

OBSERVATION

Des activités pour l'éclipse de Soleil du 3 octobre 2005

Pierre Causeret, pierre.causeret@wanadoo.fr

Résumé : Le 3 octobre 2005, nous pourrons observer en France une éclipse partielle de Soleil. Ce sera l'occasion de parler du phénomène à nos élèves mais aussi de faire divers calculs avant, pendant et après l'éclipse, comme la mesure de la distance de la Lune. Toutes les heures indiquées ici sont en TU.

Le phénomène

Ce sera la deuxième éclipse partielle de ce siècle pour les observateurs situés en France métropolitaine, après celle du 31 mai 2003 au lever du Soleil. L'éclipse du lundi 3 octobre 2005 ne sera nulle part totale car la Lune sera trop éloignée pour cacher entièrement le Soleil. Les observateurs les mieux placés verront une éclipse annulaire. Ce sera le cas en Espagne (à Madrid ou Valence), en Algérie ou en Tunisie. L'heure donnée pour le maximum de l'éclipse est 10h31. Cela correspond au moment où l'angle centre de la Lune – centre de la Terre – centre du Soleil est minimal.



La zone de centralité traverse l'Espagne en passant par Madrid et Valence (carte extraite du site de l'IMCCE)

On trouvera tous les renseignements détaillés, horaires, carte de la zone centrale... sur le site de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (www.imcce.fr, choisir éphémérides, éclipses de Soleil, puis 3 octobre 2005). Toutes les données présentées ici proviennent de l'IMCCE.

L'éclipse en France

Pour un observateur situé en France, le maximum aura lieu entre 8h 57 en Bretagne et 9h 11 en Corse. Le pourcentage de Soleil éclipsé sera maximum au sud-ouest de la France (87 % à Pau) et minimum au nord-est (55% à Strasbourg). La durée de l'éclipse sera la plus longue au sud (2h49 à Ajaccio) et la plus courte au nord (2h31 à Lille).

Distances utiles

Le 3 octobre 2005 à 10h31 TU
Distance Terre Soleil : 149 700 000 km
Distance Terre Lune : 396 000 km
(données de centre à centre)

Le 3 octobre 2005 depuis Madrid à 8h58
(heure du maximum)
Distance de la Lune : 393 140 km
Distance du Soleil : 149 674 800 km

Le 3 octobre 2005 depuis Paris à 9h03
(heure du maximum)
Distance de la Lune : 393 270 km
Distance du Soleil : 149 674 500 km

Calculs à faire avant l'éclipse

On peut vérifier de différentes manières que l'éclipse du 3 octobre ne sera pas totale. Ces exercices sont inspirés de la fiche 4 (éclipses de Soleil) du hors série n°9 des Cahiers Clairaut.

Exercice n° 1 (facile, niveau 3^e)

Le 3 octobre 2005, la Lune passera entre le Soleil et la Terre.

a. À quelle distance devrait-elle être pour qu'elle cache exactement le Soleil ?

Données

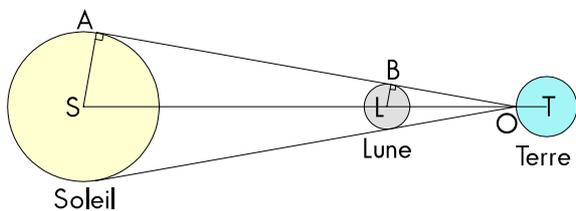
Distance Terre - Soleil : 149 700 000 km (ST)

Rayon du Soleil : 695 000 km (AS)

Rayon de la Terre : 6 370 km (OT)

Rayon de la Lune : 1 740 km (BL)

b. En réalité, elle passera à 396 100 km. Que peut-on en conclure ?



Solution :

a. $(AS)/(BL)$, ce qui permet d'utiliser le théorème de Thalès. On connaît AS, BL et $OS = ST - OT$, on trouve $OL \approx 375\ 000$ km.

b. La Lune sera plus éloignée donc elle ne pourra pas cacher entièrement le Soleil.

Exercice n°2 (niveau 3^e, plus difficile)

Le 3 octobre 2005, la Lune passera entre le Soleil et la Terre. On veut calculer la position du sommet du cône d'ombre.

Les données

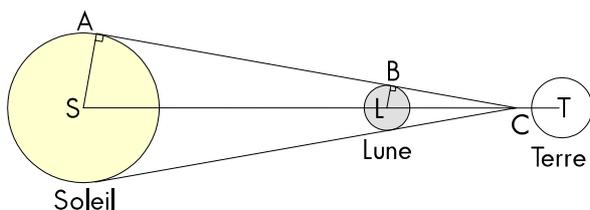
Distance Terre - Soleil : 149 700 000 km (ST)

Distance Terre - Lune : 396 100 km (LT)

Rayon du Soleil : 695 000 km (AS)

Rayon de la Terre : 6 370 km

Rayon de la Lune : 1 740 km (BL)



Solution

C'est encore le théorème de Thalès, mais il faut résoudre une équation pour arriver à la solution.

On connaît AS, BL et $LS = ST - LT$, on écrit :

$CL = x$. On obtient :

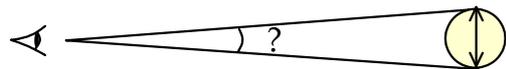
$$x/(x + LS) = BL/AS,$$

d'où $x \approx 375\ 000$ km et $CT \approx 20\ 000$ km.

On vérifie ainsi que le cône d'ombre n'atteint pas la Terre, il n'y aura pas d'éclipse totale vue du sol.

Exercice n°3 (à partir de la 6^e)

Une autre manière d'aborder le problème est de faire calculer le diamètre apparent du Soleil et de la Lune vus depuis la zone de centralité. On peut alors dessiner l'aspect du Soleil éclipsé.



Le diamètre apparent d'un astre est l'angle sous lequel on l'observe depuis la Terre.

Données :

Diamètre de la Lune : 3476 km

Diamètre du Soleil : 1 390 000 km

Distance depuis Madrid à 8h58 TU (heure du maximum) :

de la Lune : 393 140 km

du Soleil : 149 674 800 km

Solution

Les calculs peuvent être faits de différentes manières, avec de la trigonométrie ou des angles en radians par exemple.

Mais on peut aussi n'utiliser que des outils mathématiques niveau 6^e en assimilant le diamètre de l'astre à un arc de cercle centré sur l'observateur et en utilisant des proportions entre l'angle et la longueur de l'arc.

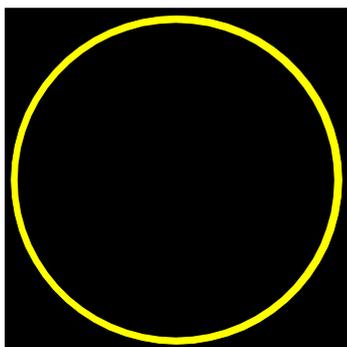
Pour la Lune, la longueur d'un cercle de rayon 393 140 km est d'environ 2 470 200 km.

On a donc 2 470 200 km pour un angle au centre de 360° et 3476 km (le diamètre de la Lune) pour un angle de $360 \times 3476 / 2\ 470\ 200$, ce qui donne 0,507°.

Pour le Soleil, on obtient :

$360 \times 1\ 390\ 000 / (2 \times \pi \times 149\ 674\ 800)$ soit 0,532°.

On s'aperçoit clairement que le diamètre apparent du Soleil est supérieur à celui de la Lune.



L'éclipse à 8h58 à Madrid (Si vous regardez ce schéma à 5 mètres, vous aurez le bon diamètre apparent)

A faire pendant l'éclipse

Observer

Il faut toujours rappeler que l'on ne doit JAMAIS observer directement le Soleil, même partiellement éclipsé. Deux méthodes sont utilisables, l'observation par projection et l'observation derrière un filtre. On peut projeter l'image du Soleil sur une feuille blanche grâce à une lunette ou une paire de jumelles. C'est une méthode absolument sans danger pour l'œil à condition de toujours rester à proximité de l'instrument pour éviter qu'une personne ne mette l'œil à l'oculaire.

On peut aussi observer le Soleil à travers un filtre. De nombreux opticiens vendent des feuilles de mylar métallisé, testé pour ce genre d'observation. Le mylar ne doit être ni froissé ni plié pour être utilisable. Il faut rappeler que les filtres à visser sur l'oculaire souvent notés «filtre sun» sont à proscrire, toute la chaleur du Soleil entrant dans l'instrument, le filtre peut chauffer et se fendre.

Photographier

Avec les appareils photo numériques actuels, on peut arriver à faire des photos correctes à travers l'oculaire d'un télescope et en tenant son appareil à la main. Le mieux est évidemment d'acheter ou de bricoler un adaptateur. Les appareils de type reflex (argentiques ou numériques) placés au foyer de l'instrument donnent d'excellents résultats. Dans tous les cas, le filtre solaire est évidemment indispensable.

A faire après l'éclipse

Calculer le pourcentage du disque solaire éclipsé

Si vous avez pris une photo au moment du maximum, vous pourrez vous amuser à chercher le pourcentage du disque solaire éclipsé. Deux méthodes sont possibles :

La méthode du physicien : on reproduit sur une feuille la forme du croissant solaire. Sur un calque on trace des cercles de différents diamètres et on cherche celui qui se superpose le mieux au bord du Soleil. On découpe ensuite le disque Soleil et on le pèse sur une balance de précision. On enlève ensuite la partie éclipsée et on la pèse. Le rapport des masses donne immédiatement le pourcentage de soleil éclipsé.

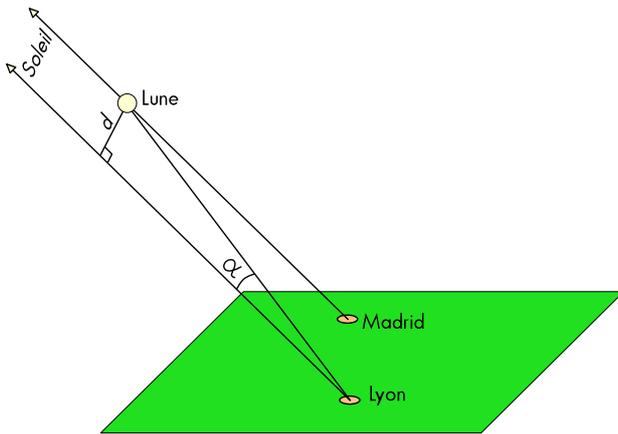
La méthode du mathématicien : en traçant des médiatrices de cordes, on retrouve les centres des disques Soleil et Lune. On calcule ensuite l'aire de la partie éclipsée en mesurant des angles au centre et en calculant des aires de secteurs de disques (proportionnelles à l'angle au centre) et des aires de triangles.

Mesurer la distance de la Lune

Pour ceux qui ont mesuré la distance du Soleil le 8 juin dernier, déterminer la distance de la Lune sera un jeu d'enfant. Les mesures et les calculs sont plus simples. Il faudra quand même procéder avec méthode si l'on veut obtenir des résultats acceptables.

Le principe de base est d'utiliser des observations faites à la même heure depuis deux lieux éloignés à la surface du globe. Mais on peut utiliser le fait que l'éclipse est centrale à Madrid à 9h08.

Il suffit alors de réaliser une photo du Soleil partiellement éclipsé à 9h08 depuis chez soi, tout en mesurant à la même heure la hauteur et l'azimut du Soleil. Le principal avantage de cette méthode est que l'on n'aura même pas besoin d'orienter notre photo pour comparer à l'image de Madrid où la Lune sera parfaitement centrée sur le Soleil. Dans tous les calculs, on considère le Soleil à l'infini. Cette approximation n'engendre pas une grosse erreur puisque l'on sait qu'il est 400 fois plus éloigné de nous que la Lune.



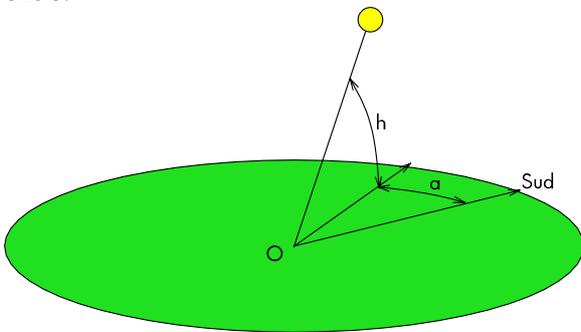
Principe de la mesure de la distance de la Lune à 8h58. Le Soleil est considéré à l'infini.

La méthode proposée

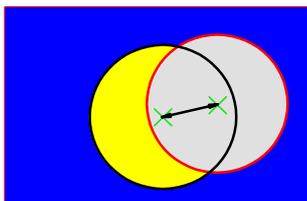
1. Prendre une photo de l'éclipse à 8h58 TU.



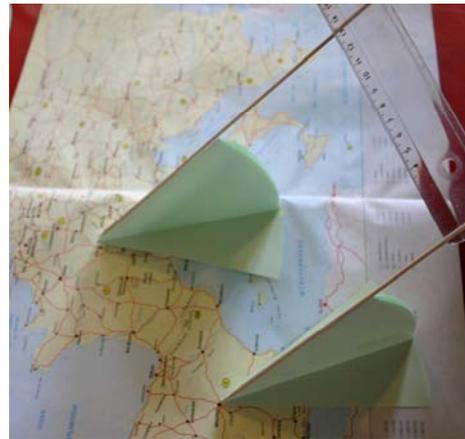
2. Mesurer la hauteur (h) et l'azimut (a) du Soleil à 8h58.



3. Sur la photo, repérer le centre du disque Soleil et le centre du disque Lune et mesurer leur écartement. Transformer cet écartement en angle sachant que le diamètre apparent de la Lune est de $0,5^\circ$. On a donc obtenu l'angle α .



4. Sur une carte d'Europe, repérer sa position et matérialiser la direction du Soleil à l'heure de la photo. Faire la même chose depuis Madrid (on supposera les deux directions parallèles, donc le Soleil à l'infini). Mesurer avec un double décimètre la distance entre ces deux parallèles. En déduire la distance réelle d en utilisant l'échelle de la carte (théoriquement, il serait préférable d'utiliser un globe terrestre mais si l'on est pas trop éloigné de Madrid, on peut négliger la rotondité de la Terre).



La distance d est mesurée sur une carte.

5. Calculer la distance de la Lune connaissant la distance d et l'angle α . On a le choix entre la trigonométrie, mettre l'angle en radian, ou assimiler la distance d à un arc de cercle.

Cette méthode devrait nous donner la distance de la Lune à moins de 10% près. J'espère que plusieurs équipes se lanceront dans l'aventure. Le site du CLEA pourrait collecter les différentes mesures et permettre un échange sur les méthodes utilisées par chacun (www.ac-nice.fr/clea).

■