

Distances dans le système solaire

Diapositives tirées en grande partie de l'exposé
qui se trouve à cette adresse :

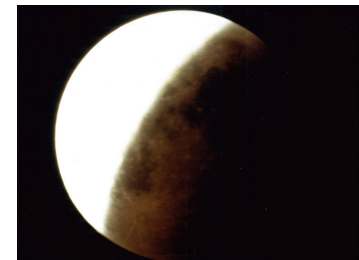
https://cral-perso.univ-lyon1.fr/labo/fc/cdroms/stages14-15/distances/ST_doc/hist_mesure_dist_dans_systsol.pdf

La Terre des grecs est sphérique

- Parménide d'Élée (501-450? av. J.-C.) enseigne la sphéricité de la Terre.



- Aristote (384-322 av. J.-C.) : L'aspect du ciel change quand on se déplace du Nord au Sud, et la forme de l'ombre de la Terre sur la Lune est circulaire.



Aristarque de Samos (310-230 av. J.-C.)

La taille **relative**¹ de la Lune

Il évalue le cône d'ombre de la Terre sur la Lune et en déduit :

$$R_{\text{Terre}} = 3 R_{\text{Lune}}$$

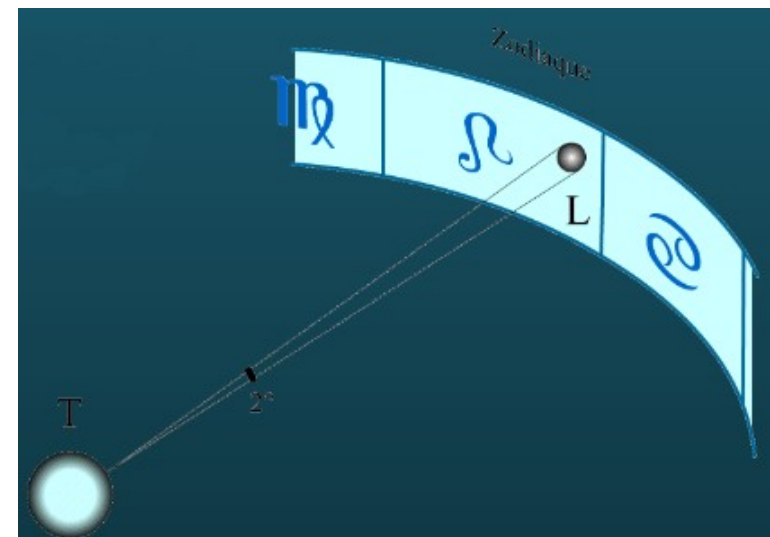
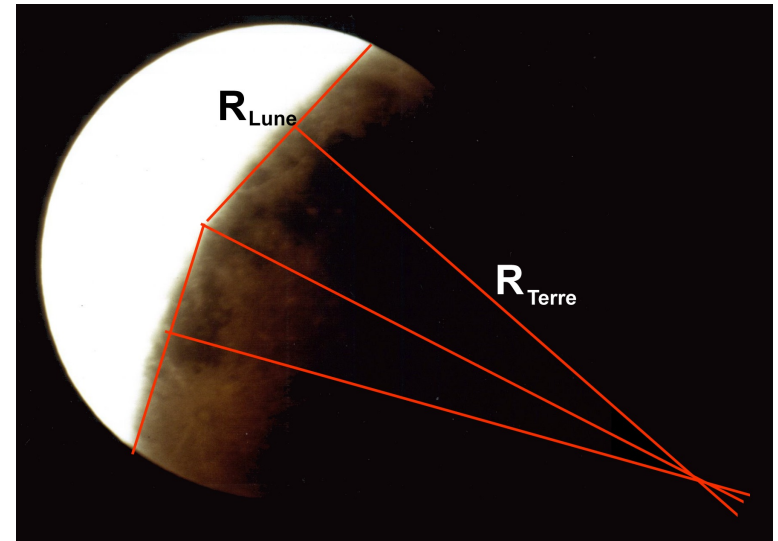
(au lieu de 3.7)

Il évalue l'angle apparent de la Lune à 1/15 d'un signe zodiacal, soit :

$$\alpha = 2^\circ$$

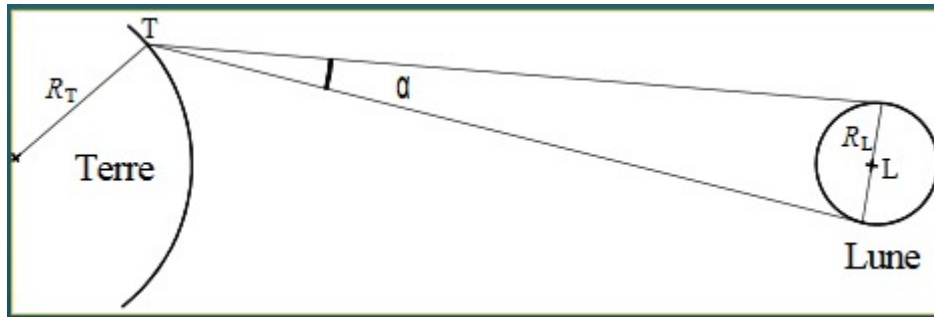
(au lieu de 0.5°)

(1) taille relative à la taille de la Terre



Aristarque de Samos

La distance **relative**¹ de la Lune



Aux petits angles :

$$\frac{2R_L}{TL} \simeq \alpha \quad \Rightarrow \quad TL \simeq \frac{2R_L}{\alpha} \simeq 57R_L$$

Soit avec $\alpha = 2^\circ$: $TL \simeq 19R_T$

(au lieu de $60R_T$).

(1) distance relative à la taille de la Terre

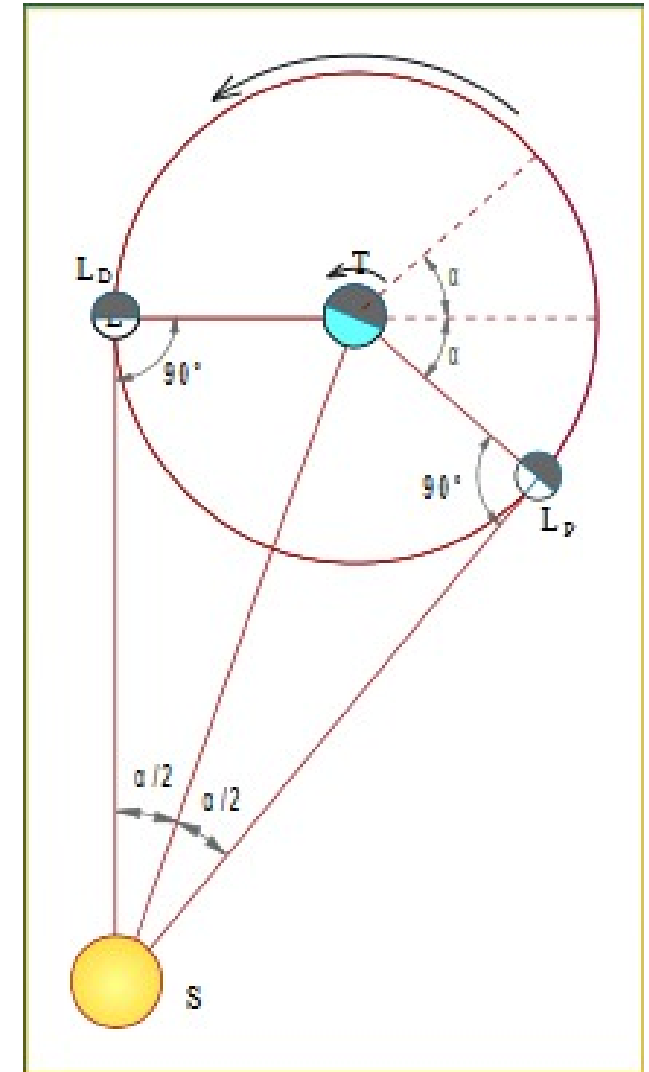
Aristarque de Samos

La distance relative¹ du Soleil

- Le Soleil n'est pas à l'infini (!)
- La lune a un mouvement circulaire uniforme.
- Il estime la valeur de l'angle α à partir du fait que la durée pour passer de L_P (premier quartier) à L_D (dernier quartier) est supérieure d'environ un jour à la durée pour passer de L_D à L_P .
- Il en déduit le rapport des distances :

$$\frac{TL}{TS} \simeq 19 \Rightarrow TS \simeq 19TL$$

- D'où : $TS \simeq 19 \times 19 R_T \simeq 361 R_T$
- En fait $TS/TL \simeq 390$ au lieu de 19 car α est bien plus petit que son estimation, car il est difficile de déterminer l'époque exacte des quartiers.



(1) distance relative à la taille de la Terre

Ératosthène (276-194 av. J.-C.)

La valeur **absolue** du rayon de la Terre

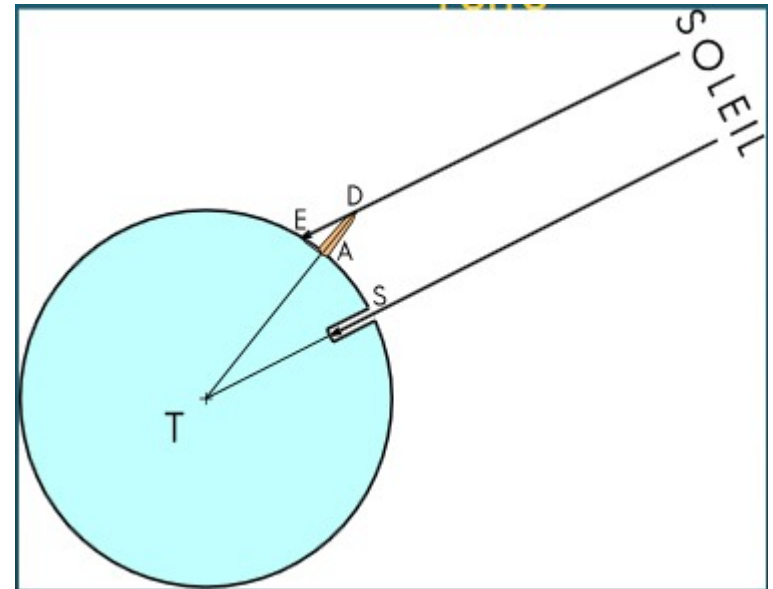
En supposant les rayons du Soleil parallèles, il évalue l'angle au centre de la Terre entre Alexandrie et Syène par la différence de hauteur du Soleil dans ces deux villes le jour du solstice d'été.

Angle = 1/50 de tour

⇒⇒⇒

Circonférence de la Terre = 50 fois la distance Syène-Alexandrie

Ce qui est relativement précis !



Le monde des premiers grecs

	Époque	grecque	Actuellement
Circonférence terrestre	250 000 stades 1 stade = 157.7 m ?	39 425 km	40 000 km
Rayon terrestre		6 275 km	6 378 km
Distance Terre - Lune	19 R_T (Aristarque) 70 R_T (Hipparque)	119 000 km 440 000 km	60 R_T = 384 400 km
Rayon Lune	0.3 rayon Terre	1880 km	1737 km
Distance terre - Soleil	19 Terre-Lune	2.26 Mkm 8.33 Mkm	150 Mkm

Après Copernic (1473-1543)

Rayon **relatif**¹ des orbites inférieures

Calculé à partir de la mesure de la plus grande **élongation** α de la planète par rapport au Soleil.

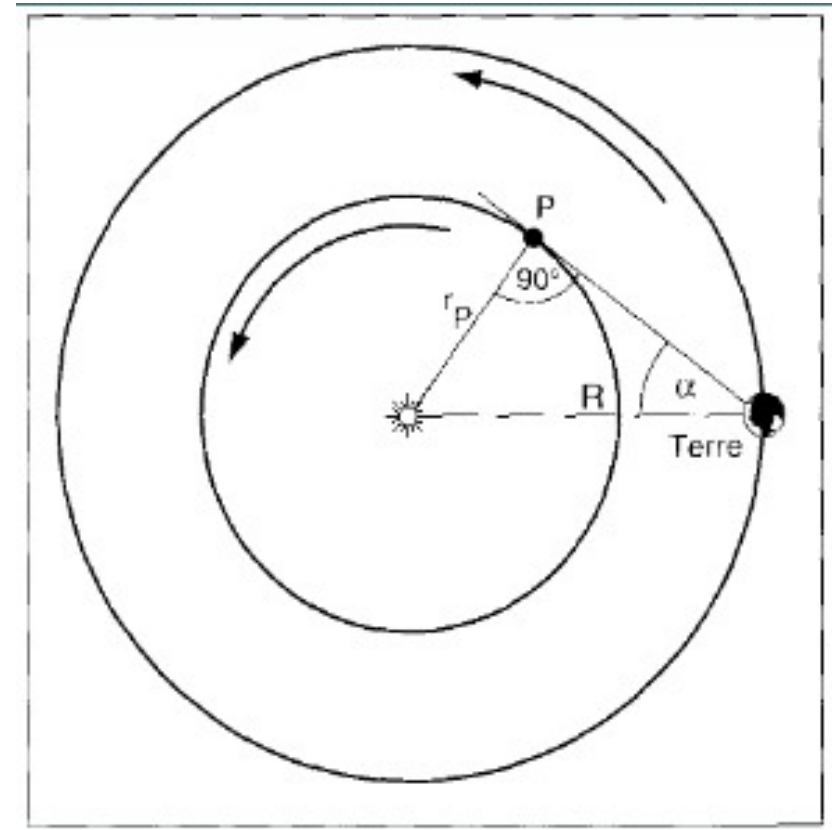
Mercure $\alpha = 22.7^\circ$

Vénus $\alpha = 46.3^\circ$

D'où :

Rayon orbite Mercure = 0.38 U.A.

Rayon orbite Vénus = 0.72 U.A.



(1) relatif à U.A. = distance Terre-Soleil

Rayon relatif¹ des orbites supérieures

Calculé dans le triangle Soleil – Terre – Planète lors de quadrature, à partir de la connaissance de la distance TS et des angles.

Mais la mesure des angles nécessite la mesure l'intervalle de temps $\Delta t = t' - t$ entre l'**opposition** et la **quadrature**.

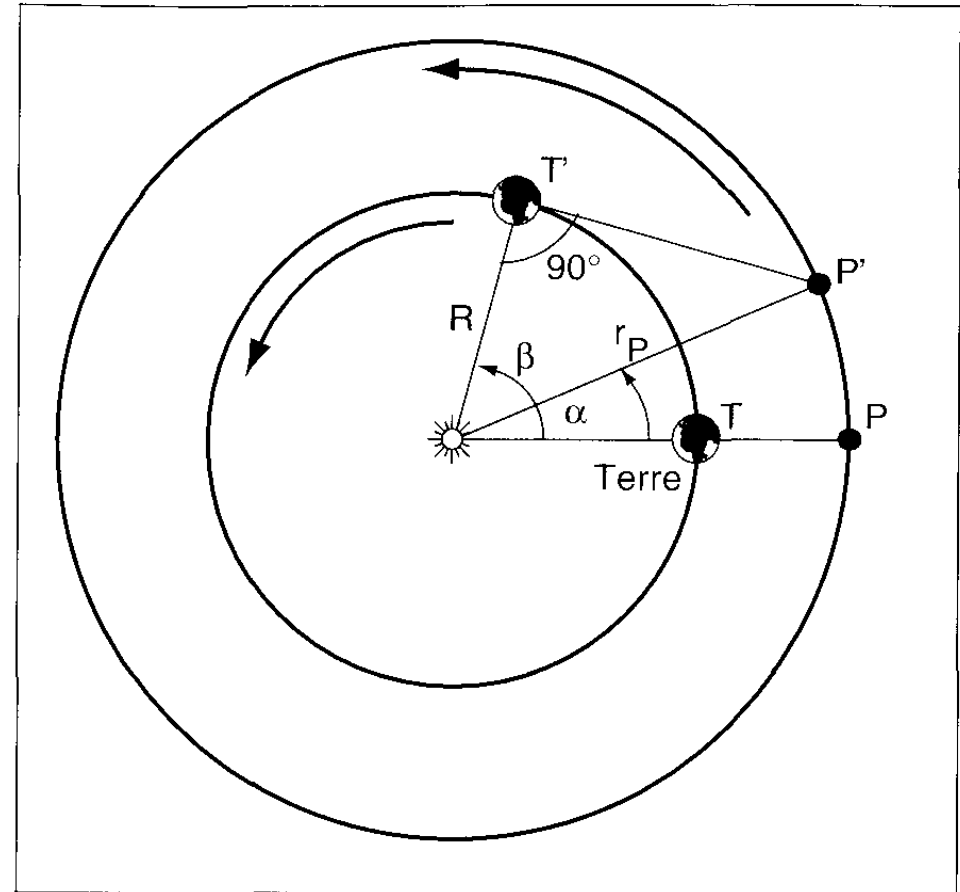
$$\alpha = 360^\circ \times \Delta t / \text{période Planète}$$

$$\beta = 360^\circ \times \Delta t / \text{période Terre}$$

D'où :

$$SP = \text{U.A.} / \cos(\beta - \alpha)$$

(1) relatif à U.A = distance Terre-Soleil



Mesure absolue du méridien Terrestre par l'abbé Picard (1620 - 1682)

De 1668 à 1670 l'abbé Picard mesure l'arc de méridien entre Sourdon au sud d'Amiens et Champcueil, lieu-dit Malvoisine, à 40 km sud de Paris

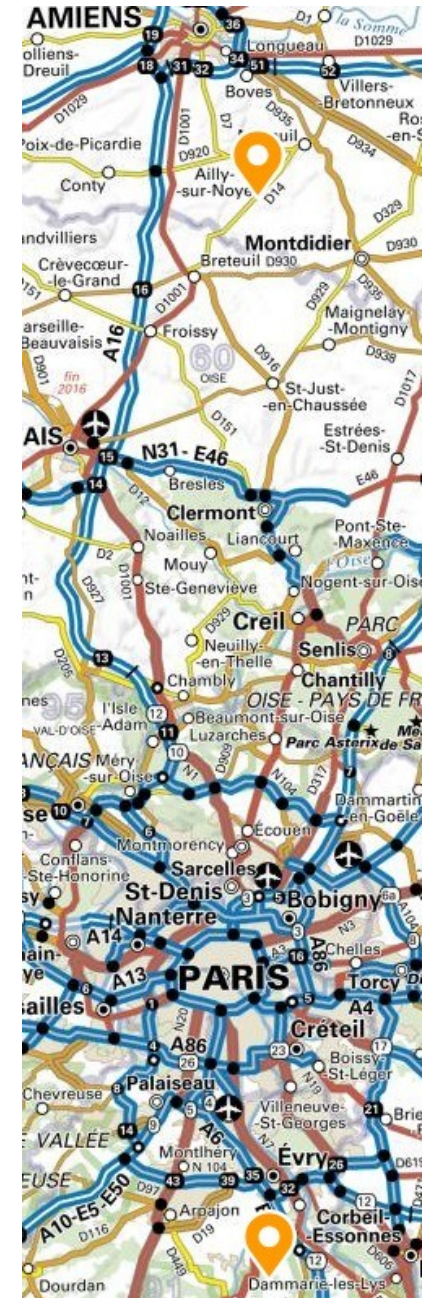
Il opère à partir d'une base qu'il mesure précisément en toise de Paris entre Villejuif et Juvisy-sur-Orge.

Les angles de la triangulation sont pour la première fois mesurés avec un théodolite muni d'un réticule.

Il obtient pour la longueur de l'arc de méridien de 1° :

$$L(1^\circ) = 57\,060 \text{ toises.}$$

Ce qui est à seulement 0,014 % de la valeur actuelle.



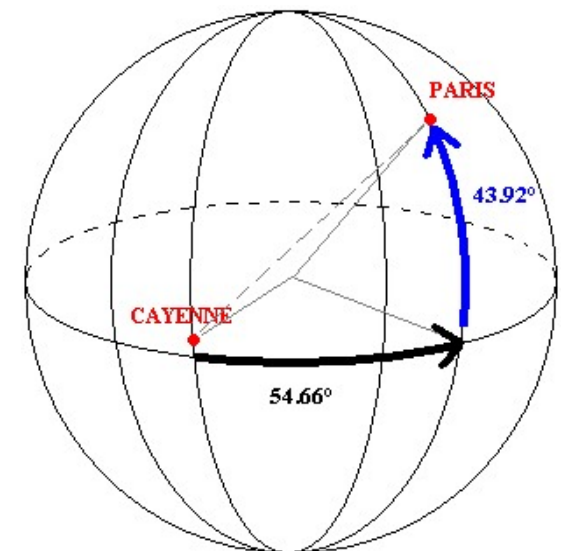
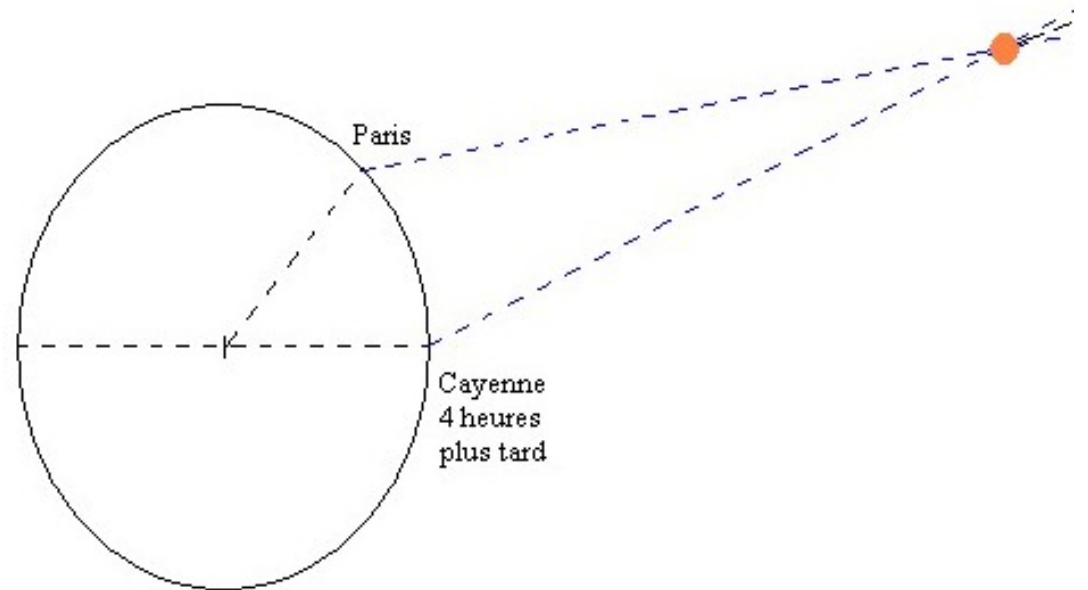
Mesure **absolue** de la distance de Mars par la parallaxe

La connaissance du résultat de l'abbé Picard incite **Jean-Dominique Cassini** (1625 – 1712) à la mesure de la distance de Mars, qui en 1672 est au plus près de la Terre.

Cassini resta à Paris et l'astronome **Jean Richer** (1630-1696) collaborateur de l'abbé Picard, alla à Cayenne en Guyane.

Ils mesurent au moment du passage au méridien de Mars son écart de hauteur avec une étoile voisine de référence.

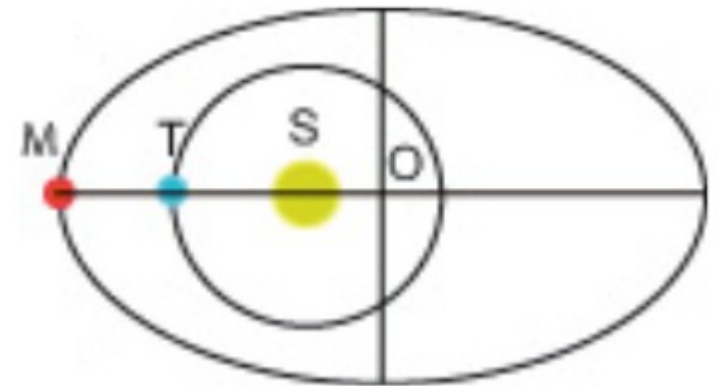
Ils en déduisent que la différence de latitude Paris-Cayenne est vue depuis Mars sous un angle de $17''$ ce qui conduit à conduire Cassini à évaluer la distance Terre-Mars à 55 Mkm.



Cassini : L'unité astronomique

La période de Mars est de 1.88 ans.
La mesure de la distance Terre – Mars a été effectuée lorsque Mars est au périhélie.

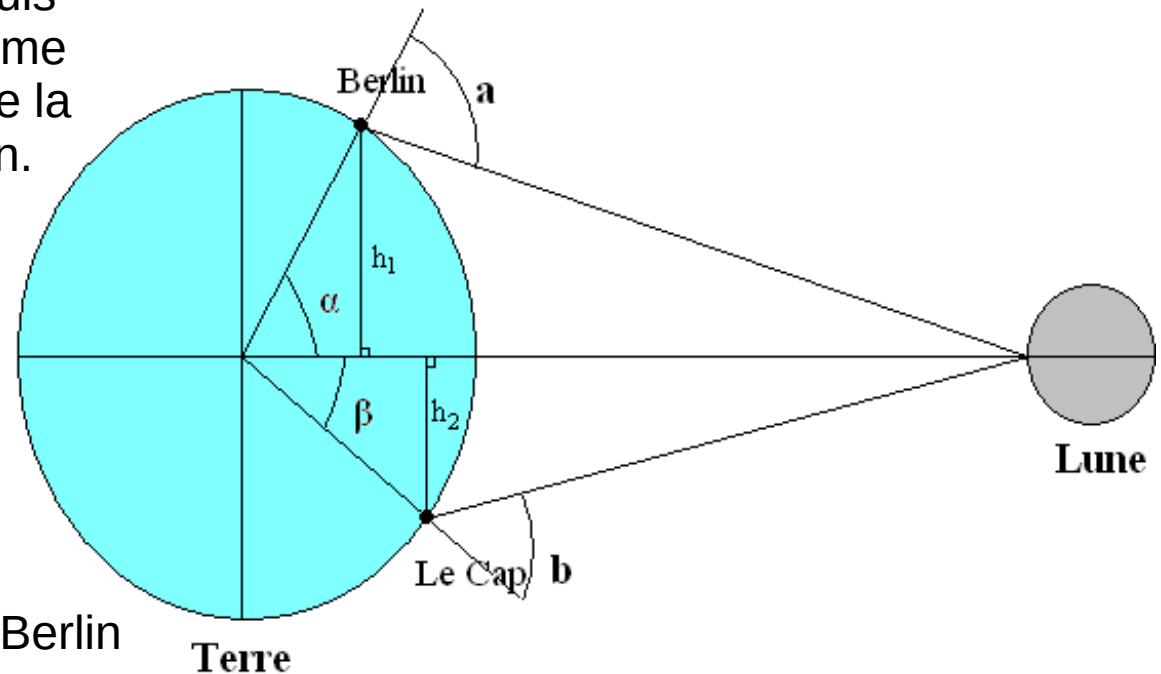
L'excentricité de l'orbite de la Terre est négligée. Celle de Mars était estimée à 0.093.



Avec la 3ème loi de Képler ($T^2/A^3 = \text{Cte}$), le calcul de la distance Soleil – Terre se ramène à résoudre un système de 2 équations à 2 inconnues ce qui conduit Cassini à la valeur de 138 Mkm.

Mesure **absolue** de la distance de la Lune par la parallaxe

En 1751 Joseph Jérôme Le François **de Lalande** à Berlin et l'abbé Nicolas Louis **de La Caille** au Cap mesurent, le même jour, les distances zénithales **a** et **b** de la Lune lors de son passage au méridien.



En prenant pour $h_1 + h_2$ la distance de Berlin au Cap, ils en déduisent une valeur de la distance de la Terre à la Lune dont la précision ne fut dépassée que par les mesures LASER faites suite aux missions Apollo sur la lune.