

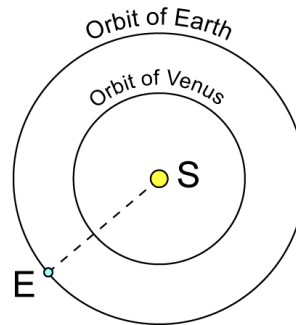
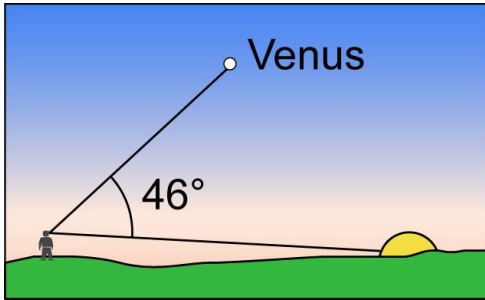
Calculer la distance du Soleil à partir du passage de Vénus du 8 juin 2004

Le 8 juin 2004, on a pu voir Vénus passer devant le Soleil. Cela ne s'était pas produit depuis 1882. Nous vous proposons de calculer la distance du Soleil à partir de photographies de cet événement.

Première partie

Vénus est souvent visible le soir ou le matin, très lumineuse. On l'a surnommée l'étoile du Berger, mais c'est une planète, qui tourne autour du Soleil. Son observation permet de calculer les dimensions relatives des orbites de Vénus et de la Terre.

Vue depuis la Terre, Vénus ne s'éloigne jamais à plus de 46° du Soleil. C'est ce qu'on appelle son élongation maximale.



a. Sur ce schéma, placer Vénus sur son orbite pour que l'angle SEV soit maximal.

b. On sait que cet angle vaut alors 46° . En déduire SV/SE.

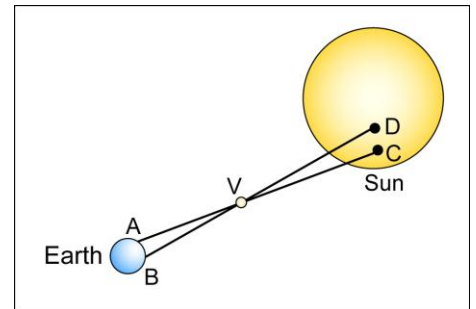
Le 29 mars 2004, l'angle entre la direction du Soleil et celle de Vénus était maximal et mesurait 46° .

On considère que les orbites de la Terre et de Vénus sont des cercles centrés sur le Soleil.

Deuxième partie

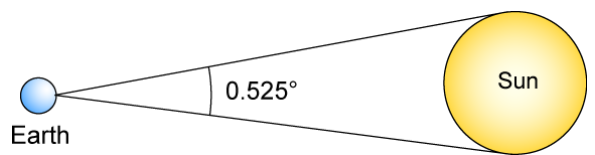
En observant un passage de Vénus devant le Soleil depuis deux lieux éloignés, on peut calculer la distance du Soleil.

Principe : les observateurs placés sur Terre en A (Dijon) et B (La Réunion) voient Vénus devant deux points différents du Soleil, C et D.



a. Les deux photos au verso ont été prises exactement à la même heure (8h30 en Temps Universel) et orientées de la même manière (le nord en haut).

Superposez ces deux photos puis déterminez l'écart en degrés entre les deux images de Vénus, sachant que le diamètre apparent du Soleil était de $0,525^\circ$ ce jour là.



b. Ayant mesuré l'azimut et la hauteur du Soleil à 8h30 TU à Dijon, on a pu matérialiser sur ce globe terrestre la direction du Soleil observé depuis La Réunion et depuis Dijon.

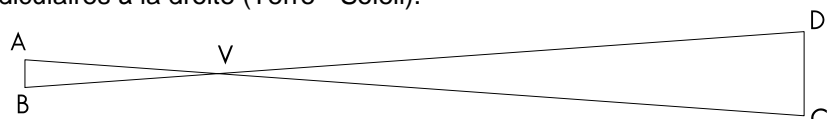
Déterminer la distance entre ces deux lignes de visée sachant que le diamètre de la Terre est de 12 740 km.

(Pour faire la photo de droite, le photographe s'est placé de telle manière que la ligne de visée soit perpendiculaire au plan contenant les deux bâtonnets)



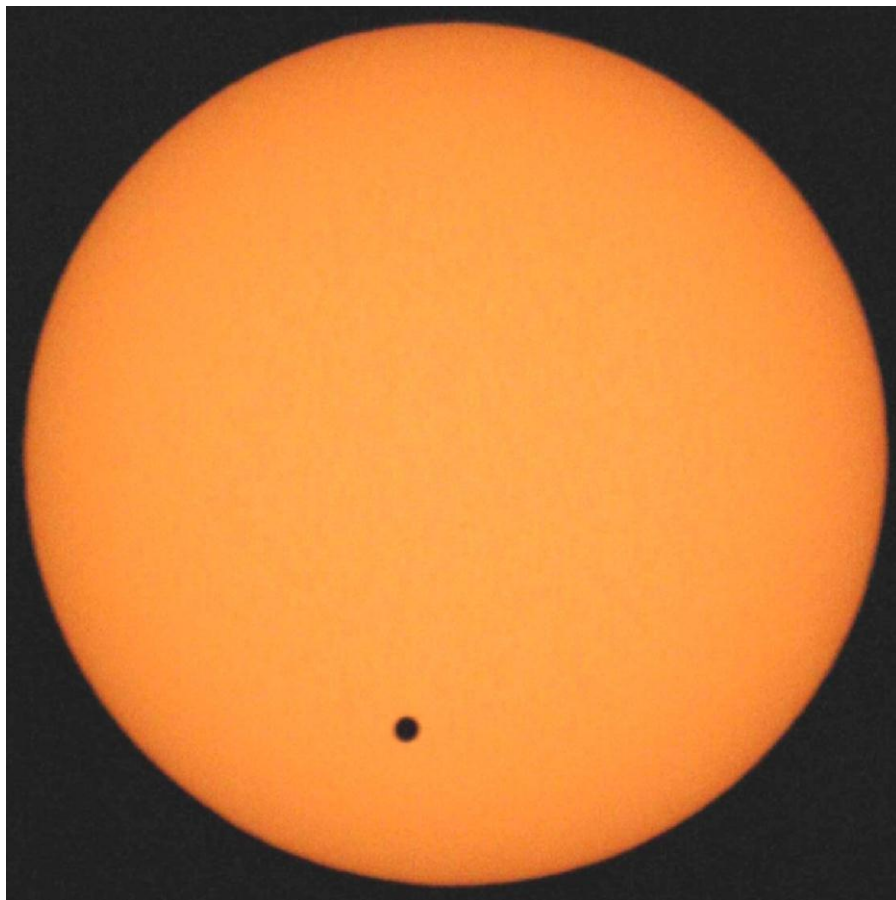
c. On considère que (AB) et (CD) sont perpendiculaires à la droite (Terre - Soleil).

En utilisant les résultats des questions 1b et 2b, calculer CD.



d. On vient d'obtenir la mesure de CD en km. On a trouvé dans la question 2a sous quel angle on voyait CD. Il reste à calculer à quelle distance il faut se placer du Soleil pour voir la longueur CD sous l'angle déterminé au 2a et vous aurez la distance de la Terre au Soleil.

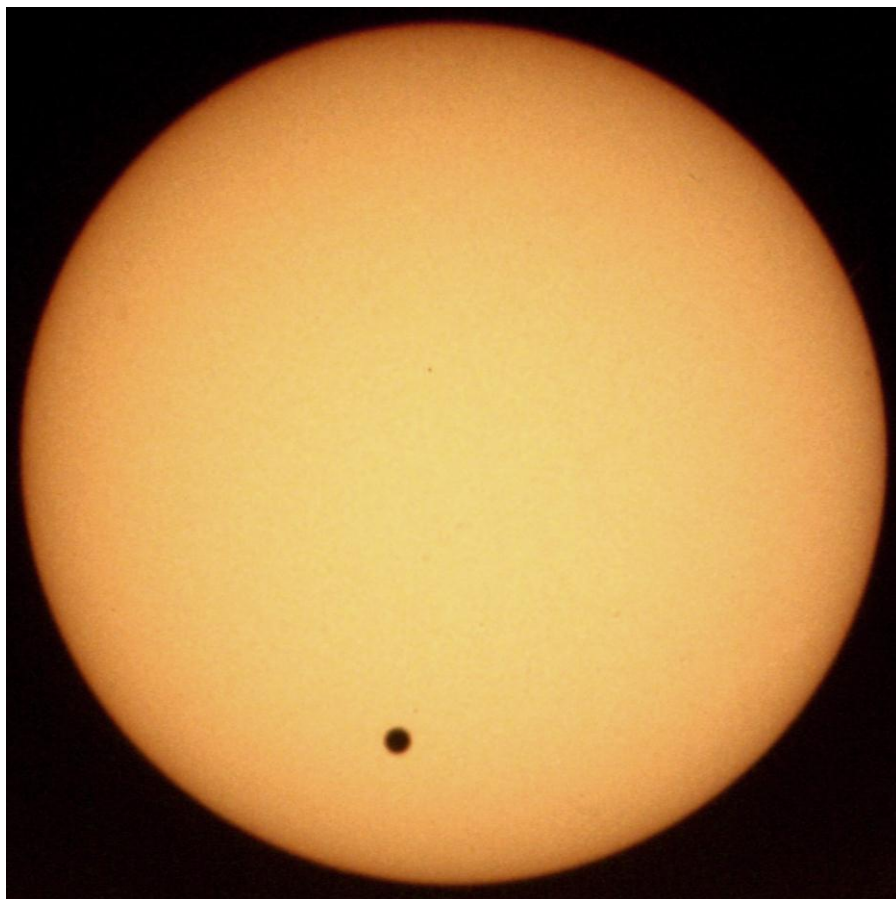
Les photos (les deux photos sont à la même échelle et orientées de la même manière, le nord en haut).



Le Soleil et Vénus photographiés depuis St Louis (île de la Réunion) le 8 juin 2004 à 8 h 30 TU (Temps Universel).

Latitude $21^{\circ}17'$ Sud
Longitude $55^{\circ}25'$ Est.

Photo André Peyron



Vénus photographiée depuis Dijon le 8 juin 2004 à 8 h 30 TU (Temps Universel).

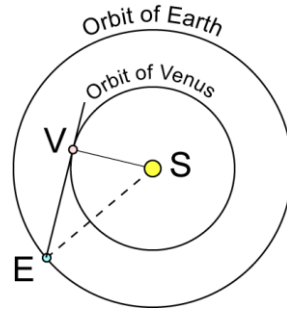
Latitude $47^{\circ}19'$ Nord
Longitude $5^{\circ}2'$ Est.

Photo Pierre Causeret.

Correction et remarques

Première partie.

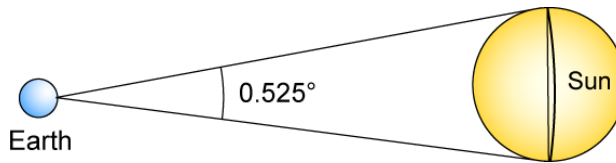
- a. (TV) est tangente à l'orbite de Vénus.
- b. Le triangle STV est rectangle en V.
 $SV/ST = \sin 46^\circ \approx 0,72$



Il faut signaler que, les orbites des planètes étant elliptiques, l'élongation maximale de Vénus varie entre 45° et $47,75^\circ$.

Deuxième partie

- a. Le diamètre du Soleil sur la photo est de 114 mm pour $0,525^\circ$, l'échelle est donc de $0,0046^\circ/\text{mm}$. Dans ce genre d'exercice, on considère que la mesure d'un segment est proportionnelle à l'angle sous lequel on le voit depuis la Terre. C'est vrai pour la mesure des arcs de cercle centrés sur la Terre, cela revient donc ici à assimiler le segment à l'arc de cercle. Les angles étant petits (inférieurs au degré), l'erreur est négligeable.



Quand on superpose les deux photos à l'aide d'un calque, on obtient un écart entre les deux images de Vénus de 1,5 à 2 mm, ce qui donne $0,0069$ à $0,0092^\circ$ avec notre échelle. En utilisant les images numérisées (sur le site du CLEA) et en les superposant à l'aide d'un logiciel, on peut être plus précis. On trouve environ $0,0086^\circ$.

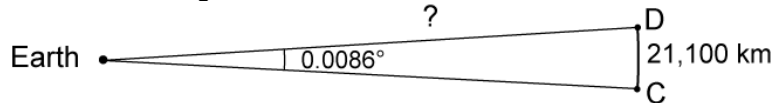
- b. Diamètre de la Terre sur la photo : 39 mm pour 12740 km
 Ecart mesuré entre les deux bâtons sur la photo : 25 mm, ce qui correspond à 8200 km environ.

- c. On a considéré (AB) et (CD) perpendiculaires à la droite Terre-Soleil (la droite passant par les centres de ces deux astres), elles sont donc parallèles entre elles et le fameux théorème de Thalès permet de trouver CD. Le résultat de la question 1a ($SV/ST = 0,72$) permet d'écrire : $CV = 0,72 CA$ donc $VA = 0,28 CA$ et $CV/CA = 0,72/0,28$
 Avec en plus $AB = 8200 \text{ km}$, on trouve $CD \approx 21\ 100 \text{ km}$.

- d. Dernière étape : il reste à trouver à quelle distance on est du Soleil pour voir un segment de 21 100 km sous un angle de $0,0086^\circ$.

Plusieurs méthodes sont possibles :

Avec des proportions (en assimilant le segment de 21 100 km à un arc de cercle centré sur l'observateur) :



- $0,0086^\circ \rightarrow 21\ 100 \text{ km}$. En divisant par 0,0086 puis en multipliant par 360 :
- $360^\circ \rightarrow 880\ 000\ 000 \text{ km}$. En divisant par 2π , on obtient une distance de 140 000 000 km environ.

Ce calcul peut aussi s'effectuer en utilisant une tangente ou encore en transformant l'angle en radians.

e. Précision :

Etant donné la précision de l'orientation des photos, de la mise à l'échelle et des mesures, on peut admettre que l'incertitude sur les calculs ne dépasse pas 20%.

Si comparé à la distance officielle (elle était de 151 800 000 km ce jour-là) la distance obtenue est sous estimée de 8%. ce n'est pas si mal mais nous aurions pu être plus précis avec davantage de soin dans les prises de vue.

Conclusion : On peut affirmer que la distance Terre Soleil est comprise entre 110 et 170 millions de km.

Ce n'est pas très précis mais obtenir un ordre de grandeur correct de la distance Terre Soleil, c'est déjà bien !