

# DOSSIER: TRANSIT DE VENUS

## Introduction

### Un point de nomenclature.

Vénus va passer devant le Soleil le 8 juin 2004. L'événement débutera vers 7h20, heure locale, et se terminera vers 13h23.

Comment désigne-t-on ce phénomène rare?

Historiquement, les astronomes français parlaient de "passage de Vénus devant le Soleil". Parfois vous verrez pourtant le terme de "transit de Vénus". Ce mot "transit" a une consonance anglaise et certains le refusent pour notre bonne langue française. Pourtant le mot existe en français. Il vient de l'italien "transito" et signifie "passage"! Le dictionnaire Larousse le définit comme "action de traverser". Bien qu'il s'applique plutôt à des marchandises ou des passagers traversant un pays, le mot ne semble pas mal adapté au passage de Vénus devant le Soleil. C'est pour cette raison que nous n'avons pas hésité à l'utiliser. Et comme le faisait remarquer notre ami Michel: "Evitons les querelles intestines sur ce sujet".

### L'aspect de l'événement

L'événement est rare. Pour le moment, les transits apparaissent par paires. La dernière paire s'est produite en 1874 et 1882. La prochaine paire sera celle de 2004 et 2012. Puis il faudra attendre l'année 2125.

A quoi va ressembler le transit de 2004? Nous avons produit une simulation que nous vous donnons ci-dessous (Figure 1). Le transit sera complètement observable depuis l'Europe, la côte est de l'Afrique, l'île de La Réunion, l'Inde. Ailleurs (Australie, Amériques), le phénomène ne sera que partiellement visible.

### Utilisation du phénomène

Halley, le découvreur de la comète du même nom, a proposé d'utiliser le transit de Vénus pour déterminer la distance Terre-Soleil. Le calcul n'est

pas simple, l'observation n'est pas facile, mais c'est effectivement réalisable. C'est l'une des principales applications de ce phénomène. On peut en imaginer quelques autres comme le test des méthodes de recherche d'objets faibles à proximité d'une étoile brillante (ex.: recherche de planètes extrasolaires). En 1769, les astronomes essayaient d'utiliser le phénomène pour détecter l'atmosphère de Vénus (voir l'article de La Lande ci-après).

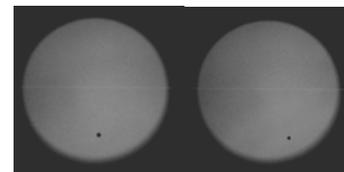


Figure 1: En plein transit. Vénus aura un diamètre apparent de l'ordre du trentième de celui du Soleil.

### Mise en garde

La mesure de la distance Terre-Soleil reste l'application la plus classique du transit de Vénus. Mais attention: les pièges sont nombreux. Nous allons en expliquer brièvement quelques-uns. Nul doute que cela stimulera l'imagination des lecteurs.

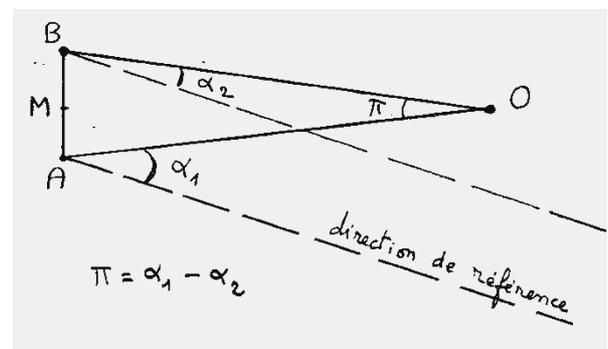


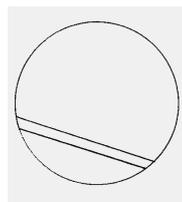
Figure 2: La mesure de l'angle de parallaxe  $\pi = (\alpha_1 - \alpha_2)$ , permet d'obtenir la distance MO.

Tout le monde connaît, sans doute, la méthode de la parallaxe qui permet de mesurer la distance d'un objet lointain. On vise un objet O depuis deux sites distants A et B (cf. Figure 2). On désigne par M le milieu de AB et on suppose que MO est perpendiculaire à AB. On mesure les angles  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  par rapport à une direction de référence donnée par des astres lointains que nous supposons à l'infini. La différence ( $\alpha_1 - \alpha_2$ ) est égale à l'angle  $\pi$ , dit angle de parallaxe. Si on connaît la longueur AB, une simple résolution du triangle isocèle OAB donne la distance OM. Généralement la longueur AB est très inférieure à la longueur OM, de sorte que l'on peut dire que  $OA \cong OB \cong OM$ .

Dans toute cette explication, on a supposé implicitement plusieurs choses: le segment AB est fixe et perpendiculaire aux lignes de visée, on possède une direction de référence fixe dans l'espace. Aucune de ces conditions n'est généralement remplie dans l'application que l'on en fait au transit de Vénus.

Rappelons deux méthodes usuelles<sup>4</sup>.

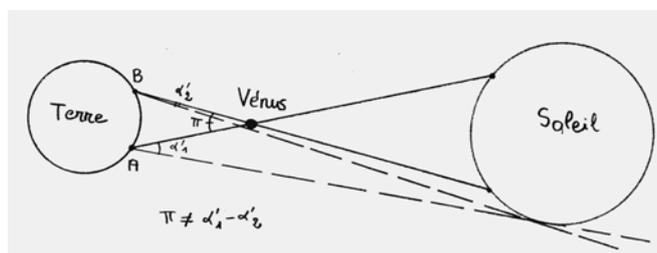
**Première méthode** : Deux observateurs distants (A et B) mesurent les temps de transit de Vénus. Ces temps définissent les longueurs des cordes correspondantes sur le disque solaire, donc leurs positions. L'écart angulaire entre ces cordes semble correspondre à la parallaxe cherchée, mais ce n'est qu'une approximation.



En effet, pendant la durée du transit, la Terre a tourné sur elle-même, les observateurs se sont déplacés, la direction AB a changé par rapport à l'objet visé, la Terre a tourné autour du Soleil et même le plan de la trajectoire de Vénus a pris un angle différent par rapport aux observateurs. De plus, la distance angulaire entre les deux cordes n'est pas non plus la parallaxe cherchée. Bref, il y a là un problème de géométrie dans l'espace d'une difficulté bien réelle.

<sup>4</sup> Une autre méthode, utilisée par Delisle en 1874, consiste à mesurer précisément les heures des contacts (J. Fort).

**Deuxième méthode** : Cette méthode semble fournir une solution simple. Imaginons que les deux observateurs prennent, à la même heure, une photo montrant Vénus sur le Soleil. Les télescopes étant bien réglés, la superposition des deux photos semble conduire directement à l'angle de parallaxe, par la mesure du décalage entre les deux images de Vénus. Eh! bien non! Superposer les deux photos revient à supposer qu'au même instant les deux observateurs voient le Soleil dans la même direction, ce qui est faux. Le Soleil, aussi lointain qu'il soit, n'est pas à l'infini. Rassurez-vous, le problème n'est pas insurmontable (voir les articles ci-après) mais c'est moins simple que ce qu'on raconte souvent.



Cette deuxième méthode est néanmoins la plus facile à mettre en œuvre pour une application précise. Nous en reparlerons plus loin...

## Le programme

Dans les articles qui suivent nous partirons du phénomène élémentaire: pourquoi Vénus passe devant le Soleil et comment visualiser ce phénomène. Puis nous verrons comment prévoir les transits de Vénus et comment observer le prochain avec des moyens simples. Nous aborderons ensuite le calcul : comment déduire la distance Terre-Soleil de l'observation précise du transit depuis différents lieux. Nous agrémenterons ces lectures par quelques documents anciens ou quelques anecdotes historiques.

Chaque article du dossier est classé suivant le niveau de difficulté :

\*=facile, \*\*=moyen, \*\*\*=difficile ■

### Définition des contacts:

Ce sont les quatre positions où le disque de Vénus est tangent au disque du Soleil. Les instants correspondants dépendent de la position de l'observateur. Différents observateurs, en des lieux différents, verront ces contacts se produire à des heures différentes, l'écart pouvant être de plusieurs minutes.

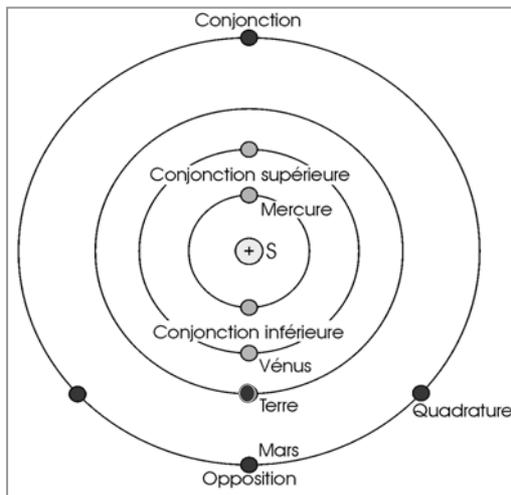
# Pourquoi Vénus passe devant le Soleil (\*)

Document SAP Côte Basque  
Site: <http://www.astrobasque.com>  
Email : [astronomie.basque@wanadoo.fr](mailto:astronomie.basque@wanadoo.fr)

Dans ce dessin simplifié, les orbites des planètes sont circulaires et centrées sur le Soleil. On ne tient pas compte de l'excentricité des orbites ni de leur inclinaison par rapport à l'orbite de la Terre (écliptique).

Mercure et Vénus, plus proches du Soleil que la Terre, sont des **planètes inférieures**. Les autres planètes, dont Mars, sont des **planètes supérieures**. A un instant donné, au cours de leur révolution autour du Soleil, Mercure ou Vénus peut se situer dans la direction du Soleil, vue de la Terre. L'alignement de toutes les planètes avec le Soleil est ici arbitraire. On dit que la planète est :

- en **conjonction inférieure** quand elle se situe entre le Soleil et la Terre
- en **conjonction supérieure** quand elle se trouve au-delà du Soleil.



Mars, planète supérieure, peut occuper, entre autres, trois positions remarquables, par rapport à la Terre :

- en **conjonction** avec le Soleil.
- en **opposition** au Soleil.
- en **quadrature** : l'angle Soleil – Terre – Mars étant un angle droit. Seules les planètes supérieures peuvent se trouver en quadrature.

La **période sidérale** est la durée de révolution de la planète autour du Soleil. La **période synodique** est la durée après laquelle chaque planète, la Terre et le Soleil vont se retrouver dans des positions relatives identiques comme dans le schéma, sur leur propre orbite ■

Nous avons la relation suivante entre la période synodique de Vénus ( $P_V = 584j$ ), sa période sidérale ( $T_V = 224,7j$ ) et la période sidérale de la Terre ( $T_T = 365,25j$ ).

$$\frac{1}{T_V} = \frac{1}{T_T} + \frac{1}{P_V}$$

*Nous donnons, à la page 26, la démonstration de cette importante relation qui permet de trouver la période vraie (sidérale) d'une planète - (NdR).*

# Comment exploiter le transit de Vénus (\*)

Daniel Toussaint, Collège d'Aix-en-Othe

## Ce que nous avons choisi de faire

Deux options s'offraient à nous : soit soigner la mesure de la durée du transit pour tenter de

participer à une mesure de la distance Terre-Soleil, soit montrer qualitativement le passage de Vénus au grand public, parallèlement à une exposition

qui compare les passages de Vénus, de Mercure et de la Lune devant le Soleil.

L'association M 82 a choisi la solution "exposition didactique" ouverte à tous. Nous comptons faire passer à tour de rôle toutes les classes du collège, ce qui demande un peu d'organisation et implique la participation de tous les collègues de l'établissement pendant cette matinée. En même temps, nous ouvrons les portes du collège pour accueillir des adultes venus de l'extérieur (c'était exclus de faire une séance pour les jeunes et une autre pour les adultes...). Evidemment, une association qui disposerait d'un effectif d'astronomes plus important que le nôtre peut envisager de consacrer certains télescopes à la mesure fine et d'autres à la présentation qualitative.

Comme nous participons à divers jumelages avec des villes étrangères, nous avons aussi proposé à nos partenaires de s'inspirer de notre activité pour monter eux-mêmes une exposition dans leurs établissements respectifs. Pour ceux qui ne disposent ni de télescopes, ni de personnes compétentes pour encadrer en toute sécurité une telle observation, il semble que les appareils didactiques vendus sous le nom de Solarscope soient une bonne solution de secours. La revue de la SAF indique qu'on peut s'en procurer sur le site [www.solarscop.org](http://www.solarscop.org) pour 60€ et le catalogue Jeulin en propose à 80 € (je n'ai pas eu l'occasion de tester ces informations). Pour des non spécialistes, il est aussi plus facile de remplacer l'exposition de photos par un montage vidéo.

## **Le phénomène astronomique**

Comme les lecteurs des Cahiers Clairaut le connaissent, je ne vais ni le décrire une fois de plus, ni insister sur sa rareté.

Mais je crois que pour le public, il est important de signaler à l'occasion de cette exposition que, malgré les guerres qui impliquaient la France, l'Angleterre et leurs alliés, les passages de 1761 et 1769 ont donné lieu à l'une des premières collaborations scientifiques internationales à vocation pacifique!

## **L'interprétation qualitative**

Pour faire comprendre le principe de la mesure de la distance Terre-Vénus, on peut proposer une activité individuelle simple : il suffit de tendre le bras pouce levé et de fermer alternativement chaque œil. La constatation du déplacement apparent du pouce devant un arrière-plan éloigné est immédiate. Si on recommence l'expérience avec le bras replié (pour diminuer la distance tête-pouce), le déplacement apparent augmente.

Dans cette simulation, l'arrière-plan représente le Soleil, le pouce est la planète dont on veut déterminer la distance, et les deux yeux simulent deux observateurs situés à des endroits différents de la Terre.

Il devient alors facile de réaliser que le déplacement apparent de la planète Vénus d'un observateur à l'autre est relié à la distance Terre - Vénus. C'est plus difficile de suivre les calculs qui permettent de passer de la mesure du déplacement apparent à la détermination de la distance.

De même, il faut un bagage scientifique certain pour savoir que la combinaison de cette mesure avec les lois de Kepler permet d'accéder à la distance Terre-Soleil. Sur ces deux points, nous n'avons pas prévu d'insister : il faut bien que les élèves aient encore un peu de choses à découvrir au lycée...

## **L'originalité de l'exposition que nous avons prévue**

Pour rendre claires les notions de distances dans le système solaire, nous préparons une maquette démontable qui occupera toute une salle d'études dont les murs seront décorés par une exposition de photos. Cette maquette situera les trois astres Lune, Mercure, Vénus par rapport à la Terre et au Soleil et donnera leurs dimensions relatives.

Pour cela, nous avons choisi une échelle de représentation commune pour les rayons des orbites et les diamètres des astres.

Avec 10 cm pour un million de km, le Soleil est une boule de Noël de 14 cm de diamètre (nous utilisons une grosse boule orange sur pied, comme on en trouve dans les jardins allemands). La Terre se trouve alors à environ 15 m du Soleil, Vénus à 11 et Mercure à 6. En revanche, la

distance Terre-Lune est inférieure à 4 cm. Surprenant, n'est-ce pas ?

Une entorse à la réalité consiste à représenter simultanément la Terre dans trois configurations différentes pour comparer les conséquences des alignements Soleil - planète - Terre :

- l'alignement Soleil - Lune - Terre donne l'occasion de présenter des photos de l'éclipse totale du 11 Août 1999.

- l'alignement Soleil - Mercure - Terre permet de montrer des photos du petit point noir que faisait Mercure sur le disque solaire le 7 mai 2003.

- comme en 1882, nous n'avons pu réaliser de photos lors de l'alignement Soleil - Vénus - Terre ; nous avons prévu de dessiner plusieurs posters qui expliqueront le phénomène.

Pour qu'on puisse circuler dans la maquette, les planètes sont représentées par de petites perles collées sur des pancartes de plexiglas montées sur pied (au même niveau que le Soleil). La hauteur des supports est choisie de telle façon qu'un élève de 6<sup>ème</sup> debout puisse placer l'œil à

côté du point qui représente la Terre et viser dans l'alignement planète - Soleil. Les spectateurs plus grands devront plier un peu les genoux pour voir se projeter sur la boule - Soleil la perle qui simule la planète.

Pour des problèmes de profondeur de champ, nous sommes obligés de grossir un peu la Lune (ce devrait être une tête d'épingle de 0,4 mm de diamètre, mais dans ce cas, l'œil n'accomode pas bien à une distance si courte et la tête d'épingle floue ne masque pas le Soleil comme le fait la Lune pendant une éclipse totale). Alors nous avons mis côte à côte sur le même support une plaque verticale en plexiglas percée d'un trou qui figure la Terre et un clou dont la tête représente la Lune à 4 cm.

Outre son côté didactique, l'intérêt pratique de cette maquette est que nous pouvons la préparer à l'avance pour l'événement et l'installer même si des nuages de dernière minute nous empêchent de sortir une batterie de télescopes dans la cour (voir page 27 les mésaventures arrivées à Le Gentil de la Galaisière).

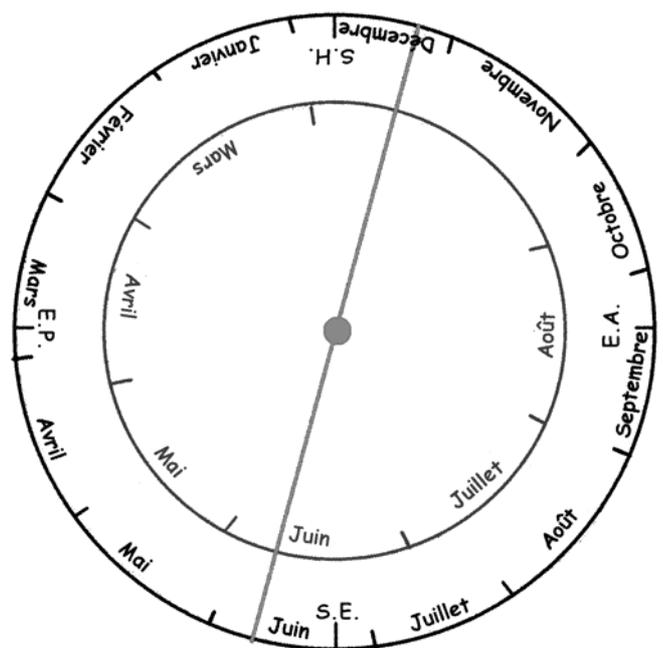
■

## Pourquoi le phénomène est si rare (\*\*)

Francis Berthomieu

Voici une maquette facile à interpréter : on y matérialise les trajectoires de la Terre et de Vénus ainsi que les positions des deux planètes en 2004. On peut y constater que la Terre, Vénus et le Soleil seront sur une même ligne droite au début du mois de Juin.

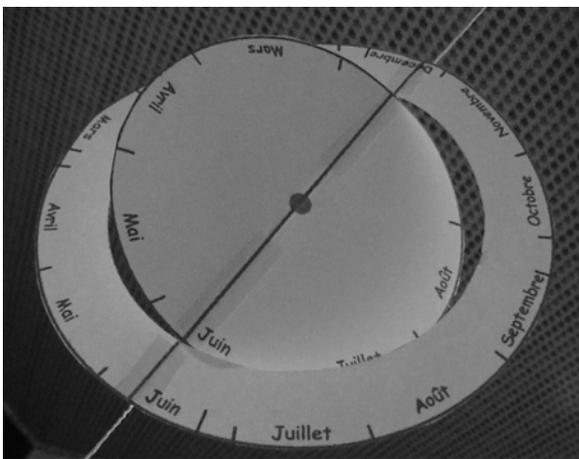
On comprend bien que le passage de Vénus devant le Soleil ne pourra être vu depuis la Terre que si les trois astres sont alignés dans l'ordre Terre-Vénus-Soleil : on dit alors que Vénus est en conjonction inférieure. Ces circonstances ne semblent donc pas si exceptionnelles : et l'on peut calculer facilement à partir des périodes de révolution de la Terre ( $T_T$ ) et de Vénus ( $T_V$ ) le temps qui s'écoule entre deux conjonctions inférieures, et appelé période synodique  $P_V$ .



On trouve  $1/P_V = 1/T_V - 1/T_T$  (cf. page 26 - cela donne une période synodique de 583,924 j) : C'est une situation qui devrait donc se reproduire en moins de deux ans ! Pourra-t-on donc observer des passages de Vénus devant le Soleil à ce rythme endiablé ?

La réponse est non : car l'orbite de la planète Vénus est inclinée par rapport au plan de celle de la Terre (appelé plan de l'écliptique).

Quelques coups de ciseaux plus tard, et après avoir collé les deux disques matérialisant les orbites sur une cordelette qui coïncide avec le trait, vous aurez alors la clef de l'énigme : La maquette aura pris du relief et l'on comprendra aisément qu'il ne peut y avoir de « passage » de Vénus que si les planètes ont rendez vous au même instant sur la ligne matérialisée par la cordelette ! Cela ne pourra avoir lieu qu'en Juin, vers le début du mois, alors que Vénus traverse le plan de l'écliptique en « descendant » ou en Décembre, alors qu'elle « remonte ». Les deux points de sa trajectoire sont appelés respectivement « nœud descendant » et « nœud ascendant ». La cordelette matérialise ce que l'on appelle « ligne des nœuds ».



### Quand va-t-il se reproduire ?

Le site de l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (IMCCE) donne les dates des prochains passages de Vénus devant le Soleil et les heures, en temps universel, de l'écart angulaire minimal entre le Soleil et Vénus vu depuis le centre de la Terre.

On y voit se succéder alternativement, et par couples, des passages en juin puis en décembre.

8 juin 2004	8:19:44
6 juin 2012	1:29:24
11 décembre 2117	2:48:22
8 décembre 2125	16:01:46
11 juin 2247	11:33:59
9 juin 2255	4:38:46
13 décembre 2360	1:44:42
10 décembre 2368	14:45:58
12 juin 2490	14:17:37
10 juin 2498	07:25:56
16 décembre 2603	00:13:53
13 décembre 2611	13:34:53
15 juin 2733	17:19:00
13 juin 2741	10:17:38
16 décembre 2846	23:11:46
14 décembre 2854	12:20:06
16 juin 2976	19:44:55
14 juin 2984	12:49:34

La période de révolution des planètes est bien connue : pour la Terre c'est  $T_T = 365,256$  j et pour Vénus, c'est  $T_V = 224,701$  jours. La précision est de 0.001 j (c'est de l'ordre d'une minute!).

Quelques calculs facilement réalisables, mentalement ou avec votre tableur préféré, montrent une certaine périodicité : les passages se succèdent avec les intervalles de temps suivants : 8 ans, puis 105,5 ans, puis à nouveau 8 ans, puis 121,5 ans et l'on recommence : 8 ans, puis 105,5 ans, puis à nouveau 8 ans et encore 121,5 ans, le tout avec une période globale de 243 ans.

On peut faire chercher à nos élèves les raisons d'une telle périodicité en simplifiant un tout petit peu le problème : Nous supposons les mouvements des planètes uniformes, et nous négligerons tout autre mouvement (précession, mouvement de la ligne des nœuds, etc.).

On remarquera que pendant 8 ans la Terre effectue 8 tours du Soleil, alors que Vénus en accomplit 13 (13,003 si l'on utilise nos données) : Terre et Vénus sont bien au rendez-vous, au même endroit sur la ligne des nœuds.

De même, pendant 105,5 ans, la Terre fera 105 tours et demi, alors que Vénus parcourra 172,5 fois son orbite (171,49 avec nos calculs) : noter que pour faire le dernier demi-tour, il faut 6 mois, et que l'on passe alors de juin à décembre. Terre et Vénus sont bien au rendez-vous, encore sur la ligne des nœuds, mais de l'autre côté, (nœud ascendant, donc mois de décembre).

Et en 121,5 ans, ce seront respectivement 121 tours et demi et 197,5 (197,501) que les deux planètes auront parcourus...

Le demi-tour supplémentaire prend encore 6 mois et l'on se retrouve sur la ligne des nœuds, côté nœud descendant, en Juin !

Tout compte fait, 243,00 tours de Soleil (pour la Terre) correspondront bien à 395,00 tours pour Vénus.

Gageons que la maquette que vous aurez construite sera un excellent moyen de visualiser les circonstances de ce phénomène aussi rare que spectaculaire! ■

## Comment prévoir les transits de Vénus... à la calculette (\*\*\*)

Jean-Noël Terry  
Observatoire de Lyon

### Etat des lieux

La mécanique céleste est tout, sauf simple ! Est-il possible, malgré tout, de prévoir les transits de Vénus sans ordinateur, de façon compréhensible aux scolaires... et sans boule de cristal ? Essayons.

La figure 1 montre de façon schématique les orbites de Vénus et de la Terre autour du Soleil. Il y a transit quand la Terre, Vénus et le Soleil sont alignés dans cet ordre.

Nous pouvons faire deux remarques :

- le transit est une éclipse, mais, contrairement à celle provoquée par la Lune, la Terre se trouve dans le prolongement des cônes d'ombre et de pénombre, au-delà du sommet de ce cône.
- de la Terre, seuls des transits de Mercure et de Vénus sont observables. Rien n'empêche d'imaginer des transits de la Terre vus de Mars, ou de Mars vus de Jupiter, ou... à vous d'imaginer les situations possibles.

Le plan de l'orbite de Vénus fait un angle de 3.39° par rapport au plan de la Terre. L'alignement attendu ne peut donc se produire qu'au voisinage des nœuds : nœud ascendant vers le 7 décembre et nœud descendant vers le 7 juin (voir figure 1 et article précédent).

Autre complication attendue : les intervalles de temps séparant deux passages de la planète en un même point de son orbite ne sont pas les mêmes. C'est la période de révolution sidérale, qui est de :

224,701 jours pour Vénus notée  $T_V$   
365,256 jours pour la Terre notée  $T_T$ .

### A nos calculettes :

Supposons qu'au jour 0, il y ait transit. Au jour  $j$ , Vénus a décrit un angle (exprimé en degrés) :

$a_V = (360/T_V).j$  et la Terre  $a_T = (360/T_T).j$

Le prochain transit aura lieu si  $a_T = a_V - 360k$  (Vénus "tourne plus vite") avec  $k$  entier.

D'où :

$$j = \frac{(T_V.T_T)}{(T_T - T_V)} k$$

Le prochain transit aura lieu après  $n$  tours ( $n$  années), donc

$$\frac{360}{T_T} j = 360n$$

d'où la condition :

$$n = \frac{T_V}{T_T - T_V} k \text{ et } n \text{ entier.}$$

Avec nos données, la relation précédente devient :  
 $n = 1,5986696k$  et  $n$  entier.

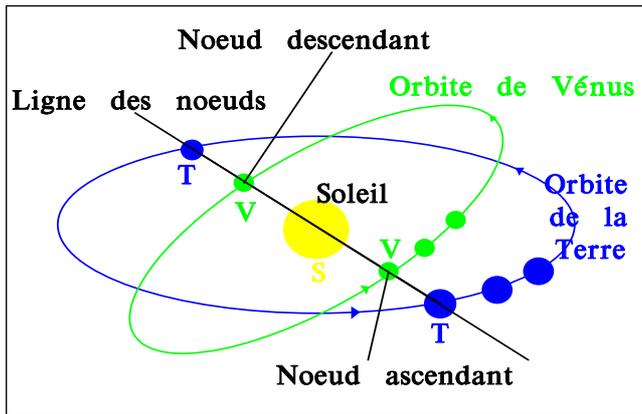


Figure 1 : Système Terre-Vénus-Soleil

### Des « presque entiers » :

La seule solution indépendante de la précision sur les périodes est  $n=0$ , heureusement !

C'est ici que nous allons utiliser la calculette pour approcher au mieux un entier, en donnant des valeurs successives à  $k$ . Un petit programme peut être le bienvenu.

Une première valeur intéressante est  $k=5$ .

Pour cette valeur,  $n=7.993$ , « entier à 7‰ » si l'on peut dire.

**Nous trouvons donc un deuxième transit 8 ans après, au même nœud.**

Peut-on en déduire que nous retrouverons la même situation 16 ans, 24 ans, 32 ans, etc... plus tard ?

Non, si  $k=10$ ,  $n=15,987$ , l'écart est important 1,3% si  $k=15$ ,  $n=23,980$ , l'écart augmente : 2%

### Sur la piste des $k$ intéressants :

Voici quelques valeurs intéressantes pour  $k$  :

$k=66$  alors  $n= 105,512$  soit 105 ans  $\frac{1}{2}$  (écart 1,2%) nœud différent, mais l'écart est sans doute trop grand.

$k=76$  alors  $n= 121,499$  soit 121 ans  $\frac{1}{2}$  (écart 0,1%) nœud différent.

$k=152$  alors  $n=242,998$  soit 243 ans (écart 0,2%), même nœud.

A chacun de continuer.

Nous pouvons par contre annoncer un transit en juin 2012 (2004+8) en juin 2247 (2004+243) et juin 2255 (2247+8), mais aussi en décembre 2125 (2004+121).

Confrontons nos résultats aux canons des passages donnés par le Bureau des Longitudes par exemple. Nous y trouvons les passages de -2999 à 2999.

Certains passages apparaissent « orphelins » comme en novembre 1396 ou 1153.

Globalement, l'accord est bon... avec si peu de moyens !

### Les approximations coupables :

Le modèle choisi est évidemment trop simple pour obtenir une précision parfaite :

Les orbites ne sont pas circulaires, la trace de Vénus sur le Soleil va donc se décaler. Le diamètre apparent du Soleil étant d'environ  $30'$ , nous risquons d'avoir un passage hors du disque.

François Mignard (Observatoire de la Côte d'Azur) propose les règles suivantes :

-nœud ascendant : décalage de la trace de  $105''$  en 243 ans sur un disque solaire de diamètre  $1950''$ , ce qui donne donc un cycle d'environ 4500 ans.

-nœud descendant : décalage de la trace de  $61''$  en 243 ans sur un disque solaire de diamètre  $1890''$  (la Terre est plus loin du Soleil lors de l'été de l'hémisphère nord), ce qui donne donc un cycle d'environ 7500 ans.

On peut donc s'intéresser à ces autres cycles millénaires.

Mais là, c'est une autre histoire !

### Adresses utiles et conseillées :

Le site du Bureau des Longitudes :

<http://www.imcce.fr>

et en particulier :

<http://www.imcee.fr/vt2004/fr>

Le site de François Mignard :

[http://www.obs-](http://www.obs-azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html)

[azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html](http://www.obs-azur.fr/Cerga/mignard/TRANSITS/home.html)

# Sidérostat pour observer le transit (\*)

Philippe Merlin,  
Observatoire de Lyon

## Observer avec un sidérostat

Le **sidérostat**, ou **cœlostat** ou **cælostat**, (du lat. *sidus*, astre ou *cælum*, ciel et *status*, état d'immobilité) est un appareil à miroir, donnant une image du ciel immobile par rapport à la Terre.

Il permet donc d'avoir un instrument d'observation fixe alors que le mouvement diurne fait apparemment tourner les objets du ciel autour de l'axe de rotation de la Terre.

Il comporte un miroir mobile suivant deux axes orthogonaux dont l'intersection se trouve au milieu de la surface réfléchissante. L'un des axes est dirigé parallèlement à l'axe de rotation de la Terre et sa rotation permet de compenser la rotation diurne. L'autre lui est perpendiculaire et sert à balayer le ciel en déclinaison. Les modèles évolués comportent un système d'entraînement. La vitesse de rotation est la moitié de celle de rotation diurne car il y a réflexion.



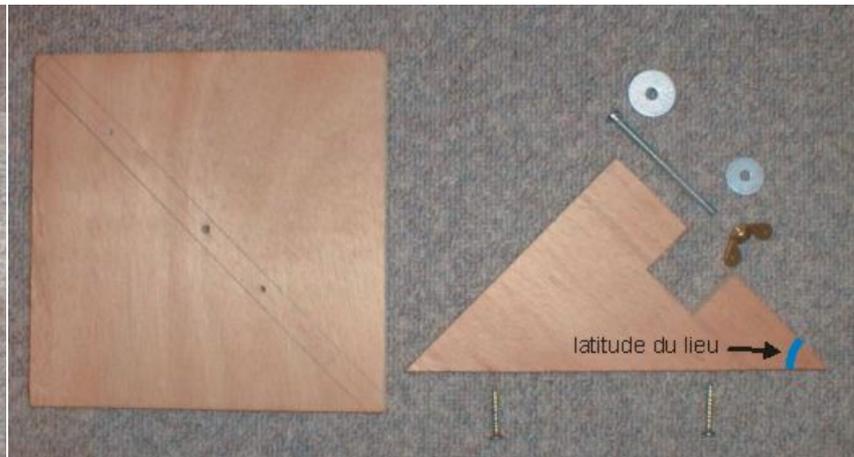
## Construction d'un modèle à rotation manuelle

Il suffit d'un miroir de toilette inclinable, deux morceaux de contre-plaqué, une grande vis de 4, 5 ou 6 mm de diamètre, deux rondelles, un écrou papillon et deux vis de fixation.

Le support doit être placé horizontalement et la partie verticale bien orientée dans le plan du méridien.



Le miroir posable



Les pièces de montage

**Remarque 1** : la glace qui sert de miroir n'est pas idéale, car elle donne, sur la face externe du verre, une image parasite plus ou moins faible suivant l'inclinaison. Il vaut mieux remplacer la glace par un vrai miroir aluminé sur l'extérieur

**Remarque 2** : Pour faciliter le calage horizontal, trois vis peuvent être mises sur le plateau horizontal. On peut aussi graduer les axes de rotation en *angle horaire* et en *déclinaison*.

Le miroir du sidérostatis est placé avec son premier axe de rotation bien orienté vers le pôle céleste. La lentille doit avoir son axe optique passant par l'intersection des deux axes de rotation. L'image se forme derrière la lentille à la distance focale de celle-ci. La lumière du Soleil est

suffisamment intense pour ne pas avoir besoin d'une boîte pour faire l'obscurité. On peut améliorer l'image en diaphragmant un peu la lentille qui en général n'est pas d'une très grande qualité optique.



Montage sidérostatis et lentille, ici, avec une lentille de 0,25 dioptrie.



L'image de 3,5 cm du Soleil

**Note de la rédaction:** Nous avons réalisé un sidérostatis similaire. Avec une lentille de 0.25 dioptrie (4 mètres de focale) achetée chez un opticien (prix 10 €). Le diaphragme de la lentille était fait avec le trou central d'un CD-ROM. Nous avons pu voir les taches solaires en formant l'image du Soleil sur un écran placé à l'ombre (mur orienté à l'opposé du Soleil).

## Conseils pratiques pour l'observation (\*/\*\*)

Pierre Causeret  
pierre.causeret@wanadoo.fr

Il faut rappeler que l'observation du Soleil présente des risques : regarder le Soleil sans protection peut entraîner une détérioration définitive de l'œil. Il convient donc d'être extrêmement prudent, surtout avec des élèves.

Voici quelques conseils pratiques pour profiter de ce passage de Vénus qui risque d'être le seul que vous observerez dans votre vie (nous serons mal placés en France pour le passage de 2012).

### Les filtres

Il existe quatre types de filtres (testés) :

- Le verre de soudeur très dense (N°14). Efficace mais de couleur verte et difficile à trouver.
- La feuille de polymère noir. Solide, conservant la couleur naturelle du Soleil mais de qualité optique moyenne. Coût d'environ 10 € la feuille A4 (\*).
- Le film mylar (en bon état, ni froissé ni plié). De meilleure qualité optique que le polymère noir, il est de couleur bleue et malheureusement fragile. Coût : environ 20 € la feuille A4 (\*).
- Le filtre en verre pour télescope recouvert d'une fine couche métallique. De bonne qualité mais relativement cher (compter de 70 à 200 € pour un filtre visuel entre 80 et 200 mm). Il existe aussi des filtres photographiques qui laissent passer

davantage de lumière, ce qui permet d'avoir des temps de pose très courts évitant le bouger (\*).

### Observer à l'œil nu

Le diamètre apparent de Vénus sera d'environ 1' soit 1/60 de degré ou 1/30 du Soleil. On devrait donc apercevoir à l'œil nu (voir le courrier des lecteurs) un petit point noir sur un gros disque brillant à condition d'avoir un filtre. Le polymère noir spécial Soleil me semble le plus conseillé pour observer avec des élèves, à cause de sa solidité. On peut découper une feuille A4 en une vingtaine de morceaux (ou plus). Chaque morceau est fixé sur un carton dans lequel on a pratiqué une ouverture, le carton évite d'être ébloui lorsque l'on vise le Soleil.

### Observer par projection

On utilise un instrument d'observation, paire de jumelles, lunette ou télescope (avec un oculaire) pour projeter l'image du Soleil sur une feuille blanche ou un écran. Pour que l'image soit bien visible, l'écran est mis à l'ombre (avec un carton par exemple comme sur la photo).

Cette méthode est la plus sûre à une condition : que personne ne mette l'œil à l'oculaire. Il faut donc toujours rester à côté de l'instrument. Une personne qui passe à côté d'un télescope essaiera presque toujours d'y jeter un coup d'œil!

Avec cette méthode, on verra sans problème le disque noir de Vénus sur le disque lumineux du Soleil.



*Observation par projection*  
(photo SAB)

Un appareil a été réalisé sur ce principe, le "solarscope", développé en partenariat avec l'observatoire de la Côte d'Azur. Le Soleil est

projeté directement sur un petit écran. Il coûte aux alentours de 60 euros (\*).

### Observer à l'oculaire

Un filtre de bonne qualité est indispensable. Il faut éviter à tout prix les filtres que l'on visse sur l'oculaire et qui peuvent se fendre sous l'effet de la chaleur concentrée dans l'instrument. On peut acheter un filtre en verre au diamètre de son instrument ou en fabriquer un en mylar.

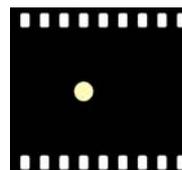
Ceux qui ont la chance de posséder un filtre H-alpha pour l'observation de la chromosphère pourront voir Vénus juste avant et juste après le transit, se découpant sur fond de protubérances !



(photo SAB)

### Photographier avec un téléobjectif

Avec un appareil 24×36, le diamètre du Soleil sur le négatif est égal à la focale en mm divisé par 109. Ce qui donne 0,5 mm avec un objectif classique de 50 mm ou à peine 3 mm avec un téléobjectif de 300 mm. Un bon téléobjectif est donc indispensable.



*Ce dessin montre comment apparaîtra le Soleil photographié avec un téléobjectif de 400 mm. On devine un minuscule point noir à sa surface : c'est Vénus.*

Les possesseurs d'appareils photo numérique prendront la focale donnée en équivalent 24×36. Pour un zoom optique de 200 mm (en équivalent 24×36) sur un appareil de 3 Méga pixels, Vénus fera 3 à 4 pixels de diamètre et pourrait donc être distinguée. Là encore, on a intérêt à disposer d'une grande focale.

Il faudra évidemment mettre un filtre devant le téléobjectif, soit du commerce (type filtre solaire pour lunette astronomique), soit un filtre fabriqué à partir de mylar en bon état et bien fixé sur l'appareil pour éviter les fuites de lumière sur les côtés. Pour les temps de pose, on utilisera la cellule si on peut mesurer la lumière sur une partie de l'image. De toutes façons, il faut faire des essais auparavant sur le Soleil en variant les temps de pose. Le 8 juin, la transparence du ciel et la hauteur du Soleil jouant sur sa luminosité, il faudra encore faire plusieurs temps de pose.

### Photographier derrière une lunette ou un télescope

Avec un appareil reflex : on fixe l'appareil sans objectif derrière le télescope à l'aide d'une bague T (\*). On peut éventuellement intercaler un doubleur de focale. C'est le télescope qui fait office de téléobjectif. Avec 2 mètres de focale, le Soleil prend tout le champ. Le temps de pose indiqué par la cellule donne un résultat correct, mais on a toujours intérêt à faire plusieurs temps différents.



Photo PC/SAB

*Le Soleil photographié derrière un télescope de 1,5 m de focale mesure 14 mm sur la diapo.*

On peut également installer derrière le télescope un appareil photo numérique à objectif interchangeable. Mais attention, il y a en général un correctif à apporter pour obtenir la focale équivalente en 24×36, le capteur étant plus petit. Avec un correctif (×1,6) sur un télescope de 1,5 m, la focale est de 1,5×1,6 soit 2,4 m en équivalent 24×36. Le Soleil ne tient alors pas dans le champ.

### Faire des images à la webcam

Avec un appareil photo numérique à objectif fixe : on obtient des résultats étonnamment corrects en tenant simplement son appareil photo derrière l'oculaire d'un télescope (muni d'un filtre). Il faut faire attention à être bien dans l'axe. On trouve dans le commerce des systèmes permettant de

fixer l'appareil sur le porte-oculaire. On peut aussi s'en bricoler un.



Photo Alain Chataux/SAB

*Mercury (le petit point en haut à droite) photographiée devant le Soleil avec un appareil photo numérique tenu à la main le 7 mai 2003.*

Les astronomes amateurs utilisent de plus en plus ces petites caméras destinées au départ à Internet. On enregistre de petits films en format AVI. Des logiciels permettent ensuite de décomposer ces films en images individuelles (format BMP) pour choisir les plus nettes.

Avec une webcam de type ToUCam (capteur CCD 480×640), dont on a enlevé l'objectif, et fixée derrière un téléobjectif de 300 mm, on obtient une image du Soleil presque entier. Il faut bricoler la fixation de la webcam sur le téléobjectif et prévoir le filtre solaire.

On peut aussi superposer à l'ordinateur des images réalisées à intervalle régulier pour obtenir un chapelet.



Photo PC/SAB

*Le Soleil observé le 7 mai 2003 avec une webcam installée derrière un téléobjectif de 300 mm. Mercury est le point au bout de la flèche.*

La webcam peut aussi être fixée sur le porte-oculaire d'un télescope. Les magasins d'astronomie vendent des raccords au coulant de 31,75. Le capteur étant minuscule, le champ est beaucoup plus petit qu'à l'oculaire. Ainsi, avec un instrument de 1,000 mètre de focale, le champ n'est que de 9' par 12' !



Photo J Nillon/ SAB

*Mercury devant le Soleil observée avec une webcam placée derrière un télescope de 1,5 m de focale.*

### Calculer la distance du Soleil

A partir de deux images de Vénus devant le Soleil, prises au même instant depuis deux sites éloignés, on peut assez facilement calculer la distance du Soleil. La méthode est décrite dans les articles qui suivent.

Pour superposer correctement deux images, il faut qu'elles soient précisément orientées et qu'elles contiennent un bord du Soleil suffisamment grand. Un protocole de mesure est proposé (voir ci-dessous).

(\*) Vous pourrez trouver le matériel nécessaire à votre observation (filtres, adaptateurs) dans les magasins d'astronomie ou sur Internet (un moteur de recherche vous donnera toutes ces adresses). On peut citer la librairie Uranie, la Maison de l'astronomie, L'Astronome... Le site dédié au solarscope ([www.solarscope.org](http://www.solarscope.org)) donne l'adresse des revendeurs. ■

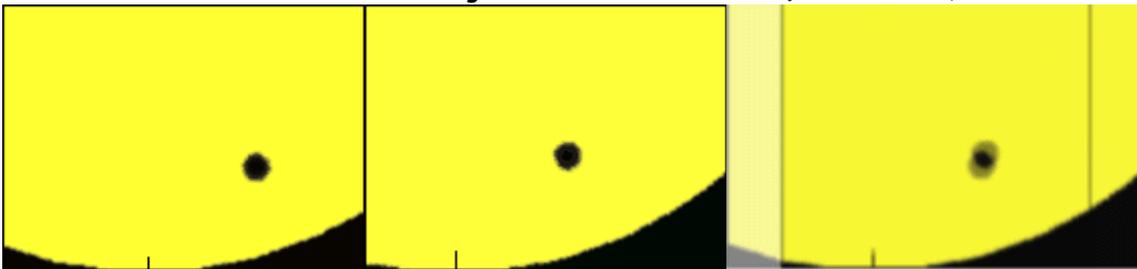
## Protocole de mesure pour déterminer la distance Terre-Soleil le 8 juin 2004 Comité de Liaison Enseignants et Astronomes

Les moyens actuels permettent des méthodes plus simples que celles utilisées au 19ème siècle. Il suffit d'avoir deux photos, orientées de la même manière et prises au même instant depuis deux lieux éloignés. Notre but est d'obtenir la distance Terre - Soleil avec des moyens simples.

Ce protocole est décrit sur le site du CLEA. Si vous souhaitez participer à cette campagne de mesures, lisez attentivement la procédure ([www.ac-nice.fr/clea](http://www.ac-nice.fr/clea)).

**L'idée principale est de prendre une photo toutes les demi-heures rondes (à la seconde près) avec un instrument parfaitement en station.**

### Simulation d'observations faites à Dijon et à la Réunion (P. Causeret)



*Observation simulée du transit entre Dijon à 10 h TU (12 h légales - image de gauche) et La Réunion à 10 h TU (14 h légales - image du milieu). Superposition des deux images (image de droite).*

On obtient un décalage approximatif de 0,5' entre les deux images (on le calcule en comparant la distance entre les deux centres des taches noires au diamètre apparent du Soleil de 31,5' ce jour-là ou à partir de la focale de l'instrument et de la taille du capteur).

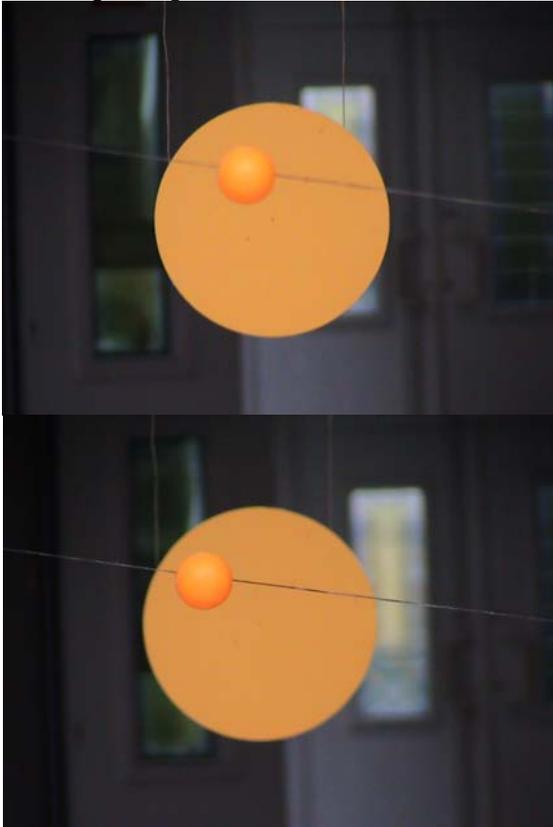
**Dans le prochain numéro nous donnerons une méthode rigoureuse, due à B. Sandré, pour superposer les photos prises selon le protocole que nous proposons.**

# Mesurer la distance Terre-Soleil (\*\*)

Extraits d'un dossier<sup>1</sup> présenté aux Olympiades de Physique 2004,  
par Christelle Favier, Maïté Thiry et Manon Revest,  
Avec la complicité de leurs professeurs, Francis Berthomieu et Ghislain Bernard

## La méthode de la parallaxe

Qu'est-ce que la parallaxe ?



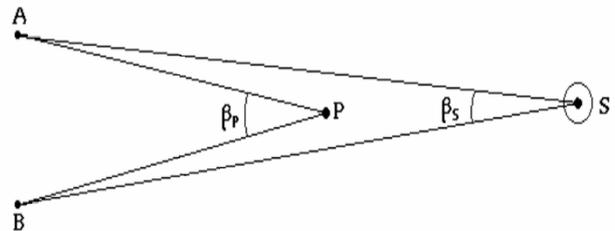
Explications visuelles avec une maquette

Le grand disque symbolise le Soleil, la petite balle, la planète passant devant le Soleil, la cordelette, la trajectoire de la planète. Ces deux photos ont été prises depuis deux endroits légèrement différents. Il est facile de faire l'expérience. On peut ainsi voir que la planète semble avoir changé de position sur le disque solaire, mais aussi, et surtout, que le Soleil semble également avoir changé de place par rapport à l'arrière-plan...

## Définitions de la parallaxe

Une définition rigoureuse pourrait être la suivante : « La parallaxe désigne l'angle que font entre elles les deux directions de visée d'un objet observé simultanément depuis deux endroits

différents ». Mais le schéma suivant en dit sans doute tout autant :



Vues depuis A et B, la parallaxe du Soleil S est  $\beta_S$  et la parallaxe de la planète P est  $\beta_P$ .

## Application au cas d'un « passage » devant le Soleil

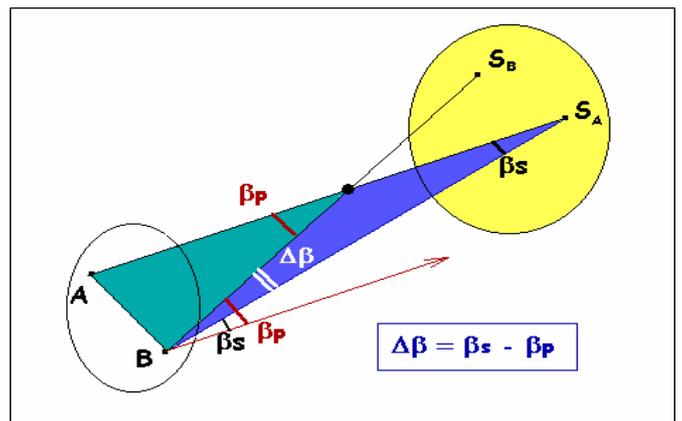


Schéma de Vénus passant devant le Soleil

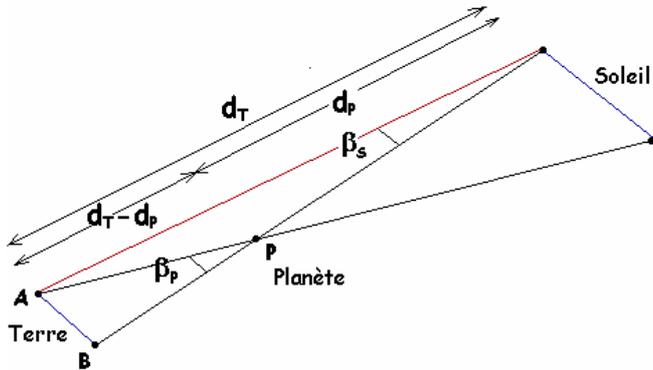
$S_A$  et  $S_B$  sont les « images » de la planète sur le disque du Soleil, respectivement observées depuis les observatoires A et B.

$\beta_S$  et  $\beta_P$  désignent respectivement les parallaxes du Soleil et de la planète vues depuis les deux observatoires de la Terre. Afin de simplifier le raisonnement, nous avons tracé une parallèle à  $(AS_A)$  passant par B. Notons que  $\beta_P$  désigne aussi l'écart angulaire entre  $S_A$  et  $S_B$  vu depuis la Terre.

La figure montre sans ambiguïté que  $\Delta\beta$  est égal à  $\beta_P - \beta_S$ . Donc,  $\Delta\beta$  est la différence entre les parallaxes de la planète et du Soleil. En utilisant les observations depuis deux points de la Terre, on est donc en mesure de déterminer la valeur de cet angle  $\Delta\beta$ .

## Les calculs généraux

Appelons  $d_T$  et  $d_P$  les distances respectives de la Terre et de la planète au Soleil.



Puisque l'angle  $\beta_p$  est ici très petit, nous pouvons écrire que la distance AB entre les deux observatoires est égale au produit de l'angle  $\beta_p$  exprimé en radians par la distance séparant les deux planètes, soit :

$$AB = \beta_p (d_T - d_P)$$

De même, avec  $\beta_s$  et  $d_T$  nous pouvons écrire :  $AB = \beta_s d_T$

Nous pouvons en déduire les expressions des deux parallaxes :  $\beta_s = AB / d_T$  et  $\beta_p = AB / (d_T - d_P)$

Il est alors facile d'exprimer l'angle  $\beta$  en radians à partir de ces équations :

$$\Delta\beta = \beta_p - \beta_s = [AB / (d_T - d_P)] - (AB / d_T)$$

En posant  $d_T - d_P = k d_T$ , (où  $k$  n'est autre que la mesure de la distance Terre-Planète lors du passage, exprimée en Unités Astronomiques) nous obtenons alors :

$$\Delta\beta = AB / (k d_T) - AB / d_T$$

$$\Delta\beta = [AB (1 - k)] / (k d_T)$$

et

$$d_T = [AB (1 - k)] / (k \Delta\beta)$$

## En conclusion

Pour mesurer la distance Terre Soleil, nous avons donc besoin de deux photos prises au même instant depuis deux villes aussi éloignées que possible. Nous devons déterminer précisément la **distance AB** entre les droites parallèles menées depuis ces deux villes en direction du Soleil.

Une solution élégante et simple consiste à obtenir une image de la Terre, **telle qu'elle pourrait être observée depuis le Soleil** à l'instant de la prise de vue : on y repère les deux villes A et B et l'on calcule la distance AB en la comparant au

diamètre de notre planète C'est très facile à partir du site:

[www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth](http://www.fourmilab.ch/cgi-bin/uncgi/Earth)

Une autre solution consiste à utiliser une mappemonde et à y matérialiser les lignes de visée pour mesurer leur séparation. La photo ci-dessous est explicite.



Image: P. Causeret, SAB

### La distance entre les lignes de visée

La **valeur de k** pourra être calculée en UA à partir des éléments orbitaux de Vénus: Les orbites de la Terre et de Vénus sont pratiquement circulaires et leurs rayons obéissent à la 3<sup>ème</sup> loi de Képler : le calcul est simple (voir exercice suivant). On trouve  $k=0,275$ .

Les deux photos du passage nous permettront de **mesurer  $\Delta\beta$**  par comparaison avec le diamètre apparent du Soleil, assez facilement mesurable à la date du passage, pourvu qu'elles soient superposables et orientées de la même façon : s'il s'agit d'une image numérique, il sera possible d'additionner les images, en faisant bien coïncider les deux disques solaires, puis mesurer le diamètre (en pixels) du disque solaire (dont on connaît le diamètre angulaire) et la distance (en pixels) entre les centres des images de la planète. Un simple « produit en croix » permettra de calculer l'angle  $\Delta\beta$ .

<sup>1</sup>L'ensemble du dossier, qui présente l'exploitation d'images mises en ligne sur Internet par le réseau GONG, est accessible depuis le site du clea :

<http://www.ac-nice.fr/clea>

aux rubriques « actualités » et « avec nos élèves ».

■

# Présentation formelle (\*\*\*)

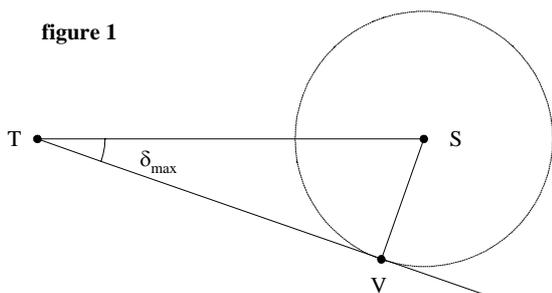
Béatrice Sandré

L'observation depuis la Terre, du mouvement apparent de Vénus par rapport au Soleil permet de mesurer l'écart angulaire maximum entre les directions Terre - Vénus, Terre - Soleil et d'en déduire le rapport entre les rayons SV et ST des orbites de Vénus et de la Terre.

$$\delta_{\max} = 46,3^\circ$$

$$x = \frac{VS}{TS} = \sin \delta_{\max} = 0,723$$

figure 1



Lors du passage de Vénus devant le Soleil, au même instant, depuis deux points A et B de la Terre, on photographie le Soleil. Soit  $S_A$  et  $S_B$  les deux ombres de Vénus sur le Soleil vues depuis A et B.

On espère que des tâches solaires permettent de superposer les deux photos.

L'échelle angulaire de la photo peut être déterminée sachant que le diamètre apparent du Soleil le 8 Juin 2004 sera de  $0,525^\circ$ . Une fois les deux photos superposées, on mesure l'écart entre les deux ombres  $S_A$  et  $S_B$  et on en déduit l'écart angulaire  $\alpha$  (voir figure 2).

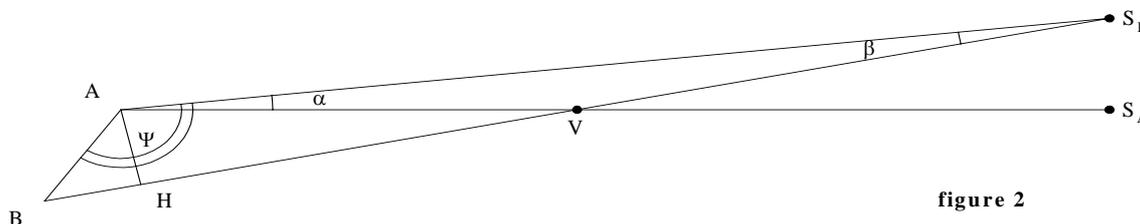


figure 2

D'après la relation des sinus dans le triangle  $AVS_B$ ,

$$\frac{\sin \alpha}{VS_B} = \frac{\sin \beta}{VA} \quad \text{d'où} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{VS_B}{VA} = \frac{x}{1-x}$$

Et, les angles  $\alpha$  et  $\beta$  étant petits,  $\beta = \alpha \frac{1-x}{x}$ .

On pose  $\Psi = \left( \overrightarrow{AB}, \overrightarrow{AS_B} \right)$  (voir figure 2) et  $AS_B = 1$  unité astronomique =  $AB \frac{\cos(\Psi - \pi/2)}{\beta}$

$$\text{d'où} \quad 1 \text{ unité astronomique} = AB \frac{\sin \Psi}{\beta} = AB \frac{\sin \Psi}{\alpha} \frac{x}{1-x} \quad (1)$$

La détermination de  $\alpha$  permet donc celle de  $\beta$ , angle sous lequel AB est vu depuis le Soleil.

Mais, la droite AB n'a aucune raison d'être perpendiculaire à  $AS_B$ .

Pour déterminer l'unité astronomique à partir de la mesure de  $\alpha$ , il faut donc calculer la distance AB et surtout l'angle  $\Psi$ .

Les points A et B sont définis sur la sphère terrestre par leurs coordonnées géographiques  $(\lambda_A, \varphi_A)$  et  $(\lambda_B, \varphi_B)$ . La longitude sera comptée positivement vers l'Est.

Pour le calcul de  $\Psi$ , on peut confondre les directions  $AS_B$  et  $OS$ , O étant le centre de la Terre et S le centre du Soleil. Soit S' l'intersection de la droite OS et de la surface de la Terre. Soit  $\delta$  la déclinaison du Soleil à l'instant où les photos sont prises,  $h_{TU}$  l'heure TU à cet instant.

Les coordonnées géographiques de S', point de la surface de la Terre qui a le Soleil au zénith au moment des photos, sont :

$$\lambda_{S'} = \delta \quad \varphi_{S'} = 360^\circ \frac{12 - h_{TU}}{24}$$

Soit la base cartésienne définie par :

Ox dans le plan équatorial de longitude  $0^\circ$

Oy dans le plan équatorial de longitude  $+90^\circ$  ( $90^\circ$  Est)

Oz colinéaire à l'axe des pôles, orienté du Nord vers le Sud.

Dans cette base, les coordonnées des points A, B et S' sont :

$$\begin{aligned} \overrightarrow{OA} & \begin{cases} x_A = \cos \lambda_A \cos \varphi_A \\ y_A = \cos \lambda_A \sin \varphi_A \\ z_A = \sin \lambda_A \end{cases} & \overrightarrow{OB} & \begin{cases} x_B = \cos \lambda_B \cos \varphi_B \\ y_B = \cos \lambda_B \sin \varphi_B \\ z_B = \sin \lambda_B \end{cases} & \overrightarrow{OS'} & \begin{cases} x_{S'} = \cos \lambda_{S'} \cos \varphi_{S'} \\ y_{S'} = \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \\ z_{S'} = \sin \lambda_{S'} \end{cases} \end{aligned}$$

$$\overrightarrow{AB} \begin{cases} \cos \lambda_B \cos \varphi_B - \cos \lambda_A \cos \varphi_A \\ \cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A \\ \sin \lambda_B - \sin \lambda_A \end{cases}$$

$$\overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{OS'} \begin{cases} (\cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A) \sin \lambda_{S'} - (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \\ \cos \lambda_{S'} \cos \varphi_{S'} (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) - (\cos \lambda_B \cos \varphi_B - \cos \lambda_A \cos \varphi_A) \sin \lambda_{S'} \\ (\cos \lambda_B \sin \varphi_B - \cos \lambda_A \sin \varphi_A) \sin \lambda_{S'} - (\sin \lambda_B - \sin \lambda_A) \cos \lambda_{S'} \sin \varphi_{S'} \end{cases}$$

La norme du produit vectoriel  $\overrightarrow{AB} \wedge \overrightarrow{OS'}$  donne la valeur de  $AB \sin \Psi$  avec pour unité de longueur le rayon de la terre. Il suffit donc de reporter cette valeur dans la relation (1); on obtient l'unité astronomique en rayon terrestre. En multipliant par 6400 km, on l'obtient en kilomètres. ■

### Période sidérale, période synodique (\*\*)

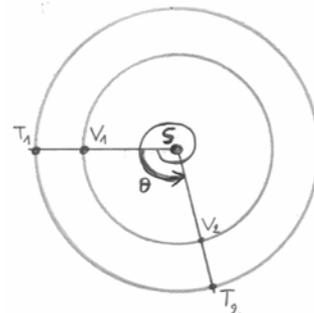
Vénus (V) tourne autour du Soleil (S) plus vite que ne le fait la Terre (T). Vue depuis la Terre, elle reprendra la même position (2) par rapport au Soleil au bout d'un temps  $P_V$ , appelé la Période synodique de Vénus. Elle aura parcouru un angle  $360^\circ + \theta$ , quand la Terre n'aura parcouru qu'un angle  $\theta$ .

Exprimons ce temps  $P_V$  en fonction des périodes vraies (sidérales) de la Terre et de Vénus,  $T_T$  et  $T_V$ , respectivement. On peut écrire :

$$P_V = T_T \frac{\theta}{360} \quad \text{et} \quad P_V = T_V \frac{360 + \theta}{360}. \quad \text{En éliminant } \theta/360 \text{ entre ces équations il vient:}$$

$$\frac{1}{T_V} = \frac{1}{T_T} + \frac{1}{P_V}$$

On peut ainsi déduire la période sidérale, qui n'est pas directement observable depuis la Terre. Notez que pour une planète supérieure (ex. Mars), on trouve une relation similaire, mais avec un signe moins - GP.



# Le transit de Vénus : un peu d'histoire (\*)

Jean-Noël Terry

**Résumé :** *Ce court extrait d'un texte, que nous publierons in-extenso prochainement, raconte la triste histoire d'un astronome dévoué, mais malchanceux.*

Le transit de 1761 fut observé par de très nombreux observateurs. Parmi eux Pingré, Chappe, Cassini, Maraldi, de Lalande... mais pas par l'infortuné Guillaume Joseph Hyacinthe Jean Baptiste Le Gentil de la Galaisière.

**Guillaume Joseph Hyacinthe Jean Baptiste Le Gentil de la Galaisière** (1725-1792) proposa une expédition à Pondichéry. Il quitta Brest le 16 mars 1760. Mais sa ville de destination était assiégée et avait subi aussi un ouragan. Il se joignit aux troupes françaises... qui arrivèrent après la chute de la ville. Il fallut repartir pour l'île Maurice où il arriva en juillet. Le Gentil vit le transit, mais ne put faire de mesure depuis le pont du navire.

Il décida alors de rester pour le second transit de 1769. Il choisit le site de Manille.

Le Gentil se dirige donc, en 1766, vers Manille, possession espagnole, muni d'une recommandation de l'Académie Royale des Sciences. Le gouverneur ne veut rien entendre et le soupçonne d'espionnage. Le Gentil doit s'enfuir vers Macao où il embarque sur un navire portugais pour Pondichéry, en mars 1768. Passé le détroit de Malacca, le pilote s'enferme tout à coup, sans raison connue, dans sa cabine et refuse de piloter. Le navire dérive, puis le pilote reprend son service. Le but est atteint après 32 jours. Le Gentil installe son matériel, le gouverneur vient observer

de temps en temps et les Anglais lui prêtent même un télescope.

Le 2 juin 1769, veille, il faisait beau, puis le ciel se couvrit et Le Gentil ne put observer que la dernière demi-heure... alors qu'à Manille il faisait beau !

« Est-ce cela le sort des astronomes ? Je me suis exilé de ma patrie, uniquement pour être spectateur d'un nuage fatal. Je fus plus de quinze jours dans un abattement singulier, à ne pas avoir le courage de prendre la plume...elle me tomba plusieurs fois des mains lorsque le moment vint d'annoncer en France le sort de mon opération. »

Le Gentil regagna Paris en octobre 1771, affaibli par les fièvres et les dysenteries. Un premier bateau fut démâté et c'est sur une frégate espagnole qu'il rentra à Cadix, après 11 ans 6 mois et 13 jours d'absence... pour constater qu'on l'avait déclaré mort !

Il récupéra ses biens partagés après de pénibles procédures. Néanmoins son mariage fut heureux et la naissance d'une fille lui donna de la joie.

Il mourut vraiment en 1792.

Voir le courrier des lecteurs pour ce qui concerne le nom de la fleur hortensia, donné, dit-on parfois, par Le Gentil.

■

## Les documents anciens (\*)

Dominique Bernard, Philippe Merlin  
Observatoire de Lyon

Nous vous présentons ce texte paru dans les mémoires de l'Académie de Sciences. Il montre que la coopération entre Enseignants et Astronomes était déjà en place. M. de La Lande et l'abbé Marie du collège Mazarin auraient sans doute été membres du CLEA. Nous ne

reproduisons pas la suite de l'article dans laquelle M. de La Lande explique comment transformer les heures des contacts mesurées à Paris en heures de contacts géocentriques. L'explication est trop confuse pour être publiée.

**OBSERVATION**  
**DU PASSAGE DE VÉNUS SUR LE SOLEIL,**  
**FAITE À PARIS LE 3 JUIN 1769,**  
*Dans l'Observatoire du Collège Mazarin.*

Par M. DE LA LANDE.

**J**E m'étois occupé depuis plusieurs jours des préparatifs nécessaires pour cette importante observation, & j'avois pris des arrangements pour qu'elle fut faite par cinq ou six Observateurs avec moi; j'avois fait venir de Londres une excellente lunette achromatique de Dollond, portant 40 lignes d'ouverture, & j'avois réglé une pendule dans la lanterne qui est au haut de la coupole, d'où Vénus pouvoit être vue jusqu'à 7<sup>h</sup> 58' du soir; mais le mauvais temps a rendu mes précautions presque inutiles. 7 Juin  
1769.

Le 1.<sup>er</sup> Juin, il plut presque toute la journée; le 2 & même le 3, il y eut encore de la pluie; & jusqu'à 6 heures du soir, on n'avoit presque pas d'espérance d'apercevoir l'entrée de Vénus sur le Soleil; les nuages parurent ensuite se dissiper, mais à 6<sup>h</sup> 53' ils revinrent couvrir le Soleil.

J'avois annoncé, dans la *Connoissance des Temps*, le premier contact pour 7<sup>h</sup> 14', mais les nuages qui me cachotent précisément le bord supérieur du Soleil, ne se dissipèrent qu'à 7<sup>h</sup> 21' 12" de temps vrai, & Vénus étoit déjà avancée sur le Soleil assez sensiblement, M. l'abbé Marie, Professeur de Mathématiques au Collège Mazarin, avec qui j'observois, estima l'entrée du centre de Vénus à 7<sup>h</sup> 29' 7"; il s'occupoit principalement à considérer le disque de Vénus, sur lequel il ne voyoit, non plus que moi, aucune apparence d'atmosphère\*.

\* Voyez les Mémoires de l'Académie pour l'année 1761, page 373. Mais M. l'abbé Chappe, qui croyoit avoir aperçu l'atmosphère de Vénus en 1761, n'en a plus parlé dans ses Observations de 1769.

*Mém. 1769.*

• G g g