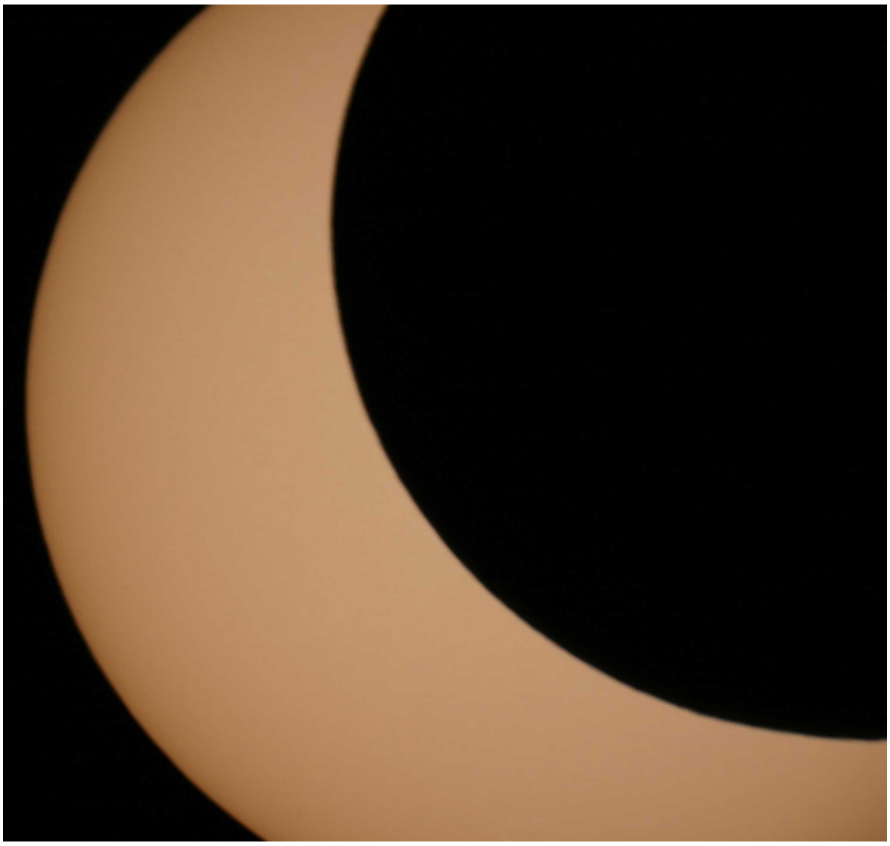
Les éclipses

Mesure des ombres de la Lune et de la Terre



ESPACE MENDES FRANCE POITIERS

Vers. 1.0.1

Ce document est une première version, des erreurs peuvent être présentes.
Merci de les signaler à Eric Chapelle eric.chapelle@emf.ccsti.eu

Les éclipses

Ce livret est un dossier d'accompagnement à l'animation "les éclipses" proposée à l'Espace Mendès de Poitiers.
Les définitions données sont adaptées de façon à être abordables par un public débutant dans l'astronomie.

Sommaire

Crédits photos :
Page 1 Société d'astronomie populaire poitevine – éclipse partielle de Soleil 2005
Page 6 Imcce
Autres schémas : Espace Mendès France

L'ombre de la Terre

Une éclipse

Définition

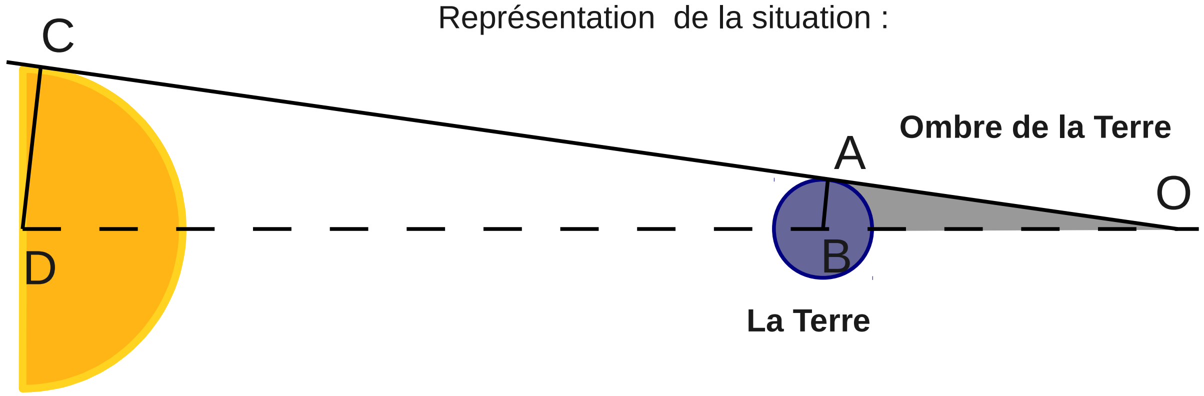
Disparition apparente et temporaire d'un astre, provoquée par l'interposition d'un corps céleste soit entre cet astre et la source lumineuse qui l'éclaire habituellement (éclipse vraie), soit entre cet astre et l'œil de l'observateur (éclipse apparente).

Définition tirée du Centre national de ressources textuelles et lexicales

L'ombre de la Terre

Forme et taille

La Terre, éclairée par le Soleil, projète derrière elle une ombre.
Quelle est la forme de cette ombre ? Quelle est sa longueur ?
Représentation de la situation :



Avec AB, le rayon de la Terre : 6378 km
CD, le rayon du Soleil : 695 000 km
DB, la distance Terre Soleil : 149 597 870 km
BO, la longueur de l'ombre de la Terre
La distance Terre Lune est de 384 000 km.

Le triangle OAB est rectangle en A ;
Le triangle OCD est rectangle en C.
Le théorème de Thalès, appliqué à ces deux triangles, donne :

$$\frac{OB}{OD} = \frac{AB}{CD} \quad d'où \quad OD = \frac{OB * CD}{AB}$$

$$En\, décomposant \quad OD = OB + BD$$

$$On\, obtient \quad OB - \frac{OB * CD}{AB} = BD$$

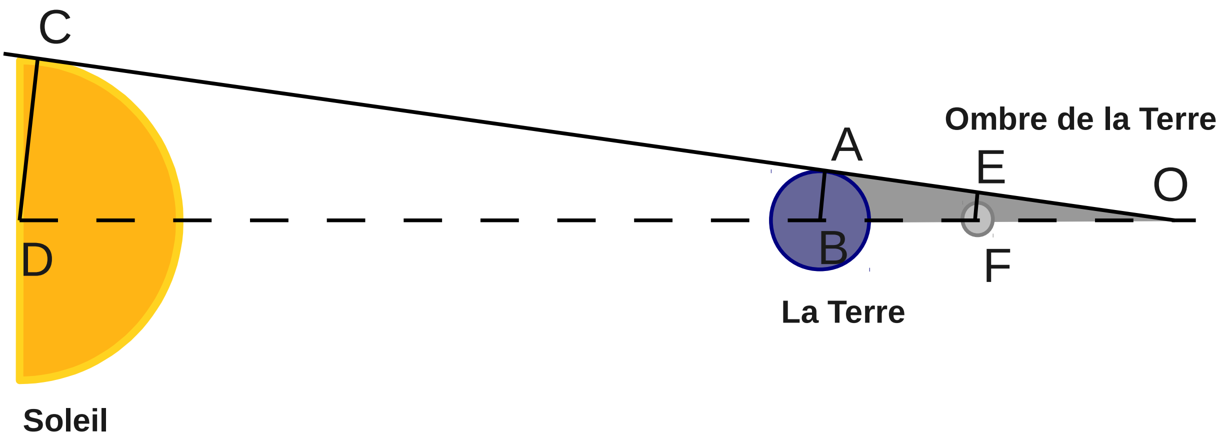
$$\boxed{Et\, donc \quad \mathbf{OB} = \frac{BD}{\frac{CD}{AB} - 1}}$$

L'application numérique donne :
OB ≈ 1,38 million de km

La Lune peut-elle entrer dans l'ombre de la Terre ?

La largeur de l'ombre de la Terre

À la distance Terre – Lune, de combien de fois la Lune peut-elle entrer dans le cône d'ombre de la Terre ?



Plaçons deux points supplémentaires E et F de façon que BF représente la distance Terre Lune et que EF le rayon du cône d'ombre à cette distance.

En appliquant de nouveau Thalès,
la relation suivante est obtenue :

$$EF = \frac{OF * AB}{OB}$$

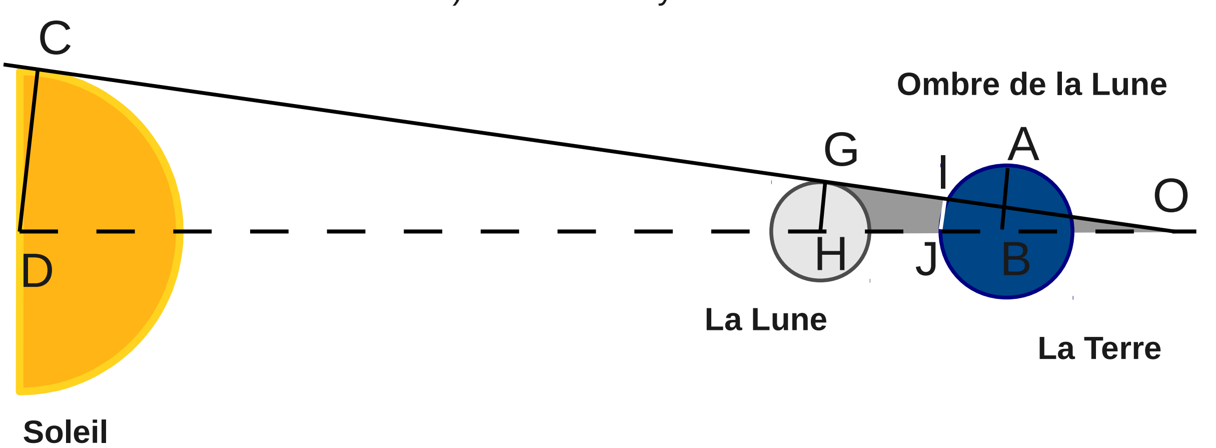
L'application numérique donne :
EF ≈ 4575 km
soit 2,6 fois le rayon de la Lune.

L'ombre de la Lune

Occultation du Soleil

Quelle différence faites-vous entre une éclipse et une occultation ? Quelle est la phase de la Lune lors d'une éclipse de Lune ? L'ombre de la Lune peut-elle toucher le sol de la Terre ?
Pour répondre à cette dernière question,
1) Calculez la longueur de l'ombre de la Lune ;
2) Comparez cette valeur avec la distance Terre – Lune ;
3) Calculez le rayon de la section de l'ombre au sol de la Terre.

La distance Soleil Lune peut être confondue avec la distance Soleil Terre.
Justifiez cette affirmation.

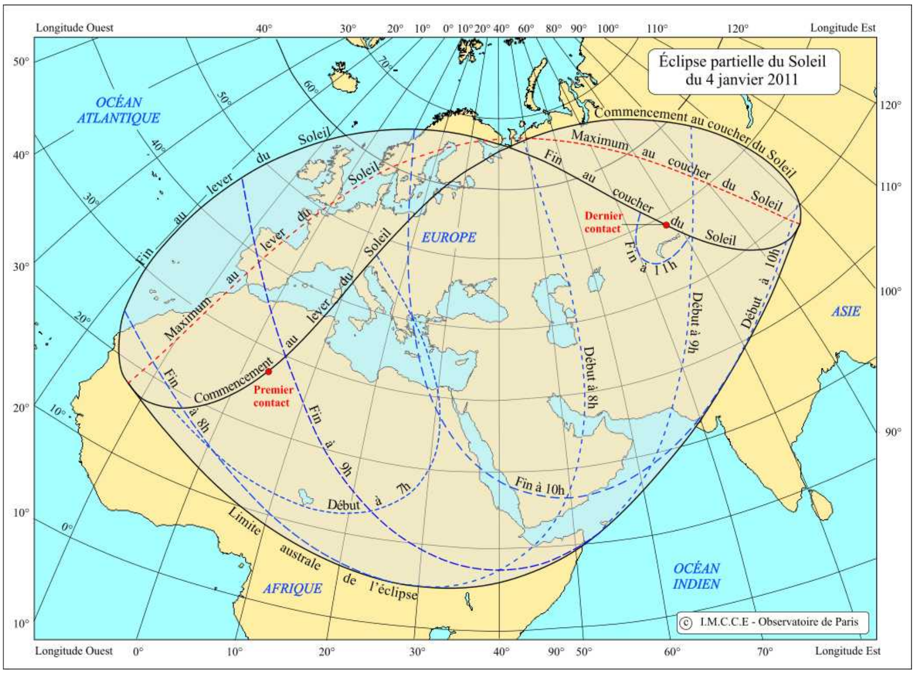


Le segment IJ peut être considéré parallèle à GH.
La distance terre Lune est la distance BH.

L'éclipse de soleil du 4 janvier 2011

Circonstances générales			
	début	maximum	fin de l'éclipse
En temps universel	6h 40min	8h 50min	11h 01min

Pour Poitiers	maximum	valeur	fin
En temps universel	8h 04min	60,5%	9h 23min



L'observation du Soleil est dangereuse !

Plusieurs protections existent :
Des "viséclipses" composés d'un verre de soudeur n°14. Ils sont résistants dans le temps, et peuvent être utilisés plusieurs fois.
Des lunettes spéciales, composées d'un film en Mylar, efficaces mais le film est fragile et se dégrade avec le temps.
Par projection, le Soleil n'est pas observé directement, son image est projetée sur un écran.

Toutes les autres observations sont dangeureuses et sont à proscrire ! L'utilisation de jumelles est à interdire. L'observation directe à l'oeil nu est désastreuse pour la rétine.

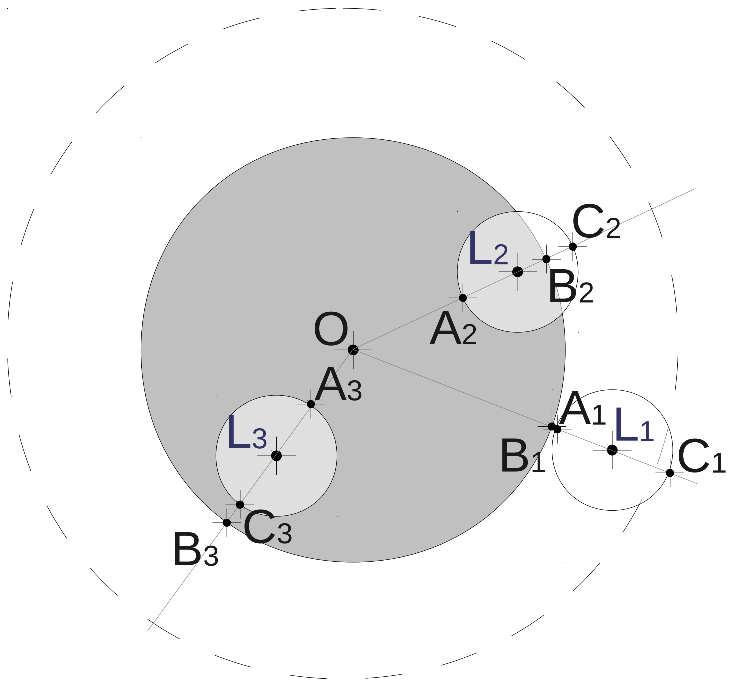
Grandeur et pourcentage d'une éclipse

Grandeur d'une éclipse

Cas d'une éclipse de Lune

Pour une éclipse de Lune c'est le rapport entre le diamètre apparent de la Lune et la profondeur à laquelle la Lune entre dans l'ombre de la Terre. Cette grandeur se mesure au moment du maximum de l'éclipse.

Trois exemples d'éclipses de Lune :
Une éclipse par la pénombre(L1) ;
Une éclipse partielle (L2)
Une éclipse totale (L3)



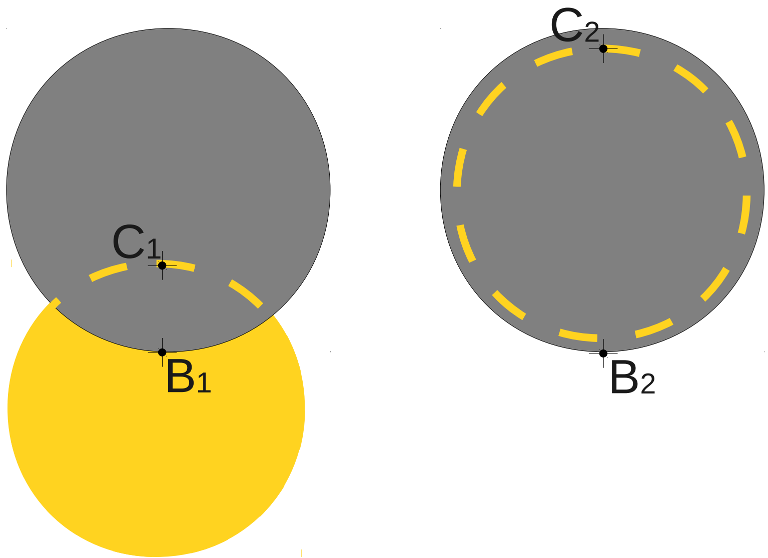
Depuis le point O (centre de l'ombre de la Terre), une droite qui passe par L (centre de la Lune) est tracée. Elle coupe le bord de l'ombre de la Terre en B, le diamètre lunaire en B et C.

La grandeur d'une éclipse de Lune est donnée par le rapport AB/AC.
Trois cas se présentent :
si le rapport est nul ou négatif, il n'y a pas d'éclipse ;
Si le rapport est inférieur à 1, l'éclipse est partielle ;
Si le rapport est supérieur ou égal à 1 l'éclipse est totale.

Cas d'une éclipse de Soleil

Pour une éclipse de Soleil, c'est le rapport entre le diamètre apparent du Soleil et la portion du diamètre occulté par la Lune.

Deux exemples d'éclipses de Soleil :
Une éclipse partielle ;
Une éclipse totale.



Le rapport BC/ $\varnothing_{soleil}$ est la grandeur de l'éclipse.
Si la grandeur est inférieure à 1, l'éclipse est partielle ;
Si la grandeur est supérieure à 1, l'éclipse est totale (si la grandeur est égale à 1, l'éclipse est totale pendant un bref instant).

Pourcentage d'une éclipse

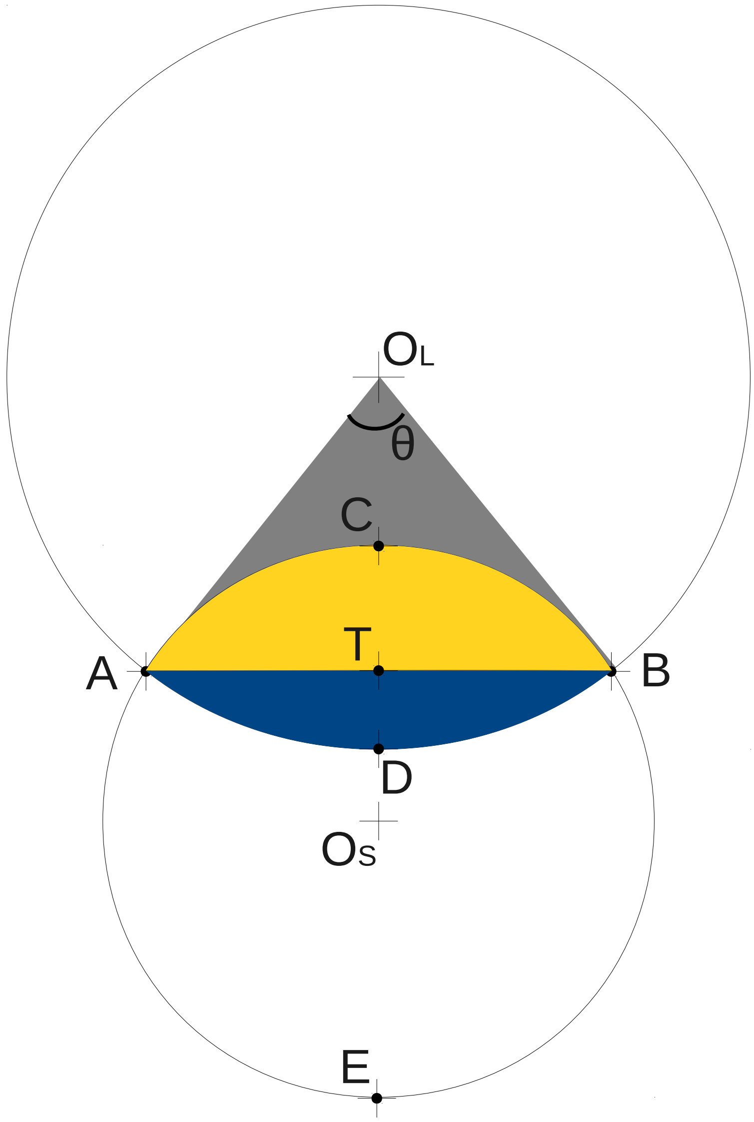
Lorsque l'éclipse est partielle, le pourcentage d'une éclipse est le rapport de la surface occulté sur la surface visible.

L'exercice qui suit donne une méthode de mesurer le pourcentage d'une éclipse partielle de Soleil.

Pour les applications numériques, nous utiliserons les paramètres de l'éclipse du 4 janvier 2011, visible depuis Poitiers.

Diamètre apparent du Soleil : 32' 31,8"
Diamètre apparent de la Lune : 30' 35,9"
Grandeur : 0,695

Pour estimer le pourcentage de la surface éclipsée, il faut déterminer le rapport entre la surface apparente du Soleil et éclipsée "ACBD". Cette dernière surface est composée de deux aires, "ACB" (en jaune) et "ABD" (en bleu) qui sont chacune la surface issue d'une corde du diamètre apparent de la Lune et d'une corde du diamètre apparent du Soleil.



Application

L'aire ADB s'obtient par la différence entre le secteur circulaire θ et la surface du triangle O_LAB

<u>1°) Calcul de l'aire A1, secteur circulaire O_LAB.</u>

Le secteur circulaire de l'angle θ est donné par la relation :

$$A1 = \pi * r^2 \ * \ \theta / 360$$

L'angle θ se détermine de la façon suivante :
Dans le triangle O_LAO_S, les 3 côtés sont connus.
O_LA est le rayon apparent de la Lune
O_SA est le rayon apparent du Soleil
O_LO_S dépend de la grandeur (α) de l'éclipse
($O_LO_S = O_LA + O_SA – 2\alpha \times O_SA$)

Des fonctions trigonométriques dans un triangle quelconque peut alors s'appliquer

$$c^2 = a^2 + b^2 - 2ab\cos(C)$$

$$\cos(C) = \frac{a^2+b^2-c^2}{2ab}$$

$$et\ donc \cos(\theta) = \frac{O_LO_S{}^2 + O_LA^2 - AO_S{}^2}{2*O_LO_S*O_LA}$$

2°) Calcul de l'aire A2, surface du triangle O_LAB.

Soit le point T, (intersection entre le segment O_LO_S et AB). Le triangle O_LTA est rectangle. De plus 2AT = AB

La surface du triangle est égale à sa base multipliée par sa hauteur.
La hauteur TO_L est égale à :

$$TO_L = AO_L * \cos\frac{\theta}{2}$$

La base AB est égale à 2 fois la longueur AT.

$$AB = 2AT = 2 * \sin\frac{\theta}{2} x O_LA$$

La surface est égale à :

$$A2 = \frac{\pi * O_LA^2}{360} \arccos\left(\frac{O_LO_S{}^2 + O_LA^2 - AO_S{}^2}{2*O_LO_S*O_LA}\right) * (\sin\theta * 2 * O_LA)$$

3°) Mesure de l'aire ADB

L'aire ADB est la différence entre l'aire A1 et A2.

4°) Mesure de l'aire ACB
Par une méthode comparable, l'aire ACB est obtenue.

5°) Mesure de l'aire ACBD et pourcentage de l'éclipse
L'aire ACBD est la somme de ADB et ACD.
Le pourcentage de l'éclipse est le rapport de la surface ACBD et la surface apparente du soleil.
Pour Poitiers, le 4 janvier, la surface du Soleil est occultée à 60,5%, vérifiez.

Espace Mendès France – 1 place de la cathédrale – BP 80964 – 86038 Poitiers cedex
05 49 50 33 08
www.maison-des-sciences.org