

Grâce à ce livre que tu as fabriqué toi-même, et aux maquettes que tu as construites, tu as découvert les secrets de la lumière, comment fonctionne un télescope, et bien d'autres choses encore... tu es maintenant plus savant que ne l'était Galilée!



Conception/réalisation : Aurélie Bordenave - aurel-illus.com  
Projet supervisé par Roland Lehoucq, astrophysicien au CEA.



**C'EST QUOI L'ASTROPHYSIQUE?**



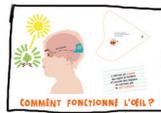
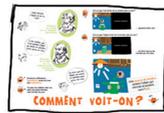


Découvre ce qu'est l'astrophysique grâce à ce livret à construire toi-même!

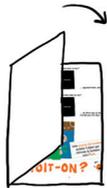
Pour cela, imprime les feuilles au format A4 ...



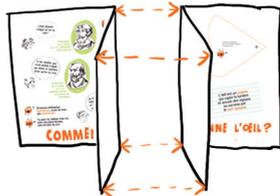
Attention à bien choisir 100% dans les paramètres de ton imprimante!



Plie soigneusement chaque feuille en deux, ajoute les maquettes lorsque elles sont indiquées.

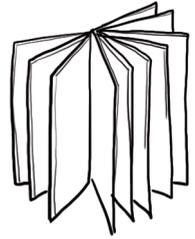


Assemble les pages ensemble comme indiqué ci-contre.



Colle toutes les pages entre elles [suis bien l'ordre des pages!]

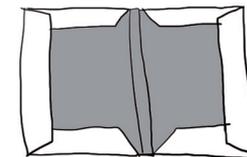
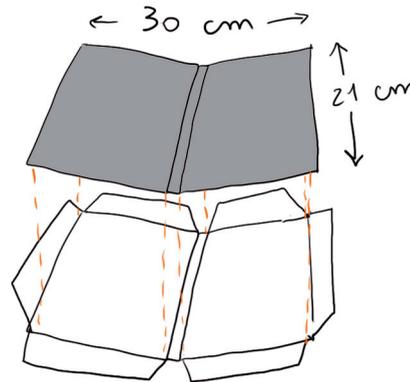
Laisse sécher un moment.



Imprime ta couverture au format A3, en veillant de bien choisir 100%.



Pour terminer ton livret, construis d'abord ta couverture en mettant du carton dedans [boîte de céréales par exemple]



Enfin, colle la première et la dernière feuille à l'intérieur de la couverture.

Bravo, tu as achevé la réalisation de ton livret!

# COMMENT CONSTRUIRE TON LIVRET?

# C'EST QUOI L'ASTROPHYSIQUE ?



Aurélie Bordenave - Roland Lehoucq

L'œil éclaire  
l'objet et on le  
voit !



Pythagore,  
au v<sup>e</sup> siècle  
av J.-C., défendait  
cette théorie.

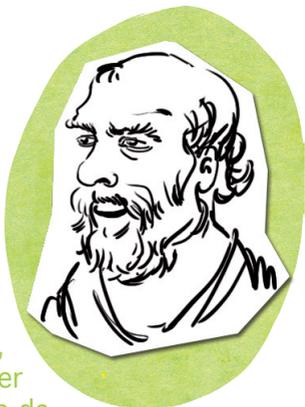


Est-ce que l'œil émet de la lumière dans le noir ?



... apparemment, non.

il me semble que  
c'est plutôt l'objet  
qui émet sa lumière  
pour qu'on le voie



Démocrite,  
au iv<sup>e</sup> siècle  
av J.-C.,  
préférerait penser  
à l'inverse de  
Pythagore.



Est-ce que l'objet émet de la lumière dans le noir ?



... on dirait que ça ne  
marche pas non plus.

Je crois que les  
objets renvoient  
la lumière pour  
qu'on les voie



Une source de lumière  
éclaire l'objet qui  
renvoie la lumière  
vers l'œil.



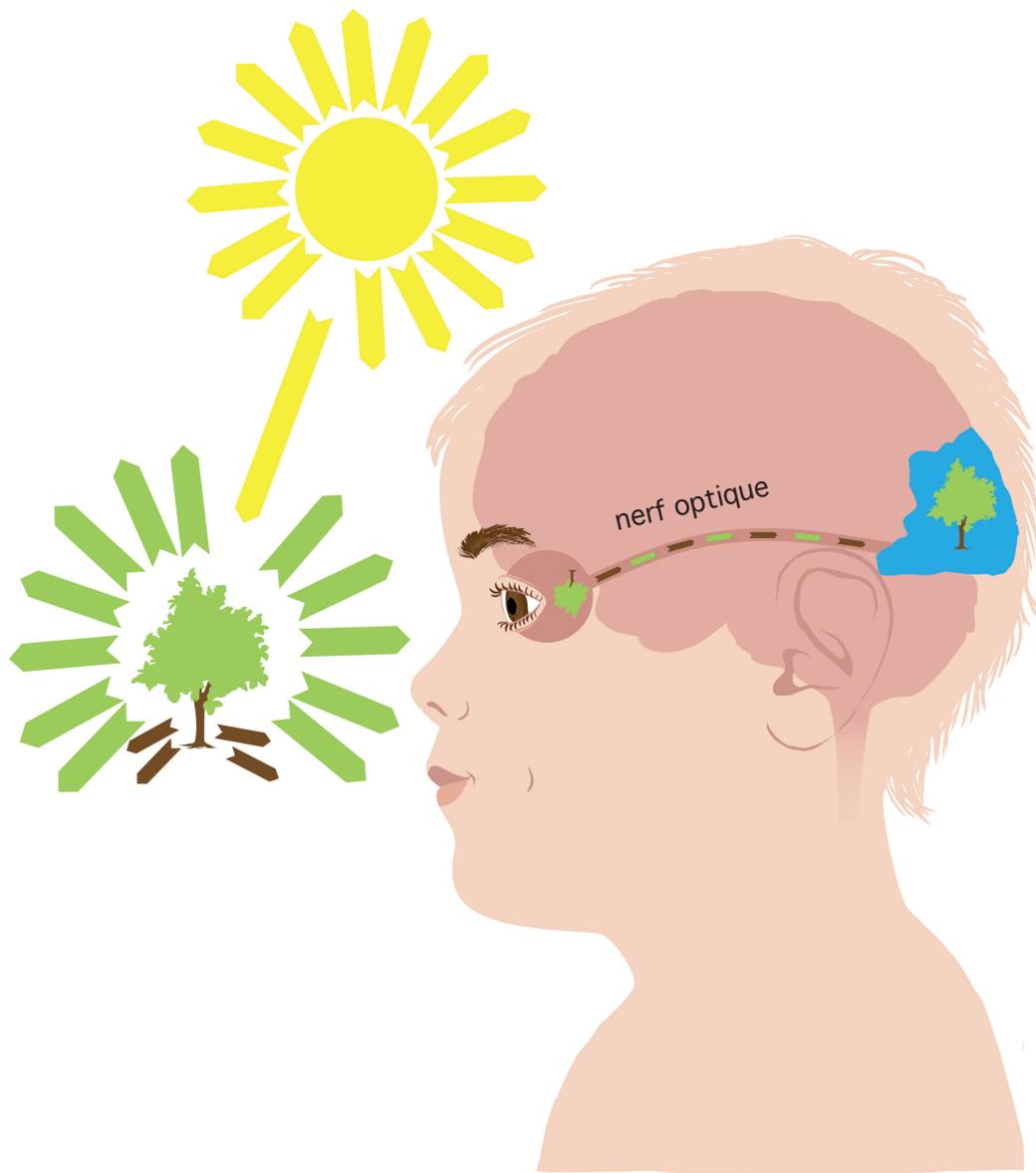
Émettons différentes  
hypothèses, avant de faire  
des expériences.



Tu peux les réaliser chez toi,  
dans une pièce fermée,  
sans lumière du jour.

# COMMENT VOIT-ON ?





Construis la maquette  
avec une attache parisienne  
et attache-la ici!



L'œil est un **organe**  
qui capte la lumière  
et envoie des signaux  
au cerveau par  
le **nerf optique**.

# COMMENT FONCTIONNE L'ŒIL ?





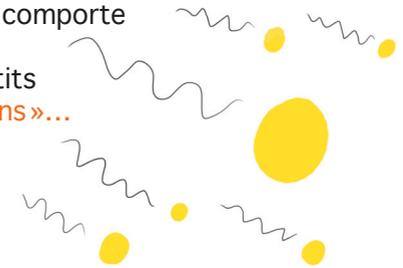
C'est comme une toute petite bille qui va très très vite !

Isaac Newton (1643-1727) pensait que la lumière était constituée de petites particules.

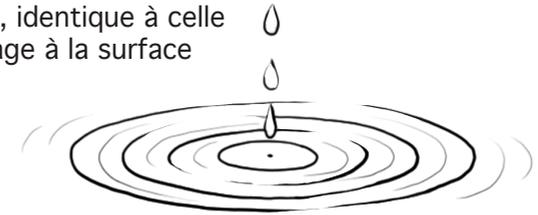


Et si c'était... un peu des deux ?

En effet, la lumière se comporte comme si elle était à la fois formée de petits grains appelés «photons»...



... et comme si c'était une «onde», identique à celle qui se propage à la surface de l'eau.



C'est exactement le débat qu'avaient les scientifiques au XVIII<sup>e</sup> siècle !



Place ici le sténopé que tu as construit et réalise l'expérience présentée sur la page d'après !



Je crois que c'est une onde qui se déplace très vite !



Christian Huygens (1629-1695) préférait concevoir la lumière comme une onde.



\* on dit que c'est une «onde électromagnétique» !

La lumière est à la fois un **photon** et une **onde\***.

En une seconde et dans le vide, elle parcourt **300 000 km !**

# C'EST QUOI LA LUMIÈRE ?



Est-ce qu'elle fait des slaloms comme un skieur?



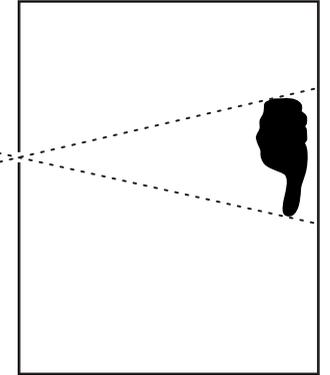
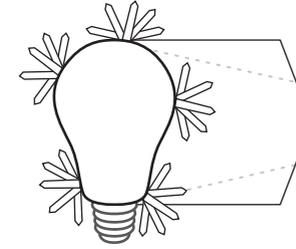
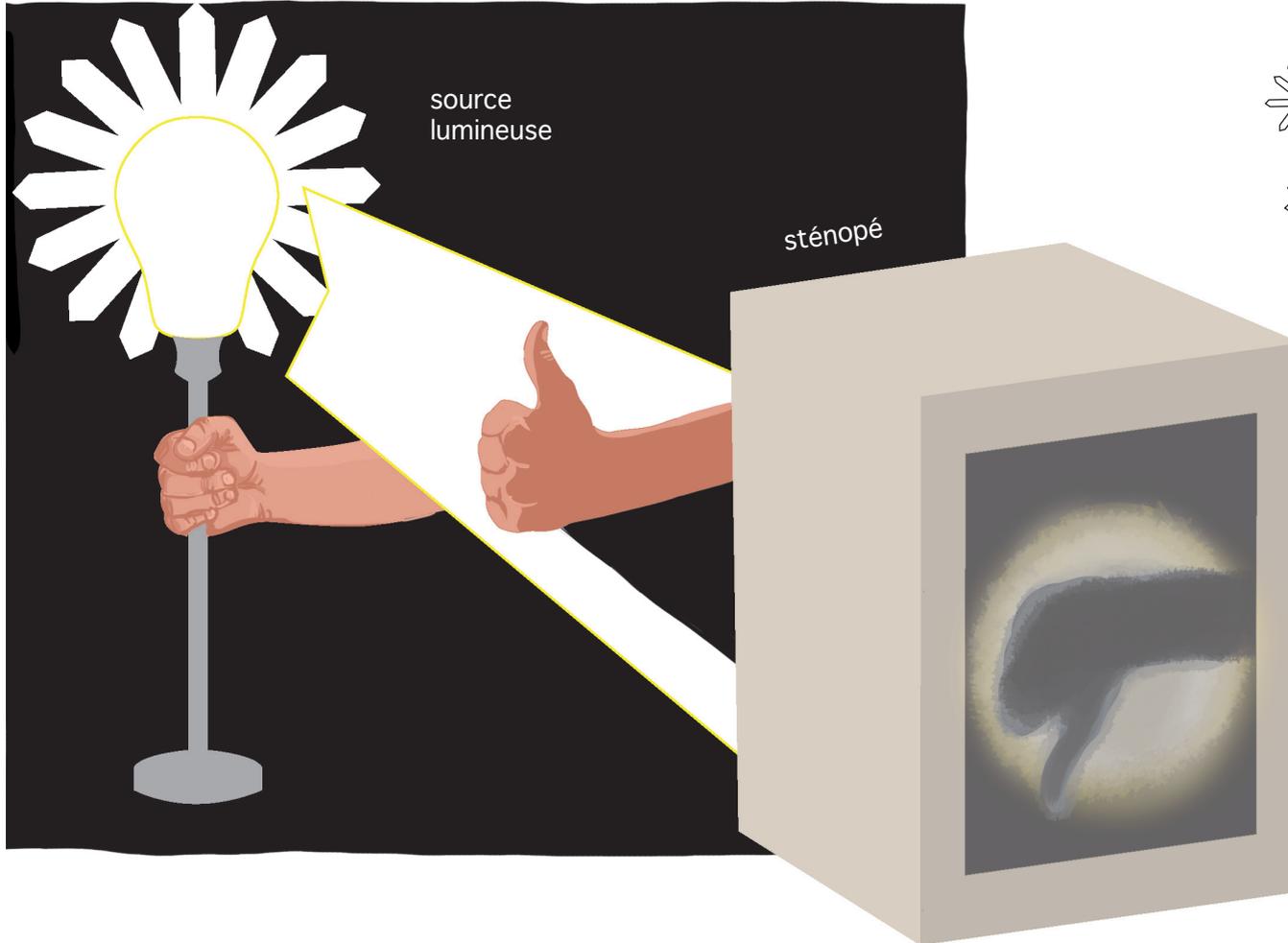
Réalise l'expérience avec le sténopé en pop-up que tu as construit!



Mais pourquoi l'image est-elle formée à l'envers?



En physique, on peut -presque- tout expliquer! As-tu une idée?



source lumineuse étendue

main pouce vers le haut

trou qui ne laisse passer qu'un seul rayon

main pouce vers le bas

La lumière se déplace en **ligne droite**.

# COMMENT SE DÉPLACE LA LUMIÈRE?



Lorsque tu te trouves face à un miroir, tes mouvements semblent inversés. Ta main gauche devient, **dans le miroir**, ta main droite. Et ta main droite devient, dans le miroir, ta main gauche.

Je lève ma main gauche!

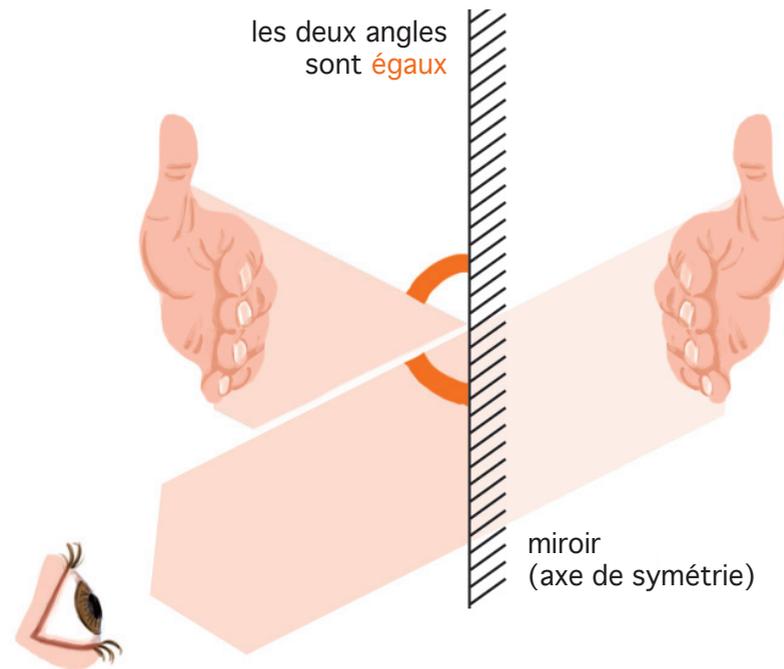


Mon reflet lève sa main droite!



Comment expliquer physiquement ce phénomène?

les deux angles sont **égaux**



La lumière que reçoit l'œil semble venir d'une main droite de l'autre côté du miroir!

L'image d'une source dans un miroir est son **symétrique** par rapport au plan du miroir.

# COMMENT SE COMPORTE LA LUMIÈRE FACE À UN MIROIR?



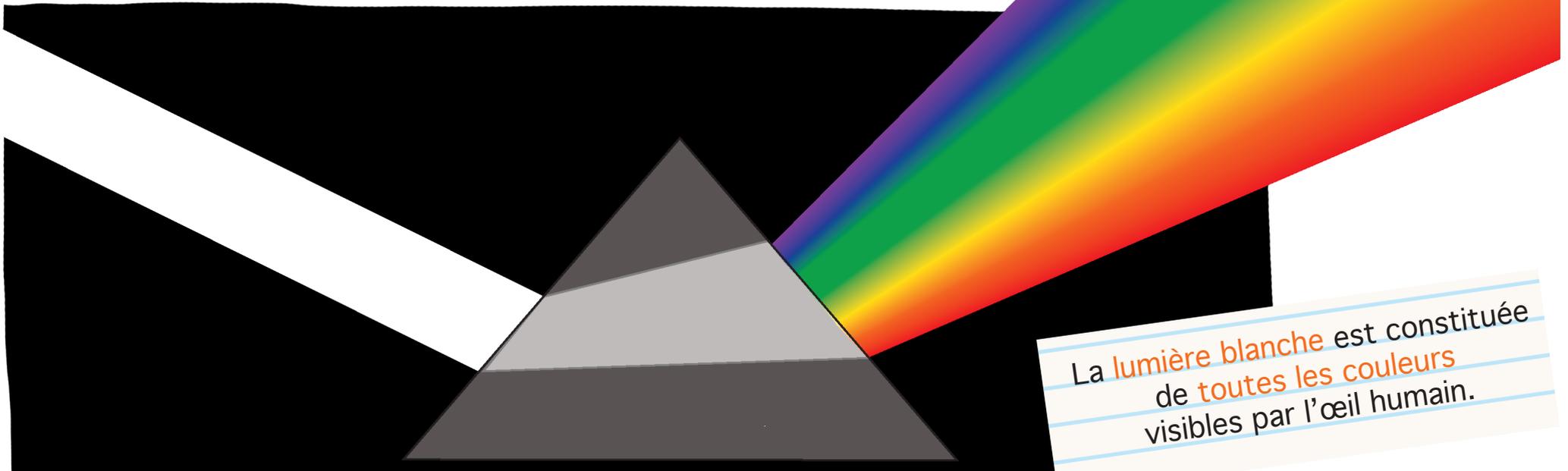
Isaac Newton  
(1643-1727)  
a beaucoup travaillé  
sur la lumière.  
Il a réalisé  
une expérience  
importante  
pour déterminer  
ce que sont  
les couleurs.



...et on obtient les couleurs de l'arc-en-ciel!  
Le bleu est plus dévié que le rouge,  
et les couleurs sortent toujours  
dans le même ordre.



On projette de la **lumière blanche**  
sur un prisme de verre...



La **lumière blanche** est constituée  
de **toutes les couleurs**  
visibles par l'œil humain.

# C'EST QUOI LES COULEURS ?



À la plage, c'est agréable de rester au soleil mais...



... si on reste trop longtemps, on brûle. C'est ce qu'on appelle un **coup de soleil**.

Johann Ritter (1776-1810) a découvert la lumière ultra-violet, qui provoque les coups de soleil.



Lorsque tu dégustes ton chocolat sorti du **four à micro-ondes**, sais-tu qu'est-ce qui l'a fait chauffer?

À quoi sont dus ces phénomènes, à ton avis?



L'hiver, certains cafés installent des drôles de parasols en terrasse pour **avoir chaud**. Mais grâce à qui? à quoi?



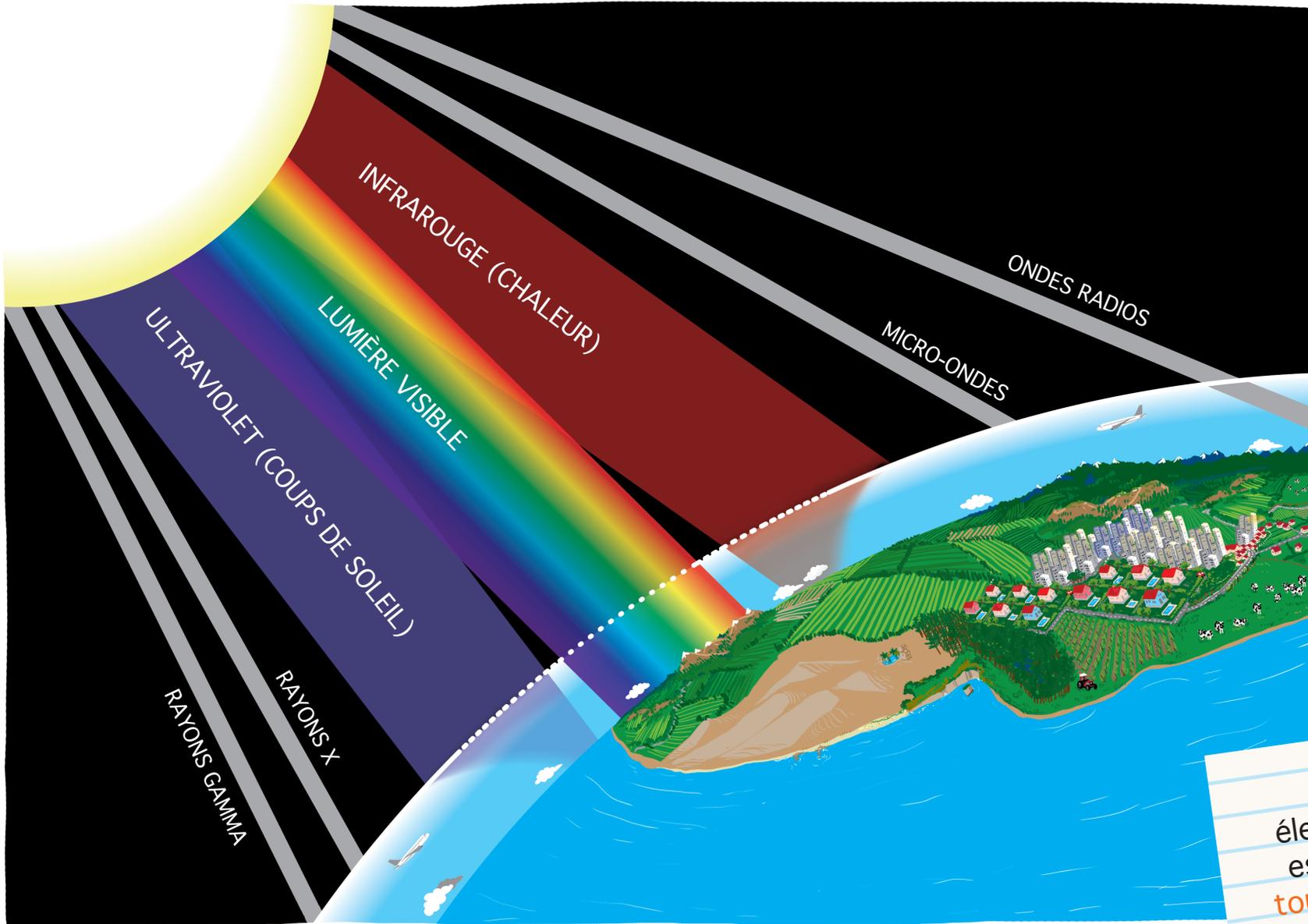
William Herschel (1738-1822) C'est lui qui a découvert la lumière infrarouge.



Percy Spencer (1894-1970) travailla sur les micro-ondes, utilisées aussi pour les téléphones portables.

Il existe d'autres lumières, elle sont **invisibles** pour l'œil humain.

# Y-A-T-IL D'AUTRES LUMIÈRES?



Le Soleil rayonne dans toutes les directions. Il émet toutes sortes de lumières, visibles ou invisibles pour l'œil humain.



Certaines sont indispensables à la vie, d'autres sont dangereuses.

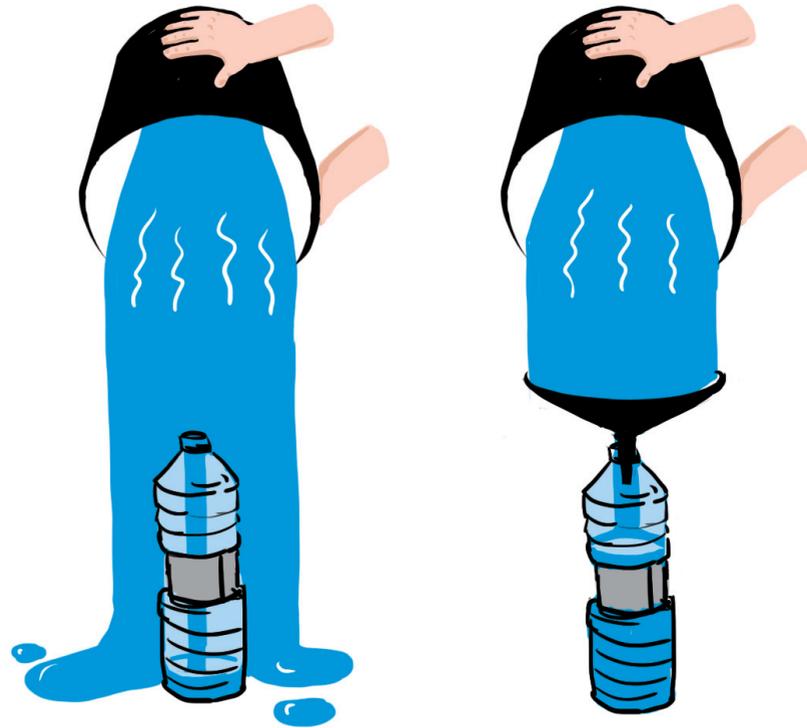
Grâce à l'atmosphère de la Terre, certaines lumières sont arrêtées et ne parviennent pas au sol.

Le spectre électromagnétique est l'ensemble de toutes ces lumières.

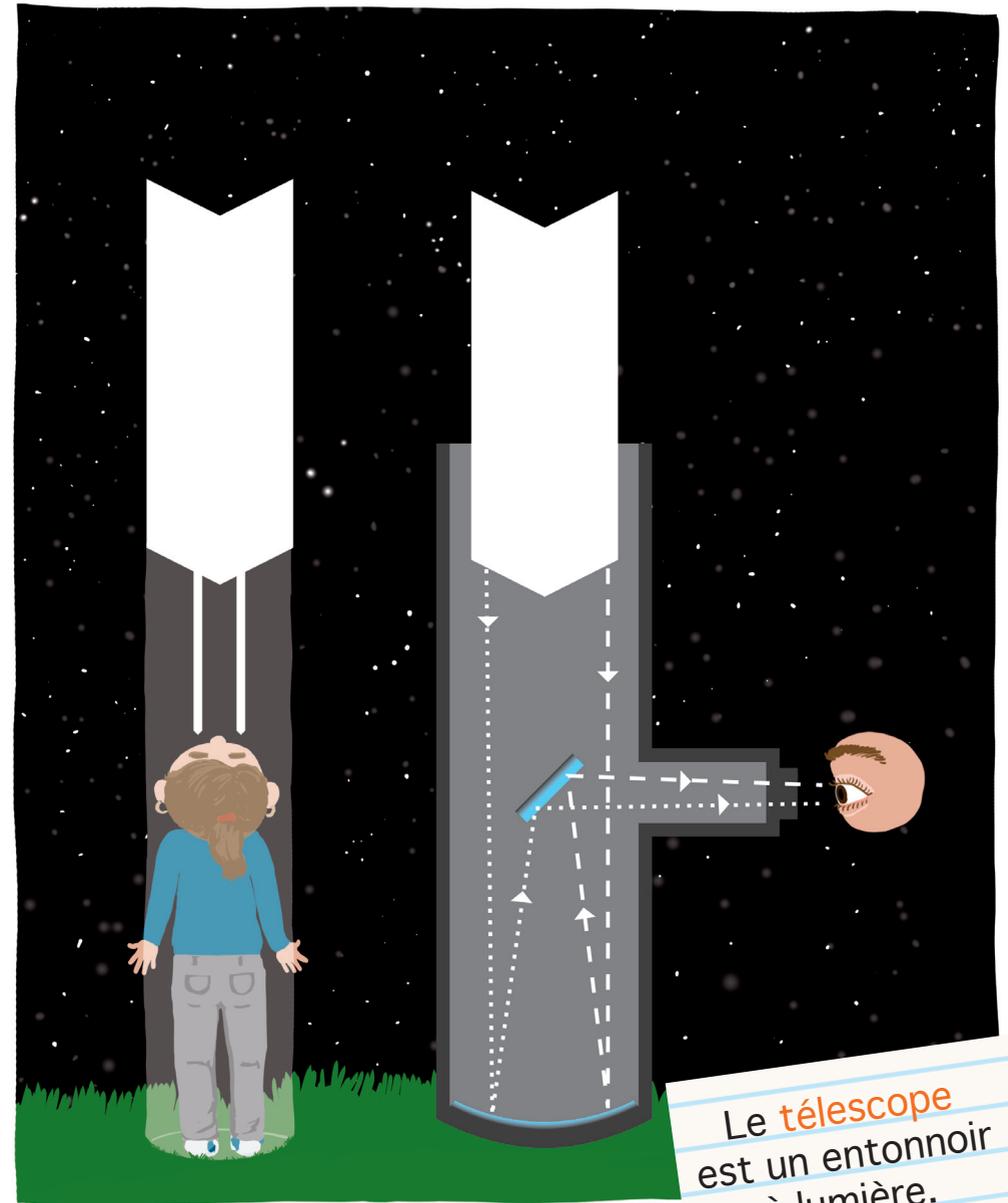
# C'EST QUOI LE SPECTRE ÉLECTROMAGNÉTIQUE ?



En astrophysique,  
plus on capte de lumière,  
plus on peut voir des astres faibles.

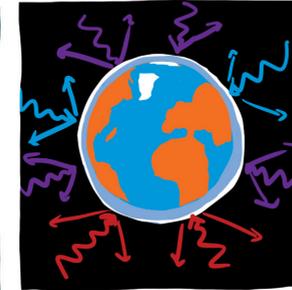
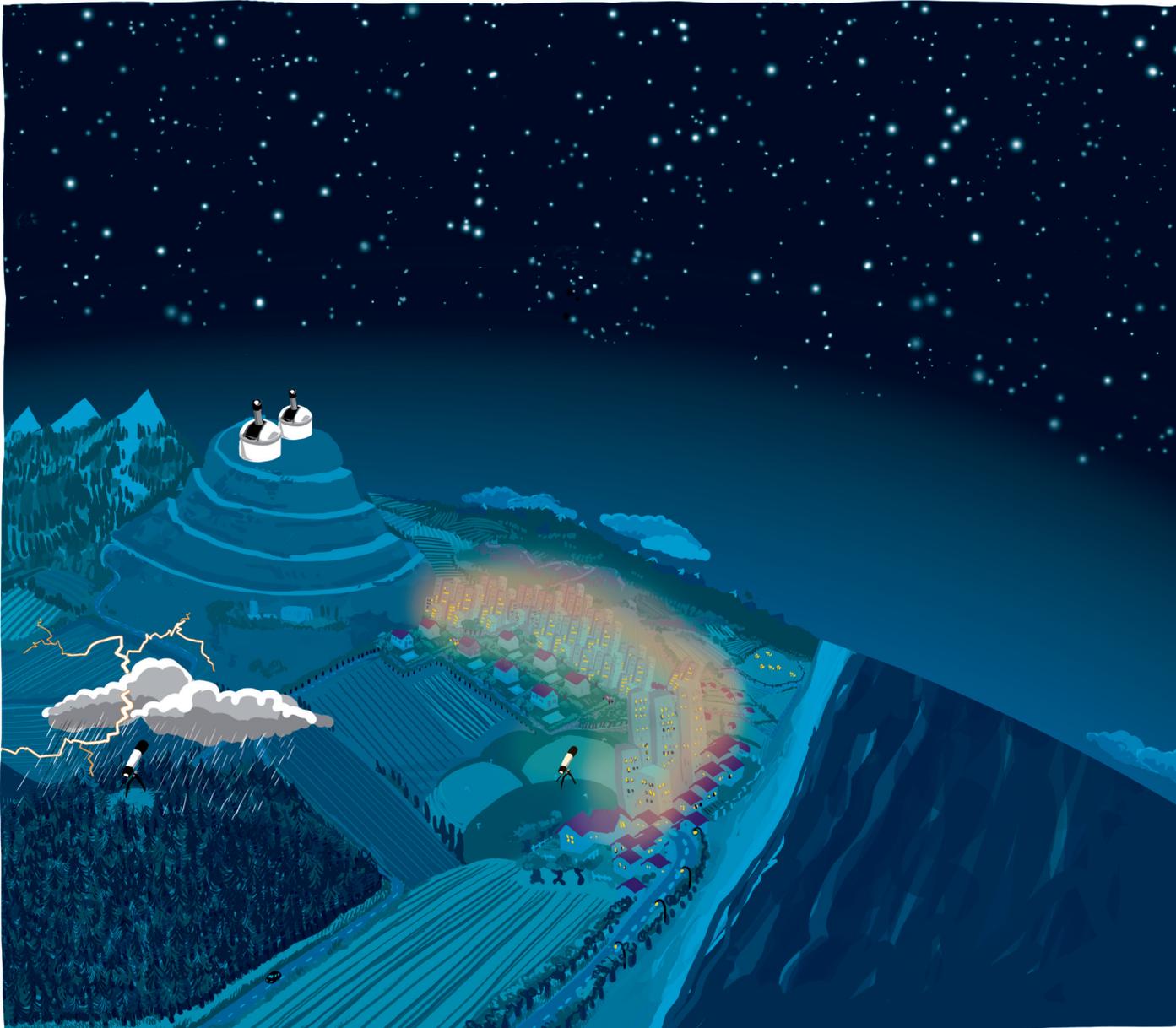


Quand tu verses de l'eau  
dans une bouteille, tu perds moins  
d'eau en utilisant un entonnoir, non ?



Le **télescope**  
est un entonnoir  
à lumière.

# COMMENT CAPTER PLUS DE LUMIÈRE AVEC NOTRE OÛIL ?



L'atmosphère empêche certains rayonnements venus de l'espace d'atteindre le sol.

Heureusement, sinon nous ne pourrions pas vivre sur Terre!

L'atmosphère nous protège.

Toutefois, elle ne permet pas à certaines informations d'arriver jusqu'à nous, ce qui gêne notre étude des astres et de l'univers.

Alors, les astrophysiciens placent les télescopes en haut des montagnes, pour que la couche d'atmosphère qui les surplombe soit plus fine et moins gênante.

Quelles sont les autres perturbations qui gênent les astrophysiciens?



Retrouve-les sur l'illustration et note-les ci-dessous:

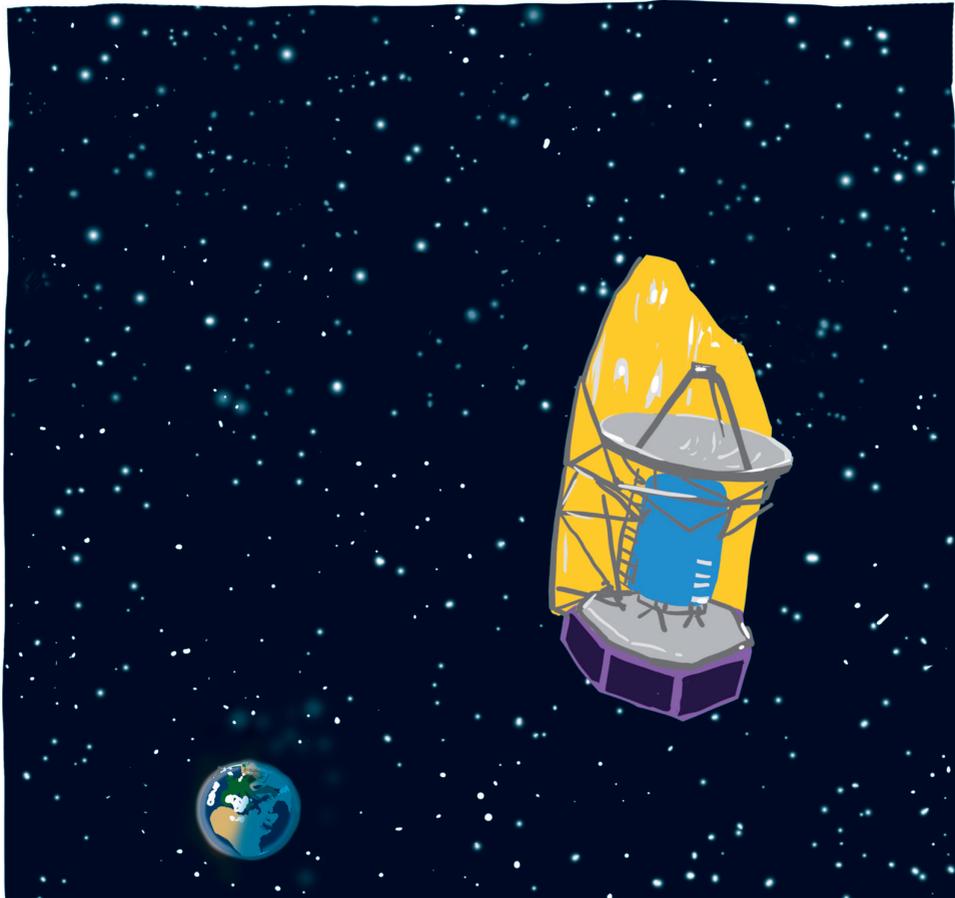
-----  
-----

L'atmosphère est un **filtre à lumières**.

# OÙ SONT PLACÉS LES TÉLÉSCOPES ?



Pour ne plus subir le filtre atmosphérique, une seule solution: aller dans l'espace!



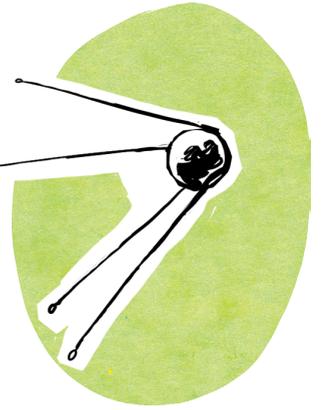
Le télescope dessiné ci-dessus s'appelle Herschel, il a été lancé en mai 2009.

Grâce à lui, les astrophysiciens vont observer le ciel en infra-rouge pour étudier la formation des étoiles et des galaxies!

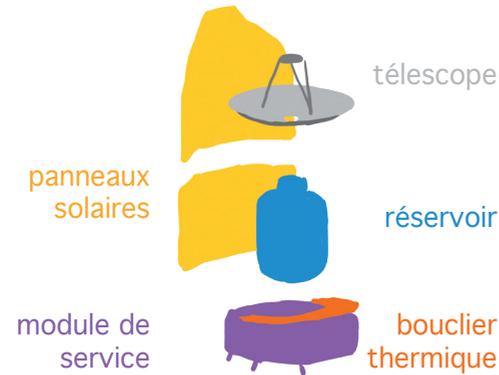


Le ciel est toujours noir!  
Pas de problème d'alternance du jour et de la nuit.

En 1957, le premier satellite artificiel de l'histoire est lancé par l'Union Soviétique.



Le seul souci c'est que, une fois en l'air, on ne peut plus réparer l'appareil!



Un satellite artificiel est construit en **un seul exemplaire**. Il demande des années de travail à de grandes équipes de spécialistes, et coûte très cher.

Dans l'espace, il fait toujours nuit, il n'y a pas de météo ni de pollution lumineuse. Mais ça coûte très cher d'y installer un télescope.

# POURQUOI NE PAS ALLER DANS L'ESPACE?



Au fait, comment on fait pour connaître les propriétés des astres?



Pour connaître les propriétés des astres, il faut **analyser la lumière** captée par les télescopes!



Avant, on observait les astres avec un instrument dans lequel l'œil regardait.

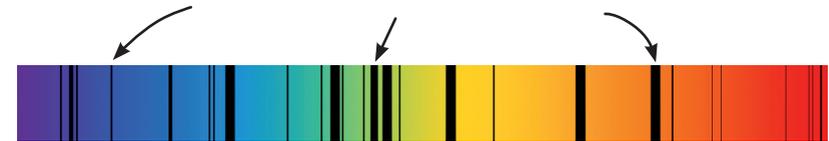


Aujourd'hui, les scientifiques utilisent des ordinateurs et écrivent des programmes.



Ainsi, ils analysent les informations récoltées par des capteurs électroniques.

Ces raies sombres sont une sorte de « code barre » qui identifient un atome.



Un spectre d'étoile

Ces raies sombres identifient un autre atome.

L'étude du spectre d'un astre permet de déterminer sa **composition chimique**, sa **température** et son **âge**.

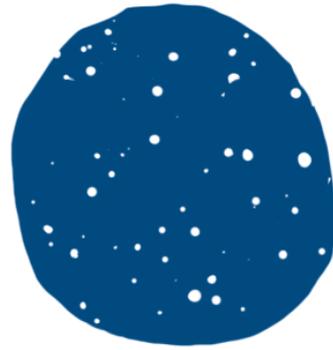
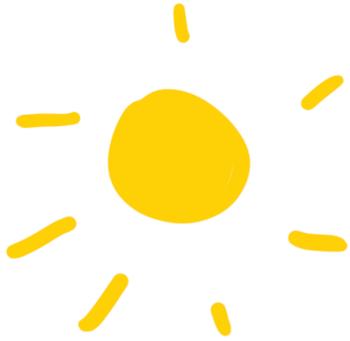
# C'EST QUOI LA SPECTROSCOPIE ?



Le Soleil est une étoile, et toutes les étoiles sont des soleils.



Alors pourquoi les étoiles sont peu brillantes et toutes petites par rapport au Soleil?



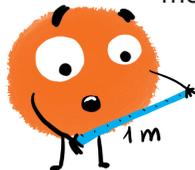
C'est parce que les étoiles sont très très loin de la Terre!

Par exemple, l'étoile Proxima\*, est l'étoile la plus proche du Système solaire.

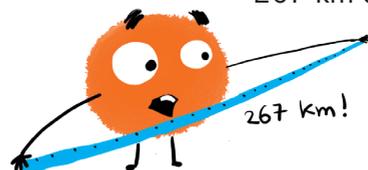
Pourtant elle est située **267 000 fois** plus loin que la Terre ne l'est du Soleil!

\*L'étoile Proxima est située dans la constellation australe du Centaure.

Si le Soleil était à un mètre de la Terre...



...alors Proxima serait à 267 km de distance!

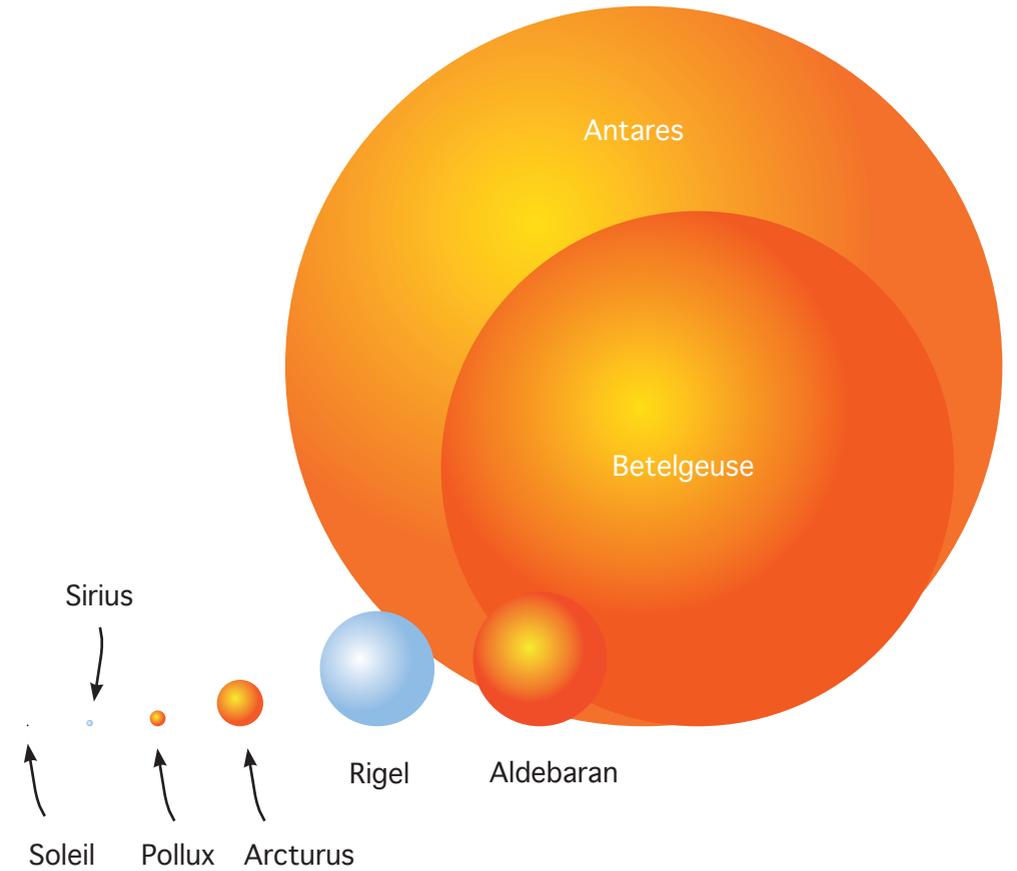
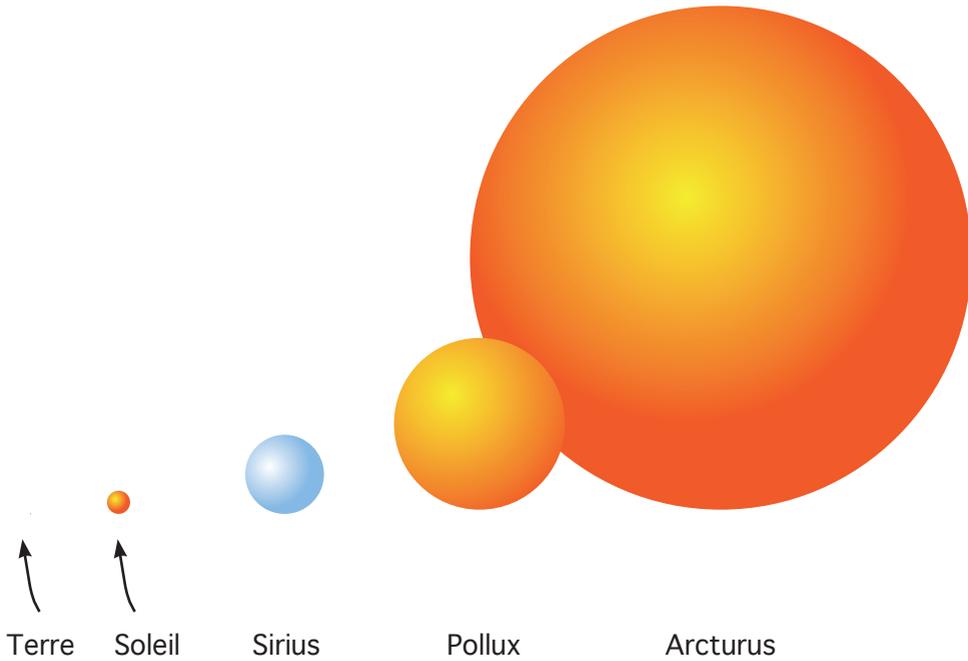


Une étoile est une grosse **boule gazeuse** très très chaude, qui produit de l'énergie et de la lumière.

# QU'EST-CE QU'UNE ÉTOILE?



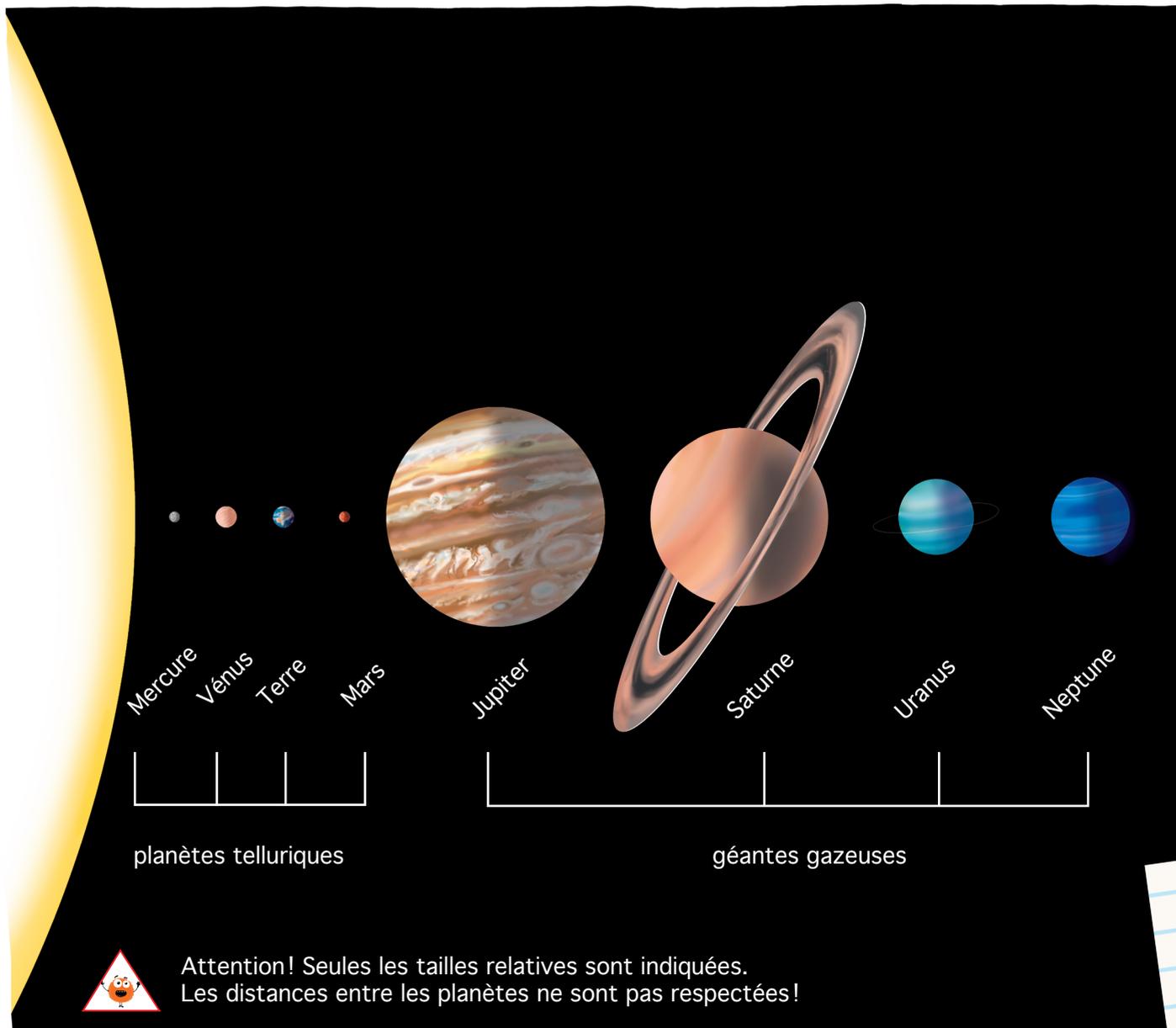
Certaines sont plus grosses que le Soleil, d'autres sont plus petites, d'autres encore plus chaudes ou plus froides, plus ou moins lumineuses...



Voici quelques tailles relatives entre différentes étoiles.

Il y a toutes sortes d'étoiles, et notre Soleil est une étoile tout à fait **quelconque**.

# QUELLE TAILLE ONT LES ÉTOILES ?



Le système solaire est composé de 8 planètes qui tournent autour de notre étoile, le Soleil.

Certaines sont faites de gaz : les **géantes gazeuses**.  
D'autres de matières solides, ce sont les **planètes telluriques**.



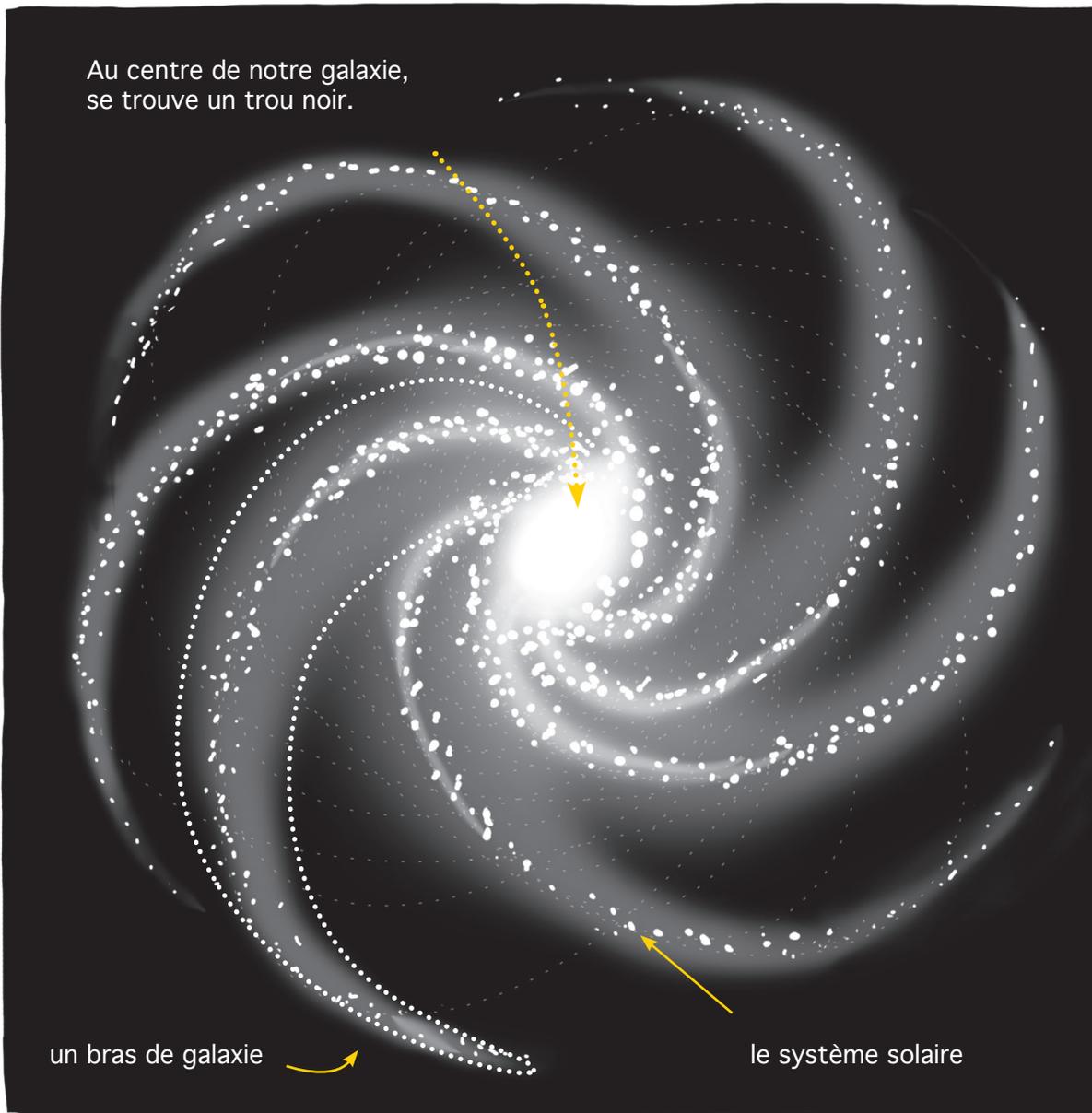
Notre planète, la Terre, est la seule à abriter la vie dans notre système solaire.

Depuis 1995, les scientifiques découvrent des planètes en dehors du système solaire, on les appelle des **exoplanètes**.

Une planète est un objet qui **tourne autour d'une étoile** et qui **n'émet pas sa propre lumière**.

# QU'EST-CE QU'UNE PLANÈTE ?

Au centre de notre galaxie,  
se trouve un trou noir.



un bras de galaxie

le système solaire



Notre galaxie s'appelle la Voie lactée,  
et a une forme de spirale.  
Il y a environ 100 milliards d'étoiles  
dans une galaxie.



On estime qu'il existe  
**100 milliards de galaxies**  
dans tout l'univers!

Fixe ici ta maquette de galaxie!



Les bras spiraux ne sont pas «solides».  
Ils résultent d'une accumulation de matière  
et d'étoiles.  
Tu peux expérimenter le phénomène  
avec ta maquette, en décalant différentes  
orbites à l'intérieur de la galaxie.



Une galaxie est un ensemble  
d'étoiles et de gaz liés ensemble  
par la force de gravité.

# QU'EST-CE QU'UNE GALAXIE?

Depuis que l'Homme a levé les yeux au ciel, il s'est interrogé sur les phénomènes qu'il y observait : lever et coucher du Soleil, mouvement apparent des étoiles, alternance des saisons, mouvement et phases de la Lune.



Entre le IV<sup>e</sup> et le II<sup>e</sup> siècle avant Jésus-Christ, les astronomes grecs construisent la première représentation mathématique des mouvements célestes. Pour eux, la Terre est au centre de l'univers et tous les astres tournent autour d'elle en suivant un mouvement circulaire : c'est le **modèle géocentrique**. C'est aussi à cette époque qu'Erastosthène montre que la Terre est ronde et qu'il en mesure la circonférence.



Environ 3 000 ans avant Jésus-Christ, les Chaldéens ont commencé à étudier en détail les objets célestes : les deux luminaires (Soleil et Lune), les étoiles fixes, et les planètes, qui se déplacent par rapport aux étoiles. Ils vivaient près de Babylone, dans l'actuel Moyen-Orient.



Au XVII<sup>e</sup> siècle, l'astronome italien Galilée adhère à l'idée que Nicolas Copernic avait avancée en 1543 : le Soleil est au centre du monde et les planètes tournent autour. En 1609, Galilée pointe pour la première fois une lunette vers le ciel. Il découvre les cratères de la Lune, les phases de Vénus et les quatre principaux satellites de Jupiter.



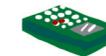
Les Égyptiens furent les premiers à estimer la durée d'une année : 365 jours environ. C'est à eux que l'on doit l'un des premiers calendriers et la découpe d'un jour en 24 heures. Environ 2 000 ans avant Jésus-Christ.



Ce fût difficile pour Galilée et ses successeurs de modifier nos représentations du Monde. Aujourd'hui il reste encore plein de choses à découvrir et des tas de phénomènes à comprendre!



Pour devenir chercheur, il faut faire de longues études en maths et en physique.



# ET AVANT LES TÉLÉSCOPES ?

# ENVIE D'EN SAVOIR PLUS?



Visite donc ces quelques sites sur Internet !

Découvre tout ce qui constitue le système solaire :  
[solarviews.com/french/homepage.htm](http://solarviews.com/french/homepage.htm)

L'actualité de l'astronomie :  
[cidehom.com](http://cidehom.com)

Un véritable planétarium sur ton ordinateur !  
[stellarium.org/fr](http://stellarium.org/fr)

Comprends les phases de la Lune, les saisons,  
grâce à des animations interactives !  
[lamap.fr/calendriers/eleve](http://lamap.fr/calendriers/eleve)

Les belles images réalisées par le satellite Hubble.  
<http://heritage.stsci.edu>

Écoute les scientifiques te raconter l'univers  
avec les podcasts de Ciel et espace radio !  
[cieletespaceradio.fr](http://cieletespaceradio.fr)

Tu pourras tout savoir sur les sciences de l'univers.  
<http://porteauxetoiles.afanet.fr>

Le CNES te propose des bons plans pour réaliser des ateliers,  
lire et t'amuser avec l'espace !  
[cnes-jeunes.fr](http://cnes-jeunes.fr)

Le site internet du service d'astrophysique, pour découvrir  
les projets auxquels participent les chercheurs français.  
<http://irfu.cea.fr/Sap>

**MAQUETTES  
ACCOMPAGNANT  
LE LIVRET  
"C'EST QUOI  
L'ASTROPHYSIQUE?"**



Conception/réalisation : Aurélie Bordenave - aurel-illus.com  
Projet supervisé par Roland Lehoucq, astrophysicien au CEA.

# ANATOMIE DE L'ŒIL

## PLAN DE MONTAGE - (30 MIN ENVIRON)



zone où coller



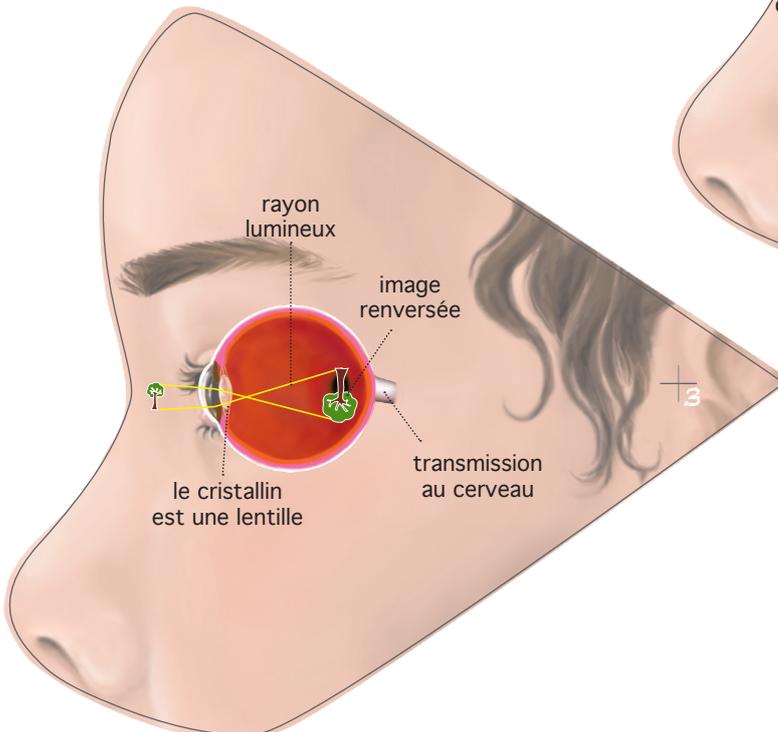
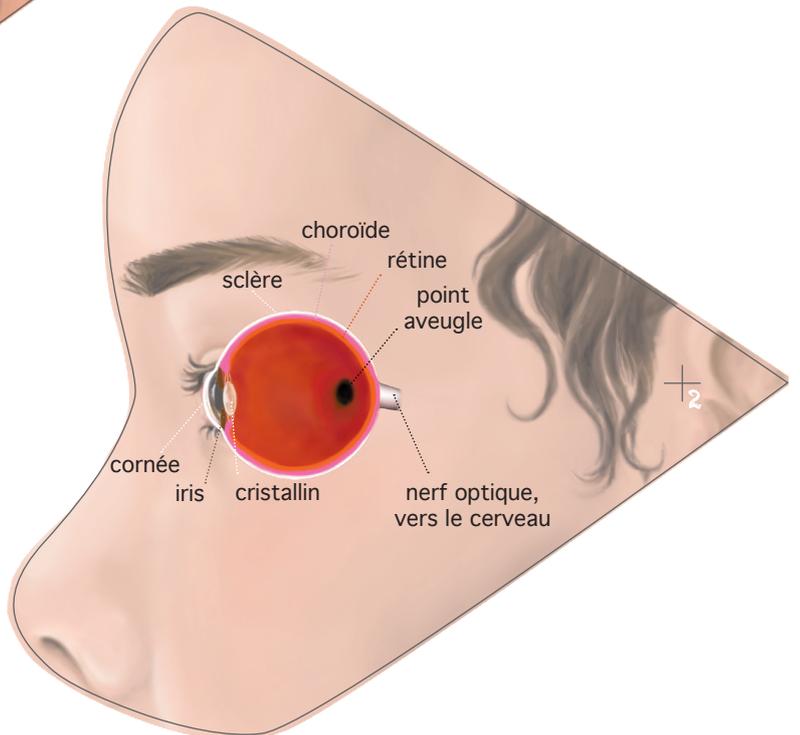
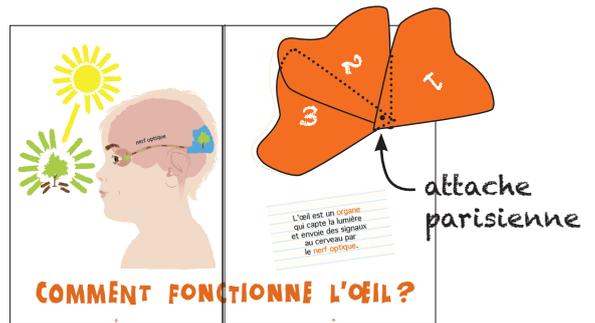
découper avec des ciseaux



glisser une attache parisienne

### MATÉRIEL

- pointe de compas
- ciseaux
- attache parisienne
- carton d'une boîte de céréale (si tu utilises la maquette sans le livret)



- 1-** Découpe les trois parties.
- 2-** Avec la pointe de ton compas, fais un petit trou sur la croix, attention à ne pas déchirer le papier!
- 3-** Enfile l'attache parisienne dans les trous, en respectant l'ordre : 1, 2 et 3!
- 4-** Enfin, après avoir fait un petit trou dans ton livret, enfile la maquette et fixe-la au dos de la feuille, en rabattant les deux bras.

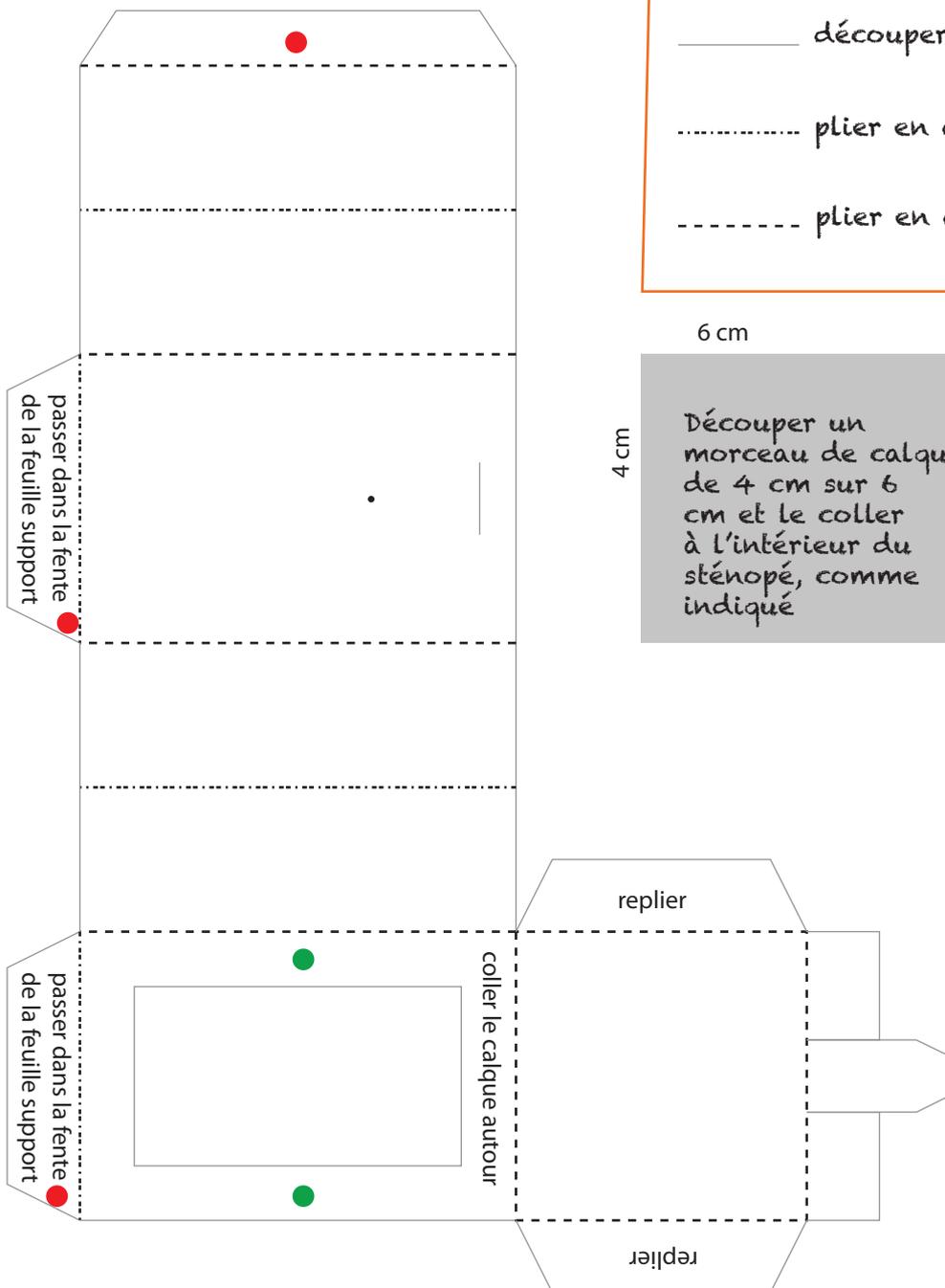
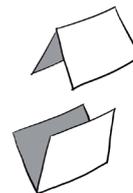
# STÉNOPÉ EN POP-UP

## PLAN DE MONTAGE - (45 MIN ENVIRON)

### MATÉRIEL

- pointe de compas
- ciseaux
- cutter (avec un adulte!)
- colle

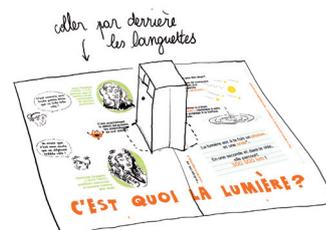
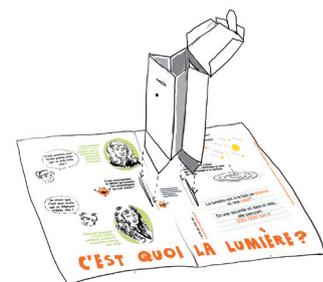
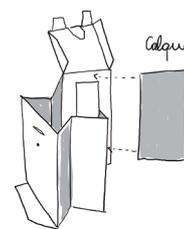
- percer
- ▭ zone où coller
- coller de l'autre côté
- coller sur ce côté
- découper avec des ciseaux
- ⋯ plier en dehors
- ⋯ plier en dedans



6 cm

4 cm

Découper un morceau de calque de 4 cm sur 6 cm et le coller à l'intérieur du sténopé, comme indiqué



Attention!

Pour plier le livret avec le sténopé pop-up, il faut soulever le chapeau du sténopé !

1- Découpe comme indiqué.

2- Avec la pointe de ton compas, fais un petit trou, attention à ne pas déchirer le papier!

3- Plie comme indiqué, en t'aidant d'une règle et d'une pointe dure pour casser le papier.

4- Enfin, enfile le sténopé comme indiqué ci-dessus.

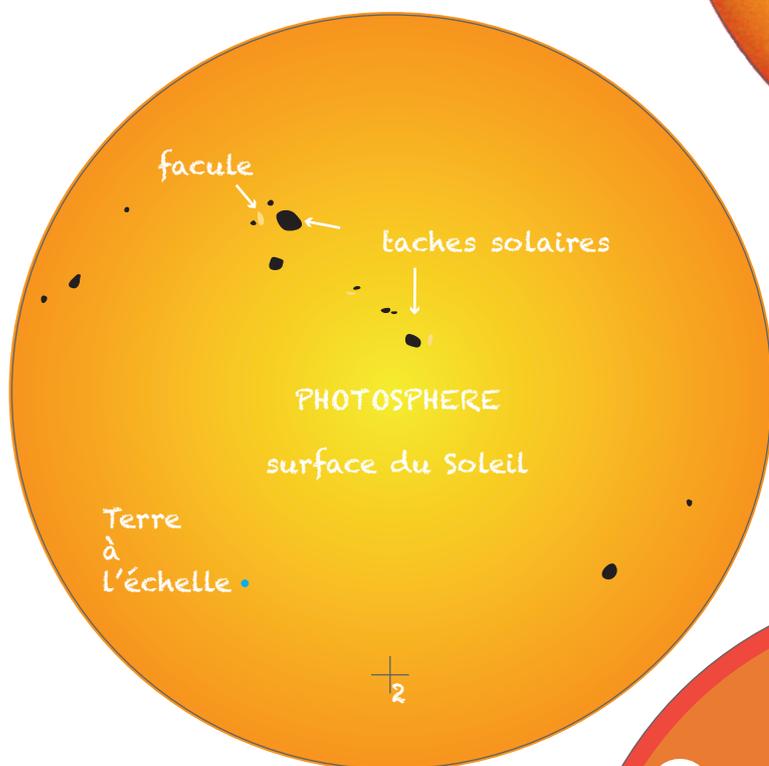
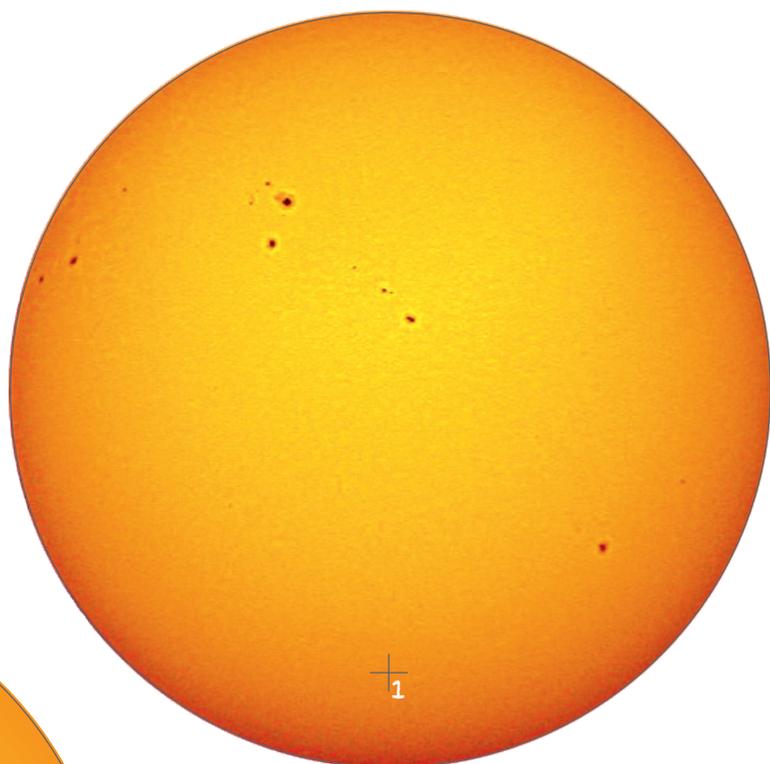
Note: tu peux réaliser un sténopé plus grand, avec une boîte de chaussures par exemple, l'expérience sera mieux réussie.

# LE SOLEIL, NOTRE ÉTOILE

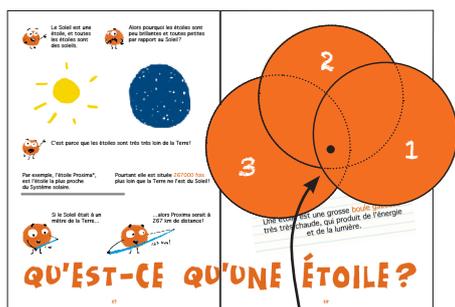
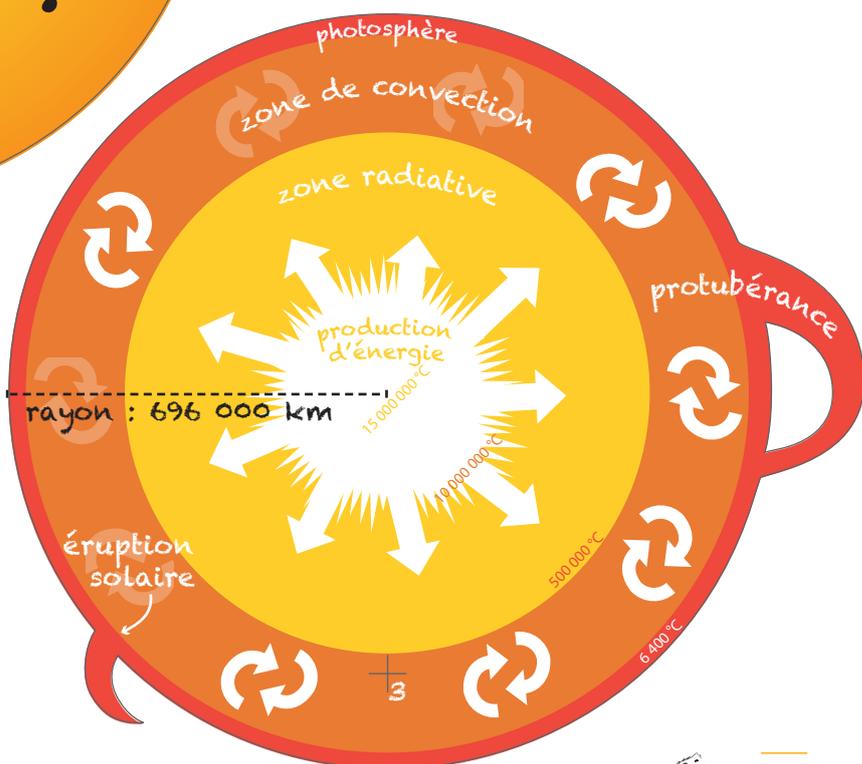
PLAN DE MONTAGE - (30 MIN ENVIRON)

## MATÉRIEL

- pointe de compas
- ciseaux
- attache parisienne
- carton d'une boîte de céréale (si tu utilises la maquette sans le livret)



+ glisser une attache parisienne  
— découper avec des ciseaux



attache parisienne

# GALAXIE SPIRALE

## PLAN DE MONTAGE - (30 MIN ENVIRON)

découper avec des ciseaux

+ glisser une attache parisienne

### MATÉRIEL

- pointe de compas
- ciseaux

• carton d'une boîte de céréale  
(si tu utilises la maquette sans  
le livret)

Enfiler l'attache parisienne  
de la plus petite à la plus  
grande ellipse.  
Fixer ensuite au livret.

