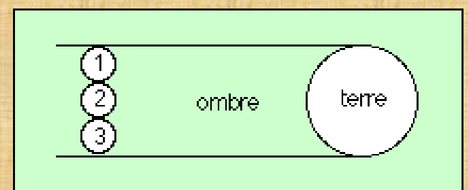
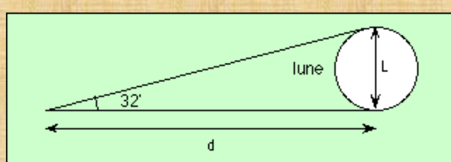
Le sujet est de faire un panorama de quelques techniques de mesure des distances astronomiques. L’évolution des connaissances a fait que les distances mesurables ont grandi avec le temps. L’histoire commence dans l’antiquité, avec les mesures d’astres proches et arrive maintenant aux confins de l’univers naissant. Chaque époque, chaque technique a utilisé les distances établies par les méthodes antérieures, pour qualifier ses découvertes.

1)

ARISTARQUE DE SAMOS
DISTANCE À LA LUNE





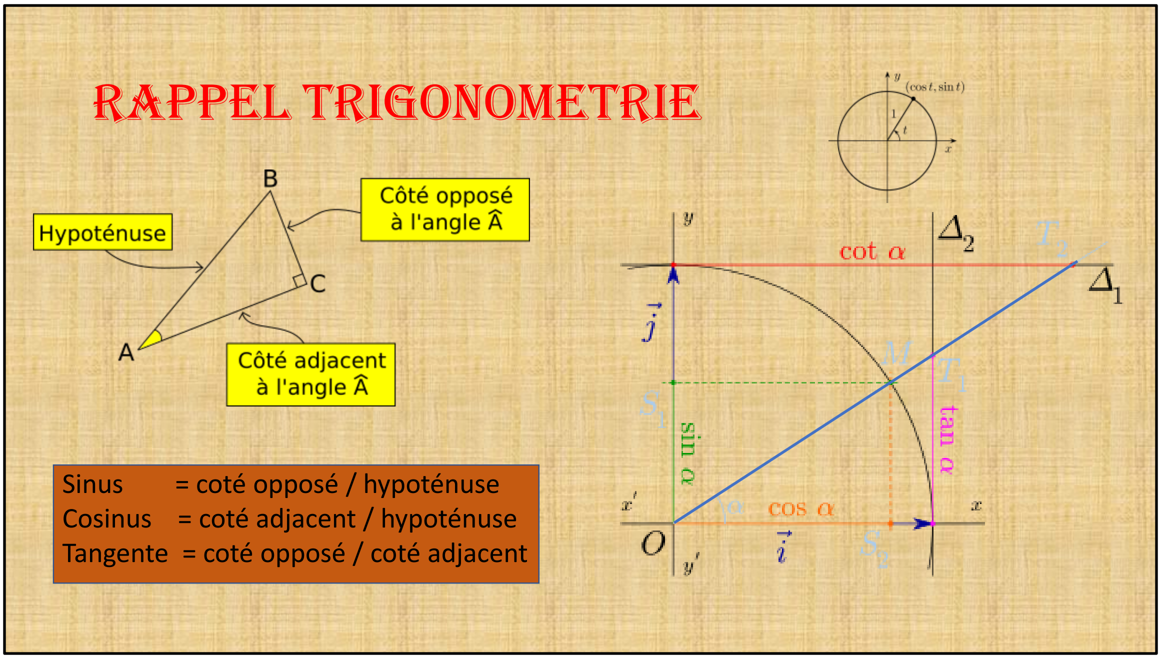
Rayon de lune : 1 737 km (T = 6370)
Terre lune : 384 402 km

(Distance terre – lune calculée par Aristarque : 407 680 km)

Aristarque de Samos est un astronome né à Samos (vers 310-230 av. J.C.). Il est le premier représentant de l'École d'Alexandrie, dont Ptolémée cite une observation du solstice d'été de 278 av. J.-C., et est justement célèbre comme le véritable auteur du système du monde que nous connaissons sous le nom de Copernic.
Voici ce que rapporte de lui Plutarque : "*Aristarque place le Soleil au nombre des fixes*, *et fait au contraire, mouvoir la Terre dans le cercle solaire* " (Plutarque, *de Placitis philosophorum*, II, 24.)

En position 1, la Lune est juste totalement éclipsée. Au bout d'une heure, elle se trouve en 2, ayant avancé de son propre diamètre. Au bout de 2 heures, elle se trouve en 3, toujours totalement dans l'ombre. Elle en sort alors. Ainsi : **la Lune est trois fois plus petite que la terre**. Si L est le diamètre de la Lune, et T celui de la terre : L = 0,3 T.
On voit la Lune sous un angle de 32' à peu près ; on a donc : tg 32' = L / d = 0,3 T / d = 0,0093
d'où d = 0,3 T / 0,0093 = 32 T = 64 R
Erathostene : rayon de la terre
En fait 64 fois le rayon de la terre = 407 680 (différence de 5%) et le vrai rapport Rt/Rl

= 3,66

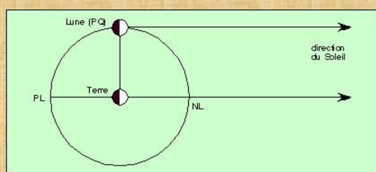


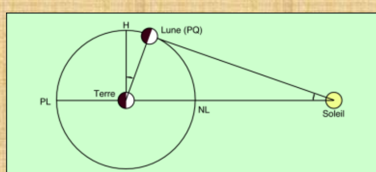
L'utilisation la plus ancienne du sinus apparaît dans les Shulba Sutras écrits en indien ancien entre le VIIIe siècle av. J.-C. et le VIe siècle, dans lesquels la valeur du sinus de π/4 (45°) est correctement calculée comme égale à 1/√2 avec une procédure pour cercler un carré (l'inverse de quarrer un cercle), bien que les indiens n'eussent pas encore développé la notion de sinus dans un sens général[2]

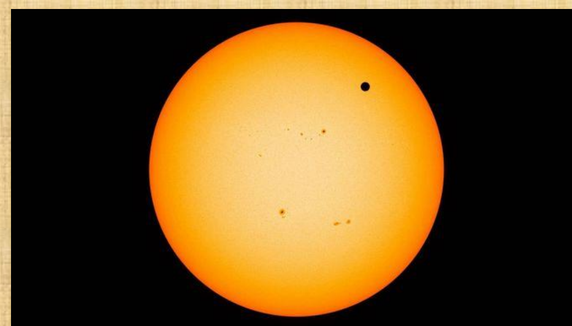
Les rapports trigonométriques furent étudiés indépendamment par Hipparque de Nicée (-180/-125) dans un ouvrage « De l'étude des droites dans le cercle »[3]. Hipparque est reconnu comme le premier mathématicien à avoir disposé de « tables trigonométriques » (tables des longueurs d'arcs de cercle et des longueurs des cordes sous-tendues, qui sont en fait des sinus de l'angle moitié[4]) ; elles lui servirent à calculer l'excentricité des orbites lunaires et solaire, et à estimer les grandeurs et distances relatives du Soleil et de la lune.

DISTANCE AU SOLEIL ET À VÉNUS

- 1 LE SOLEIL







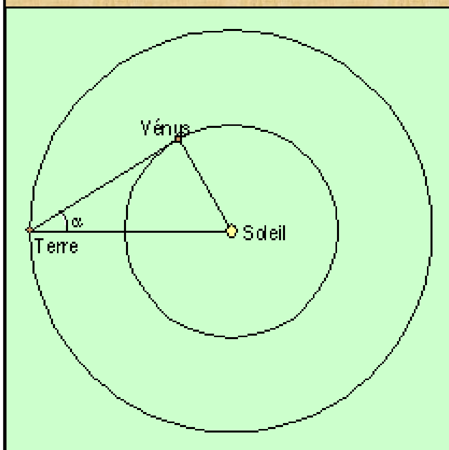
Si le Soleil était à l’infini, le Premier Quartier serait exactement à mi-chemin entre la Nouvelle Lune et la Pleine Lune :

Ce n’est pas le cas, le Soleil est à distance finie. Par conséquent, le Premier Quartier est plus proche de la Nouvelle Lune que de la Pleine Lune (l’arc d’orbite à parcourir est plus court). Si on suppose que l’orbite de la Lune est un cercle, parcouru à vitesse constante, l’intervalle de temps entre la Nouvelle Lune et le Premier Quartier est plus court que l’intervalle entre le Premier Quartier et la Pleine Lune. Aristarque a mesuré le temps écoulé entre la Nouvelle Lune et le Premier Quartier, puis entre le Premier Quartier et la Pleine Lune. Il a trouvé une différence de 6 heures ; il en a déduit un angle de 3°.

La difficulté de cette méthode tient dans l’observation de l’instant précis du Premier Quartier. Observant évidemment à l’œil nu, Aristarque s’est trompé assez largement sur le décalage ; la vraie valeur est de seulement 35 minutes. Il s’ensuit que le Soleil est, non pas 20 fois, mais 387 fois plus éloigné que la Lune.
Nous retiendrons l’astuce de ces premiers astronomes qui ont su trouver des résultats pertinents sans l’appareillage complexe dont nous disposons maintenant. L’important était surtout que le Soleil se trouve beaucoup plus loin de nous que la Lune. Et comme

il a le même diamètre apparent, c’est qu’il est aussi beaucoup plus gros.

• 2 Vénus



Copernic remarqua que l’angle maximum était de 46°.

Si on considère que la Terre tourne autour du Soleil, ce qu’avait envisagé Aristarque de Samos au III^{e} siècle avant JC, on peut définir simplement les distances **relatives** des planètes au Soleil. Prenons le cas de Vénus.

En tournant autour du Soleil, elle se voit parfois le matin, parfois le soir. Entre les deux, elle se rapproche du Soleil, passe devant ou derrière, puis s’en éloigne à nouveau. Au moment où elle occupe une position extrême (**plus grande élongation**, son plus grand éloignement angulaire au Soleil), on peut mesurer l’angle qui la sépare du Soleil. A partir de cet angle, il est très facile de calculer la distance de Vénus au Soleil, en prenant celle de la Terre pour unité :

Il est facile de mesurer l’angle α. On remarque qu’au moment de la plus grande élongation (α maximum), la droite joignant la Terre à Vénus est tangente à l’orbite de Vénus.

Par conséquent, elle est perpendiculaire au rayon joignant Vénus au Soleil. Le triangle TVS étant donc rectangle en V, le sinus de l’angle α est : $\sin \alpha = SV / ST$.

COMMENT MESURER L'ANGLE

Vénus et le Soleil feront autour de la Terre un tour apparent complet, soit 360°, en 24 heures.
Le temps t qui sépare les couchers des deux astres représente une fraction de 24 h, qui correspond à la fraction d'angle par rapport à 360°.

La mesure d'un angle est relativement difficile à faire, disons qu'il faut être très méticuleux. Il y a une façon plus simple de procéder.
Pour faire l'observation, il faut que Vénus soit visible évidemment. De préférence le soir, par raison de commodité.
L'idéal est d'observer au bord de mer, ou tout au moins dans un endroit où l'horizon ouest (puisqu'on observe le soir) est plat. Si votre horizon n'est pas plat, les mesures seront moins précises, vous le comprendrez plus loin. Observez le coucher du Soleil, et notez l'heure à laquelle **le centre** du Soleil est sur l'horizon (ne vous souciez pas trop de la précision tout de même).
Attendez maintenant que Vénus se couche à son tour. Lorsqu'elle touche l'horizon, notez l'heure.
La mesure est faite, maintenant il faut traiter les données.
Ce qui est simple, c'est une règle de trois. A partir des heures de coucher de Vénus et du Soleil, calculez le temps t qui les sépare. On va maintenant supposer que, dans ce bref intervalle, Vénus ne se déplace pas autour du Soleil, ce qui est une très bonne approximation. Alors, Vénus et le Soleil feront autour de la Terre un tour apparent complet, soit 360°, en 24 heures.
Le temps t qui sépare les couchers des deux astres représente une fraction de 24 h, qui correspond à la fraction d'angle par rapport à 360°. On peut le représenter par :

t $\rightarrow$ 24 h
d° $\rightarrow$ 360°
Faites les produits en croix : t × 360° = 24 h × d°
Vous obtenez tout de suite d° = t × 360° / 24 h.
Exemple : Supposons que vous ayez observé le coucher du Soleil à 20 h, et celui de Vénus à 22 h 30. Le temps t entre les deux est 22 h 30 - 20 h = 1 h 30, soit 1,5 heures.
La formule ci-dessus donne : d° = 1,5 h × 360° / 24 h = 22,5°.