

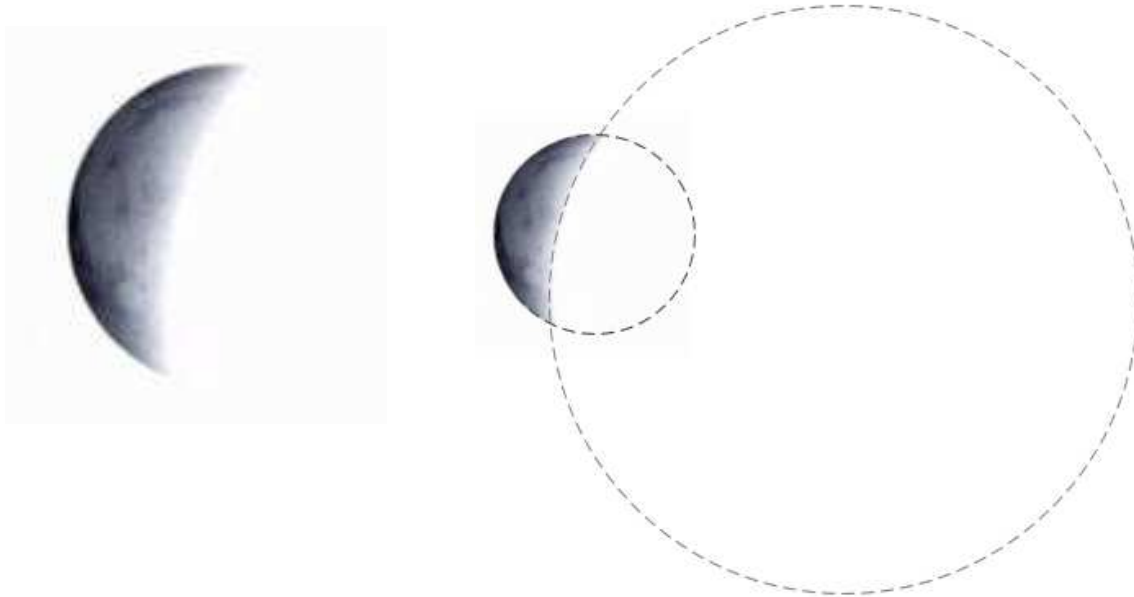
Comment a-t-on mesuré l'Univers ?

Des corps célestes les plus proches, la Terre est celui dont la forme est la plus difficile à déterminer. Ayant le "nez dessus" on manque de recul pour l'observer : il est naturel de l'imaginer plate.

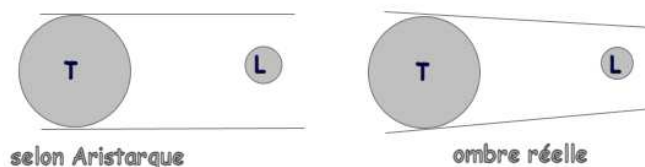
C'est vers -500 qu'apparaît une autre théorie : la Terre pourrait être sphérique. C'est ce qu'affirme le grec PARMENIDE, hypothèse relayée par PYTHAGORE et ses disciples.

Diamètre de la Lune

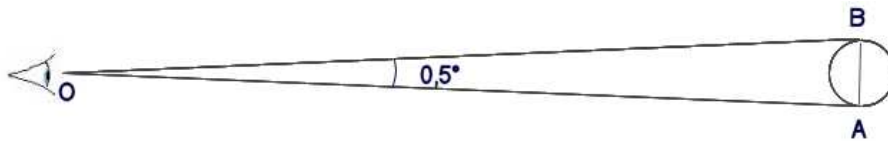
Il faut attendre -250 pour qu'ARISTARQUE, autre grec de Samos, imagine d'exploiter l'observation des éclipses de la Lune pour estimer son diamètre. Il a compris que le phénomène s'explique par le passage de la Lune dans l'ombre de la Terre. Il pense que cette ombre a le même diamètre que celui de la Terre. Ses observations lui permettent d'affirmer que le diamètre de la Lune est trois fois plus petit que celui de la Terre.



En réalité cette ombre forme un cône et son diamètre est plus petit que celui de la Terre. Le diamètre de la Lune est en fait 3,7 fois plus petit que celui de la Terre.



ARISTARQUE, encore lui, a aussi cherché à évaluer la distance Terre-Lune.



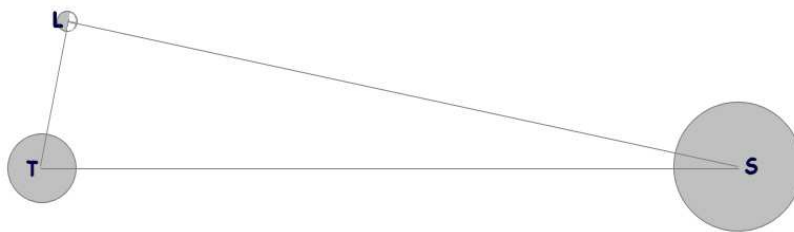
En observant la pleine Lune les rayons OA et OB forment un triangle isocèle. Son angle en O est de $0,5^\circ$ environ. On peut assez facilement constater que dans un tel triangle la hauteur mesure 106 fois la base AB.

La distance Terre-Lune vaut donc 106 fois le diamètre de la Lune, ou encore $106/3 = 35$ fois le diamètre de la Terre.

Mais on ne connaît toujours pas le diamètre de la Terre...

ARISTARQUE, toujours lui, a aussi cherché à évaluer la distance Terre-Soleil.

Son idée repose sur l'observation de la Lune à son premier quartier : il a compris que la Terre, la Lune et le Soleil forment alors un triangle TLS rectangle en L.



Il a estimé que l'angle en T valait 87° , ce qui a donné une distance Terre-Soleil égale à 19 fois la distance Terre-Lune. En réalité c'est 400 fois ! la triangulation était trop peu précise car le triangle est trop aplati, beaucoup plus que sur cette figure.

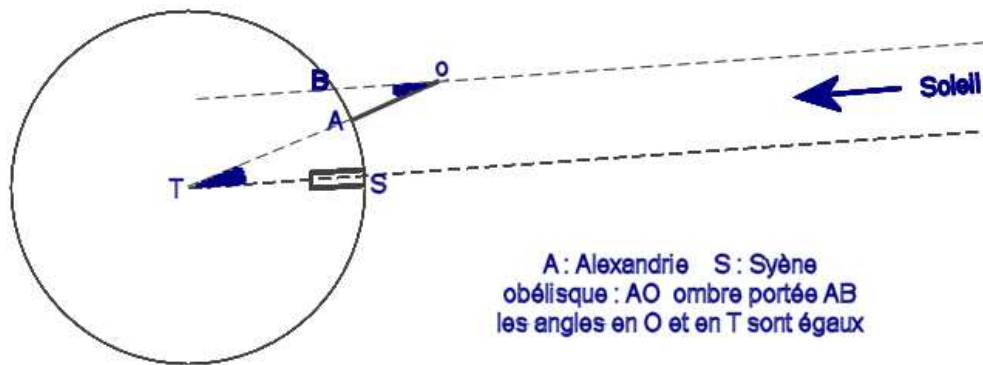
Il a fallu attendre 17 siècles pour avoir une valeur correcte de la distance Terre-Soleil, grâce à la troisième loi de KEPLER.

Ces mesures étaient relatives au diamètre de la Terre, il était impératif de le déterminer.

En -205 c'est le grec ERATOSTHENE, directeur de la grande bibliothèque d'Alexandrie, qui entreprend le calcul de la circonférence de la Terre.

Sa méthode :

- le 21 juin à midi, jour du solstice d'été, le soleil se reflète au fond des puits à Syène. C'est parce que cette ville est située sur le tropique du Cancer.
- Au même moment il va mesurer l'ombre portée d'un obélisque à Alexandrie.
- Il en déduit que l'angle en T mesure $7,2^\circ$ comme l'angle en O. (figure suivante)
- La distance de Syène à Alexandrie a été mesurée par un "bématiste", arpenteur égyptien, en comptant les pas d'un chameau soit 5000 stades.



L'arc AS mesurant 5000 stades pour un angle de $7,2^\circ$ la circonférence de la Terre, pour 360° , mesure donc $\frac{5000 \times 360}{7,2} = 250\,000$ stades soit environ 40 000 km. Ce résultat est d'une excellente précision !

On peut alors en déduire :

- le diamètre de la Terre : $250\,000/\pi = 80\,000$ stades soit environ 12700 km.
- le diamètre de la Lune $12700/3 = 4230$ km (en réalité 3474 km)
- la distance Terre-Lune : $4230 \times 106 = 448\,000$ km (en réalité 384000 km)

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 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 : il donne pour le mois synodique 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.

Claudius PTOLEMEE (II^e siècle) astronome, géographe et mathématicien grec. Il est l'inventeur d'une théorie **géocentrique** qui dominera l'astronomie jusqu'au XVI^e.

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.

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 XVII^e 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.

Galileo GALILEI (1564-1642), astronome italien, construit en 1609 une lunette 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. 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.

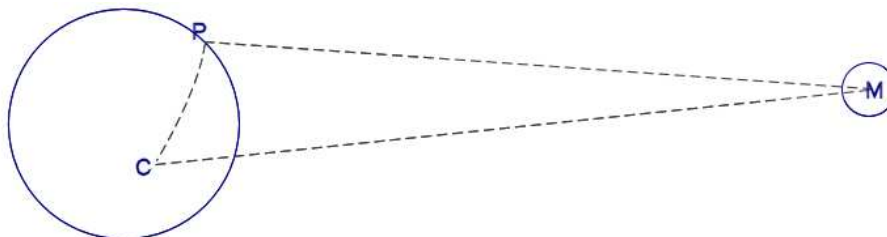
Galilée est convoqué à Rome par l'Inquisition pour répondre d'une accusation de "sérieuse suspicion d'hérésie". En 1633, Galilée est condamné. Le Dialogue est brûlé.

Johannes KEPLER (1571-1630) mathématicien et astronome allemand, assistant de Brahé à la fin de la vie de celui-ci.

C'est en reprenant les travaux de Brahe sur Mars et en constatant un écart entre les positions observées et les positions calculées qu'il élabore les trois lois du mouvement planétaire qui portent son nom. Les planètes ont une trajectoire elliptique.

Distance Terre-Soleil

Cette mesure a été faite par Picard, Cassini et Richer en 1672. En pratique, on passe par l'observation d'une planète proche (Mars), pour en déduire la distance Terre-Soleil de la troisième loi de Kepler. La méthode utilisée pour déterminer la distance Terre-Mars le jour de l'observation s'apparente à celle employée par Eratosthène : en observant Mars depuis Paris et depuis Cayenne on déduit l'angle en M qui permet de calculer la distance PM à partir de la distance PC.

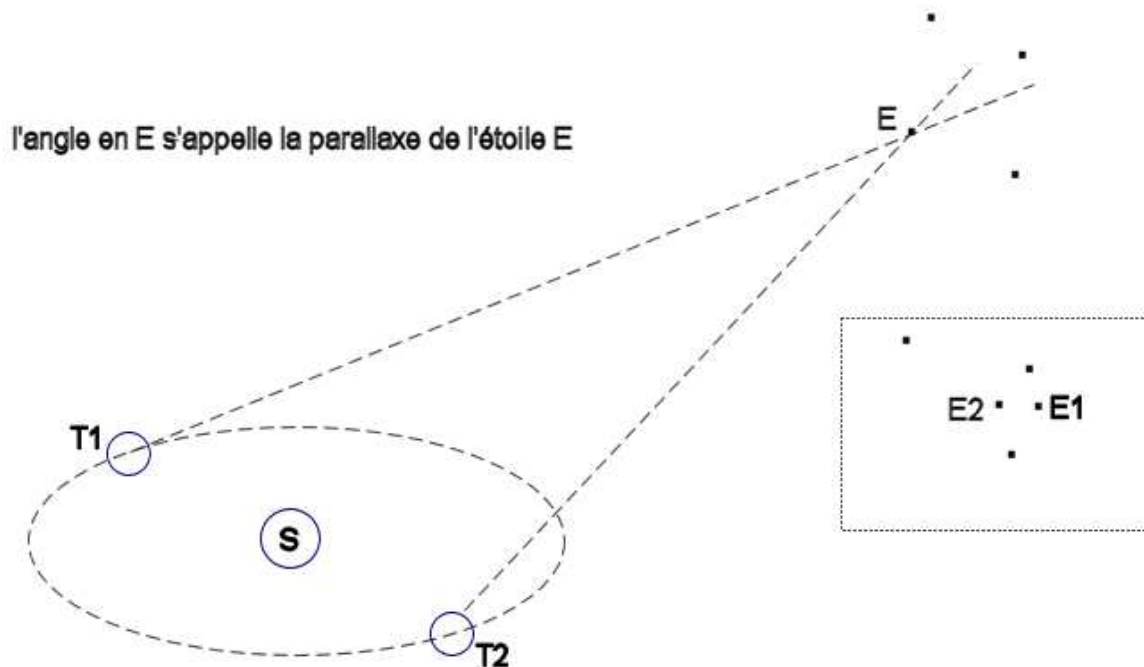


Rem : pour obtenir un meilleur résultat ils ont choisi des lieux d'observation aussi éloignés que possible et profité d'un passage de Mars au plus près de la Terre.

Ils ont pu en déduire une distance Terre-Soleil de 142 millions de km (149 réels)

Comment mesurer la distance de la Terre aux étoiles ?

On reprend la méthode de triangulation d'Eratosthène et de Cassini mais il faut encore augmenter la base du triangle d'observation : on va observer l'étoile depuis deux positions diamétralement opposées de la Terre sur son orbite :



La méthode peut être utilisée pour une étoile proche E dont on observe le déplacement apparent par rapport à des étoiles "voisines" qui paraissent fixes car beaucoup plus éloignées. C'est ainsi que l'allemand BESSEL (après 4 ans d'observation !), détermina en 1838 la parallaxe de l'étoile 61 Cyg et put en déduire qu'elle est située à 10,3 années-lumière de nous. (réel : 11,1)

Et la vitesse de la lumière ?



Sa diffusion n'est-elle pas instantanée ? Cassini est l'un des premiers à en douter et c'est le danois Olaf Römer qui réussit à évaluer sa vitesse en 1675.

méthode : il observe des éclipses du satellite Io de Jupiter. Ce sont des phénomènes périodiques prévisibles avec une très bonne précision. Mais lorsque la Terre est en T1 Römer constate qu'ils sont observés avec 22 min (réel 16,6) de retard sur les prévisions. Ce retard est dû à la plus longue distance parcourue par la lumière qui n'est donc pas instantanée. Il en déduit une vitesse de 220 000 km/s (réel 300 000)