1 Comment mesurer les dimensions de la Terre, de la Lune et leurs distances ?

1-1 Sphéricité de la terre (Aristote)

DU CIEL, II, 14

Autre chose. La manière dont les astres nous apparaissent ne prouve pas seulement que la terre est ronde, mais aussi que son étendue n'est pas bien grande. En effectuant un déplacement minime vers le sud ou vers l'Ourse, nous voyons se modifier le cercle d'horizon ; par suite, les astres d'au-dessus de nous changent considérablement, et ce ne sont pas les mêmes qui brillent au ciel quand on va vers l'Ourse et quand on va vers le midi. Certains astres visibles en Egypte ou dans le voisinage de Chypre sont invisibles dans les régions septentrionales. Par ailleurs, les astres qui, dans les régions septentrionales, apparaissent en tout temps connaissent un coucher dans les pays nommés plus haut (1). Tout cela ne montre pas seulement que la terre a la forme ronde, mais encore qu'elle a la forme d'une sphère de modeste dimension ; autrement, on n'apercevrait pas si vite les effets d'un déplacement si court.

Voilà pourquoi les gens qui soupçonnent que la région des colonnes d'Hercule touche à celle des Indes et que, de la sorte, il n'y a qu'une seule mer, ne semblent pas nourrir des conceptions trop incroyables. Comme témoignage à l'appui de leurs dires, ils citent encore le cas des éléphants, dont l'espèce se retrouve en chacune de ces deux régions extrêmes : à leur avis, les extrémités doivent à leur contact cette commune caractéristique.

Figure 1

Les savants grecs, dès le III° siècle avant JC, avaient déjà pensé que la Terre était sphérique, simplement en observant la forme de l'ombre de la Terre sur la Lune pendant les éclipses de Lune.
Expérience :
Prendre une source de lumière. Préparer des diaphragmes de formes différentes (fente, trou, rectangle, croissant de Lune).
Interposer entre la source de lumière et l'écran d'observation un objet de forme quelconque.

1-2 Rayon de la Terre par Anaxagore (-430)

Vers l'an 430 avant Jésus-Christ, le philosophe grec Anaxagore avait calculé que le Soleil, une petite boule de feu de 60 km de diamètre, flottait dans l'air à 6500 kilomètres.

Son raisonnement avait pour point de départ le fait suivant : des voyageurs revenant de la ville de Syène, près du Nil, lui avaient appris que le jour du solstice d'été, à midi, le Soleil était au zénith et que les objets n'avaient pas d'ombre. Plus tard, il apprit que le Soleil, le jour du solstice d'été, faisait un angle de 7° avec la verticale à l'emplacement de la future Alexandrie, à 800 km au nord de Syène.
Il croyait la Terre plane, ce qui lui fit dessiner la figure ci-dessus.

$$\tan a = d / h \text{ donc } h = d / \tan a = 800 / \tan 7 = 6515 \text{ km.}$$

Il déduisit le diamètre du Soleil, 60 km, de son diamètre apparent, qui vaut 1 demi-degré. Ces résultats sont très loin de la réalité puisque le Soleil est à 150 millions de km et que son diamètre vaut 1,39 millions de km.

1-3 Eratosthène mesure la Terre

Eratosthène est bibliothécaire. Pas n'importe où : à Alexandrie. Sa bibliothèque est la plus grande de toutes, et il a sans doute à sa disposition tout le savoir du monde...

Il sait que la Terre est ronde. Il sait que le Soleil en est infiniment éloigné, et que ses rayons arrivent parallèlement en tout point du Globe. Il sait qu'à Alexandrie, un bâton vertical a une ombre dont la longueur est minimale à l'instant que l'on nomme midi. Il sait mesurer l'angle que fait ce bâton avec les rayons du Soleil...

Eratosthène a lu qu'à SYENE, (Assouan de nos jours) tout là-bas dans le sud du pays, près des Cataractes du Nil, les rayons du Soleil tombent verticalement au fond d'un puits, le jour du Solstice d'Été.

Figure 2

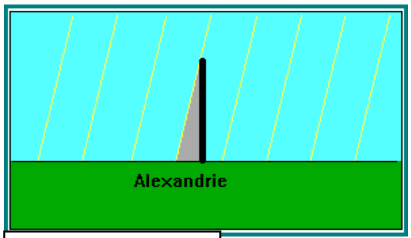


Figure 3

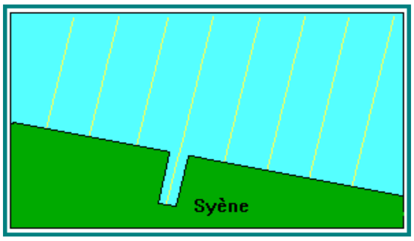


Figure 4

Il a bien mesuré l'ombre de son bâton, sans doute ici même, devant sa bibliothèque, et il attribue la différence à la rotondité de la Terre.

Il a appris sur l'un de ses papyrus que les caravanes de chameaux mettent cinquante jours pour venir de SYENE à ALEXANDRIE. Il a aussi découvert que ces chameaux parcourent 100 stades par jour. Il en déduit la distance entre les deux villes : 5000 stades. Le stade grec est la distance aller et retour sur un stade grec[1] ; cela représente une distance de 177,6 m.

Le jour du Solstice d'Été, Eratosthène mesure donc l'angle que font les rayons de Soleil avec la verticale d'ALEXANDRIE : il trouve un angle correspondant à un cinquantième de cercle, soit 7,2 ° qui lui permet de calculer sans problème le Tour du Monde !

Il a rarement été possible d'obtenir des résultats aussi grandioses avec aussi peu de moyens...

Ces résultats permettront à **HIPPARQUE** de donner une bonne estimation du diamètre de la Lune, et, connaissant son diamètre apparent, vu depuis la Terre, de déterminer avec une très bonne précision la distance de la Terre à la Lune.

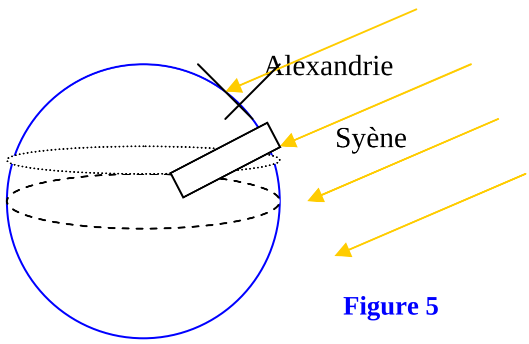


Figure 5

1-3-1 Questions

En utilisant le texte ci-dessus répondre aux questions suivantes :

- Qu'elle est la position particulière de Syène sur la terre ?
- Pourquoi Ératosthène doit il faire la mesure au solstice d'été ?

---

[1] Il ne faut pas confondre les différents stades utilisés dans l'antiquité. Seul le stade grec, de 600 pieds, soit 177,6m remontant à l'époque du IV$^{\text{ième}}$ siècle avant JC, peut être utilisé. Le stade Ptolémaïque, du II$^{\text{ième}}$ siècle après JC, vaut 210 m ; le stade Olympique vaut 192,3 m et le stade Romain vaut 185 m.

- Pourquoi doit-il faire la mesure à midi ?
- Calculer la distance Alexandrie Syène, en utilisant les données du texte.
- Proposer une méthode pour calculer, en utilisant les données du texte la circonférence de la Terre.
- Ératosthène a trouvé une valeur supérieure à 40 000 km. Qu'elles sont les sources d'erreur d'Ératosthène ?

1-3-2 Exercices :

- En utilisant les mesures de distance de Syène à Alexandrie et de l'angle que font les rayons du soleil avec le gnomon vertical planté à Alexandrie, en supposant la Terre plate, calculer à qu'elle distance de la Terre serait le Soleil.
- L'extrémité de l'ombre du gnomon n'est pas très précise. Le gnomon utilisé par Ératosthène avait une longueur d'une **orgye** soit **6 pieds**[2]. La longueur de l'ombre mesurée par Eratosthène était de 1 pied. En prévoyant une incertitude de mesure de la longueur de l'ombre de 10%, calculer entre quelles limites est comprise la circonférence de la Terre.

1-4 Diamètre du cône d'ombre de la Terre.

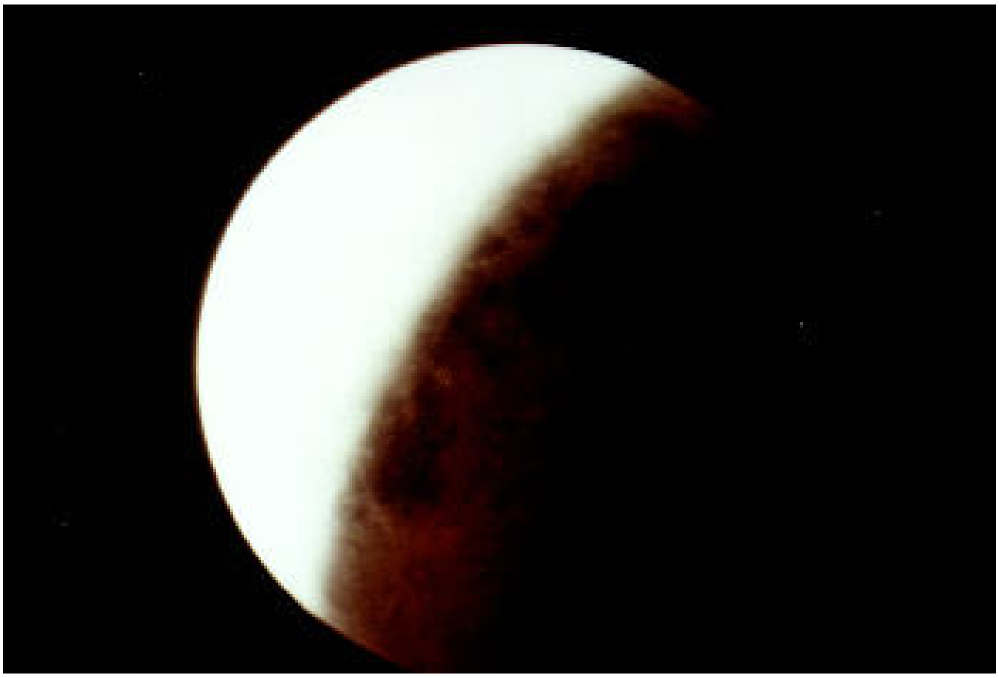


Figure 6

1-4-1 T.P. Mesure du diamètre du cône d'ombre de la terre

A partir de la figure 6, déterminer le diamètre de la Lune. Déterminer le diamètre du cône d'ombre de la Terre.
A partir de ces diamètres, compte tenu du diamètre de la Terre mesuré par Eratosthène, en déduire le diamètre de la Lune.
On prendra pour diamètre de la Terre D_T= 12 800 km

[2] Le pied grec a soit la longueur de 32,045 cm pied d'Hercule, soit 29,653 pied de Delphe.

(On peut remarquer que l'ombre est une portion de cercle, et que la forme de la Lune est une lunule, et non un quartier ou croissant de Lune, dont la courbe de l'ombre, le terminateur, est une ellipse.)

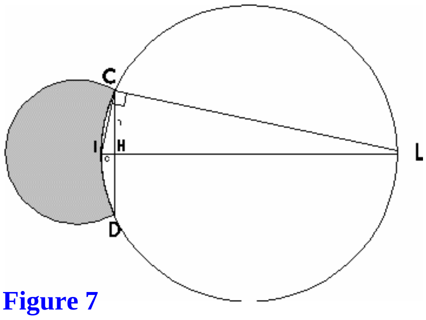


Figure 7

Solution 2

- Méthode du calque
- Méthode géométrique

Méthode du calque

Sur une feuille de papier millimétré transparente, tracer des cercles concentriques, de rayon 8cm, 8,2 cm, 8,4 cm,…9,4 cm, 9,6 cm, 9,8 cm et 10 cm. Les annoter par des couleurs différentes, et les tracer avec un trait très fin.

Superposer le calque à l'ombre et faire coïncider au mieux un des cercles du calque avec la limite de l'ombre et de la lumière sur la photo. Il ne reste plus qu'à lire le diamètre de l'ombre sur le calque.

Méthode graphique

On peut remarquer sur la figure 7 que la droite CD qui joint les deux extrémités de la lunule est une corde du cercle du cône d'ombre de la terre. Le centre du cercle déterminé par le cône d'ombre se trouve d'une part sur la médiatrice de cette corde. Cette médiatrice coupe aussi la lunule en I. On joint le point I à C et D. On trace la perpendiculaire CL à IC. L'intersection L de la médiatrice et de cette perpendiculaire donne un Point L qui est diamétralement opposé à I. IL est le diamètre du cône d'ombre à l'emplacement de la Lune.

1-4-2 La méthode d'HIPPARQUE (190 - 125 av. J-C.)

Les connaissances de l'époque

La Terre est ronde ! Cela est bien connu dès la plus haute antiquité. Les marins, qui voient les navires disparaître à l'horizon, comme s'ils s'enfonçaient dans la mer le savent bien. Les grands voyageurs aussi, lorsqu'ils s'éloignent vers le Sud ou vers le Nord, en découvrant de nouvelles constellations dans le ciel. Et les astronomes enfin, qui interprètent déjà correctement les éclipses de Lune : c'est l'ombre de la Terre qui cache peu à peu la pleine Lune... et la forme de l'ombre est à l'image de l'objet qui la crée !

Figure 8

Éclipse de Lune du 27 Septembre 1996 - 02 h 00min TU

On sait aussi que le Soleil est beaucoup plus éloigné de la Terre que la Lune, mais qu'il a pratiquement le même diamètre apparent qu'elle : un demi-degré. Le Soleil est donc beaucoup plus gros que la Lune, et même beaucoup plus gros que la Terre...

1-4-3 Les cônes d'ombre

Cette disproportion dans les dimensions du Soleil, fait que la Terre comme la Lune créent derrière elles une ombre de forme conique, plus longue pour la Terre que pour la Lune, mais dont l'angle au sommet et d'un demi degré environ.

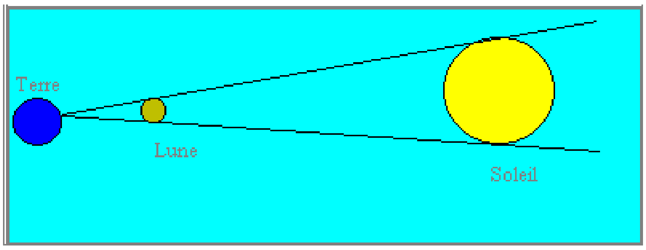


Figure 9

1-4-4 L'éclipse de Lune

Lors d'une éclipse de Lune, c'est la Terre qui va s'interposer entre le Soleil et elle. Mais comme la Terre est plus grosse que la Lune, l'ombre de la Terre peut plus facilement la plonger dans l'obscurité. Et ces éclipses de Lune sembleront moins rares, puisque tous les habitants de la moitié obscure de la Terre pourront en être les témoins.

1-4-5 Quelques notions de géométrie...

Nous pouvons donc représenter sur un même schéma une éclipse de Soleil et une éclipse de Lune. Remarquons cependant que les échelles de représentation ne sont pas respectées : la Terre et la Lune sont bien trop grosses si leur distance est correctement représentée... et cette distance Terre-Lune est bien trop courte sur le schéma si les deux astres sont représentés correctement...

Si nous tenons compte de cette disproportion entre la taille des astres et leur distance mutuelle, le schéma ci-dessous fait apparaître des triangles sensiblement égaux...

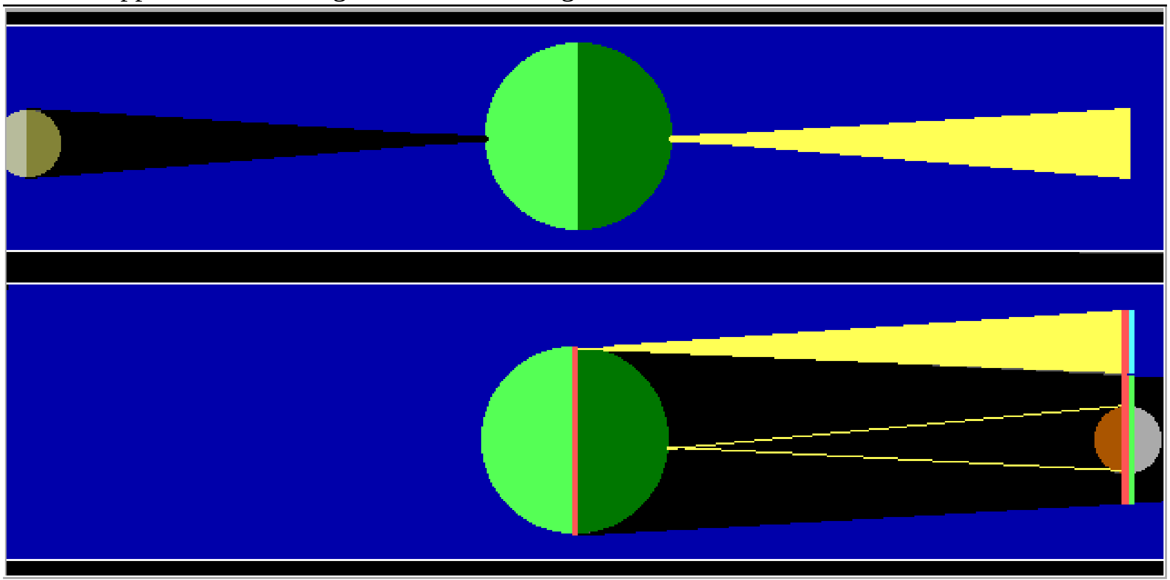


Figure 10

Il suffit de connaître quelques propriétés géométriques élémentaires pour y découvrir que le diamètre de la Terre, $\mathbf{D_T}$, est égal à la somme du diamètre de son ombre, $\mathbf{D_O}$ (à la distance de la Lune) et du diamètre de la Lune $\mathbf{D_L}$.

$$\mathbf{D_T = D_L + D_O}$$

Lors d'une éclipse de Lune, il est possible d'observer et de comparer le diamètre de la Lune et celui de l'ombre de la Terre. Il est même possible de mesurer leur rapport k sur une photographie bien contrastée.

1-4-6 Questions :

- En vous aidant des dessins ci-dessus, montrer la formule :

$$\mathbf{D_T = D_L + D_O}$$

- Faire un schéma d'une éclipse de Lune, en indiquant les positions relatives du Soleil, de la Terre et de la Lune.
- Faire un schéma d'une éclipse de Soleil, en indiquant les positions relatives du Soleil, de la Terre et de la Lune.
- Donner la relation entre le rapport k, et les diamètres de la Lune et de la Terre.

Comme les observations d'Eratosthène lui ont permis de mesurer le diamètre de la Terre... sans quitter sa bibliothèque, il suffit désormais de déterminer la constante k pour connaître le vrai diamètre de la Lune... Les plus malins trouveront alors facilement la distance de la Terre à la Lune, puisqu'ils connaissent l'angle que nous avons appelé son diamètre apparent !

1-4-7 Solution

Calcul du diamètre de la Lune

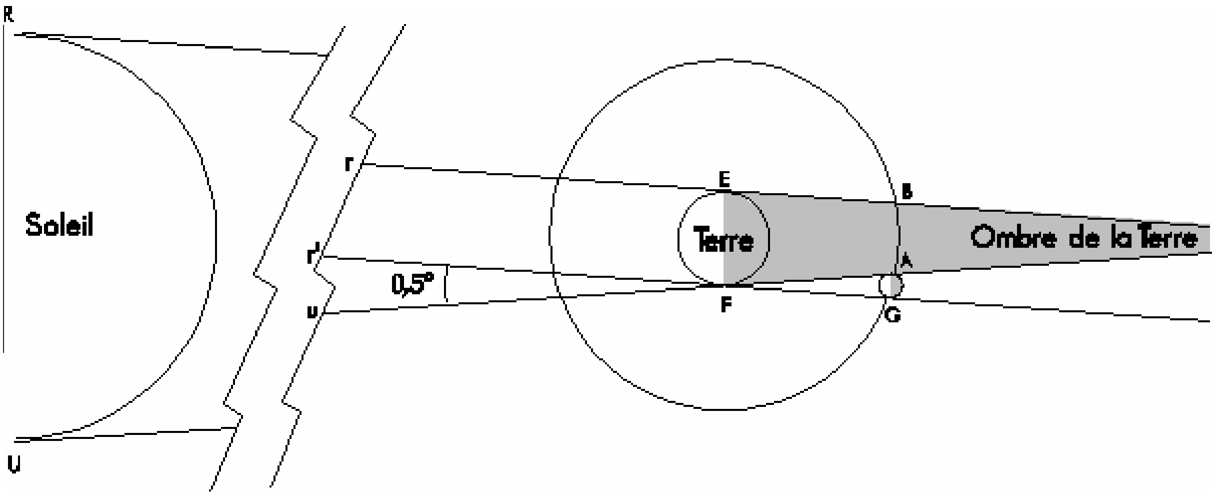


Figure 11

L'angle AFG a la même mesure que uFr', soit 0,54°, ce qui correspond à un diamètre lunaire à la distance de la Lune. AG est le diamètre de la Lune D_L.
On a considéré (Er) et (Fr') parallèles et BG // EF = Diamètre de la Terre D_T.

$$BG = BA + AG \text{ ou } D_T = D_O + D_L \qquad (1)$$

On a calculé le rapport D_O / D_L. De la relation (1) on en tire $D_O = D_T - D_L$

Avec ces deux équations, on peut calculer le diamètre de la Lune :

Exemple de calcul avec $\frac{D_O}{D_L} = \frac{D_T - D_L}{D_L} = \frac{12800 - 3500}{3500} = 2,66$

$D_O = 2,66\ D_L$ et $\mathbf{D_O + D_L = D_T = 12800\ km}$ d'où :

$2,66\ D_L + D_L = 12800$ km donc $\mathbf{D_L \approx 3500\ km}$ et $\mathbf{D_O = 9300\ km}$
(Le diamètre de la Lune est en réalité de 3476 km)

1-5 Distance de la Terre à la Lune

1-5-1 Diamètre apparent

Définition :
Le diamètre apparent d'un disque, est l'angle sous lequel on le voit.

Dans l'Antiquité, Aristarque de Samos avait trouvé le diamètre de la Lune égal au tiers de celui de la Terre et calculé la distance Terre-Lune en sachant que le diamètre de la Lune est vu de la Terre sous un angle d'un demi-degré.

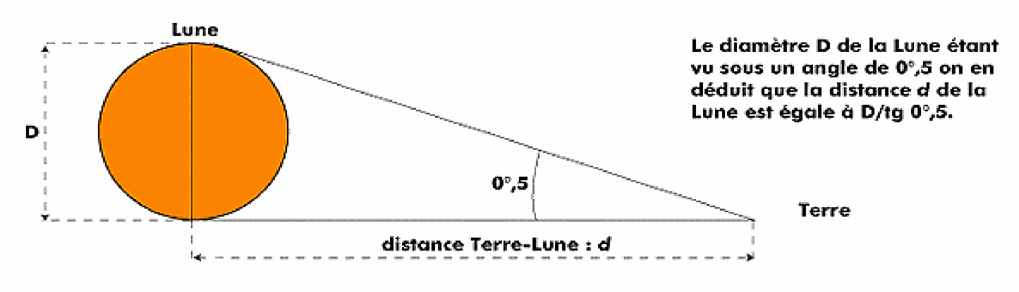


Figure 12

Mais pour obtenir maintenant la distance de la Lune, une simple proportion suffit, en utilisant le cercle centré sur la Terre, de rayon r et en assimilant le diamètre de la Lune à un arc de cercle. 0,54° correspond à D_L.

Solution : Calcul de la distance Terre-Lune

Pour obtenir maintenant la distance de la Lune, on utilise la mesure de son diamètre apparent, 0,54°.

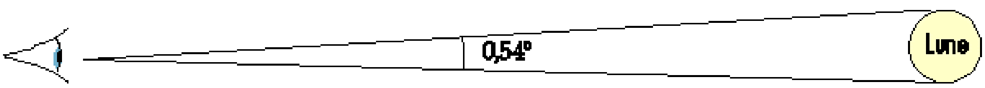


Figure 13

On peut avoir recours à la trigonométrie mais une simple proportion suffit.

Avec la trigonométrie : tan 0,54° = D_L / r d'où $\underline{r \approx D_L / \tan 0{,}54°}$

Avec les proportions : 0,54° correspond à D_L

On multiplie par 360 / 0,54 . 360° correspondent à un arc de longueur égale à la circonférence (D_L x360) / 0.54 = 670 x D_L
Or la longueur de la circonférence est $2 \pi r \approx 670 .D_L$
d'où **$r \approx 106 . D_L$**

En résumé :

Diamètre de la Terre	D_T = 12800 km
Diamètre du cône d'ombre de la Terre	D_O = 9300 km
Diamètre de la Lune	D_L = 3500 km

2 Dimension et distance du Soleil

2-1 Détermination de la distance du Soleil à la Terre.

Aristarque de Samos connaissant la distance Terre-Lune et sachant que le Soleil est très éloigné a envisagé de déterminer la distance du Soleil à la Terre en mesurant l'angle Lune-Terre-Soleil au premier quartier de Lune.

En effet comme le montre le schéma de la figure 13 la connaissance de θ de la distance de la Terre à la Lune permet d'écrire $\cos\theta = \dfrac{AC}{AB}$ d'où on tire la distance Terre Soleil AB = AC/cosθ.

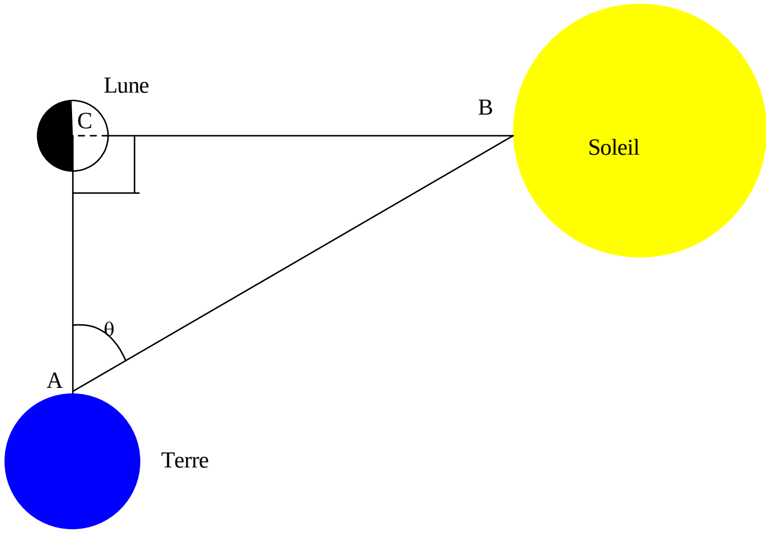


Figure 14

2-2 Les dimensions du système solaire.

Les dimensions de la terre peuvent s'exprimer en kilomètres, mais les distances des planètes du système solaire sont trop grandes pour être compréhensibles si on les exprime en kilomètres.

On va utiliser, pour le système solaire une unité spécifique : l'Unité Astronomique (1 U.A.).

Les unités astronomiques

2-2-1 Unité Astronomique U.A.

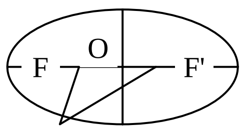
Définition

1 Unité Astronomique est la distance moyenne Terre-Soleil.

1 U.A. ≈ 150 000 000 km

Définition :

Période de révolution : temps mis par la planète pour faire un tour du Soleil.
Ellipse : Lieu des points dont la somme des distances à deux points fixes est constante.
Excentricité e :



Rapport de la distance du centre au foyer sur le demi-grand axe.
Aplatissement de l'ellipse. Si e = 0 cercle si e = 1 segment de droite.
On peut tracer une ellipse avec la méthode du cordeau du jardinier.
Prendre un fil de longueur 2a. Fixer ses extrémités en deux points F et F' distants de 2c < 2a. Tendre le fil avec un crayon et tracer la courbe en tournant autour de F et F'. O milieu de FF' est le centre de l'ellipse F et F'' sont les foyers.

2-2-2 L'année Lumière

Définition

L'année lumière est la distance parcourue par la lumière à la vitesse c = 3.10^8 m/s = 300 000 km/s pendant un an.

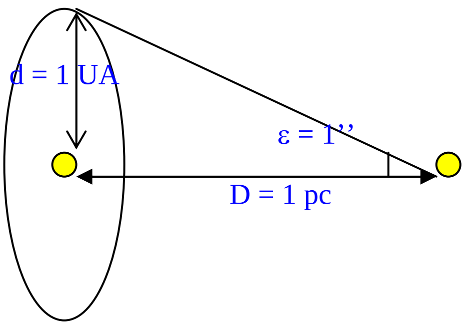
$$1 \text{ A.L.} = 3.10^5 * 365*24*3600 \text{ km} = 9.4608.10^{12} \text{ km}$$

2-2-3 Le parsec

Le parsec est une unité liée à une mesure angulaire.

Définition

Le parsec est la distance d'une étoile qui voit le rayon de l'orbite terrestre sous un angle d'une seconde d'arc.



On peut écrire tan 1'' = d/D

Or $1'' = \frac{2\pi}{3600*360} rad = 4{,}848.10^{-6} rad$

L'angle étant inférieur à 6° on peut confondre l'angle et la tangente.

Si d = 150.10^6 km ⇨ D = 1 pc = $150.10^6/4{,}848.10^{-6}$ km = $3{,}09397.10^{13}$ km

1 pc = $3{,}09397.10^{13}$ km

1 pc = 3,27 AL

2-3 Description du système Solaire

Le système solaire est composé d'une étoile, le Soleil et de 9 planètes qui gravitent autour.
Ces planètes sont les satellites du Soleil. Sept planètes ont un ou plusieurs satellites.
Les planètes qui tournent autour du soleil sont sur des orbites elliptiques en générale de faible excentricité.
D'après les lois de Kepler, plus la planète est éloignée du soleil, plus sa période de révolution est grande.
La période de révolution est la durée d'une année de la planète.

Les planètes tournent sur elle-même dans un mouvement de rotation.
La période de rotation est la durée du jour de la planète.

Planète	Période de révolution	Distance au Soleil U.A.	Diamètre relatif Terre = 1	Nombre de satellites	Masse relative Terre = 1	Période de rotation sidérale	Gravité au sol
Soleil			109		332 270	25.38 j	274
Mercure	88 j	0.39	0.37	0	0.056	58.65 j	3.72
Vénus	228 j	0.72	0.966	0	0.817	243 j	8.83
Terre	365 j	1	1	1	1	23 h 56 min	9.81
Mars	686 j	1.52	0.54	2	0.108	24 h 37 min	3.72
Jupiter	11 ans 315 j	5.2	11.14	12	318.36	9 h 55 min	24.8
Saturne	29 ans 167 j	9.56	9.4	10 + anneaux	95.22	10 h 39 min	10.5
Uranus	84 ans	19.22	4	5 + anneaux	14.6	17 h 15 min	9
Neptune	164 ans 280 j	30.11	4.3	2 + anneaux	17.3	16 h 7 min	11.7
Pluton	249 ans	39.6	0.25	1	0.017	6.4 j	0.5

La masse de la Terre est 6.10^{24} kg. La masse de la terre est 81,5 fois celle de la Lune.
La distance moyenne Terre Lune = 384 000 km. (La distance varie de 356 410 km à 406 740 km).
Le diamètre de la Lune = 3476 km.
La distance moyenne Terre Soleil = 150 000 000 km (Elle varie de 147.1 millions de km à 152.1 millions de km).

2-4 Les dimensions de la Galaxie

Notre Galaxie est une galaxie de forme spirale. Son diamètre est de 100 000 Année de Lumière.
Le Soleil se trouve dans un des bras de la Galaxie à 30 000 A.L. du centre.
Le Bulbe central de la Galaxie a une épaisseur de 15 000 A.L., et les bras 5000 A.L.

La galaxie spirale la plus proche, galaxie d'Andromède, se trouve à 2,25 millions d'A.L
Le grand Nuage de Magellan n'est qu'à 165 000 A.L.
Les galaxies les plus lointaines observées sont à 12 milliards d'A.L.

3 Parallaxe.

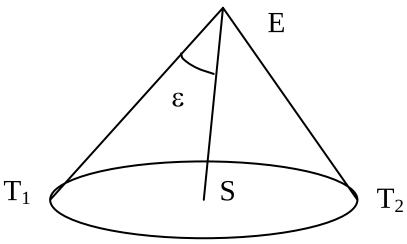


Figure 15

La parallaxe de l'étoile E est l'angle ε sous lequel on voit la distance Soleil-Terre depuis cette étoile.
La distance Soleil Terre est de 1 Unité Astronomique soit 150 millions de km. Cette parallaxe s'exprime en seconde d'arc.
Si on appelle D la distance SE et d la distance ST_1 on peut écrire :

$$\boxed{\tan(\varepsilon) = \frac{ST}{SE} = \frac{d}{D} \approx \varepsilon}$$

Si ε est en " et D en parsec on a ε" = 1/D.

Pour les étoiles dont la distance n'est pas trop grande inférieure à 100 A.L.

3-1-1 Questions

- Pourquoi peut-on écrire : tan(ε) ≈ ε ?
- Pourquoi peut-on écrire tan(ε) =d/D même si le triangle STE n'est pas rectangle ?
- L'étoile la plus proche du système solaire est à 4,5 A.L. (α Proxima du Centaure), l'approximation tan(ε) ≈ ε est-elle justifiée ?
- Pourquoi ne peut-on utiliser cette méthode pour des distances supérieures à 300 A.L. ?

3-1-2 Exercices

- Proposer une méthode pour déterminer la parallaxe d'une étoile si le triangle T_1ET_2 n'est pas isocèle. On appelle α_1 et α_2 les angles ET_1S et ET_2S.
  Application : α_1 = 59.0000278° et α_2 = 119.9999722°
- Déterminer la parallaxe de α Proxima du centaure qui est à 4.5 A.L. de la Terre.
- Est-il important de préciser la parallaxe par rapport à la Terre ou par rapport au Soleil ? Pourquoi ?
- Calculer la parallaxe d'une étoile à 300 A.L. du système solaire.

3-1-3 TP Parallaxe

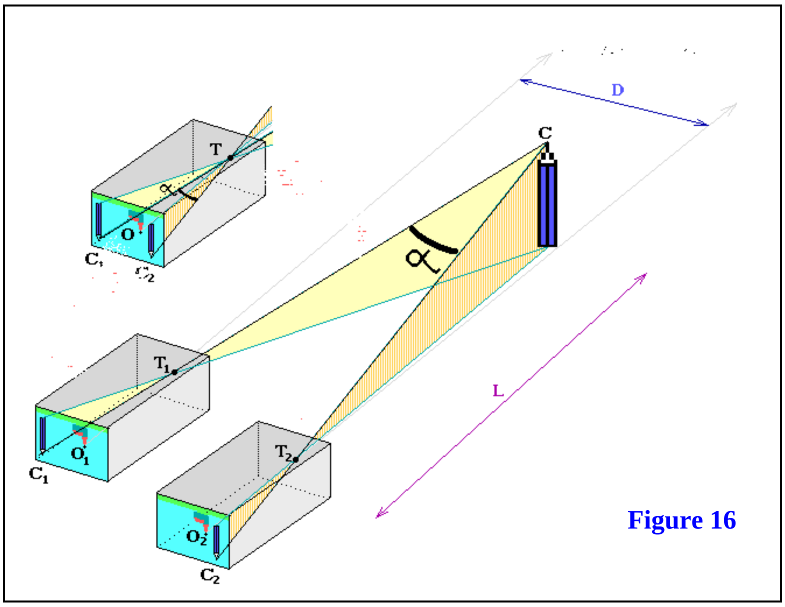


Figure 16

Expérience :
Placer un crayon 30 cm devant les yeux. Alternativement ouvrir un œil, puis l'autre.

- Comparer la position du crayon par rapport à l'arrière plan.

La parallaxe est le demi angle O_GCO_D

Manipulation
On se propose de mesurer la distance d'une source lumineuse, placée au fond de la classe par la méthode des parallaxes.
On réalise une chambre noire, percée d'une fente face à la source de lumière, et disposant sur l'autre face un papier transparent.

4 Effet Doppler

On peut observer le spectre d'une étoile ou d'une galaxie lointaine à six mois d'intervalle.

Figure 17

En T_1 la Terre s'éloigne de l'étoile avec sa vitesse orbitale V = 107.6 km/h. En T_2 elle se rapproche de l'étoile avec une vitesse sensiblement égale.
On fait une photo du spectre de l'étoile à six mois d'écart avec un spectre de référence. Par effet Doppler, les raies sont décalées vers le rouge en T_1 et vers le bleu en T_2. La variation de longueur d'onde permet de déterminer la vitesse d'éloignement de l'étoile par rapport à la terre.

$$\boxed{\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{V}{c}}$$

La loi de Hubble permet d'en déduire la distance de l'étoile :

$$\boxed{V = H_0 D}$$

H_0 est la constante de Hubble H_0 = 75 km/s/Mpc D en pc et V en km/s

Attention la vitesse de rotation à l'équateur est v_e= 464 m/s
La vitesse orbitale de la Terre est V_o = 29860 m/s
La vitesse du système solaire par rapport au centre galactique est V_g = 250 km/s

$$\boxed{z = \frac{\Delta\lambda}{\lambda} = \frac{H_0 D}{c}}$$

Si z > 0.05 on peut déterminer la distance de l'étoile ou de la galaxie.

5 Détermination de la distance par la magnitude.

La luminosité L d'une étoile peut se déterminer par la loi de Stéphan $L = \sigma S T^4$.

L'éclat de l'étoile est $E = \dfrac{L}{4\pi\ d^2}$ d étant la distance de l'étoile.

La différence de magnitude apparente de deux étoiles est donnée par la formule de Pogson :

$$\boxed{m_1 - m_2 = -2{,}5\log\frac{E_1}{E_2}}$$

On définit une magnitude absolue M en évaluant la magnitude qu'aurait l'étoile de magnitude apparente m si elle était à une distance de 10 pc.

On en déduit que **$m - M = 5\log(d) - 5$** d étant la distance de l'étoile exprimée en parsec.

6 Un peu d'Histoire

6-1 ARISTARQUE DE SAMOS (-310 -230 Avant JC)

Aristarque de Samos est le premier grand astronome grec de l'école d'Alexandrie. Il propose déjà, que la Terre tourne autour du Soleil, qui est le centre des mouvements des planètes.

6-2 ERATOSTHÈNE (-273 -192 Avant JC)

Eratosthène de Cyrène, savant grec, premier géographe de l'Antiquité, contemporain d'Archimède est bibliothécaire à Alexandrie. Il a proposé une méthode pour mesurer la circonférence de la terre.

6-3 HIPPARQUE DE NICEE (-190 -120 Avant JC)

Astronome grec ayant vécu à Nicée (actuelle Iznik, Turquie) et Rhodes. Il introduit en Grèce la division du cercle en 360° chacun divisible en 60' de 60''. Il propose une théorie basée sur l'épicycle pour expliquer le mouvement du Soleil, démontre la réalité de la précession des équinoxes, et donne une valeur à l'année tropique de 365j 5h 55mn 12s (actuel = 365j 5h 48mn 46s) et 365j 6h 10 mn pour l'année sidérale (actuel = 365j 6h 9mn 9,74s).

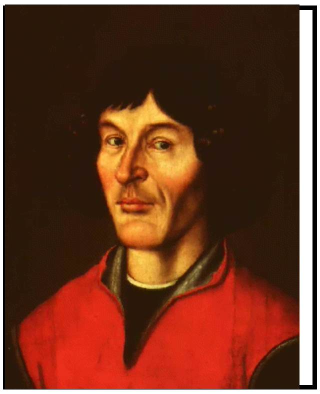
Il établit une théorie de la Lune et calcule avec une grande précision la durée du mois synodique, anomalistique et draconitique : Par exemple, il donne pour le mois syndique une durée de 29j 12h 44mn 24s (actuel = 29j 12h 44mn 2,8s). Il élabore des tables pour environ 800 étoiles et attribue à chacune une valeur liée à la luminosité qui sera à l'origine des magnitudes des étoiles.

6-4 Claudius PTOLEMEE (II°siècle)

Gravure anonym. (Ronald Sheridan Photo Library)

Astronome, géographe et mathématicien grec. Il est l'inventeur d'une théorie géocentrique qui dominera l'astronomie jusqu'au XVI° et qu'il expose dans son ouvrage majeur Grande syntaxe mathématique qui date de 140 ap. JC et nous est connu sous le nom arabe Almageste.
Les théories exposées dans cet ouvrage seront en vigueur pendant tout le Moyen Âge.
L'Almageste est aussi un catalogue de 1022 étoiles. Il découvre l'évection, inégalité de la Lune d'une amplitude de 1°16' et d'une période 32j.
Il est aussi l'auteur d'un célèbre ouvrage d'astrologie : Le Tetrabiblos.

6-5 Nicolas COPERNIC (1473-1543)



Astronome polonais, célèbre pour sa théorie astronomique selon laquelle le Soleil est immobile au centre de l'univers et la Terre, tournant sur son axe une fois par jour, fait le tour du Soleil en une année. C'est le système héliocentrique.
Entre 1510 et 1514, il rédige un court traité d'astronomie. Dans cet ouvrage, il énonce les principes de sa nouvelle astronomie héliocentrique. Il envoie ce résumé à de nombreux mathématiciens et se heurte à un silence glacial ou à la raillerie.

L'œuvre principale de Copernic, De Revolutionibus Orbium Coelestium (Révolutions des sphères célestes) est achevée dès 1530 mais n'est publiée qu'à la mort de Copernic, le 24 mai 1543.
Le système de Copernic est, à cette époque, rejeté aussi bien par les catholiques que par les protestants. Luther dit même : "L'imbécile veut mettre tout l'art de l'astronomie à l'envers, mais l'Ecriture Sainte nous le dit : C'est au soleil que Josué a commandé de s'arrêter et non à la Terre."

6-6 Galileo GALILEI (1564-1642)

Astronome italien, en 1609, Galilée construit un télescope grossissant vingt fois, avec lequel il découvre les montagnes et les cratères de la Lune, constate que la Voie lactée se compose d'étoiles et découvre les quatre plus grands satellites de Jupiter. Il publie ces découvertes en mars 1610 dans le Sidereus nuntius (Messager céleste).
En décembre 1610, il observe les phases de Vénus, qui entrent en contradiction avec l'astronomie de Ptolémée et le confortent dans sa préférence pour le système copernicien.
En 1632, Galilée publie à Florence Dialogue sur les deux grands systèmes du monde, dans lequel il parle des relations des hypothèses de Ptolémée et de Copernic avec la physique des marées.
Galilée est convoqué à Rome par l'Inquisition pour répondre d'une accusation de «sérieuse suspicion d'hérésie». En 1633, Galilée est condamné. Le Dialogue est brûlé et la sentence prononcée contre lui est lue publiquement dans chaque université.
Le dernier ouvrage de Galilée, Discours sur deux nouvelles sciences, publié à Leyde en 1638, révise ses premières études sur le mouvement et sur les principes de la mécanique en général. Le livre ouvre une voie

qui doit conduire Newton à la loi de la gravitation établissant le lien entre les lois planétaires de Kepler et la physique mathématique de Galilée.

6-7 Tycho BRAHE (1546-1601)

Astronome danois. Il a fait des mesures complètes et précises du Système solaire et de plus de sept cents étoiles.

Les données rassemblées par Brahé dépassent toutes les autres mesures astronomiques faites avant l'invention du télescope au début du XVIIe siècle.

Sans autre instrument qu'un globe et un compas, il parvient à détecter de graves erreurs dans les tables astronomiques existantes et entreprend de les corriger.

Pendant vingt ans, l'astronome conduit ses observations au château d'Uraniborg (palais d'Uranie) sur l'île de Hveen.

Johannes Kepler, qui est l'assistant de Brahé à la fin de la vie de celui-ci, utilise les données rassemblées par Brahé pour l'énoncé de ses trois lois sur le mouvement planétaire.

6-8 Johannes KEPLER (1571-1630)

Mathématicien et astronome allemand.

Célèbre pour la formulation et la vérification des trois lois du mouvement planétaire qui portent son nom.

L'un de ses principaux travaux est Astronomia Nova (Nouvelle Astronomie, 1609), le point culminant de ses recherches pour calculer l'orbite de Mars.

C'est en reprenant les travaux de Brahe sur Mars, et en constatant un écart de 8' entre les positions observées et les positions calculées avec le système des combinaisons de mouvements circulaires que Kepler est amené à chercher comment le mouvement s'écarte de l'uniformité simple.

Tout d'abord, la trajectoire de Mars ne saurait être aucunement un cercle, même excentré de manière sensible par rapport au Soleil, car un cercle est défini par trois points, et il est aisé de constater que les calculs effectués pour plusieurs groupes de trois positions de Mars conduisent à des cercles qui diffèrent beaucoup. La trajectoire de Mars est donc ovale, et la merveille est qu'en lui appliquant l'hypothèse de la loi des aires par rapport au Soleil il apparaît que l'ellipse réalise le meilleur accord avec les observations.

C'est dans Harmonice Mundi (Harmonie du monde, 1619) que se trouve une troisième loi, élaborée en 1618, celle de la proportionnalité des carrés des périodes de révolution des planètes aux cubes de leurs moyennes distances au Soleil, qui achève la structure mathématique des mouvements planétaires.

6-9 Sir Isaac NEWTON (1643-1727)

Mathématicien et physicien anglais, il est considéré comme l'un des plus grands scientifiques de l'Histoire.

Il laisse d'importantes contributions à de nombreuses branches de la science.

Newton est l'un des inventeurs du calcul infinitésimal, il découvre également les mystères de la lumière et de l'optique, formule trois lois sur le mouvement et en déduit la loi de la gravitation universelle.

Newton est surtout célèbre pour sa découverte de la gravitation universelle, qui explique que tous les corps, dans l'espace et sur la Terre, subissent les effets d'une force appelée gravité. Il publie cette théorie dans son ouvrage Philosophiae Naturalis Principia Mathematica, paru en 1687.

6-10 Edmond HALLEY (1656-1742)

Astronome et mathématicien britannique, il est le premier à calculer l'orbite de la comète qui porte son nom.
Le traité le plus important de Halley est l'Astronomiae cometicae Synopsis publié en 1705. Dans cette oeuvre, Halley applique les lois du mouvement de Newton à toutes les données disponibles sur les comètes, et montre que les comètes aperçues en 1531, 1607 et 1682 ne sont qu'un seul et même objet céleste, qui suit une trajectoire que l'on peut calculer d'après les lois des Principia.
En tenant compte des perturbations de Jupiter, il annonce le retour de la comète de 1682 pour décembre 1758.

Anecdote Les astronomes avaient calculé le retour de la comète de Halley pour 1910. Le 15 janvier 1910 une comète apparaît, mais ce n'est pas celle de Halley; d'où l'expression : impossible de "faire des plans sur la comète".

6-11 Camille FLAMMARION (1842-1925)

Astronome français, réputé pour ses talents de vulgarisateur. En 1879, il publie son manuel Astronomie populaire, qui connaît un immense succès. Il travaille comme calculateur au Bureau des longitudes ; ses compétences en matière d'astronomie sont largement reconnues.
En 1887 il fonde la Société Astronomique de France.