



# Le Soleil et sa lumière

**L**E GRAND tournesol qui tourne sa large corolle jaune vers le Soleil levant, la cigale qui cesse de chanter dès qu'il fait nuit, et des millions d'êtres vivants dont les hommes font partie sont inexorablement liés à la lumière dont le Soleil nous arrose de son lever à son coucher.

De quoi est faite cette lumière, comment la blanche lueur qui nous vient du Soleil peut-elle donner naissance à de fabuleux arcs en ciel ? Et l'ombre, d'où vient-elle, et le ciel est-il vraiment bleu, et qui donc éclaire la Lune ?

Peut-on envisager d'utiliser cette lumière aussi efficacement que le font les plantes vertes, pour en faire des énergies stockables et utilisables là où le Soleil ne brille pas ?

## Plan

1. Soleil, qui es-tu ? : une étoile ordinaire
2. Une lumière intense
3. Ombre et lumière
4. Un peu d'optique
5. Les couleurs de la lumière
6. Les couleurs du Soleil et du ciel
7. L'arc-en-ciel
8. La photosynthèse
9. La lumière, source d'électricité

## 1. Soleil, qui es-tu ? Une étoile ordinaire

Le Soleil n'est qu'une étoile comme il en existe environ 200 milliards dans notre Voie lactée, mais nous en sommes très proches : l'étoile la plus voisine est 270 000 fois plus loin de nous que le Soleil. Grâce à cette proximité, nous avons pu l'observer en détail et comprendre son fonctionnement.

### a. Le Soleil en quelques chiffres

C'est une énorme boule de gaz qui mesure 1,4 million de km de diamètre (celui de la Terre est de 12 800 km), dont la masse de 2 000 milliards de milliards de milliards de kg (330 000 fois celle de la Terre) est formée à 75 % d'hydrogène, 25 % d'hélium et d'un petit reste (0,1 %) d'éléments plus lourds (lithium, carbone, oxygène, azote...).

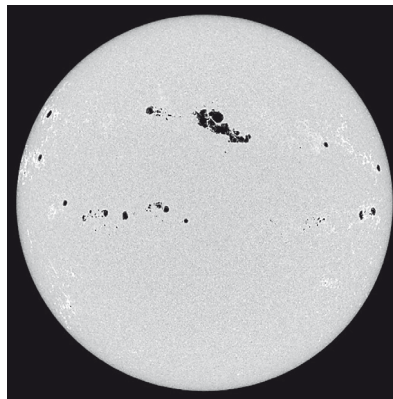


Figure 1.1 La surface du Soleil le 29/3/2001

### b. Une énorme centrale thermonucléaire

Au cœur du Soleil, dans une boule qui occupe le cinquantième de son volume mais contient plus de la moitié de sa masse, la température atteint 15 millions de degrés. C'est là que se produit la « fusion » de l'hydrogène qui se transforme en hélium en dégageant une grande quantité de chaleur. Plus de 500 millions de tonnes de noyaux d'hydrogène fusionnent chaque seconde, libérant près d'un demi-milliard de milliards de milliards de joules<sup>1</sup>...

### c. Une boule rayonnante

L'énergie fabriquée au cœur du Soleil met des centaines de milliers d'années à traverser les différentes couches qui le séparent de la surface. C'est cette surface, la « photosphère », que nous voyons. Sa

1. Le joule est l'unité internationale d'énergie. C'est l'énergie dégagée par un générateur d'une puissance de 1 watt pendant une seconde. À titre d'exemple, il faut fournir 4,18 joules pour échauffer 1 g d'eau de 1 °C.



température est d'environ 6 000 K (degré kelvin<sup>1</sup>) ce qui fait qu'elle brille d'une lumière intense qui rayonne dans l'espace et nous envoie lumière et chaleur. L'observation de la photosphère avec des filtres appropriés montre l'apparition, parfois, de taches sombres qui évoluent et finissent par disparaître. Nous en reparlerons au chapitre 4.

## 2. Une lumière intense

Chaque matin, nous « allumons » le Soleil, chaque soir, nous l'éteignons, quoi de plus naturel : presque tous les êtres vivants en font autant. Lors d'une éclipse, le Soleil disparaît soudain et cette nuit inattendue engendre des comportements inhabituels : les poules se couchent, les oiseaux se taisent, les chiens rentrent à la niche...

Même caché par les nuages, le Soleil est là, il les éclaire par-dessus, ceux-ci « diffusent la lumière » dans toutes les directions, ce qui fait qu'on ne sait plus où il est, la lumière arrivant de tous les points du ciel, mais nous voyons tout presque aussi bien que lorsqu'il nous éclaire en direct.

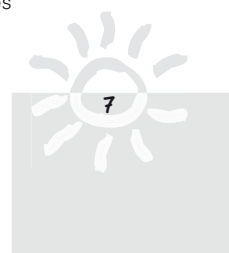
### n°1

#### expérience

Découper complètement la face supérieure d'une boîte cubique en carton<sup>2</sup> d'environ 30 cm de côté et percer un trou carré de 10 cm de côté sur une face latérale. Pour simuler le ciel nuageux, préparer une feuille de papier-calque assez grande pour couvrir complètement la face supérieure. Disposer dans la boîte quelques petits objets de différentes formes, observer par le trou latéral et comparer l'ombre des objets éclairés en direct par le Soleil ou à travers la feuille de papier-calque.

Le Soleil est une lampe particulièrement intense.

1. L'échelle de température Kelvin est décalée de 273,15 degrés par rapport à l'échelle des degrés centigrades. Exemple : 0 °C (fusion de la glace) correspond à 273,15 K.
2. Voir la « liste du matériel nécessaire pour les expériences », placée en fin d'ouvrage.



## n° 2

### expérience

Sur une feuille de papier blanc partiellement éclairée par le Soleil, approcher progressivement une lampe torche puissante jusqu'à obtenir le même éclairement que le Soleil. Refaire la même expérience en remplaçant la lumière du Soleil par celle d'une lampe ordinaire.

À l'aube et au crépuscule, la lumière qui nous parvient du Soleil parcourt une grande distance à travers l'atmosphère, le rayonnement solaire est atténué à tel point que le Soleil peut être observé à l'œil nu sans grand danger.

En revanche, il faut éviter de le regarder lorsqu'il est haut dans le ciel, même si sa lumière est atténuée par des nuages ou de la brume, car sa luminosité peut croître très rapidement dès qu'il en sort. La brume, les poussières atmosphériques et les nuages sont autant de facteurs qui contribuent à atténuer le rayonnement.

Regarder le Soleil à travers les dispositifs optiques grossissants, par exemple des jumelles, une lunette astronomique ou un télescope, dépourvus de filtre adapté (filtre solaire) est extrêmement dangereux et peut rapidement provoquer des dommages irréparables à la rétine, au cristallin et à la cornée.

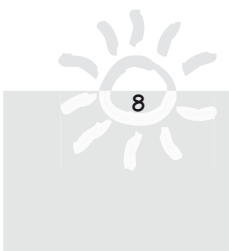
En effet, avec des jumelles, environ 500 fois plus d'énergie frappe la rétine, ce qui peut en détruire les cellules quasiment instantanément et entraîner une cécité permanente.

Les filtres utilisés pour observer le Soleil doivent être spécialement fabriqués pour cet usage car certains filtres laissent passer les rayons ultraviolets ou infrarouges, ce qui peut blesser l'œil.

Les filtres doivent être placés devant l'entrée de l'instrument, jamais sur la sortie, pour éviter que la lumière du Soleil ne traverse directement l'instrument.



Figure 1.2 Image photographique du Soleil prise avec un filtre



Les films photographiques surexposés – et donc noirs – ne sont pas suffisants pour observer le Soleil en toute sécurité : ils laissent passer trop d'infrarouges. Il est recommandé d'utiliser des lunettes spéciales en Mylar noir qui ne laissent passer qu'une très faible fraction de la lumière et qu'on utilise en particulier pour observer les éclipses de Soleil.

Il existe dans le commerce des montages simples et bon marché qui donnent des images du disque solaire d'excellente qualité (Solarscope). Nous proposons de réaliser un montage équivalent au chapitre 3.5.

### 3. Ombre et lumière

#### a. Ombre portée et cône d'ombre

En été, on cherche l'ombre, l'endroit où la lumière directe du Soleil est arrêtée par un objet opaque. Mais qu'est-ce que l'ombre : est-ce cette marque noire sur le sol, ou alors tout l'espace que le Soleil n'atteint pas ? En fait, c'est l'un et l'autre, la marque noire s'appelle l'**ombre portée**, l'espace sans Soleil est le **cône d'ombre**.

#### n°3

expérience

Se placer dos au Soleil et observer l'ombre portée que dessine notre corps sur le sol. Déplacer sa main devant soi à la limite de l'ombre de son corps, de façon à ce qu'elle soit à moitié éclairée. On peut visualiser ainsi le contour de son cône d'ombre.

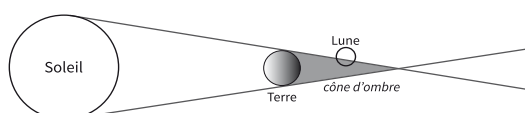
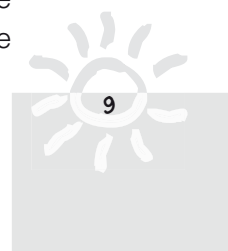


Figure 1.3 Le cône d'ombre de la Terre

Le cône d'ombre de la Terre, représenté sur la figure ci-dessus, nous le connaissons bien, chaque nuit nous le traversons. En revanche, son ombre portée ne nous est révélée que lors d'une éclipse de Lune, qui se produit lorsque celle-ci rentre dans le cône d'ombre de la Terre. Le dessin ci-dessus montre les positions respectives du Soleil, de la Terre



et de la Lune lors d'une telle éclipse et la photo ci-dessus montre cette ombre portée. Il ne faut pas confondre cette image avec celle des phases de la lune dont nous parlerons au chapitre 3.



Figure 1.4 Ombre portée de la Terre sur la lune

### question n°1

Le télescope JWST (James Webb Space Telescope), qui doit succéder au télescope Hubble, sera envoyé en un point situé à 1,5 million de km de la Terre, sur l'axe Soleil-Terre, du côté opposé au Soleil. Cette position assure à l'objet un mouvement qui maintiendra constantes ses positions respectives par rapport à la Terre et au Soleil.

Sous quel angle voit-on le Soleil et la Terre depuis ce point ? JWST verra-t-il le Soleil ?

On prendra une distance moyenne Soleil-Terre égale à 150 millions de km. On rappelle que le diamètre de la Terre est de 12 800 km et celui du Soleil de 1,4 million de km.

Aide : L'angle  $\alpha$  sous lequel on voit un objet dépend du diamètre  $D$  de l'objet et de son éloignement  $L$  par rapport au lieu d'observation. Si  $L$  est très grand par rapport à  $D$ , la valeur de l'angle exprimé en radian\* est sensiblement égale au rapport  $D/L$  du diamètre par la distance.

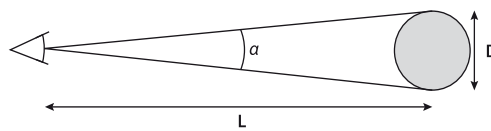


Figure 1.5 Angle sous lequel on voit un objet

\* Le radian (rd) est une unité de mesure des angles définie par la relation :  $2\pi \text{ rd} = 360^\circ$ , soit  $1 \text{ rd} = 57^\circ 17' 44,48''$ .

## b. Pénombre

Chaque point de la surface du Soleil est une source ponctuelle qui donne d'un objet opaque une ombre nette, mais comme le Soleil a une certaine étendue, l'ombre véritable est la somme de toutes ces ombres nettes légèrement décalées les unes par rapport aux autres. La limite entre la partie éclairée et la partie obscure a donc une certaine largeur, d'autant plus grande que l'objet est plus éloigné de la surface où l'ombre se projette. Cette zone est appelée pénombre.

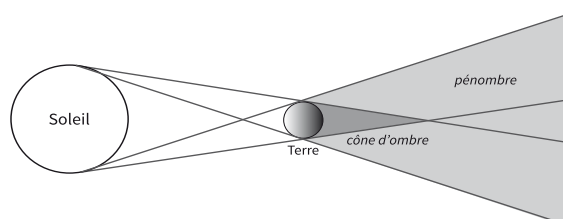


Figure 1.6 Cône d'ombre et cône de pénombre

## n°4

expérience

On utilise un chevalet pour orienter une feuille de papier blanc perpendiculairement à la direction du Soleil. On place une balle de tennis, par exemple, devant la feuille et on l'éloigne progressivement jusqu'à environ deux mètres. On peut alors observer l'évolution de l'ombre en fonction de la distance.

La Terre, éclairée par le Soleil, donne naissance, dans la direction opposée au Soleil, à deux cônes, un cône d'ombre et un cône de pénombre.

Les photos ci-après sont celles d'une baguette éclairée par le Soleil, située à différentes distances  $D$  d'un écran blanc orienté perpendiculairement à la direction du Soleil.

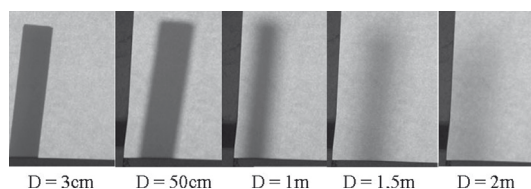


Figure 1.7 Baguette éclairée par le Soleil

**question n°2**

En regardant cette série d'images, à quelle distance  $D$  estimez-vous que l'ombre disparaît au profit de la pénombre ? Calculez alors la valeur approximative du diamètre de la baguette.

**c. Tromper son ombre**

**n°5**

**expérience**

Chercher un miroir éclairé par le Soleil à travers une fenêtre et qui projette sa lumière sur un mur. Placer sa main à la fois entre le Soleil et le miroir et dans la lumière réfléchie par le miroir : on peut en observer les deux ombres sur le mur. En regardant sa main, on peut constater qu'il n'y a plus de cône d'ombre, elle est éclairée des deux côtés !

**d. Quand la pénombre disparaît**

**n°6**

**expérience**

Un jour de grand Soleil à midi, rechercher un arbre bien feuillu et projeter sur le sol l'ombre d'un crayon tenu à la main, éclairé d'une part par le plein Soleil, d'autre part par ce qui passe de lumière solaire à travers un petit trou entre les feuilles de l'arbre. L'ombre a-t-elle le même aspect dans les deux cas ?

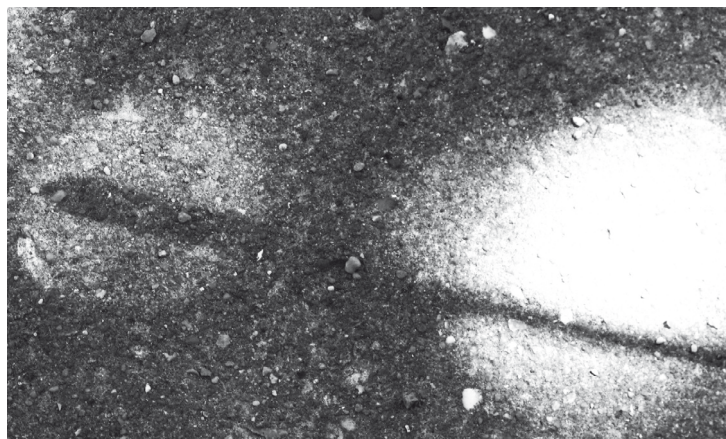


Figure 1.8 Quand la pénombre disparaît

