

# Éclipses de Soleil

---

Pierre CAUSERET, Math et astronomie

Cet article, paru dans la Feuille de Vigne n° 68 (février 1998), a été actualisé par Julien Lyotard et Pierre Causeret.

**Résumé :** De l'astronomie à mathématiques appliquées, il n'y a qu'un petit pas que l'auteur franchit allègrement avec cette présentation sur les éclipses.

**Mots clés :** Thalès, Éclipse, Géométrie, Astronomie

Le 26 février dernier, une éclipse totale de Soleil était visible depuis la Guadeloupe. Le 11 août 1999, une autre éclipse totale de Soleil sera observable depuis la France métropolitaine cette fois, sur une ligne passant par Fécamp, Reims, Metz... À Dijon, elle ne sera que partielle, mais la Lune cachera quand même près de 96 % de notre Soleil au moment du maximum à 10 h 27 TU. Il faudra ensuite attendre le 31 mai 2003 pour voir une éclipse partielle en France. Et Dijon aura droit à une éclipse totale de Soleil le 3 septembre 2081.

Ces éclipses peuvent donner lieu à de nombreux exercices de math à différents niveaux. Il est simple de calculer à quelle distance mettre la Lune pour que celle-ci cache exactement le Soleil mais il est beaucoup plus complexe de calculer la durée d'une éclipse.



Éclipse totale de Soleil  
(photo AJ)



Éclipse annulaire de Soleil  
(photo AL/SAB)



Éclipse partielle de Soleil  
(photo PC/SAB)

Je vous propose ici un premier exercice d'application simple de Thalès que j'ai déjà donné à des troisièmes, suivi de quelques variations.

Exercice n° 1

Données :

Rayon du Soleil  $r_s = 700\,000$  km

Distance moyenne Terre Soleil : 149 600 000 km

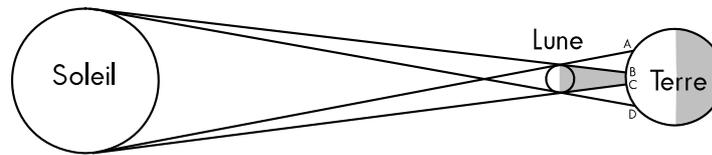
Rayon de la Lune  $r_L = 1\,740$  km

Distance moyenne Terre Lune : 384 400 km

Rayon de la Terre  $r_T = 6\,370$  km

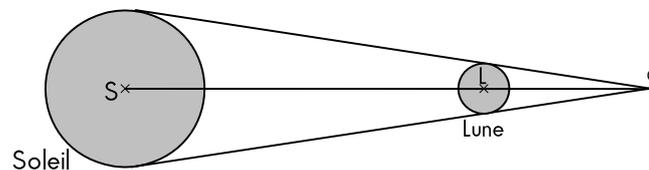
## Principe d'une éclipse de Soleil

Les centres du Soleil, de la Lune et de la Terre sont alignés.



Pour un personnage situé sur Terre entre B et C, la Lune cache entièrement le Soleil : c'est une occultation de Soleil qu'on appelle aussi plus couramment (et improprement) éclipse totale de Soleil. Une personne située entre A et B ou entre C et D verra encore une partie du Soleil : c'est une éclipse partielle.

## Éclipse totale



S et L sont les centres respectifs du Soleil et de la Lune. O représente ici l'observateur.

La distance de la Lune n'est pas constante. Elle varie de 360 000 km à 410 000 km environ.

Calculer à quelle distance il faudrait placer la Lune pour qu'elle cache exactement le Soleil (on prendra  $OS = 149\,600\,000$  km).

## Prochaines éclipses de Soleil

Les distances sont données entre le centre de la Lune et le centre de la Terre :

22 août 1998 (à observer depuis l'Indonésie) : la Lune sera distante de 394 000 km.  
Conclure.

11 août 1999 (à observer depuis la France) : la Lune sera distante de 373 000 km.  
Conclure.

Remarque : en réalité, la distance Terre-Soleil varie un peu et il faudrait en tenir compte pour plus de précision.

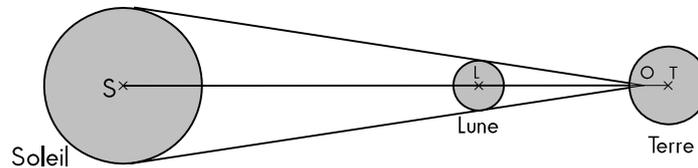
## Solutions :

Pour que la Lune cache exactement le Soleil, on doit avoir :  $OL = 371\,863$  km (Thalès)

Le 22 août 1998, l'éclipse sera annulaire, la Lune étant trop éloignée, elle apparaîtra trop petite et on observera encore un anneau de lumière autour du Soleil au moment du maximum.

Le 11 août 1999, l'éclipse sera totale pour un observateur situé sur Terre non pas au centre mais à sa surface, du côté du Soleil évidemment. Sa distance à la Lune sera alors d'environ :  $373\ 000 - 6\ 000 = 367\ 000$  km

### Calculs un peu plus précis pour l'éclipse du 11 août 1999



S, L et T sont les centres respectifs du Soleil, de la Lune et de la Terre.

O est l'extrémité du cône d'ombre de la Lune. Il est représenté ici entre L et T mais il pourrait aussi être à droite du point T.

Éclipse de Soleil du 11 août 1999 (totale en France)

Distance Terre Soleil :  $TS = 151\ 630\ 000$  km

Distance Terre Lune :  $TL = 373\ 000$  km

Calculer OL et conclure.

#### Solutions

En écrivant le théorème de Thalès, on obtient une égalité avec 2 inconnues, OL et OS. Mais on peut calculer  $LS = TS - TL$  puis écrire  $OS = OL + LS$ . Il ne reste plus qu'une inconnue, OL. Des élèves de 3<sup>e</sup> ont généralement besoin d'un coup de pouce au départ pour y arriver.

On obtient  $OL = 367\ 000$  km

Un observateur situé au centre de la face éclairée de la Terre sera distant du centre de la Lune de 367 000 km environ, donc l'éclipse sera bien totale.

#### Autre données

Vous pouvez vous amuser à refaire les calculs pour 2 autres éclipses avec les données suivantes :

- Éclipse de Soleil du 26 février 1998 (observée depuis la Guadeloupe)

Distance Terre Soleil :  $TS = 148\ 140\ 000$  km

Distance Terre Lune :  $TL = 360\ 000$  km

- Éclipse de Soleil du 22 août 1998 (à observer depuis l'Indonésie)

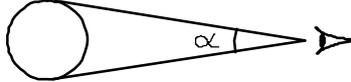
Distance Terre Soleil :  $TS = 151\ 320\ 000$  km

Distance Terre Lune :  $TL = 394\ 000$  km

Vous pouvez trouver les différentes données sur ces éclipses sur « Minitel 3616 BDL » (Faire 5 Ephémérides puis 2 Position apparente). On doit aussi les obtenir sur Internet à l'adresse du Bureau des Longitudes <http://www.bdl.fr>

### Encore quelques calculs

On peut aborder ces éclipses sans Thalès mais uniquement en calculant les diamètres apparents de la Lune et du Soleil vus depuis la Terre.



On appelle diamètre apparent d'un astre l'angle sous lequel on l'observe.

On obtient aux alentours du demi degré pour la Lune et le Soleil mais les variations de distance de la Lune font pas mal osciller son diamètre apparent.

Les calculs peuvent se faire avec une tangente d'angle, avec  $d=r\alpha$  si on connaît les radians ou encore plus simplement par des proportions, en assimilant le diamètre de la Lune ou du Soleil à un arc de cercle centré sur l'observateur et en écrivant que la longueur de l'arc est proportionnelle à l'angle au centre (c'est exactement  $d = r\alpha$  mais sans le dire et sans radians).

On trouve pour l'éclipse du 11 août  $0,53^\circ$  pour le Soleil et  $0,54^\circ$  pour la Lune (vus depuis la surface de la Terre). Les astronomes comptent plutôt en minutes d'arc (notées ') mais on peut garder les degrés décimaux pour nos élèves.

### Encore quelques remarques

La Lune est 400 fois plus petite que le Soleil mais par un heureux hasard, elle est aussi 400 fois plus proche de nous. Lorsque l'on introduit Thalès par des triangles ayant des côtés de longueurs proportionnelles, on utilise le coefficient d'agrandissement  $\times 400$  entre nos 2 triangles.

On peut aussi s'amuser à calculer le nombre de jours écoulés entre deux éclipses. On vérifiera que l'on trouve un nombre entier de lunaisons (29,5 jours), les éclipses de Soleil ayant évidemment toujours lieu à la Nouvelle Lune.

Il n'y a pas éclipse de Soleil à chaque Nouvelle Lune car en général notre satellite semble passer au dessus ou en dessous du Soleil. En effet, le plan de l'orbite de la Lune n'est pas confondu avec le plan de l'orbite de la Terre, un angle de  $5^\circ$  les séparant. On appelle ligne des nœuds l'intersection de ces deux plans. Pour qu'il y ait éclipse de Soleil, la Lune doit être sur la ligne des nœuds au moment de la Nouvelle Lune. Cela se produit au minimum 2 fois par an, mais ce n'est pas si simple puisque la ligne des nœuds se déplace aussi.

Les éclipses se reproduisent dans le même ordre après un intervalle de temps appelé Saros qui dure 18 ans et 11,3 jours. Il se trouve que cette durée contient 223 lunaisons, 242 mois draconitiques (le temps que la Lune revienne au même nœud) et 239 mois anomalistiques (qui séparent deux passages de la Lune au périhélie). Chaque saros compte 70 éclipses dont 41 de Soleil et 29 de Lune<sup>1</sup>.

***Et n'oubliez pas l'éclipse totale du 28 septembre 2015...***

---

<sup>1</sup> On ne compte pas ici les éclipses de Lune par la pénombre.