

L'éclipse de Soleil du 20 mars 2015

Entre 9 h 30 et 11 h 30, les trois quarts du disque solaire seront occultés par la Lune. Cet événement relativement rare mérite d'être observé mais il convient de ne pas oublier les consignes de sécurité.

Les éclipses de Soleil

On parle d'éclipse de Soleil lorsque l'on voit la Lune cacher entièrement ou partiellement le Soleil¹. Il faut donc que les trois astres, Soleil, Lune et Terre soient alignés dans cet ordre. Une éclipse de Soleil ne peut se produire qu'à la nouvelle Lune.

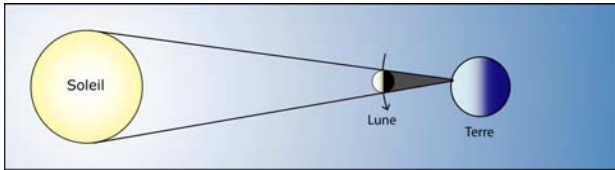


Figure 1. Schéma d'une éclipse totale de Soleil.

L'ombre de la Lune a la forme d'un cône de 375 000 km de longueur environ alors que la distance Terre - Lune varie de 356 000 à 407 000 km. L'ombre n'atteint donc pas forcément la surface terrestre. Le 20 mars 2015, la Lune sera assez proche de la Terre et l'éclipse sera totale (depuis le nord des côtes de l'Europe).

La zone d'ombre est entourée d'une zone de pénombre. Un observateur situé dans la pénombre verra le Soleil partiellement occulté par l'astre. La pénombre n'est pas homogène. Elle est beaucoup plus sombre à proximité de l'ombre que sur les bords.



Figure 2. Ombre et pénombre de la Lune se projetant sur la Terre le 11 août 1999, photographiées depuis la station MIR par JP Haigueré. On ne distingue ici que la partie la plus sombre de la pénombre qui s'étend sur environ 3 000 km (crédit CNES).

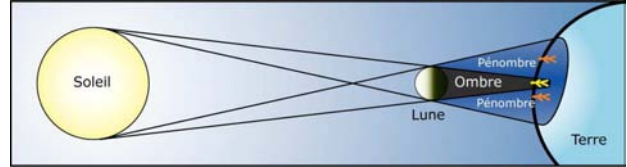


Figure 3. Ombre et pénombre. Le personnage au centre voit une éclipse totale alors que les deux autres voient la Lune cacher partiellement le Soleil.

Pourquoi n'y a-t-il pas d'éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune ?

La Lune tourne autour de la Terre dans un plan incliné de 5° par rapport au plan de l'écliptique (le plan de l'orbite terrestre). L'intersection de ces deux plans s'appelle la ligne des nœuds.

C'est à cause de cette inclinaison du plan de l'orbite lunaire qu'il n'y a pas d'éclipse de Soleil à chaque nouvelle Lune. Il y a éclipse si la nouvelle Lune a lieu à proximité d'un des nœuds donc dans le plan de l'écliptique (terme qui vient du mot éclipse).

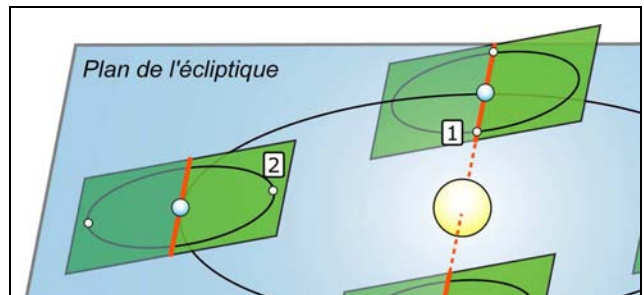


Figure 4. Ligne des nœuds et éclipses

En 1, la ligne des nœuds passe par le Soleil à la nouvelle Lune, il y a une éclipse de Soleil.

En 2, l'ombre de la Lune passe au-dessus de la Terre, il n'y a pas d'éclipse de Soleil.

En réalité, pour qu'il y ait éclipse, il n'est pas obligatoire que la ligne des nœuds passe par le Soleil exactement à la nouvelle Lune. Il y a un délai d'une quinzaine de jours de part et d'autre, ce qui fait plus d'une lunaison. On est donc certain d'avoir une éclipse de Soleil dans le mois entourant le passage de la ligne des nœuds par le Soleil, ce qui donne donc deux éclipses de Soleil chaque année. Exceptionnellement, il peut même y avoir deux éclipses de Soleil lors de deux nouvelles lunes consécutives (elles sont alors partielles) comme ce sera le cas en 2018, le 13 juillet et le 11 août.

¹ L'expression "éclipse de Soleil" est d'ailleurs impropre, on devrait plutôt parler d'occultation du Soleil par la Lune. Le terme d'éclipse indique théoriquement le passage d'un astre dans l'ombre d'un autre comme lors d'une éclipse de Lune.

L'éclipse du 20 mars 2015



Fig. 5. Carte de l'éclipse (document IMCCE)

L'ombre de la Lune se projettera sur Terre dans l'Atlantique Nord et l'océan Arctique, dans une région comportant peu de terres émergées et à la météo incertaine. Il sera donc difficile d'observer une éclipse totale.

Vue depuis l'Europe, la Lune ne cachera qu'une partie du Soleil. L'éclipse y sera partielle.

On verra la Lune passer devant le Soleil d'ouest en est. La durée du phénomène sera d'environ 2 heures.

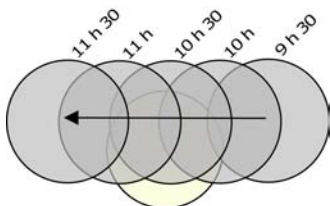


Fig. 6. La Lune passant devant le Soleil le 20 mars, vue depuis le centre de la France (heures légales). Le pourcentage du disque solaire éclipsé varie entre 58 % à Ajaccio et 82 % au nord-ouest de la France, de Brest à Dunkerque.

Ville	Bastia	Lyon	Paris
Aspect au moment du maximum			
Heure du maximum (h. légale)	10 h 28	10 h 27	10 h 29

Fig. 7. L'éclipse vue depuis différentes villes de France.

La figure 6 ne montre pas ce que l'on pourra observer dans le ciel le 20 mars puisque la Terre tourne sur elle-même pendant ce temps. On verra le Soleil se lever, monter dans le ciel, puis être grignoté par la Lune par la droite (figure 8).

Étant donné le sens de déplacement de la Lune, l'éclipse a lieu plus tôt dans le sud-ouest, entre 9 h 12 et 11 h 28 à Pau, et plus tard dans le nord-est, de 9 h 27 à 11 h 47 à Strasbourg (figure 9).

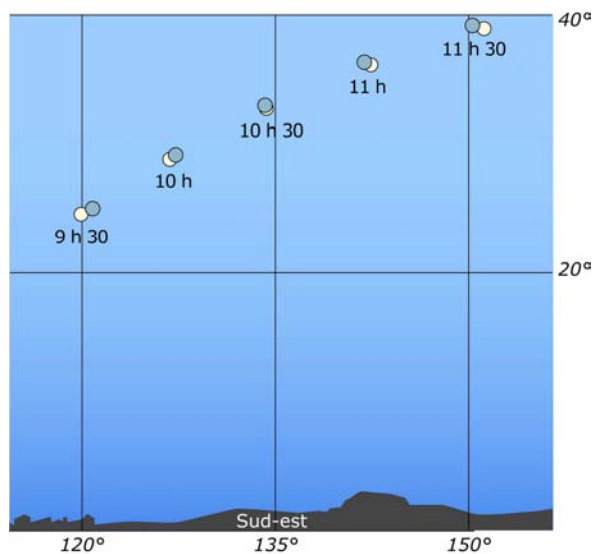


Fig. 8. L'éclipse vue depuis le centre de la France. On a aussi dessiné la Lune qui n'est en réalité pas visible. Le Soleil ainsi que la Lune ont été grossis deux fois. Les graduations indiquent la hauteur au-dessus de l'horizon ainsi que l'azimut, compté à partir du nord. Les heures indiquées sur les figures 8 et 9 sont en heure légale (heure de la montre).

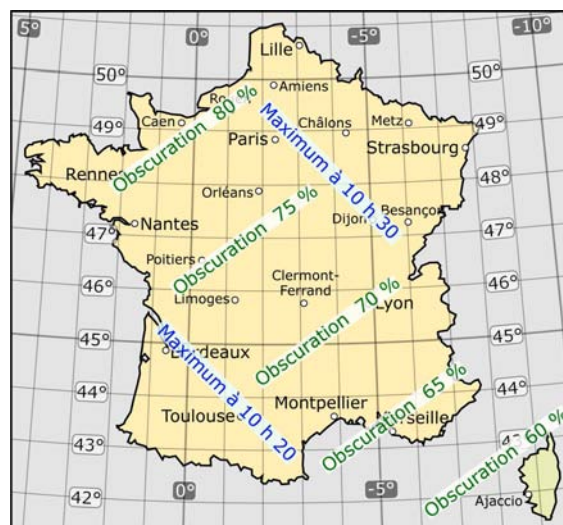


Fig. 9. Heure du maximum et obscurité (pourcentage du disque solaire éclipsé) en France. Vous trouverez les données précises (heures du début, du maximum, de la fin, obscurité...) pour chaque département sur le site de l'IMCCE (imcce.fr) à la page grand public, les éclipses de Soleil, 20 mars 2015, chefs-lieux des départements.

Quelques données sur l'éclipse

À l'heure du maximum et vus du centre de la France (depuis Bourges) :

- diamètre apparent du Soleil : $0,535^\circ$ (32,1')
 - diamètre apparent de la Lune : $0,562^\circ$ (33,7')
 - distance du centre du Soleil : 1 489 650 km
 - distance du centre de la Lune : 354 430 km
- Les valeurs changent peu pour les autres villes.

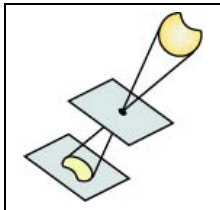
Comment observer une éclipse

Il faut tout d'abord rappeler que l'on n'observe jamais le Soleil directement. On peut se brûler la rétine de manière irréversible. Mais il existe des méthodes sans danger.

Les méthodes par projection

1. Le carton troué

Prenez une feuille épaisse ou un carton noir et percez-y un trou d'environ 1 mm de diamètre. Placez votre feuille au Soleil, un petit rayon de lumière passera par le trou et si vous mettez une feuille blanche derrière à une cinquantaine de centimètres, vous obtiendrez en temps normal une petite tache lumineuse circulaire. Si vous faites l'expérience pendant l'éclipse, votre tache aura la forme du Soleil éclipsé.



2. Le tube en carton

Avec un tube en carton assez long (de 50 cm à 1 m), on peut construire une chambre noire : on ferme le tube d'un côté par un carton noir percé d'un trou de 1 mm environ, de l'autre par un papier calque. On vise le Soleil sans le regarder, en utilisant l'ombre du tube, et on obtient une tache lumineuse sur le calque, c'est l'image du Soleil. Celle-ci est relativement petite, à peine 1 cm pour un tube de 1 m de long.



3. Derrière une paire de jumelles ou une lunette

On utilise une paire de jumelles ou une lunette sur pied dirigée vers le Soleil. On met derrière l'oculaire une feuille blanche sur laquelle se projette le Soleil.



C'est une méthode qui donne une bonne image, particulièrement pratique pour observer à plusieurs et sans aucun danger à condition que personne ne regarde à travers les jumelles ou la lunette sous peine de se brûler gravement les yeux. Il faut donc surveiller ce matériel en permanence.

Sur le même principe, on trouve aussi des "solarscopes" ; leur avantage est qu'on ne peut pas y mettre l'œil à l'oculaire.



Les filtres

1. Filtre sans instrument

On trouve dans le commerce trois types de filtres : les filtres en mylar (efficace à condition de n'être ni froissé ni plié), le polymère (plus résistant) et le verre de soudeur grade 14 (qui a l'avantage de pouvoir être utilisé de longues années). Ces filtres peuvent être fixés sur un support en carton ou sur des lunettes... Il faut éviter tous les autres filtres non testés. On peut acheter des lunettes en mylar ou en polymère toutes faites ainsi que des verres de soudeur grade 14 collés sur support.



Filtre en polymère fixé solidement sur un carton percé.



Viséclipse (verre de soudeur grade 14 sur support).

2. Filtre sur instrument

C'est la méthode qui donne les plus belles images mais c'est aussi la plus onéreuse. On utilise une lunette ou un télescope muni d'un filtre pleine ouverture pour le Soleil, fixé solidement à l'entrée de l'instrument. Il est aussi possible de se fabriquer un filtre à partir d'une feuille en mylar ou en polymère prévue pour l'observation du Soleil, nettement moins chère qu'un filtre, à condition qu'elle soit en parfait état. Il est conseillé de diminuer l'ouverture de l'instrument s'il dépasse 100 mm. Il est très fortement déconseillé d'utiliser les petits filtres qui se vissent sur l'oculaire, ils peuvent chauffer et se fendre.



La photographie

Pour la photo d'éclipse, le filtre solaire est toujours indispensable, soit devant la lunette ou le télescope, soit devant l'objectif si on n'utilise pas d'instrument.

Trois méthodes sont possibles :

- utiliser un zoom ou un téléobjectif ;
- utiliser un appareil numérique compact fixé derrière l'oculaire d'une lunette ou d'un télescope (ou même tenu à la main) ;
- utiliser un appareil reflex sans objectif fixé au foyer de l'instrument.

Dans tous les cas, il faut utiliser différents temps de pose pour arriver à un bon résultat.



L'éclipse partielle du 31 mai 2003.

Activités préparatoires

Voici quelques exemples d'activités préparatoires.

Une maquette

Parmi les nombreuses activités possibles, les maquettes sont toujours plus parlantes que les schémas. Pour une éclipse de Soleil, il faut :

- un globe terrestre ;
- une lune 3 à 4 fois plus petite que le globe ;
- une source de lumière plus grosse que la Lune pour que le cône d'ombre soit dans le bon sens. Le plus simple est de prendre le vrai Soleil quand il n'y a pas de nuage.

Pour être à l'échelle, la Lune doit être placée à 30 fois le diamètre du globe.



Avec un globe de 10 cm de diamètre et une Lune de 3 cm placée à 3 m, le tout au Soleil, on peut simuler une éclipse de Soleil.

La Lune peut-elle cacher le Soleil ?

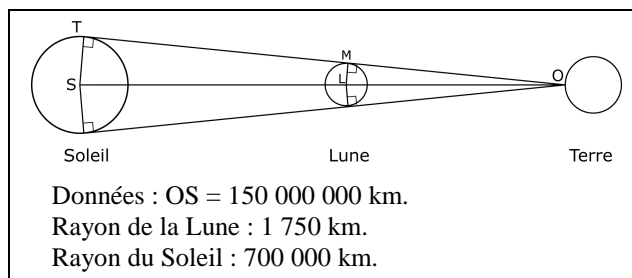
Comment un objet petit comme la Lune peut-il cacher un objet gros comme le Soleil ? La réponse peut être trouvée par de jeunes enfants à partir de manipulations simples. Par exemple, un disque de 1,20 m de diamètre représentant le Soleil et disposé à 120 m peut être caché par une Lune de 3 mm placée à 30 cm.

Les données proposées ici représentent le système solaire à l'échelle approximative de un milliardième.

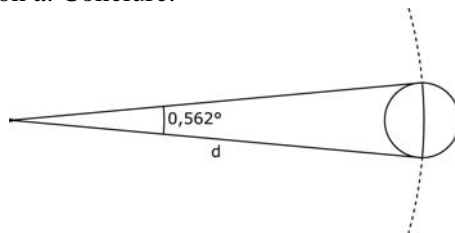


Vous trouverez un exemple d'expérience pédagogique menée avec une classe de primaire dans le n° 131 des cahiers Clairaut.

Quelques calculs



- a. Calculer à quelle distance il faudrait placer la Lune pour qu'elle cache exactement le Soleil pour l'observateur placé en O.
- b. Calculer le coefficient d'agrandissement qui permet de passer du triangle OLM au triangle OST.
- c. La distance Terre Lune varie de 356 000 km à 406 000 km. Conclure.
- d. Le 20 mars 2015 au matin, on verra la Lune sous un diamètre apparent de $0,562^\circ$. Calculer sa distance. Comparer avec la distance trouvée à la question a. Conclure.



Solutions

- a. On trouve $OL = 375\,000$ km (th. de Thalès).
- b. Le coefficient d'agrandissement est de 400 : **le Soleil est 400 fois plus gros que la Lune et il est 400 fois plus éloigné qu'elle.**
- c. Soleil, Lune, observateur étant alignés, la Lune cachera entièrement le Soleil (éclipse totale) si elle est située à moins de 375 000 km. Sinon, l'éclipse sera annulaire (il reste un anneau de Soleil autour de la Lune). Ces deux types d'éclipses sont possibles.
- d. Plusieurs méthodes sont possibles. On peut utiliser la trigonométrie ou, plus simplement, assimiler le diamètre de la Lune à un arc de cercle centré sur l'observateur et écrire ensuite que l'angle au centre est proportionnel à la longueur de l'arc. On trouve 354 000 km (c'est moins que la distance minimale donnée à la question précédente mais il s'agit ici de la distance depuis la surface de la Terre et non de centre à centre). On peut conclure que, le 20 mars, la Lune sera suffisamment proche pour cacher entièrement le Soleil. Mais pour voir l'éclipse totale, il faudra aller plus au nord, entre l'Islande et l'Écosse ou la Norvège.

(Ces textes sont extraits en partie d'anciens articles des Cahiers Clairaut)