AVEC NOS ÉLÈVES

Mercure et l'unité astronomique

Francis Berthomieu, Montfort sur Argens

Lors du dernier passage de Mercure devant le Soleil, le 9 mai 2016, nous avions proposé un protocole expérimental permettant de tenter une détermination de la distance Terre Soleil. Vous trouverez ici une exploitation assez simple d'images professionnelles qui permet de trouver une bonne approximation de la valeur de l'unité astronomique.

C'est en 1761 et 1769 que les passages de Vénus devant le Soleil furent utilisés pour calculer précisément la valeur de l'unité astronomique. Suivant la proposition faite par Edmond Halley, hélas disparu en 1742, de nombreuses expéditions furent organisées vers divers endroits du monde pour effectuer les observations.

En 2004 et 2012, nous vous avons largement informés dans ces colonnes sur le phénomène et les mesures qui peuvent être faites.[1]
Un passage de Mercure peut aussi être utilisé dans le même but.

La méthode est assez simple : vue depuis deux observatoires terrestres suffisamment distants, la position de la petite planète sur le disque solaire n'est pas la même, suite à un effet de parallaxe.
Les difficultés sont les suivantes :
- il faut avoir deux images prises simultanément ;
- il faut pouvoir les superposer rigoureusement pour y distinguer les deux positions et mesurer leur écart angulaire.

Nous avons trouvé sur Internet deux images du Soleil prises à la même heure (14 h 16 TU) par deux des observatoires du réseau GONG (Global Oscillations Network Group). Le premier est aux États-Unis, le Big Bear Sun Observatory (BBSO), le deuxième dans l'île de Tenerife, aux îles Canaries, à proximité du volcan el Teide. Il est commode de déterminer la distance entre les droites (quasi) parallèles qui vont de ces deux observatoires au Soleil en cherchant sur le site Fourmilab[2] l'image de la Terre vue du Soleil à la date et à l'heure du passage de Mercure.

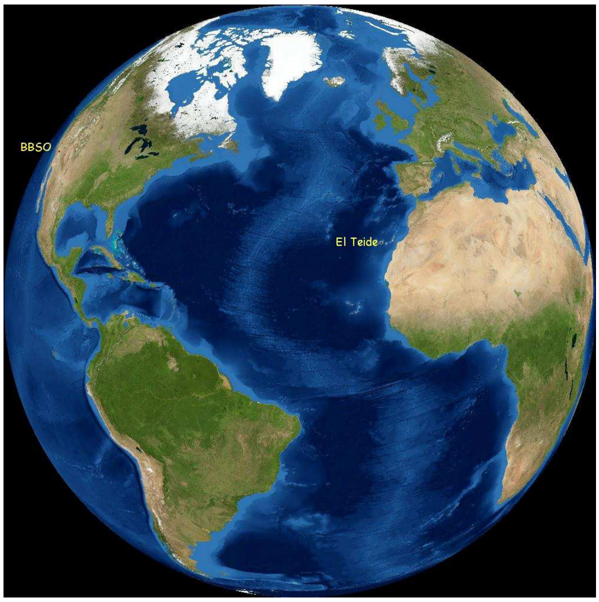

Fig.1.

Sur cette image de 1000 pixels de côté, correspondant au diamètre de la Terre, soit 12 800 km, on relève les coordonnées (en pixels) des deux observatoires. Un rapide calcul permet de déterminer la distance cherchée. Nous avons trouvé 565 pixels, ce qui correspond à une distance de 7 240 km.

La superposition des deux images GONG, où le diamètre du disque solaire est ~~de~~ 1 800 pixels, (soit fort commodément 1 seconde d'arc par pixel !), donne l'image de la figure 2. Elle est hélas trop peu lisible à l'échelle de l'impression.

[1] Voir les articles publiés en 2004 dans les CC n°105-106-107-108
[2] http///www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/earth/

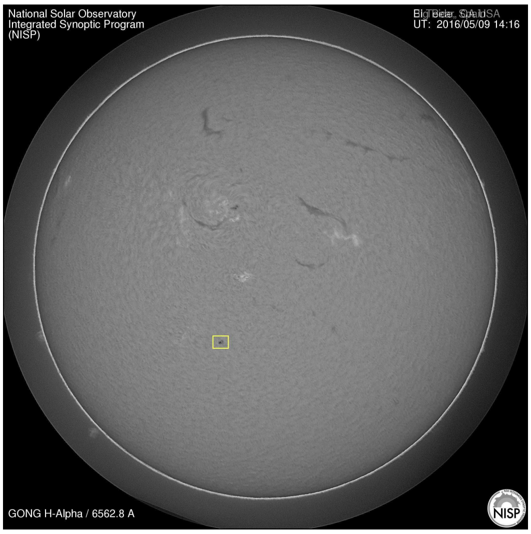

Fig.2.

Nous donnons donc un agrandissement de la zone ou apparaissent superposées les deux images de Mercure sur fond de disque solaire avec les cercles qui ont permis d'en déterminer les centres le plus précisément possible (figure 3)

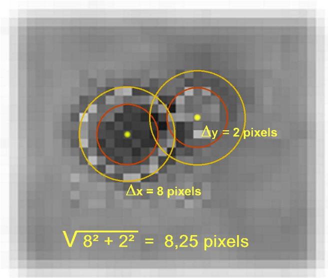

Fig.3.

La distance angulaire α entre les positions des deux centres de Mercure est ainsi facile à calculer : on trouve 8,25 pixels et donc 8,25 secondes d'arc.

Pour la suite des calculs, nous avons besoin de connaître la distance Soleil Mercure en unités astronomiques. On est alors confronté à une nouvelle difficulté : Il faut tenir compte du fait que l'orbite de Mercure a une excentricité non négligeable. Néanmoins cette orbite peut être assimilée à un cercle mais le Soleil y serait légèrement excentré.

Le schéma de la figure 4 va nous aider : nous admettrons que l'observation permet de connaître un certain nombre de paramètres de l'orbite de Mercure.

- Demi grand axe : a = 0,387 UA
- Argument du périhélie (c'est l'angle entre le nœud ascendant de l'orbite et le périhélie) β = 29°
- Excentricité e = 0,206

D'où l'on tire la distance au périhélie

$$q = a \times (1 - e) = 0{,}307 \text{ UA}$$

On trace donc un cercle de rayon 0,387 UA (sur un schéma numérique, un rayon de 387 pixels).

Un diamètre (ici un segment horizontal) contiendra Soleil et périhélie. Le Soleil est à 0,307 UA du périhélie sur cette droite. Le nœud ascendant est placé à 29,2° du périhélie, le nœud descendant lui est diamétralement opposé. Il est alors facile de mesurer (à la règle) la distance Soleil – nœud ascendant (c'est au passage de Mercure par ce nœud qu'a eu lieu le phénomène) : on trouve 0,456 UA.

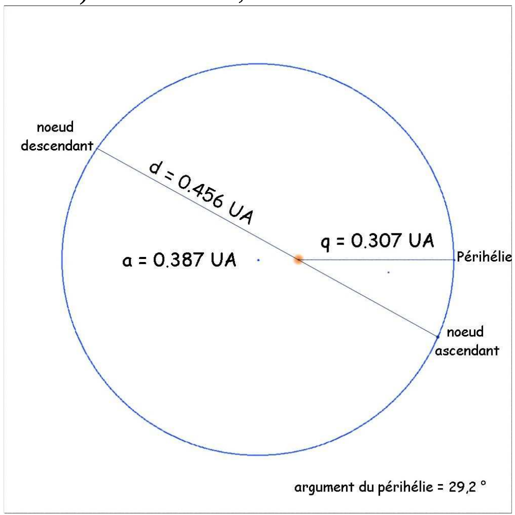

Fig.4.

Il nous reste à calculer la distance, à la surface du Soleil, entre les deux projections S_1 et S_2 de la planète Mercure vue de la Terre (figure 5).

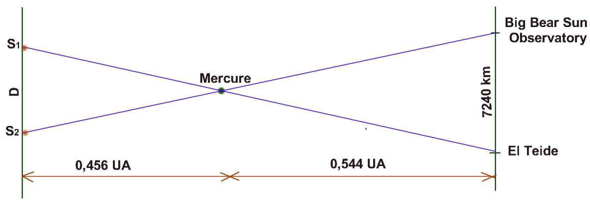

Fig.5.

Le théorème de Thalès sera invoqué…

Et l'on trouve : $S_1S_2 = 7240 \times 0{,}456 / 0{,}544$

C'est-à-dire $S_1S_2 \approx 6\,070$ km

La distance Terre-Soleil lors du passage de Mercure (notée ici L) est donc la distance à laquelle il faut se placer pour voir un objet de 6 070 km sous un angle de 8,25 secondes d'arc.

Le calcul devient simple :

$\alpha = 8{,}25''$

En radians : $\alpha = (8{,}25 \times \pi) / (3600 \times 180)$

c'est à dire : $\alpha \approx 4 \,.\, 10^{-5}$ rad

Et donc :

$L = 6070 / 4 \,.\, 10^{-5} \approx 152\,000\,000$ km

Ce qui est une estimation plutôt satisfaisante de l'unité astronomique … à comparer avec la distance que donnent les éphémérides.

Nota : Si l'on veut tenir compte simplement des inévitables incertitudes sur les diverses mesures, on peut effectuer des encadrements :

$$8'' < \alpha < 9''$$

$$6\,000 \text{ km} < S_1S_2 < 6\,100 \text{ km}$$

Ce qui donne :

$$137 \,.\, 10^6 \text{ km} < L < 157 \,.\, 10^6 \text{ km}$$

■