

Dossier de Physique
Niveau 5^{ème} à 6^{ème} secondaire

Univers :
Détermination de
distances dans le Système
Solaire

Bouquelle Véronique

Objectif

Dans cet atelier, nous allons évaluer la taille de la Lune et la distance Terre-Lune.

Matériel

Une photographie d'éclipse de Lune, une équerre aristo, un compas, un mètre, une pièce de 1 €.

Prérequis

De bonnes notions de géométrie et de trigonométrie.

Historique

Aristarque de Samos, un savant grec (-310 à -230), est le premier à imaginer que **l'Univers est très grand** : bien plus grand que la distance Terre-Soleil. Il est aussi le précurseur de **l'héliocentrisme** : il place le Soleil au centre du Système Solaire, avec la Terre en révolution¹ autour de lui et en rotation sur elle-même.

Grâce à son modèle de l'Univers et à ses connaissances mathématiques, il calcule le premier :

- la taille de la Lune par rapport à la Terre,
- la distance Terre-Lune (en rayons terrestres),
- la distance Terre-Soleil (par rapport à la distance Terre-Lune),
- et la taille du Soleil par rapport à la Lune.

A cette époque, la lunette astronomique n'existe pas encore, et les horloges sont peu précises. Ses mesures le conduisent à des valeurs parfois bien différentes de la réalité ! Ainsi, il calcule que le Soleil est 19 fois plus gros que la Lune, alors qu'il l'est 400 fois !

Néanmoins, sa méthode est mathématiquement correcte et fait preuve de beaucoup de génie.

¹ En astronomie, une *révolution* est la rotation d'un corps autour d'un autre corps.

Son modèle héliocentrique de l'Univers finit par vaincre les partisans du géocentrisme suite aux travaux de Copernic (1543), Kepler (1609), Galilée (1610), et Newton (1687). L'Eglise revoit sa position sur cette question vers la moitié du XVIII^{ème} siècle.

La première valeur absolue, et non relative à d'autres longueurs inconnues, d'une distance dans le Système Solaire est celle de la circonférence de la Terre évaluée par Eratosthène, un autre savant grec, en -240. La sphéricité de la Terre était connue depuis bien longtemps. On avait remarqué par exemple que le ciel et ses constellations changent d'aspect quand on se déplace le long d'un méridien (du nord au sud ou l'inverse), que le sommet du mât est la partie que l'on voit d'abord quand un bateau arrive à l'horizon, et que **l'ombre de la Terre sur la Lune, lors d'une éclipse de Lune, a un bord circulaire** (Figure 1).



Figure 1. Photomontage d'une éclipse lunaire montrant la sphéricité de la Terre.

Eratosthène, en mesurant l'angle que font les rayons du Soleil à Alexandrie, en Egypte, le jour du solstice d'été, alors que le Soleil tombe à la verticale de la ville de Syène (l'actuelle Assouan, située sur le Tropique du Cancer), calcule par trigonométrie la circonférence de la Terre, avec une erreur de moins de 2%.

Calcule la taille de la Lune

Tu vas maintenant estimer la taille de la Lune suivant une méthode proche de celle utilisée par Aristarque, à partir d'une photo d'éclipse lunaire. Tu obtiendras le diamètre de la Lune par rapport au diamètre de la Terre.

Les éclipses de Lune ont lieu quand la Lune passe dans le cône d'ombre que les rayons du Soleil forment derrière la Terre (Figure 2). Une éclipse lunaire dure quelques heures et il y en a chaque année au moins deux.

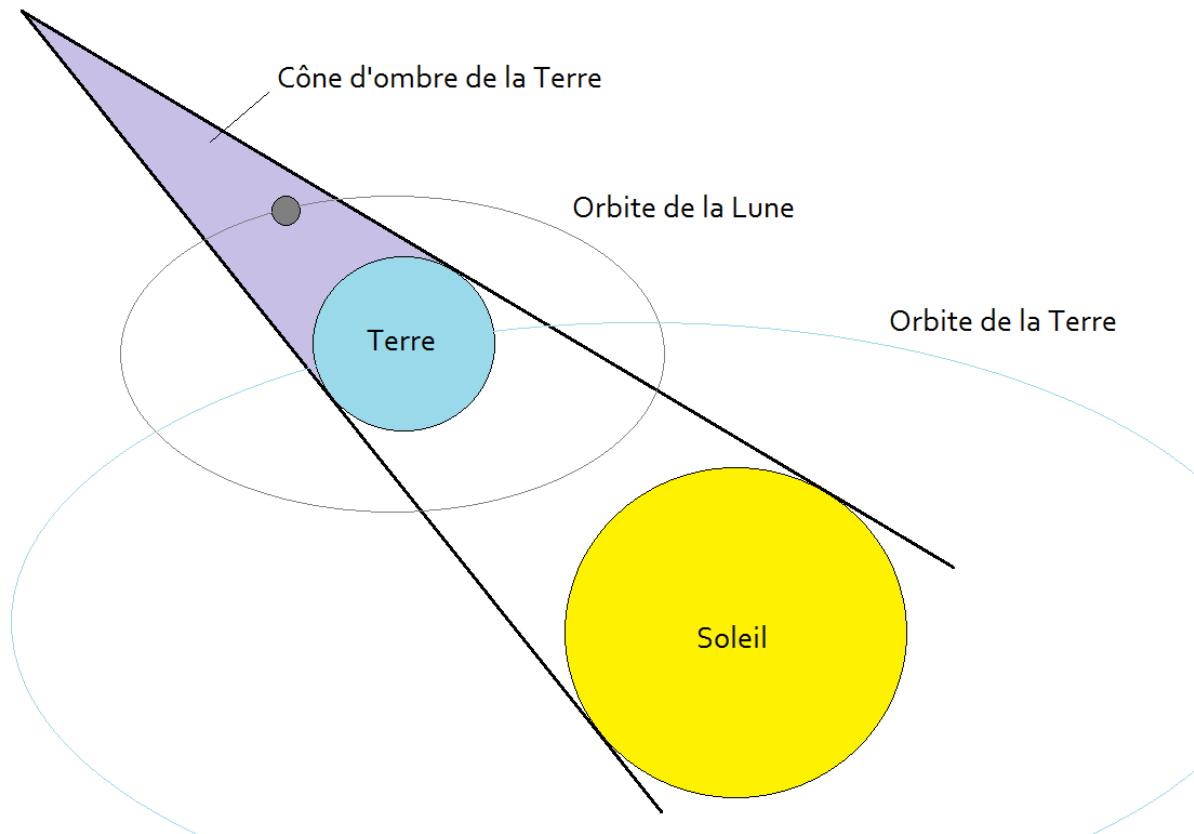


Figure 2. Conditions astronomiques de formation d'une éclipse de Lune.

Sur la photo suivante (Figure 3),



Figure 3. Photomontage d'une éclipse de Lune.

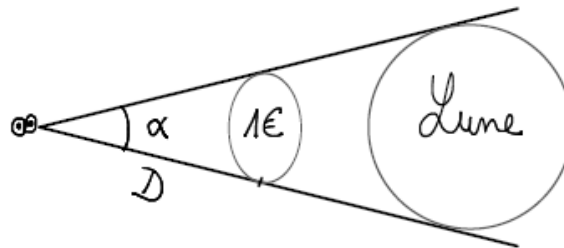
- trace toute l'ombre de la Terre au compas,
- mesure son diamètre D_T : $D_T = \dots\dots\dots$ cm
- mesure le diamètre D_L du cercle lunaire : $D_L = \dots\dots\dots$ cm
- Calcule le rapport D_T/D_L : $D_T/D_L = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$ (sans unité)

Le diamètre de la Terre vaut environ fois le diamètre de la Lune.

Calcule la distance de la Terre à la Lune

Tu vas maintenant estimer la distance Terre - Lune suivant une méthode proche de celle utilisée par Aristarque, en calculant l'angle sous lequel la Lune est vue depuis la Terre. Tu obtiendras la distance Terre - Lune par rapport au rayon de la Terre.

Lors d'une pleine Lune visible le jour, tu peux évaluer le diamètre apparent de la Lune, c'est-à-dire l'angle sous lequel la Lune est vue depuis la Terre. Demande à un ami de tenir une pièce de un euro entre ton œil et la Lune, et de chercher avec toi la distance D à laquelle il doit se placer de toi pour que la Lune soit exactement cachée derrière la pièce de 1 €. Mesure cette distance D .

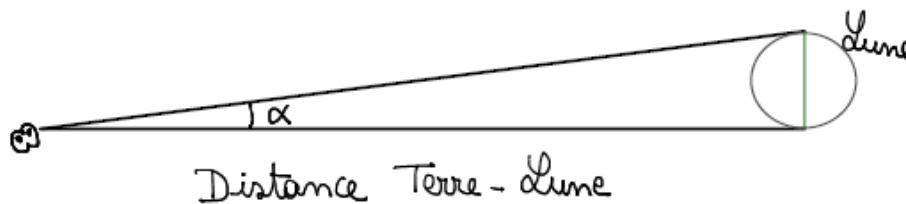


Distance D entre ton œil et la pièce de 1 € : $D = \dots\dots\dots$ m = $\dots\dots\dots$ cm

Diamètre d de la pièce de 1 € : $d = \dots\dots\dots$ cm

Calcule l'angle α : $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{d}{D}\right) = \tan^{-1}\frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots^\circ$ (avec trois chiffres après la virgule)

Puisqu'on connaît maintenant le diamètre apparent de la Lune, sous forme d'un angle en degrés, on peut calculer la distance Terre - Lune en rayons terrestres.



Nous avons trouvé que le diamètre de la Terre est $\dots\dots\dots$ fois le diamètre de la Lune.

Le diamètre de la Lune est donc $\dots\dots\dots$ fois le diamètre terrestre, ou encore, le diamètre de la Lune est $\dots\dots\dots$ fois le rayon de la Terre.

$$\text{La distance Terre - Lune} = \frac{\text{diamètre de la Lune en rayons terrestres}}{\tan \alpha} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots}$$

$$= \dots\dots\dots \text{ rayons terrestres.}$$

Bibliographie

KYM, *Une preuve visible que la Terre est ronde*, <http://www.kyro.fr/un-preuve-visible-que-la-terre-est-rond.html>, consulté le 02/07/2012

DEIBER A. *et al.*, *La physique pour les nuls*, First-Gründ, Paris, 2009

Ressources disponibles

Afin d'aborder le thème de l'Univers, voici une liste non exhaustive des ressources disponibles à Scienceinfuse² :

- Vidéos
 - o **C'est pas sorcier (25 min)**
 - *Les mystères de l'Univers*
 - *Les sorciers décrochent la lune*
 - *Pleins feux sur le système solaire*
 - *Ariane V*
 - *Comètes et astéroïdes*
 - *Dans la ligne de Mir*
 - *Le port spatial de Kourou*
 - *Le soleil : les sorciers en connaissent un rayon*
 - *Le very large télescope : l'univers dans un miroir*
 - *Le vol en impesanteur*
 - *Les satellites*
 - o *L'avenir du Cosmos (50 min)*
 - o *Big Bang Super Science (50 min)*
- *Dossiers pédagogiques téléchargeables*
 - o Expansion de l'Univers, cahier d'activités
 - o Histoire de l'Univers N°1 et 2
- Si vous êtes à la recherche d'animations, d'exercices, de laboratoires pour agrémenter vos cours ? Consultez la page <http://www.uclouvain.be/77718.html>
- Afin d'être au courant de toutes nos activités, rejoignez-nous sur facebook (<http://www.facebook.com/scienceinfuse.ucl>) ou inscrivez-vous à notre Newsletter (<http://www.uclouvain.be/237333.html>)

² Vous pouvez prendre contact au 010/47 39 75 ou par mail à l'adresse scienceinfuse@uclouvain.be.

Dossier de Physique
Niveau 5^{ème} à 6^{ème} secondaire

Univers :
Détermination de
distances dans le Système
Solaire - Solution

Bouquelle Véronique

Objectif

Dans cet atelier, nous allons évaluer la taille de la Lune et la distance Terre-Lune.

Matériel

Une photographie d'éclipse de Lune, une équerre aristo, un compas, un mètre, une pièce de 1 €.

Prérequis

De bonnes notions de géométrie et de trigonométrie.

Historique

Aristarque de Samos, un savant grec (-310 à -230), est le premier à imaginer que **l'Univers est très grand** : bien plus grand que la distance Terre-Soleil. Il est aussi le précurseur de **l'héliocentrisme** : il place le Soleil au centre du Système Solaire, avec la Terre en révolution¹ autour de lui et en rotation sur elle-même.

Grâce à son modèle de l'Univers et à ses connaissances mathématiques, il calcule le premier :

- la taille de la Lune par rapport à la Terre,
- la distance Terre-Lune (en rayons terrestres),
- la distance Terre-Soleil (par rapport à la distance Terre-Lune),
- et la taille du Soleil par rapport à la Lune.

A cette époque, la lunette astronomique n'existe pas encore, et les horloges sont peu précises. Ses mesures le conduisent à des valeurs parfois bien différentes de la réalité ! Ainsi, il calcule que le Soleil est 19 fois plus gros que la Lune, alors qu'il l'est 400 fois !

Néanmoins, sa méthode est mathématiquement correcte et fait preuve de beaucoup de génie.

¹ En astronomie, une *révolution* est la rotation d'un corps autour d'un autre corps.

Son modèle héliocentrique de l'Univers finit par vaincre les partisans du géocentrisme suite aux travaux de Copernic (1543), Kepler (1609), Galilée (1610), et Newton (1687). L'Eglise revoit sa position sur cette question vers la moitié du XVIII^{ème} siècle.

La première valeur absolue, et non relative à d'autres longueurs inconnues, d'une distance dans le Système Solaire est celle de la circonférence de la Terre évaluée par Eratosthène, un autre savant grec, en -240. La sphéricité de la Terre était connue depuis bien longtemps. On avait remarqué par exemple que le ciel et ses constellations changent d'aspect quand on se déplace le long d'un méridien (du nord au sud ou l'inverse), que le sommet du mât est la partie que l'on voit d'abord quand un bateau arrive à l'horizon, et que **l'ombre de la Terre sur la Lune, lors d'une éclipse de Lune, a un bord circulaire** (Figure 1).



Figure 1. Photomontage d'une éclipse lunaire montrant la sphéricité de la Terre.

Eratosthène, en mesurant l'angle que font les rayons du Soleil à Alexandrie, en Egypte, le jour du solstice d'été, alors que le Soleil tombe à la verticale de la ville de Syène (l'actuelle Assouan, située sur le Tropique du Cancer), calcule par trigonométrie la circonférence de la Terre, avec une erreur de moins de 2%.

Calcule la taille de la Lune

Tu vas maintenant estimer la taille de la Lune suivant une méthode proche de celle utilisée par Aristarque, à partir d'une photo d'éclipse lunaire. Tu obtiendras le diamètre de la Lune par rapport au diamètre de la Terre.

Les éclipses de Lune ont lieu quand la Lune passe dans le cône d'ombre que les rayons du Soleil forment derrière la Terre (Figure 2). Une éclipse lunaire dure quelques heures et il y en a chaque année au moins deux.

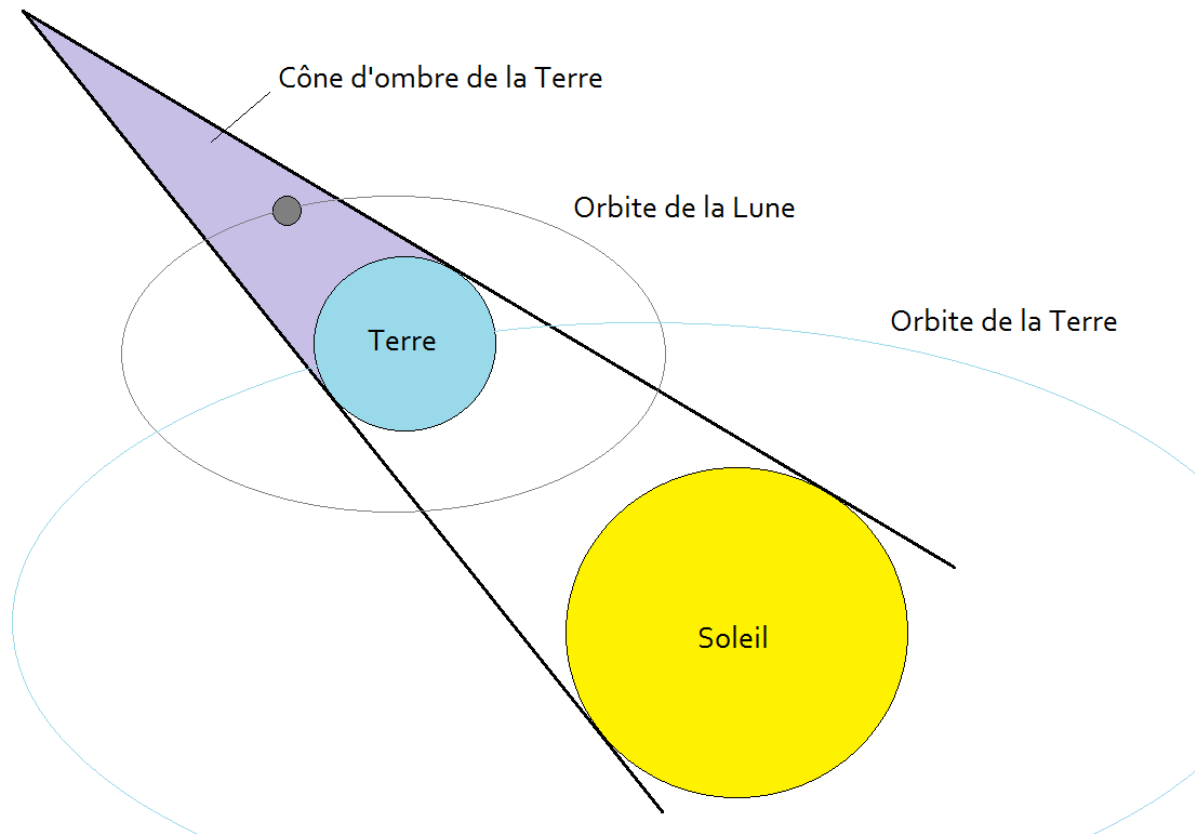


Figure 2. Conditions astronomiques de formation d'une éclipse de Lune.

Sur la photo suivante (Figure 3),

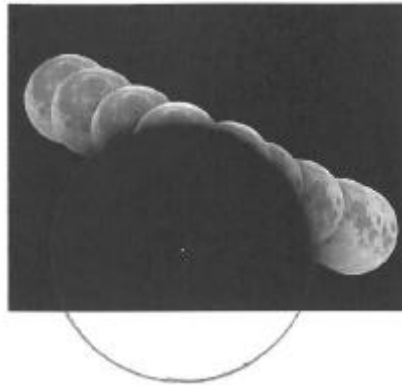


Figure 3. Photomontage d'une éclipse de Lune.

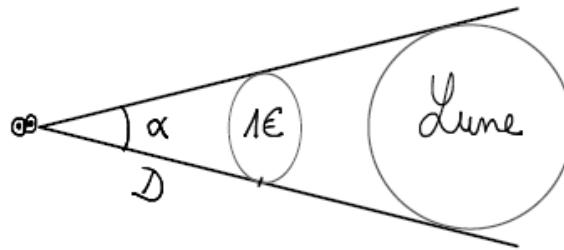
- trace toute l'ombre de la Terre au compas,
- mesure son diamètre D_T : $D_T = 4,5 \text{ cm}$
- mesure le diamètre D_L du cercle lunaire : $D_L = 1,5 \text{ cm}$
- Calcule le rapport D_T/D_L : $D_T/D_L = \frac{4,5}{1,5} = 3$ (sans unité)

Le diamètre de la Terre vaut environ 3 fois le diamètre de la Lune.

Calcule la distance de la Terre à la Lune

Tu vas maintenant estimer la distance Terre - Lune suivant une méthode proche de celle utilisée par Aristarque, en calculant l'angle sous lequel la Lune est vue depuis la Terre. Tu obtiendras la distance Terre - Lune par rapport au rayon de la Terre.

Lors d'une pleine Lune visible le jour, tu peux évaluer le diamètre apparent de la Lune, c'est-à-dire l'angle sous lequel la Lune est vue depuis la Terre. Demande à un ami de tenir une pièce de un euro entre ton œil et la Lune, et de chercher avec toi la distance D à laquelle il doit se placer de toi pour que la Lune soit exactement cachée derrière la pièce de 1 €. Mesure cette distance D .

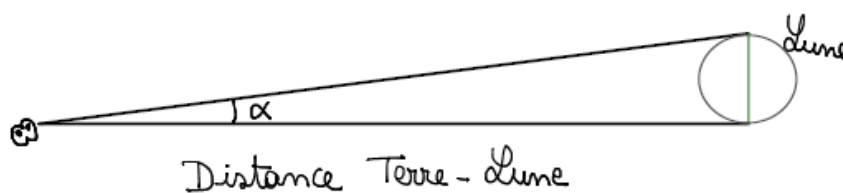


Distance D entre ton œil et la pièce de 1 € : $D = 2,5 \text{ m} = 250 \text{ cm}$

Diamètre d de la pièce de 1 € : $d = 2,3 \text{ cm}$

Calcule l'angle α : $\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{d}{D}\right) = \tan^{-1}\frac{2,3}{250} = 0,527^\circ$ (avec trois chiffres après la virgule)

Puisqu'on connaît maintenant le diamètre apparent de la Lune, sous forme d'un angle en degrés, on peut calculer la distance Terre - Lune en rayons terrestres.



Nous avons trouvé que $\frac{\text{diamètre de la Terre}}{\text{diamètre de la Lune}} = 3$

Le diamètre de la Lune est donc $\frac{1}{3} = 0,333$ fois le diamètre terrestre, ou encore, le diamètre de la Lune est $2 \times 0,333 = 0,666$ fois le rayon de la Terre.

$$\text{La distance Terre – Lune} = \frac{\text{diamètre de la Lune en rayons terrestres}}{\tan \alpha} = \frac{0,666}{\tan 0,527}$$
$$= 72,4 \text{ rayons terrestres.}$$

Discussion des résultats

Le diamètre de la Terre est en réalité 3,7 fois celui de la Lune.

La distance Terre – Lune vaut environ 60 rayons terrestres.

Bibliographie

KYM, *Une preuve visible que la Terre est ronde*, <http://www.kyro.fr/un-preuve-visible-que-la-terre-est-rond.html>, consulté le 02/07/2012

DEIBER A. *et al.*, *La physique pour les nuls*, First-Gründ, Paris, 2009

Ressources disponibles

Afin d'aborder le thème de l'Univers, voici une liste non exhaustive des ressources disponibles à Scienceinfuse² :

- Vidéos
 - o **C'est pas sorcier (25 min)**
 - *Les mystères de l'Univers*
 - *Les sorciers décrochent la lune*
 - *Pleins feux sur le système solaire*
 - *Ariane V*
 - *Comètes et astéroïdes*
 - *Dans la ligne de Mir*
 - *Le port spatial de Kourou*
 - *Le soleil : les sorciers en connaissent un rayon*
 - *Le very large télescope : l'univers dans un miroir*
 - *Le vol en impesanteur*
 - *Les satellites*
 - o *L'avenir du Cosmos (50 min)*
 - o *Big Bang Super Science (50 min)*
- *Dossiers pédagogiques téléchargeables*
 - o Expansion de l'Univers, cahier d'activités
 - o Histoire de l'Univers N°1 et 2
- Si vous êtes à la recherche d'animations, d'exercices, de laboratoires pour agrémenter vos cours ? Consultez la page <http://www.uclouvain.be/77718.html>
- Afin d'être au courant de toutes nos activités, rejoignez-nous sur facebook (<http://www.facebook.com/scienceinfuse.ucl>) ou inscrivez-vous à notre Newsletter (<http://www.uclouvain.be/237333.html>)

² Vous pouvez prendre contact au 010/47 39 75 ou par mail à l'adresse scienceinfuse@uclouvain.be.