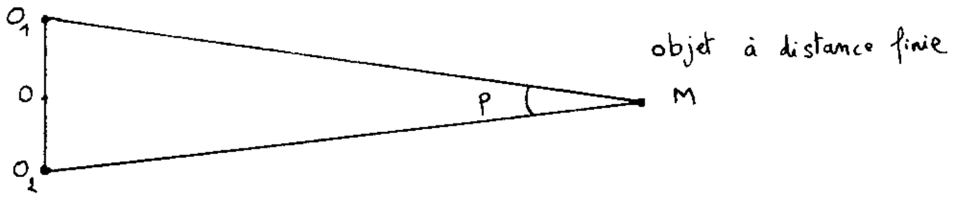
LES PARALLAXES

On dit qu'il y a effet de parallaxe lorsque la direction de visée d'un objet varie s'il y a un déplacement du lieu de visée.

Pour un objet à une distance infinie (ou simplement très très grande) il n'y a pas d'effet de parallaxe. La mesure de l'angle de parallaxe p permet d'avoir la distance d'un objet situé à une distance finie.



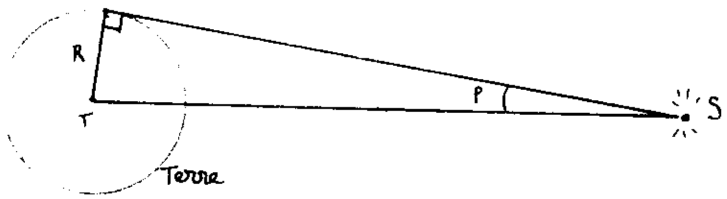
(Dans cette figure O1 et O2 sont les deux points de visée)

Par extension le terme de "parallaxe" est utilisé à la place du terme de distance même dans les cas où il n'est plus question d'angle p (exemple : parallaxes spectroscopiques)

Plus grande est la distance O1O2 et plus l'angle p est facile à mesurer, pour une distance MO donnée. Selon le choix de la distance O1-O2, appelée la <u>base</u>, on considère deux sortes de parallaxes : la parallaxe horizontale (O1-O2 = rayon de la Terre) et la parallaxe annuelle (O1-O2 = rayon de l'orbite terrestre).

I)- <u>La parallaxe horizontale</u> (O1-O2 =6370 km)

Calculons la parallaxe horizontale du Soleil et de la Lune.



$ST = R / \sin p \cong R / p(rd) = 206265\ R / p('')$ avec $R = 6370$km

on obtient :

$ST(km) = 1,3139\ 10^9\ 1/p('')$

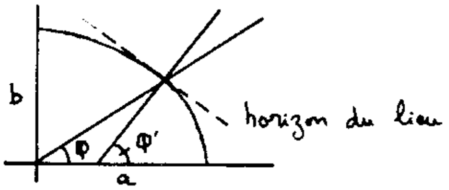
Pour le Soleil ST = 150 000 000 km d'où $p_{\odot} = 8,8''$

On remarque au passage que cet angle est tout a fait mesurable et pourtant nous verrons que ce n'est pas par sa mesure que l'on détermine la distance Terre-Soleil.

Pour la Lune ST = 380 000 km d'où p = 3457,6'' = 57'

<u>Remarque</u> : Il faut savoir qu'une difficulté pratique apparait du fait de la non-sphéricite de la Terre. Quand on mesure une direction donnée depuis le sol il faut selon la latitude du lieu de visée rapporter la mesure au centre de la Terre. La Terre est considérée comme un ellipsoide de demi-grand axe a=6378,388km et de demi-petit axe b=6356,912km. On a une relation entre la latitude géographique φ et la latitude geocentrique φ' :

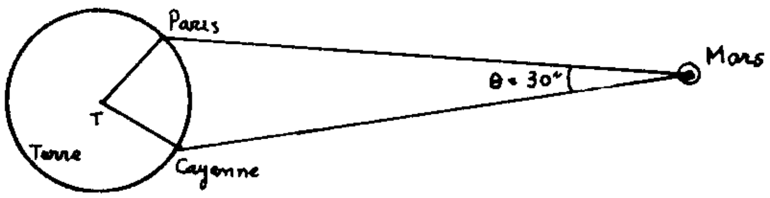
$$\mathrm{tg}\ \varphi = (a/b)^2\ \mathrm{tg}\ \varphi'$$



Pour $\varphi = 45°$ on trouve $\varphi - \varphi' = 11'36''$, ce qui n'est pas négligeable.

Nous avons vu que l'angle de parallaxe horizontale du Soleil est un angle assez facilement mesurable. Cependant il n'est pas facile de viser un point précis du Soleil et quand bien même ce serait possible il serait impossible d'avoir une direction fixe de référence puisqu'il n'y a pas d'étoiles visibles en même temps que le Soleil.

Nous allons calculer la distance Terre-Soleil en employant la méthode historique de Cassini, Picard et Richer (1672). Tout d'abord la parallaxe de Mars fut déterminée lors d'une opposition (la distance Terre-Mars était alors à son minimum). L'angle de parallaxe θ fut mesuré par des visées depuis Paris et Cayenne, ce qui conduisit à la parallaxe horizontale de Mars p=24'' (soit une distance Terre-Mars de 54746000km).



Appliquons la troisième loi de Képler (mais attention sans négliger l'excentricité de l'orbite de Mars e=0.093) :

$$ST^3 / P_T^2 = OM^3 / P_M^2$$

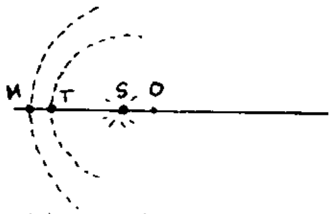
O est le centre de l'ellipse représentant l'orbite de Mars. S est la position du Soleil au foyer de cette ellipse et au centre du cercle représentant l'orbite de la Terre. P_T et P_M sont les periodes de révolution de la Terre et de Mars respectivement :

$P_T = 1$ an $P_M = 1.88$ ans

Ecrivons OM, dans la loi de Képler ci-dessus, sous la forme:

OM = TM + ST + OS

soit OM = TM + ST + OM. e



On arrive alors a la belle relation:

$TS = TM / [(1-e).(P_M / P_T)^{2/3} - 1]$

avec TM = 54746000 km (resultat vu plus haut) on trouve:

TS = 144 000 000 km

La valeur trouvée par Cassini, Picard et Richer fut ameliorée plus tard en utilisant Eros à la place de Mars. Eros, au minimum, passe à 23000000km de la Terre (contre 55000000km pour Mars).

Avec une période de révolution de 642 jours et une excentricité de 0.223, Eros conduit à une valeur de 150 200 000 km, très proche de la valeur actuellement admise.

Calculons la valeur actuelle par la meilleure méthode, la méthode de l'echo radar appliquée à Vénus en conjonction infèrieure. L'écho est reçu 276s après l'emission; la distance Terre-Vénus est alors:

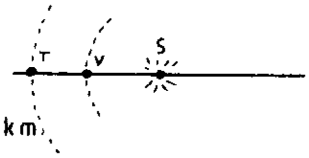
$TV = 300\,000 . 276 / 2 = 41.4\ 10^6$ km

L'excentricité de l'orbite de Vénus est tout à fait négligeable. La periode de Vénus est $P_V = 0.615$ an.

Appliquons la troisième loi de Képler comme précédemment:

$ST^3 / P_T^2 = SV^3 / P_V^2$ avec SV = ST - TV on a :

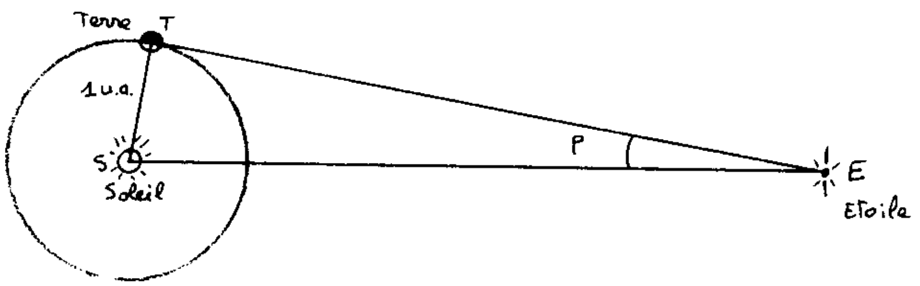
$ST = TV / [1 - (P_V / P_T)^{2/3}]$



L'application numérique conduit à ST = 149 600 000 km.

La valeur actuellement admise pour la parallaxe horizontale du soleil est $p_{\odot} = 8.790'' \pm 0.001''$ soit une distance de 149 480 000 km.

II) <u>parallaxe annuelle</u> (O1-O2 = 1 unité astronomique)



$$SE = 150\ 10^6 \ / \sin p \cong 150\ 10^6 \ / \ p(rd)$$

d'où on déduit:

$$SE(km) = 3,094\ 10^{13} \quad 1/p''$$

Bessel vers les années 1800 fut le premier à déterminer la distance d'une étoile en appliquant cette méthode. Pour l'étoile 61 Cygni il mesura une parallaxe annuelle de 0,35'' ce qui correspond a une distance de 8,83 10^{13} km soit environ 600 000 u.a. (u.a.= unité astronomique).

L'étoile la plus proche du Soleil est l'étoile α Centauri qui a une parallaxe annuelle un peu infèrieure à une seconde d'arc (0,76'' exactement) soit une distance de 4,07 10^{13} km, soit encore 4 années-lumière (a.l.).

<u>Definition du parsec</u> : Quelle serait la distance d'une étoile qui aurait une parallaxe annuelle de "juste une seconde" d'arc ? La relation vue plus haut montre que cette distance serait de 3,09 10^{13} km soit 3,26 a.l.. Cette distance est appelée le parsec ("par seconde") et s'abrège "pc". On utilise beaucoup le kiloparsec (kpc) pour les distances stellaires, le Mégaparsec (Mpc) pour les distances extragalactiques et même le Gigaparsec (Gpc).

Il n'y a pas d'étoile à moins de 1pc du Soleil puisque l'etoile la plus proche (α Centauri) a une parallaxe annuelle infèrieure à une seconde d'arc.

Disons quelques mots d'une autre méthode qui vient de suite à l'esprit, mais qui est d'un emploi plus delicat : Pour augmenter la précision de mesure nous avons vu qu'il fallait élargir la base de mesure (distance O1-O2). Or le Soleil se déplace par rapport aux étoiles environnantes à une vitesse de 20 km/s (soit 4 u.a. par an). Si on attend 10 ans on a une base O1-O2 de 40u.a., soit 20 fois meilleure que la base définissant les parallaxes annuelles. Malheureusement dans l'angle de parallaxe ainsi mesuré il est très difficile de savoir quelle est la part resultant du mouvement du Soleil et la part resultant du mouvement propre de l'etoile. Cette méthode qui au prix de quelques difficultés a pù néanmoins être employée, s'appelle la méthode des parallaxes séculaires.

<u>G. Paturel</u>

RESUME SUR LES UNITES DE DISTANCE

(Tire du livre "Methodes de l'Astrophysique" de L. Gouguenheim)

	mètres	u. a.	a. l.	pc
1 u. a.	$1,5\ 10^{11}$	1	$1,6\ 10^{-5}$	$4,9\ 10^{-6}$
1 a. l.	$9,46\ 10^{15}$	$6,3\ 10^{4}$	1	0,31
1 pc	$3,09\ 10^{16}$	$2,06\ 10^{5}$	3,26	1