soleil. Tourner autour du Soleil sans oublier que lorsque le Soleil est visible dans le ciel, sa lumière aveuglante empêche de voir les constellations, et que si on lui tourne le dos, ce sont la nuit et les étoiles apparaissent alors.

### OBSERVATIONS

À un moment donné de l'année, la lumière du Soleil cache une partie des constellations pendant le jour et nous permet de voir la nuit le reste des constellations. Six mois plus tard (soit un demi-tour plus loin), la situation est inversée : les constellations qui étaient visibles la nuit sont maintenant cachées par la lumière solaire et les constellations cachées deviennent visibles. L'aspect du ciel change donc au cours du temps (voir Fig. 3.11).

### CONCLUSION

Les constellations visibles dans le ciel non loin de l'écliptique dépendent de la saison. Le Soleil semble traverser diverses constellations au fil de l'année.

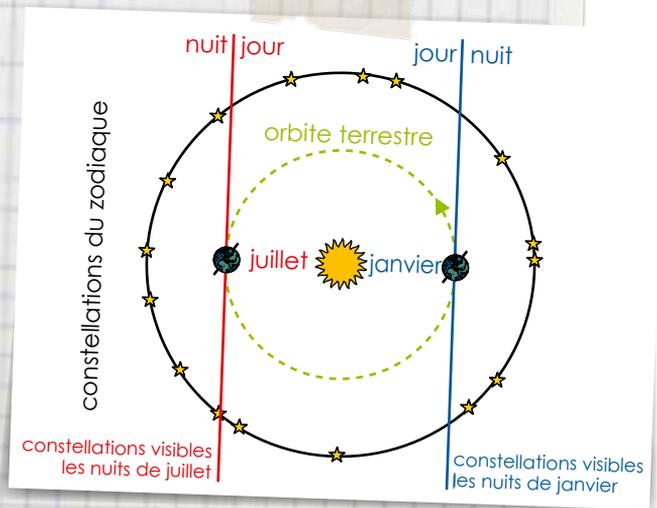


Fig. 3.11 On ne voit pas toute l'année les mêmes constellations du zodiaque car le Soleil nous en cache certaines.

### 3. Plus loin, Les étoiles

## D. Mais encore...

La hauteur de l'étoile polaire sur l'horizon, en degrés, donne la latitude du lieu où l'on se trouve (voir Fig. 3.12) : cette étoile a donc été une grande alliée des marins puisqu'elle leur permettait de trouver leur position sur Terre. Une conséquence logique est que l'aspect du ciel change selon l'endroit où l'on se trouve (voir Fig. 3.13). Au pôle Nord, l'étoile polaire se trouve juste au-dessus de notre tête (un point que l'on appelle le zénith), et toutes les constellations du ciel sont circumpolaires : le ciel au pôle ne change jamais ! À l'équateur, par contre, l'étoile polaire se trouve sur l'horizon et toutes les étoiles se lèvent puis se couchent : il n'y a plus aucune constellation circumpolaire, le ciel est continuellement changeant !

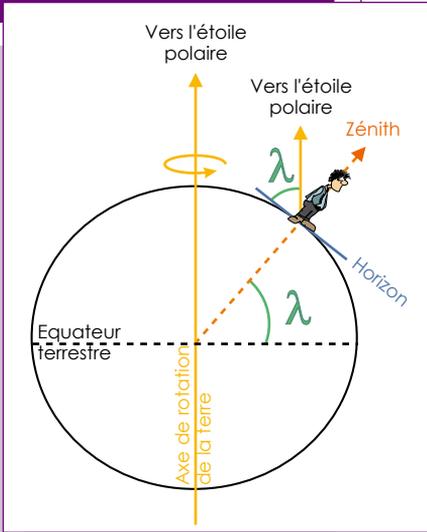


Fig. 3.12 La hauteur de l'étoile polaire par rapport à l'horizon vaut la latitude géographique  $\lambda$ , soit la hauteur du lieu par rapport à l'équateur.

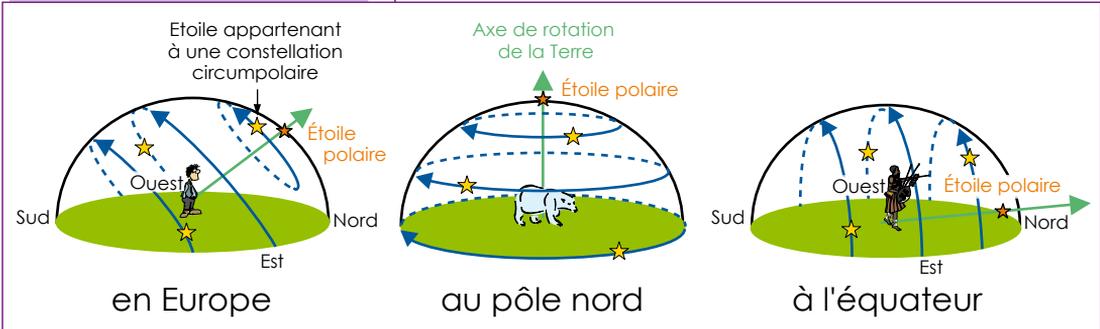


Fig. 3.13 Le mouvement des étoiles dans le ciel diffère selon l'endroit où l'on se trouve sur Terre.

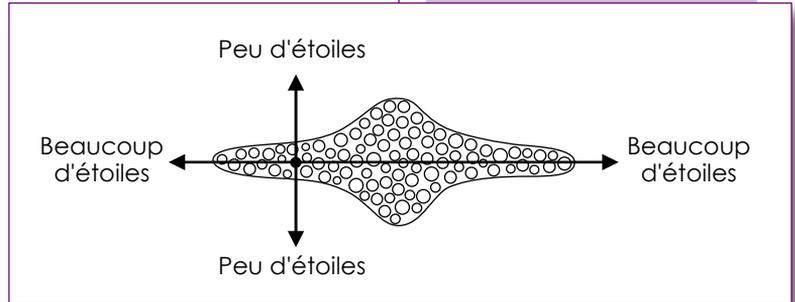
La carte du ciel mobile (voir Exp. 3.4) montre les constellations visibles depuis l'Europe à n'importe quel moment de l'année. Toutefois, il existe d'autres choses visibles dans le ciel qui ne sont pas reprises sur la carte. Tout d'abord, les phénomènes éphémères comme les étoiles filantes ou les comètes (voir Chapitre 2) ; ensuite les planètes : en effet, celles-ci tournant autour du Soleil chacune à son rythme, différent de celui de la Terre, elles semblent elles aussi se déplacer parmi les constellations. C'est d'ailleurs ce mouvement par rapport aux étoiles qui leur a valu leur nom : « planète » veut en effet dire « étoile qui se déplace » en grec. Comme la plupart des objets du Système solaire orbitent dans un même plan, ils ne s'éloignent jamais loin de l'écliptique, vu depuis la Terre.

### 3. Plus loin, Les étoiles

Si le ciel est dégagé, on peut voir une bande brillante traverser le ciel, surtout en été : c'est la **Voie Lactée**. Il s'agit de la trace de notre Galaxie, qui porte également le nom de Voie Lactée.

En fait, les étoiles ne restent jamais seules, et vivent dans de grands ensembles appelés **galaxies**. Notre Galaxie est plutôt plate, ce qui fait que l'on observe plus d'étoiles dans une certaine direction, ce qui produit une zone brillante (*voir Fig. 3.14 et 3.15*) : la Voie Lactée.

*Fig. 3.14 La Voie Lactée n'est qu'un amoncellement d'étoiles dû à la forme plate de notre Galaxie.*



*Fig 3.15 Voie Lactée au-dessus de l'observatoire européen de Cerro Paranal*

© ESO/H.H. Heyer

## 3.4 > Construction d'une carte céleste mobile

### BRICOLAGE

Découper les zones limitées par des traits pointillés. Placer l'attache parisienne au centre de la carte du ciel (étoile polaire) et attacher cet ensemble à la face arrière (à l'endroit indiqué) en repliant l'attache parisienne (Fig. 3.16). Coller à l'aide du papier collant la face avant sur la face arrière, sur les côtés uniquement (la partie du milieu doit pouvoir tourner sans problème, Fig. 3.17).

### Matériel :

- Une paire de ciseaux
- Une attache parisienne
- Du papier collant
- Une photocopie sur papier épais des trois pages suivantes

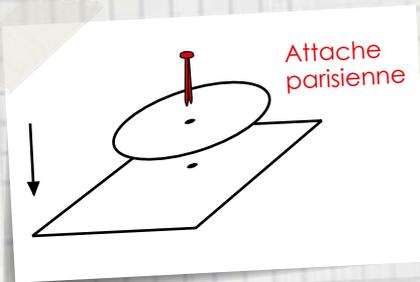


Fig. 3.16 Attacher la carte à la face arrière avec l'attache parisienne

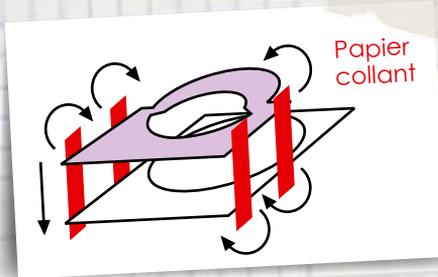


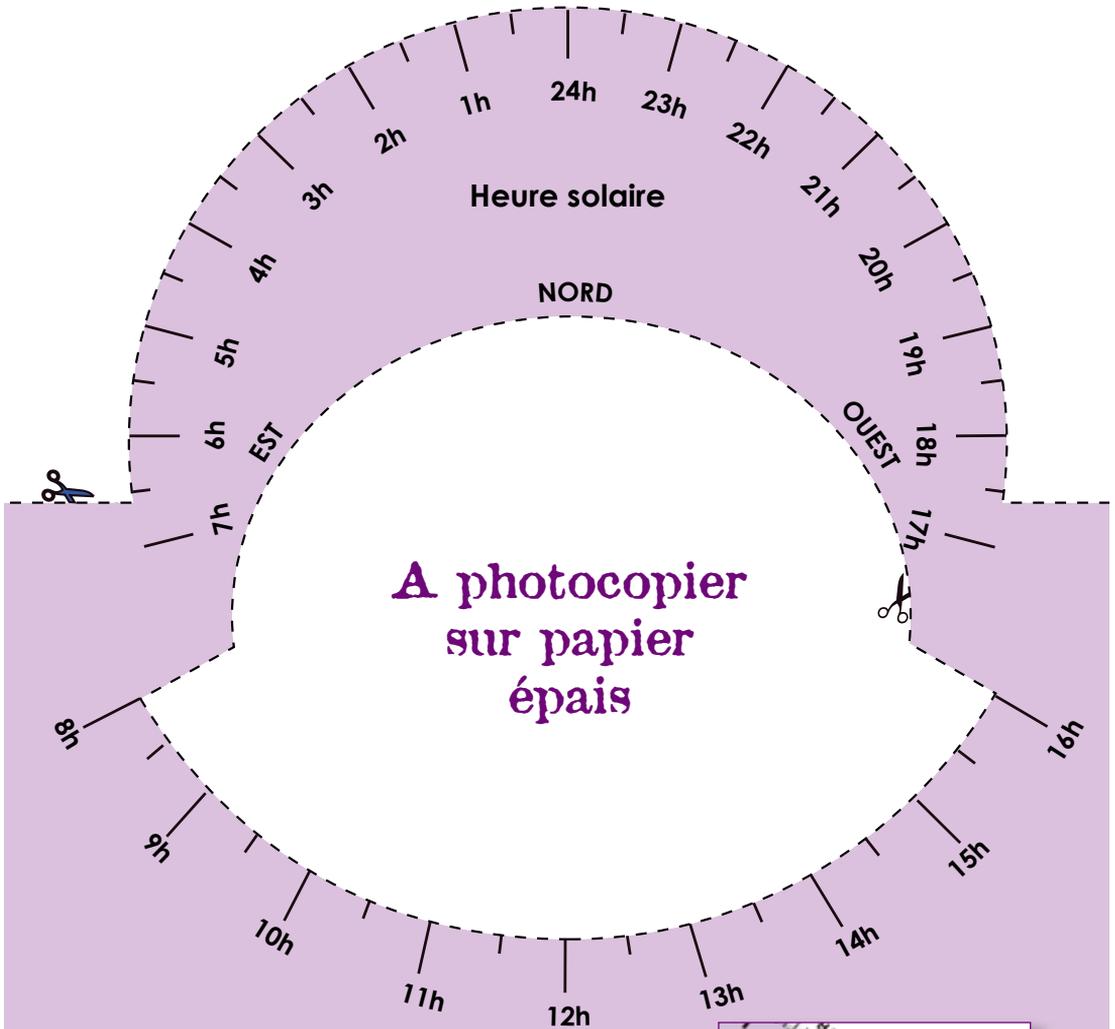
Fig. 3.17 Coller les bords de la partie du dessus aux bords de la partie du dessous

### UTILISATION

Pour voir l'apparence du ciel à un moment donné, il faut tout d'abord calculer l'heure solaire, qui est l'heure de la montre à laquelle on a retiré une heure en hiver et deux en été. Tourner ensuite la carte jusqu'à ce que le jour choisi apparaisse en face de l'heure solaire.

### EXERCICES POSSIBLES AVEC LA CARTE DU CIEL

- Choisir un jour donné et regarder comment les étoiles se déplacent au cours de la nuit : une étoile reste fixe, c'est la polaire.
- Vérifier comment trouver l'étoile polaire en utilisant la Grande Ourse.
- Regarder l'apparence du ciel à minuit (heure solaire) le premier décembre, le premier mars, le premier juin et le premier septembre : côté Nord, les constellations sont circumpolaires et sont visibles tout le temps tandis qu'au Sud, les constellations changent au fil du temps.
- Essayer de retrouver les constellations dans le ciel nocturne.
- Inventer ses propres constellations.

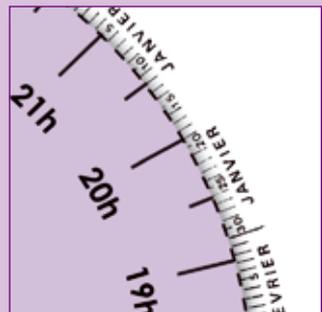


**Pour calculer l'heure solaire :**

- en été, enlève 2 heures à l'heure de ta montre
- en hiver, enlève 1 heure à l'heure de ta montre

Pour obtenir ensuite la carte du ciel pour un jour donné, aligne la date et l'heure solaire.

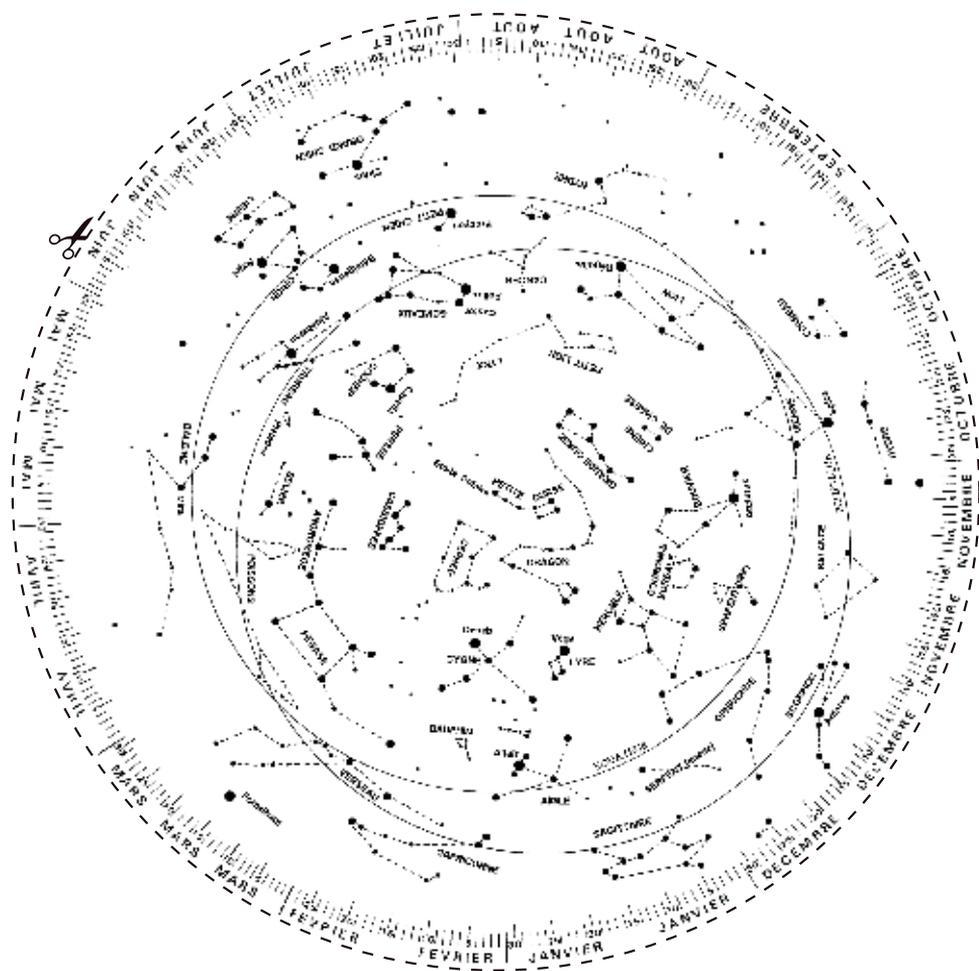
Exemple : le 18 janvier à 20h (heure de ta montre)



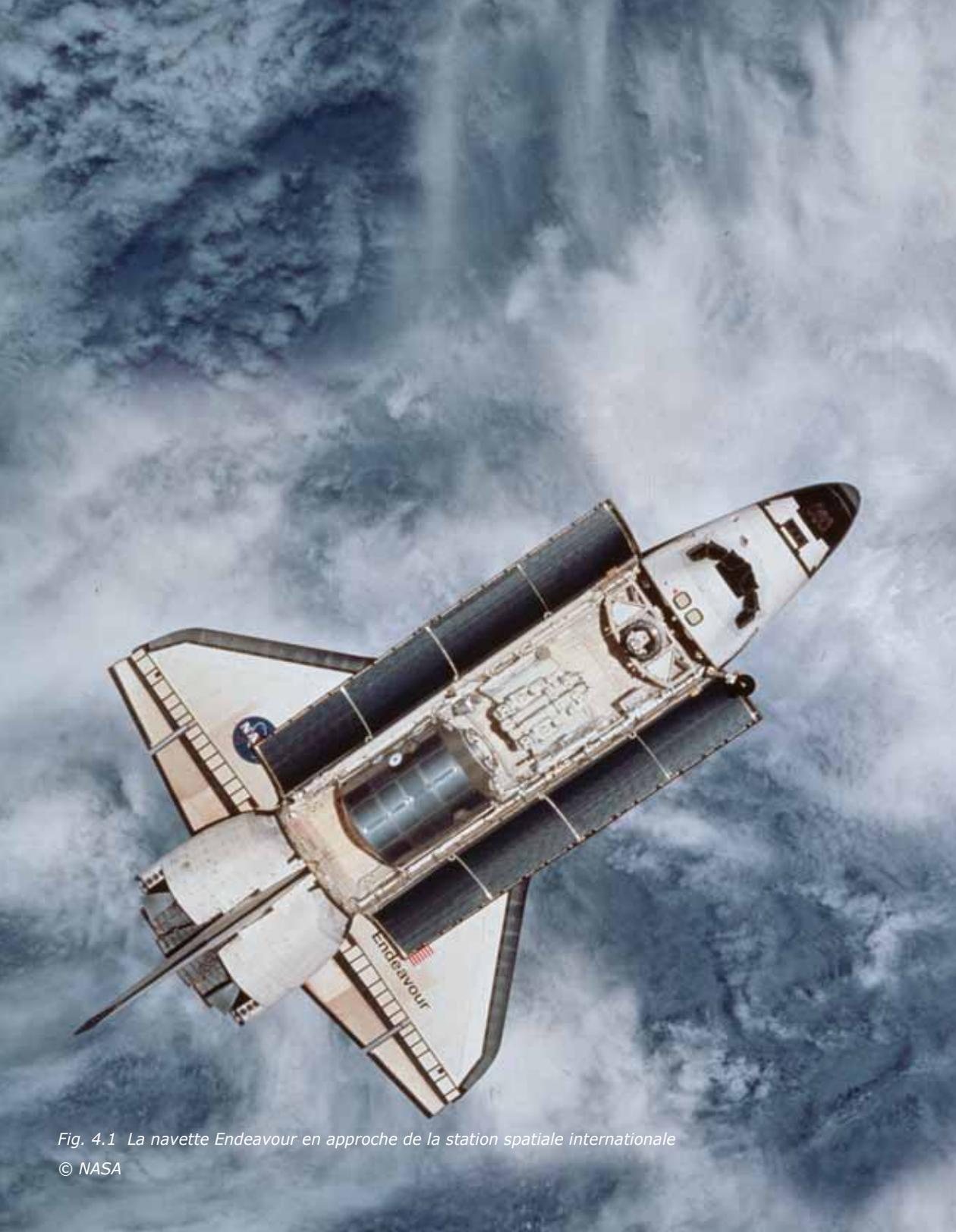


A cet endroit,  
fixe le centre de la carte du ciel (étoile polaire)  
avec une attache parisienne

**A photocopier  
sur papier épais**



**A photocopier  
sur papier épais**



*Fig. 4.1 La navette Endeavour en approche de la station spatiale internationale*

© NASA



# 4. Voyager dans l'espace

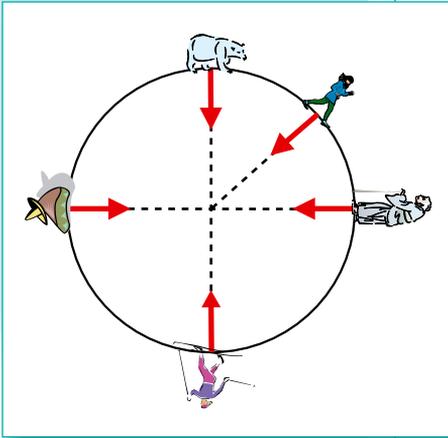


Fig. 4.2 La masse de la Terre nous attire et nous colle au sol.

Bien qu'heureux de vivre sur Terre, les êtres humains ont toujours voulu s'en échapper. Cependant, cela n'est pas facile car la masse énorme de la Terre exerce une force d'attraction (baptisée la **pesanteur**, ou **force de gravité**) qui nous retient à la surface de notre planète. Quel que soit l'endroit où l'on se trouve, cette force est dirigée vers le centre de la Terre (voir Fig. 4.2). Il existe toutefois des moyens d'échapper à cette attraction, en partie (avions, satellites, etc.) ou totalement (sondes interplanétaires).

Lorsqu'on lâche un objet, il tombe simplement à nos pieds, attiré par la Terre. Lorsque le même objet est lancé horizontalement, il ne reste pas en l'air longtemps mais il arrive à toucher le sol un peu plus loin : il décrit une trajectoire courbe appelée parabole avant de retomber. Plus le lancer est fort, plus l'objet atterrit loin de son point de départ (voir Fig. 4.3). Toutefois, il ne faut pas oublier que la Terre est ronde : si l'objet est lancé suffisamment fort, le sol finit par se dérober sous lui. L'objet se met alors à tomber indéfiniment, sa trajectoire devenant semblable à un cercle centré sur la Terre : l'objet s'est **satellisé** !

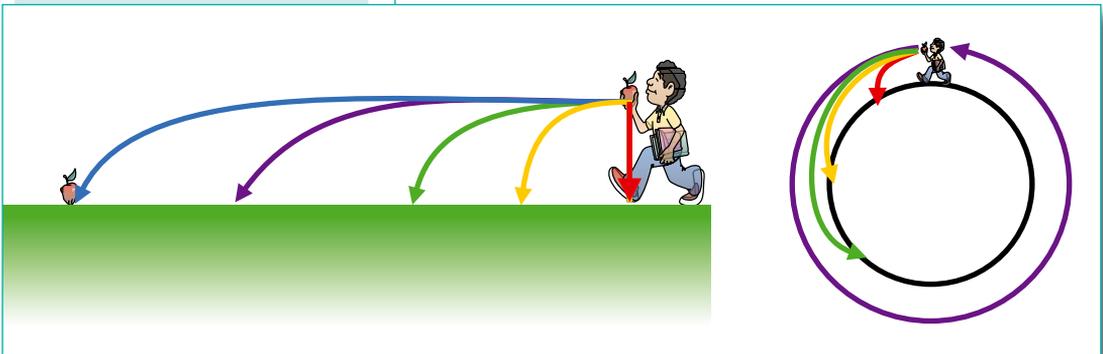


Fig. 4.3 La satellisation : plus on lance fort un objet, plus il retombe loin ; en le lançant vraiment très fort, il se satellise.

La vitesse minimale nécessaire pour satelliser un objet vaut 8 km/s, soit près de 30 000 km/h ! Même si cette vitesse paraît très grande, on arrive aujourd'hui facilement à l'atteindre grâce à nos fusées, comme par exemple le puissant lanceur européen Ariane. Ainsi, bien qu'il n'existe qu'un seul satellite naturel à la Terre, la Lune, l'être humain a envoyé des milliers de robots en orbite autour de la Terre : ces satellites artificiels sont utilisés pour transmettre les communications, pour diffuser la télévision, pour prendre des photos de nuages (ce qui permet de prédire la météo), ou encore pour espionner les voisins.

Souvent, ces satellites sont freinés petit à petit par le peu d'air qui existe encore à cette altitude : ils finissent par retomber vers la Terre et ils se désintègrent alors dans l'atmosphère.

Tous les robots construits par l'être humain ne restent pas dans la banlieue terrestre. De nombreuses sondes interplanétaires sont allées bien plus loin visiter les objets de notre Système solaire. Pour quitter ainsi la Terre, il faut vaincre totalement la pesanteur. Pour ce faire, il faut aller très vite et atteindre une certaine vitesse, baptisée très justement la **vitesse de libération** : à la surface de la Terre, elle vaut 11 km/s (soit plus de 40 000 km/h !). Cette vitesse de libération dépend, tout comme la force de gravité, de la masse et du rayon de l'astre considéré : il est évidemment plus difficile de s'échapper d'un objet très massif, comme le Soleil, que d'un petit caillou, comme un astéroïde. La vitesse de libération vaut ainsi environ 60 km/s à la surface de Jupiter et plus de 600 km/s à la surface du Soleil... mais seulement 2,4 km/s à la surface de la Lune. Sur le petit astéroïde Éros, il suffit même de sauter « en l'air » pour être libéré à jamais de l'attraction gravifique !

Il faut noter que la plupart des sondes exploratrices ne reviennent jamais. Elles continuent leur voyage dans l'espace, et certaines sont même en train de quitter notre Système solaire : ainsi, la sonde Voyager 1 (Fig. 4.4), lancée en 1977, se trouve aujourd'hui à dix-huit milliards de kilomètres de la Terre, aux frontières du royaume solaire et elle continue de s'éloigner de la Terre en ce moment même.

Une fois loin de l'atmosphère terrestre, les engins spatiaux ne sont plus freinés par l'air : ils continuent donc simplement leur trajectoire initiale. Toutefois, les sondes doivent parfois modifier ce trajet initial pour accomplir leur mission. Elles utilisent alors de petites fusées, modèles réduits de celles qui les ont lancées dans l'espace. On croit souvent, à tort, que les fusées décollent en « poussant » sur le sol ou l'air, et que cela ne peut donc fonctionner dans l'espace. En réalité, toutes les fusées fonctionnent sur un principe découvert par le savant anglais Isaac Newton : **à toute action correspond une réaction égale**. Pour se propulser (voir Exp. 4.1), les fusées éjectent vers l'arrière de la matière à grande vitesse et en grande quantité (c'est l'action) et, la sonde maintenant un peu plus légère, subit alors une accélération dans le sens opposé (c'est la réaction).



Fig. 4.4 La sonde Voyager 1 se trouve en ce moment aux frontières de notre Système solaire.

© NASA



Fig. 4.5 Le premier satellite : Spoutnik-1

© NASA

Pour obtenir un changement appréciable, il faut éjecter beaucoup de matière : la sonde Cassini emportait ainsi avec elle environ trois tonnes de carburant pour effectuer des manœuvres dans l'espace !

La conquête de l'espace a commencé il y a moins de soixante ans. Les Russes en furent les pionniers : le 4 octobre 1957, ils plaçaient pour la première fois un satellite en orbite. Ce satellite s'appelait le Spoutnik-1 (*Spoutnik* veut dire « compagnon de voyage » en russe), pesait 84 kg et n'avait que 58 centimètres de diamètre (Fig. 4.5). Moins d'un mois après, ils réussirent à mettre un être vivant en orbite, une chienne baptisée Laïka. Au début des années 1960, les Russes continuèrent à innover : ils envoyèrent le premier homme dans l'espace, Youri Gagarine, le 12 avril 1961 et la première femme, Valentina Terechkova, le 16 juin 1963. Signalons que Gagarine dépassa l'altitude de 300 kilomètres, mais qu'il resta moins de deux heures en vol. Un autre Russe, Alexis Leonov, fut le premier à se balader dans l'espace en dehors de sa capsule, le 18 mars 1965.

Dans les années 1970, les Russes changèrent de politique spatiale, et se focalisèrent plutôt sur les stations. Le 19 avril 1971, ils envoyèrent ainsi en orbite la première station spatiale habitée, appelée Saliout. Ils continuèrent ensuite avec la station Mir et, vu leur grande expérience, ils sont aujourd'hui les fers de lance de la Station Spatiale Internationale.

Les Américains, malgré l'aide de Werner Von Braun, restèrent longtemps à la traîne : il leur fallut attendre le 31 janvier 1958 pour mettre leur premier satellite dans l'espace, Explorer 1 ; le 31 janvier 1961 pour leur premier être vivant, un chimpanzé du nom de Ham ; et le 5 mai 1961 pour le premier astronaute américain, Alan Shepard – il fallut attendre encore plus longtemps (le 24 juin 1983 pour être exact) pour voir la première astronaute américaine, Sally Ride... Toutefois, il existe quand même une très grande réussite américaine : les premiers pas d'un homme, Neil Armstrong, sur la Lune, le 21 juillet 1969.

La conquête de l'espace n'est plus aujourd'hui l'apanage des Russes ni des Américains. Les Européens possèdent leur propre fusée, Ariane, depuis le 24 décembre 1979 : ce lanceur est aujourd'hui un des leaders en matière de lancements spatiaux ! Les Chinois se sont aussi joints à la course : ils ont déjà envoyé plusieurs hommes dans l'espace, et ils envisagent d'autres voyages plus lointains. Les Indiens et les Japonais s'investissent également beaucoup dans les sciences de l'espace. Avec ce regain d'activité, le XXI<sup>ème</sup> siècle a vu la naissance d'un nouveau défi : atteindre Mars. On espère qu'un humain marchera sur la planète rouge dans une trentaine d'années... L'exploration des profondeurs de l'espace est loin d'être terminée !



*Fig. 4.6 Décollage de la navette Atlantis de Cap Canaveral en Floride*

## 4.1 > La propulsion des fusées

### EXPÉRIENCE

Enfiler les patins et prendre avec soi les balles lourdes. Se tenir immobile au milieu de la pièce, puis lancer horizontalement et avec force une balle après l'autre (Fig. 4.7). Cette expérience est aussi réalisable à l'aide d'une chaise à roulettes.



Fig. 4.7  
La propulsion par réaction :  
la balle est envoyée  
dans un sens, on se déplace  
dans le sens opposé.

### CONCLUSION

On peut avancer dans une direction donnée en lançant une masse quelconque dans le sens opposé : une fusée avance ainsi en éjectant de la matière derrière elle.

### Matériel :

- Une paire de patins à roulettes
- plusieurs balles lourdes
- un local au sol bien lisse.

### OBSERVATIONS

Alors que le patineur était immobile au départ, il se déplace vers l'arrière après avoir lancé les balles vers l'avant.

Fig. 4.8 Un décollage d'Ariane 5  
© ESA/CNES/Arianespace



## 4.2 > La construction d'une fusée à eau

### PRÉPARATION

Vérifier que le bouchon s'adapte bien au goulot de la bouteille, puis percer un trou au centre de ce bouchon pour y placer la valve. Verser environ 5 cm d'eau dans la bouteille et la fermer avec le bouchon ainsi transformé.

### UTILISATION

Poser la gouttière sur le sol, droite ou inclinée, pour en faire une rampe de lancement. Placer ensuite la « fusée-bouteille », bouchon vers le bas, dans cette gouttière. « Gonfler » la bouteille à l'aide de la pompe à vélo : lorsque la pression de l'air à l'intérieur de la bouteille est suffisante, le bouchon se détache et la fusée s'envole, libérant l'air comprimé... mais aussi l'eau (attention à ne pas être mouillé !).



Fig. 4.9 Réalisation de l'expérience

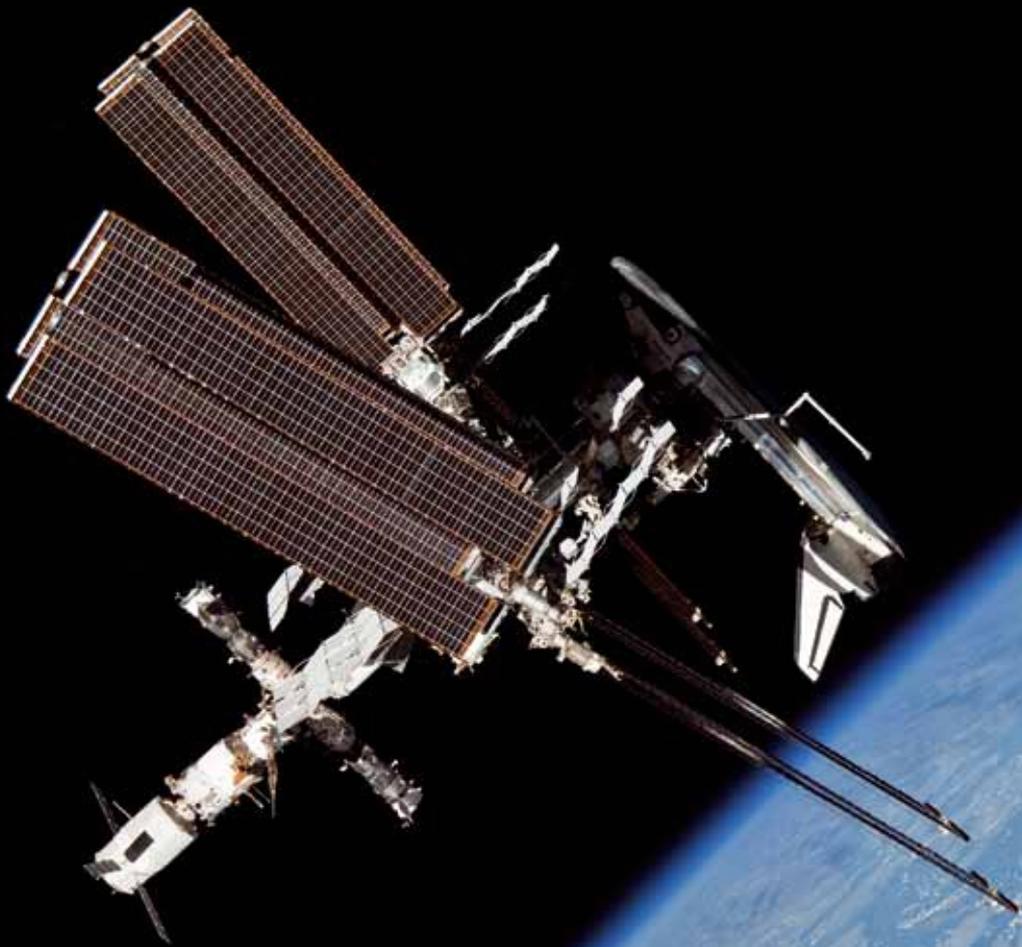
© Embarcadère du Savoir



**A effectuer en présence d'un adulte !**

### Matériel :

- Un espace dégagé (loin des maisons et des câbles électriques)
- De l'eau
- Une bouteille de plastique vide (ayant de préférence contenu une boisson gazeuse)
- Un bouchon en liège
- Une valve de chambre à air de bicyclette
- Une pompe de bicyclette
- Un morceau de tuyau en plastique pouvant contenir la bouteille (une gouttière).



*Fig. 4.10 La navette Endeavour arrimée à la station spatiale internationale*

© NASA

# 5. Le cahier de l'apprenant

Après avoir lu  
chaque chapitre,  
il est possible de récapituler  
les connaissances acquises  
à l'aide de ce questionnaire.  
Ce cahier permet aussi  
de noter ses propres  
observations suite  
aux différentes expériences.

**Expérience :**

**DESCRIPTION :**

**OBSERVATIONS :**

**CONCLUSIONS :**

# Expérience :

DESCRIPTION :

OBSERVATIONS :

CONCLUSIONS :

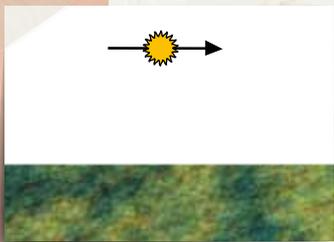
## A. Notre planète bleue

### Récapitulons :

- 1.1 Quel est le nom de notre planète ?
- 1.2 Quelle est sa forme ?
- 1.3 Sais-tu combien de temps dure une journée complète (jour+nuit) ?
- 1.4 Le Soleil est-il visible pendant la nuit ?
- 1.5 De quel côté se lève le Soleil ?
- 1.6 Combien y a-t-il de fuseaux horaires ?
- 1.7 Pourquoi jour et nuit alternent-ils ?
- 1.8 Combien y a-t-il de saisons ?
- 1.9 A quelles saisons sont associées les équinoxes ?
- 1.10 Quelle est la durée de la nuit le 21 mars ?
- 1.11 Quel est le jour le plus court de l'année ?
- 1.12 Quand le Soleil se couche-t-il exactement à l'Ouest ?
- 1.13 Si c'est l'automne en Belgique, quelle est la saison en Australie ?
- 1.14 Combien d'hommes ont marché sur la Lune ?
- 1.15 Combien de temps met la Lune pour faire un tour autour de la Terre ?
- 1.16 Peut-on voir toute la surface lunaire depuis la Terre ?
- 1.17 Lors d'une éclipse de Lune, la Lune se trouve entre la Terre et le Soleil : vrai ou faux ?
- 1.18 A quoi sont dues les phases de la Lune ?

1.19

La figure ci-dessous montre la position du Soleil un lundi midi de fin juin, où se trouvera le Soleil en fin juillet et où se trouvait-il à la mi-avril ?



- Plus haut en fin juillet et plus haut à la mi-avril
- Plus haut en fin juillet et plus bas à la mi-avril
- Plus bas en fin juillet et plus haut à la mi-avril
- Plus bas en fin juillet et plus bas à la mi-avril
- Au même endroit qu'en juin ?

1.20

La figure ci-dessous montre la position du Soleil un matin du mois de mars, où le Soleil se lève-t-il en décembre et en mai ?



- À gauche en décembre et à gauche en mai
- À gauche en décembre et à droite en mai
- À droite en décembre et à gauche en mai
- À droite en décembre et à droite en mai
- Au même endroit qu'en mars

1.21

Un soir, le Soleil se couche alors que la Lune se lève, quelle forme a cette dernière ?

- Premier quartier
- Dernier quartier
- Pleine Lune
- Nouvelle Lune
- Un fin croissant comme suit 
- Un fin croissant comme suit 
- Il est impossible de répondre

1.22

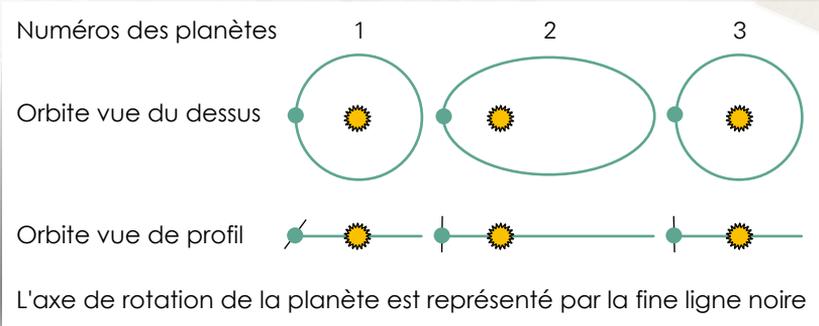
Un Européen, un Russe et un Américain discutent sur l'internet. Il est midi en Europe, et quel moment de la journée en Russie et en Amérique ?

*Rappel : l'Amérique se trouve à l'Ouest de l'Europe, la Russie à l'Est.*

- C'est le soir en Russie et le soir en Amérique
- C'est le soir en Russie et le matin en Amérique
- C'est le matin en Russie et le soir en Amérique
- C'est le matin en Russie et le matin en Amérique
- La même heure qu'en Europe

1.23

Observe les orbites ci-dessous et coche les numéros de planète par rapport au schéma qui leur convient le mieux.



1  2  3  N'a pas de saison.

1  2  3  Présente des saisons. L'été se produit en même temps pour les deux hémisphères.

1  2  3  Présente des saisons. Lorsque c'est l'été dans l'hémisphère Nord, c'est l'hiver dans l'hémisphère Sud et vice-versa.

1.24

Observe à nouveau l'illustration de la question **1.23** Laquelle des trois planètes représentées ressemble le plus à la Terre ?

1  2  3

1.25

Dessine la Terre avec quelques habitants des deux hémisphères.

## B. Le voisinage du Soleil

### Récapitulons :

- 2.1** Sur quelle(s) planète(s) a-t-on découvert des volcans ?
- 2.2** Comment s'appelle le satellite-pizza de Jupiter ?
- 2.3** Quelle lune de Saturne possède une épaisse atmosphère ?
- 2.4** La chevelure des comètes est-elle visible tout le temps ?
- 2.5** Combien de planètes possèdent des anneaux, et quelles sont-elles ?
- 2.6** Comment s'appelle l'ensemble des astéroïdes situés au-delà de Neptune ?
- 2.7** Quelle est l'autre planète bleue ?
- 2.8** Sur quelle planète fait-il le plus chaud : Mercure, Vénus ou Jupiter ?
- 2.9** Relie les mots de gauche à ceux de droite (en utilisant la partie centrale) de manière à composer une phrase correcte :

tourne autour

- |          |                          |                          |             |
|----------|--------------------------|--------------------------|-------------|
| La Terre | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | de la Terre |
| La Lune  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | du Soleil   |
| Juliette | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | d'Uranus    |
| Jupiter  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | de Saturne  |

est un satellite naturel de

- |        |                          |                          |          |
|--------|--------------------------|--------------------------|----------|
| Charon | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Jupiter  |
| Io     | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Pluton   |
| Titan  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | la Terre |
| Europe | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Neptune  |

**2.10** Calcule le rayon des objets présentés ci-dessous par rapport au rayon de la Terre :

Astre	Nombre de lunes connues en 2011	Rayon équatorial (en km)	Rayon (par rapport à celui de la Terre)	Masse (par rapport à celle de la Terre)	Période de rotation (en jours terrestres)	Période de révolution autour du Soleil	Distance moyenne au Soleil (en UA)
Soleil		695 000		333 000	28 à 30		
Mercure	0	2 440		0,055	58,7	88 j	0,39
Vénus	0	6 052		0,81	243	224,7 j	0,72
Terre	1	6 378		1	1	1 an	1
Mars	2	3 394		0,11	1,03	1,88 an	1,52
Jupiter	65	71 400		318	0,41	11,9 ans	5,2
Saturne	62	60 330		95	0,44	29,5 ans	9,54
Uranus	27	25 559		14,5	0,72	84 ans	19,2
Neptune	13	24 764		17,1	0,67	165 ans	30,1

## Utilisons la Table

- 2.11** Combien de planètes compte notre Système solaire ?
- 2.12** Quelle est la plus petite planète ?
- 2.13** Quelle est la planète qui a la plus grande masse ?
- 2.14** Sur quelle planète le jour est-il le plus long ?
- 2.15** En supposant que les orbites planétaires sont des cercles, quelles sont les distances minimale et maximale entre Vénus et Mars, en unités astronomiques ?
- 2.16** Comment s'appelle la septième planète ?
- 2.17** Combien de temps dure une journée sur Saturne ?
- 2.18** Combien de jours martiens y a-t-il dans une année martienne ?

**2.19** Quelle planète possède le plus de satellites, selon nos observations actuelles ?

**2.20** Classe les planètes Neptune, Mars, Vénus et Saturne par distance croissante au Soleil.

**2.21** Classe par taille décroissante : Jupiter, Terre, Soleil, Mars et Mercure.

**2.22** En utilisant les données de la Table précédente (et sans oublier la valeur de l'unité astronomique), remplis les deux premières colonnes de la Table ci-dessous. Calcule ensuite les dimensions du Système solaire pour l'échelle choisie :

Astre	Rayon équatorial (en km)	Distance au Soleil (en millions de km)	Échelle de 1/1 000 000 000 (1 m représente 1 million de km)		Échelle de 1/60 000 000 000 (1 m représente 60 million de km)	
			Rayon	Distance	Rayon	Distance
Soleil						
Mercure						
Vénus						
Terre						
Mars						
Jupiter						
Saturne						
Uranus						
Neptune						

2.23

**Exercice :** dessine ta chambre à l'échelle 1/100.



## C. Plus loin, les étoiles

### Récapitulons :

- 3.1 Si une voiture voyage sur une autoroute à la vitesse de 100 km/h sans jamais s'arrêter, combien de kilomètres parcourt-elle en un an ?
- 3.2 Que vaut la vitesse de la lumière en km/h ?
- 3.3 Que vaut une année-lumière en kilomètres ?
- 3.4 Combien existe-t-il de constellations officielles ?
- 3.5 Seuls les Européens ont inventé des constellations : vrai ou faux ?
- 3.6 Les étoiles formant une constellation partagent toutes une même caractéristique physique (distance, couleur, etc.) : vrai ou faux ?
- 3.7 Comment s'appelle le parcours apparent du Soleil parmi les étoiles ?
- 3.8 Combien y a-t-il de constellations du zodiaque ?
- 3.9 Quel est le principal responsable de la couleur bleue du ciel : le Soleil, la mer ou l'atmosphère ?
- 3.10 Comment s'appellent les constellations que l'on peut voir toute l'année ?
- 3.11 L'aspect du ciel est identique où que l'on soit sur Terre : vrai ou faux ?
- 3.12 L'étoile polaire est la seule étoile du ciel qui semble fixe : vrai ou faux ?
- 3.13 Combien de temps met une étoile pour revenir à la même position dans le ciel ?
- 3.14 L'étoile polaire est la seule étoile du ciel qui ne se couche jamais : vrai ou faux ?
- 3.15 Comment s'appelle notre Galaxie ?

**3.16** Connaissant la réponse aux questions **3.1** et **3.3**, détermine les distances aux planètes et à Proxima en années-voiture et en années-lumière.

Astre	Distance au Soleil (en millions de km)	Distance (en années-voiture)	Distance (en années-lumière)
Mercure	57,9		
Vénus	108,2		
Terre	149,6		
Mars	227,9		
Jupiter	778,4		
Saturne	1 426,7		
Uranus	2871		
Neptune	4 498,3		
Pluton	5 906,4		
Proxima Centauri	40 018 890		

## D. Voyager dans l'espace

### Récapitulons :

- 4.1** Quel est le nom de la vitesse à atteindre pour quitter un astre ?
- 4.2** Cite une des sondes en train de quitter notre Système solaire.
- 4.3** Quel est l'autre nom de la pesanteur ?
- 4.4** Un satellite en orbite autour de la Terre a totalement échappé à l'attraction terrestre : vrai ou faux ?
- 4.5** Où la vitesse de libération est-elle la plus grande : sur la Terre ou la Lune ?
- 4.6** Quelle était la nationalité du premier Homme dans l'espace ?
- 4.7** Comment s'appelait le premier être vivant envoyé dans l'espace ?
- 4.8** Quand eut lieu le premier lancement (réussi) de satellite ?
- 4.9** Quand marcha le premier homme sur la Lune ?
- 4.10** Comment s'appelle la fusée européenne la plus puissante ?

# 6. Les réponses

## A. Notre planète bleue

- 1.1 **La Terre**
- 1.2 **Une boule, une sphère presque parfaite (elle est un peu aplatie aux pôles)**
- 1.3 **24 heures**
- 1.4 **Non, seulement le jour**
- 1.5 **À l'Est**
- 1.6 **24**
- 1.7 **Parce que la Terre tourne sur elle-même**
- 1.8 **4**
- 1.9 **L'automne et le printemps**
- 1.10 **12 heures**
- 1.11 **Le jour du solstice d'hiver**
- 1.12 **Les jours d'équinoxes, soit seulement deux fois par an**
- 1.13 **Le printemps**
- 1.14 **12**
- 1.15 **Une trentaine de jours (29,5 j par rapport au Soleil, 273 j par rapport aux étoiles)**
- 1.16 **Non, car la Lune présente toujours la même face, vu depuis la Terre**
- 1.17 **Faux, c'est pour une éclipse de Soleil**
- 1.18 **Au fait que ce soit uniquement le Soleil qui éclaire la Lune et que la Lune tourne autour de la Terre**
- 1.19 **Plus bas dans les deux cas car le Soleil est au plus haut le 21 juin à midi, c'est d'ailleurs pour cela que le jour est plus long à cette date-là**

**1.20** *En mars, le Soleil se lève presque exactement à l'Est – exactement à l'Est le 21 mars seulement – en décembre, les jours sont plus courts et le Soleil se lève et se couche plus près du Sud, en mai, les jours sont plus longs et le Soleil se lève et se couche plus près du Nord : le Nord se trouvant à gauche et le Sud à droite quand on se trouve face à l'Est, le Soleil se lève donc plus à droite en décembre et plus à gauche en mai.*

**1.21** *Pleine lune car le Soleil et la Lune ont des actions inverses – se lever alors que l'autre se couche : ils se trouvent donc en des positions opposées par rapport à la Terre et la Lune est alors pleinement éclairée par le Soleil.*

**1.22** *C'est le soir en Russie et le matin en Amérique*



**1.23** *1 = Présente des saisons. Lorsque c'est l'été dans l'hémisphère Nord, c'est l'hiver dans l'hémisphère Sud et vice-versa.*

*2 = Présente des saisons. L'été se produit en même temps pour les deux hémisphères.*

*3 = N'a pas de saison.*

**1.24** *La 1*

**1.25**



## B. Le voisinage du Soleil

2.1 **Vénus, la Terre et Mars**

2.2 **Io**

2.3 **Titan**

2.4 **Non, seulement lorsque les comètes s'approchent du Soleil**

2.5 **4 : Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune**

2.6 **La Ceinture de Kuiper**

2.7 **Neptune**

2.8 **Vénus**

2.9 - **La Terre** tourne autour **du Soleil**

- **La Lune** tourne autour **de la Terre**

- **Juliette** tourne autour **d'Uranus**

- **Jupiter** tourne autour **du Soleil**

- **Charon** est un satellite naturel **de Pluton**

- **Io** est un satellite naturel **de Jupiter**

- **Titan** est un satellite naturel **de Saturne**

- **La Lune** est un satellite naturel **de la Terre**

- **Europe** est un satellite naturel **de Jupiter**

2.10

Astre	Nombre de lunes connues en 2011	Rayon équatorial (en km)	Rayon (par rapport à celui de la Terre)	Masse (par rapport à celle de la Terre)	Période de rotation (en jours terrestres)	Période de révolution autour du Soleil	Distance moyenne au Soleil (en UA)
Soleil		695 000	<b>109</b>	333 000	28 à 30		
Mercure	0	2 440	<b>0,38</b>	0,055	58,7	88 j	0,39
Vénus	0	6 052	<b>0,95</b>	0,81	243	224,7 j	0,72
Terre	1	6 378	<b>1</b>	1	1	1 an	1
Mars	2	3 394	<b>0,53</b>	0,11	1,03	1,88 an	1,52
Jupiter	65	71 400	<b>11,2</b>	318	0,41	11,9 ans	5,2
Saturne	62	60 330	<b>9,5</b>	95	0,44	29,5 ans	9,54
Uranus	27	25 559	<b>4</b>	14,5	0,72	84 ans	19,2
Neptune	13	24 764	<b>3,9</b>	17,1	0,67	165 ans	30,1

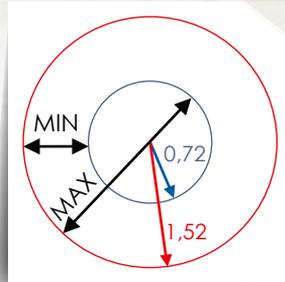
2.11 8

2.12 *Mercure*

2.13 *Jupiter*

2.14 *Vénus*

2.15  $1,52 - 0,72 = 0,8$  et  
 $1,52 + 0,72 = 2,24$



2.16 *Uranus*

2.17 *0,44 jour terrestre*

2.18 *Le jour martien dure 1,03 jours terrestres et l'année martienne dure 1,88 an terrestre, c'est-à-dire  $1,88 \times 365,25 = 686,67$  jours terrestres ; donc un an martien =  $686,67/1,03 = 666,67$  jours martiens*

2.19 *Jupiter*

2.20 *Vénus, Mars, Saturne, Neptune*

2.21 *Soleil, Jupiter, Terre, Mars, Mercure*

2.22

Astre	Rayon équatorial (en km)	Distance au Soleil (en millions de km)	Échelle de 1/1 000 000 000 (1 m représente 1 million de km)		Échelle de 1/60 000 000 000 (1 m représente 60 million de km)	
			Rayon	Distance	Rayon	Distance
Soleil	695 000		0,695 m		1,16 cm	
Mercure	2 440	57,9	2,4 mm	57,9 m	0,04 mm	0,97 m
Vénus	6 052	108,2	6,1 mm	108,2 m	0,10 mm	1,8 m
Terre	6 378	149,6	6,4 mm	149,6 m	0,11 mm	2,5 m
Mars	3 394	227,9	3,4 mm	227,9 m	0,06 mm	3,8 m
Jupiter	71 400	778,4	7,1 cm	778,4 m	1,2 mm	13 m
Saturne	60 330	1 426,7	6,0 cm	1,4 km	1 mm	23,8 m
Uranus	25 559	2 871	2,6 cm	2,9 km	0,43 mm	47,8 m
Neptune	24 764	4 498,3	2,5 cm	4,5 km	0,41 mm	75 m

## C. Plus loin, les étoiles

- 3.1  $365,25 \times 24 \times 100 = 876600 \text{ km}$
- 3.2 *Puisqu'une heure vaut 3600 s, 299 792,458 km/s équivalent à 1079 252848,8 km/h, soit plus d'un milliard de km/h !*
- 3.3  $365,25 \times 24 \times 1079252848,8 = 9460730472580 \text{ km}$ , soit plus de 9460 milliards de km !
- 3.4 88
- 3.5 Faux
- 3.6 Faux
- 3.7 L'écliptique
- 3.8 13
- 3.9 L'atmosphère
- 3.10 Les constellations circumpolaires
- 3.11 Faux
- 3.12 Vrai
- 3.13 23 h 56 m
- 3.14 Faux, aucune des étoiles appartenant aux constellations circumpolaires ne se couche
- 3.15 La Voie Lactée

### 3.16

Astre	Distance au Soleil (en millions de km)	Distance (en années-voiture)	Distance (en années-lumière)
Mercure	57,9	66,1	0,000 006 1 (= 3,2 minutes-lumière)
Vénus	108,2	123,4	0,000 011 (= 6,0 minutes-lumière)
Terre	149,6	170,7	0,000 016 (= 8,3 minutes-lumière)
Mars	227,9	260	0,000 024 (= 12,7 minutes-lumière)
Jupiter	778,4	888	0,000 082 (= 43,3 minutes-lumière)
Saturne	1 426,7	1 627,5	0,000 15 (= 1,3 heures-lumière)
Uranus	2871	3 275,2	0,000 30 (= 2,7 heures-lumière)
Neptune	4 498,3	5 131,5	0,000 48 (= 4,2 heures-lumière)
Pluton	5 906,4	6 737,9	0,000 62 (= 5,5 heures-lumière)
Proxima Centauri	40 018 890	45 652 395,5	4,23

## D. Voyager dans l'espace

4.1 *La vitesse de libération*

4.2 *Voyager 1*

4.3 *La force de gravité*

4.4 *Faux, il continue à tomber indéfiniment vers la Terre*

4.5 *Sur la Terre*

4.6 *Russe*

4.7 *Laïka*

4.8 *En 1957*

4.9 *En 1969*

4.10 *Ariane*

Notes personnelles :

Notes personnelles :

Notes personnelles :

## Notes personnelles :

A large grid of graph paper with a light blue background and a grid of thin blue lines. The grid is approximately 20 columns wide and 30 rows high. The top-left corner of the grid is slightly offset from the top-left corner of the page.

