Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft

Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft

Band: 62 (2004)

Heft: 325

Artikel: La transit de Vénus et la quête de la parallaxe solaire : première partie : travail de maturité

Autor: Deluz, Dorian

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898362

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 18.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Le transit de Vénus et la quête de la parallaxe solaire

Première partie - Travail de maturité

DORAN DELUZ

Introduction

«De tous les phénomènes célestes, le passage de Vénus est celui dont on devait espérer la plus exacte détermination de la distance du Soleil à la Terre. [...] Presque toute l'astronomie suppose cette distance connue. La grandeur des orbites de toutes les planètes, la durée des éclipses, la connaissance des volumes, des densités, des diamètres de tous les corps célestes, tiennent à [...] l'observation [du transit de Vénus]»
JOSEPH-JÉROME LEFRANÇOIS DE LALANDE (1732-1807)[1]

Introduction au «Transit de Vénus»

Un problème majeur de l'astronomie, depuis son commencement, a été la mesure des distances.

Si aujourd'hui, après des millénaires d'étude du ciel, nous nous évertuons à connaître les dimensions de l'Univers entier, rappelons-nous qu'il n'y a pas si longtemps, le problème était limité aux dimensions de notre système solaire. Ainsi de nombreux astronomes, de l'antiquité à la fin du XIXe siècle, tentèrent de mesurer par des moyens détournés la distance du Soleil à la Terre.

Car voilà bien une distance fondamentale. Le système copernicien et les lois de Kepler permettent bien de calculer avec précision et surtout grande simplicité les distances entre les différentes planètes. Mais il y a tout de même un problème: ces distances sont *relatives* et ne peuvent donc s'exprimer qu'en fonction d'une unité de référence. Pour cette dernière, qui fut appelée *Unité Astronomique*, fut choisie la distance moyenne de la Terre au Soleil.

Ainsi fut ouverte la grande quête à la découverte de cette distance (ou plus directement à la découverte de la *parallaxe solaire*). Qui se doute aujourd'hui, lorsqu'il apprend tout naturellement à l'école que 150 millions de kilomètres le sépare de l'astre de lumière, qui se doute de la quantité immense des efforts et moyens mis en œuvres au cours de ces derniers siècles pour connaître les premières approximations de cette unité fondamentale de l'astronomie?

Tout le monde peut concevoir qu'une telle distance n'est pas mesurable de façon directe. Il fallut par contre de nombreux savants pour découvrir quelles pouvaient être les bonnes méthodes indirectes. Cela commença probablement avec l'observation de la Lune, puis celle de Mars et enfin l'utilisation de notre voisine, Vénus. C'est en effet ces événements rares, que l'on nomme *transits de Vénus*, qui permirent jusqu'à la fin du XIXe siècle la meilleure approximation de l'Unité Astronomique (*UA*).

Si ces phénomènes sont peu courants – aucune personne encore en vie n'en a vu – c'est qu'ils nécessitent des conditions géométriques particulières. En effet, un transit de Vénus est le passage du disque noir de Vénus devant le grand disque doré du Soleil. Du point de vue de l'observateur terrestre, ils sont donc semblables aux éclipses de Soleil à la différence près que Vénus, contrairement à la Lune, est apparemment bien trop petite pour masquer entièrement notre étoile. Mais peu importe l'esthétique. Car si plusieurs personnes observent le transit depuis différents points du globe, ce phénomène permet la mesure de la parallaxe solaire et donc de la valeur de l'Unité Astronomique...

Méthodede travail et objectifs

Le point de départ de ce travail de maturité a été le transit de Vénus du 8 juin 2004. L'intérêt et l'importance astronomique d'un tel événement était en effet un parfait prétexte pour me lancer dans une recherche étendue sur l'un des domaines qui me tiennent à cœur, à savoir les sciences de l'Univers.

Cependant, bien que ce travail n'aurait sans doute pas existé sans le transit du printemps prochain, je n'ai pas tant souhaité me focaliser sur l'événement en lui-même. Etant donné l'importance du phénomène, qui sera en plus certainement relayée par les médias, beaucoup y ont vu l'occasion de publier des «guides pratiques du transit» ou alors de créer des sites Internet éducatifs. Pour la plupart, ces supports d'informations donnent des conseils d'utilisation d'instruments, des cartes qui permettent de prévoir un site d'observation ou encore d'innombrables tables donnant les moments précis d'entrées et sorties de Vénus dans le disque solaire.

On ne trouvera ici ni conseils d'observation, ni cartes, ni tables. Le transit de juin 2004 lui-même ne figure pas dans la table des matières. Le lecteur qui souhaite s'informer sur ce transit précis pourra en effet consulter les multiples sources d'informations qu'on trouve déjà dans toutes les langues, et qui devraient être encore beaucoup plus nombreuses dans les mois qui suivent.

Par contre, par ce travail, j'aimerais tenter une approche beaucoup plus vaste et plus ouverte du sujet. Si le transit de Vénus est un prétexte à ce travail, c'est parce qu'il permet notamment une approche théorique de certains phénomènes, une approche littéraire dans une partie se penchant sur la mythologie ou encore un survol géographique de quelques régions de notre système solaire. J'ai voulu, dans ce travail, me servir d'un point de départ afin précisément de m'en éloigner un peu et montrer de cette façon qu'une «coïncidence géométrique» peut impliquer des études dans de nombreux domaines, tant cette science qu'est l'astronomie est vaste.

Mais ce travail est aussi un essai de vulgarisation de phénomènes peu connus. J'aimerais tenter ici d'expliquer certains concepts d'une manière simple et compréhensible pour un lecteur qui ne possède que peu de connaissances préalables dans le domaine. Ceci permettra notamment de suivre le raisonnement de quelques grands astronomes qui s'évertuèrent, pour certains durant toute leur vie, à mesurer la distance de notre Terre au Soleil, et ainsi d'aborder aussi cette quête d'une façon mathématique.

Finalement, afin que mon travail soit le plus original possible et qu'il s'éloigne de la sorte d'une simple et longue recherche théorique, j'ai souhaité ajouter aux domaines d'études précités et aux considérations géométriques, historiques et politiques, un travail pratique, «matérialisé» par un programme informatique de ma propre conception. Le rôle principal de ce programme sera sans doute d'illustrer et d'appuyer certaines parties de ce travail par une démonstration du calcul en temps réel de l'UA. A cela doit encore s'ajouter un lien avec mon travail dans le cadre des observatoires FXB et de Genève, concernant notamment les étoiles variables, ainsi qu'une ou deux interviews de personnes fortement impliquées dans l'astronomie et dont les propos devraient éclairer l'influence médiatique et culturelle qu'exerce un tel événement.

[1] Toutes les citations de Lalande ont été adaptées par LUMINET J.-P. dans son roman *Le Rendez-vous de Vénus* (Cf. Bibliographie)

Des Transits

«En effet je souhaiterais que beaucoup d'observations du même phénomène soient faites par différentes personnes à plusieurs endroits; d'une part parce que nous pourrions ainsi arriver à un plus grand degré de précision; d'autre part, parce que cela éviterait le risque couru par un seul observateur: celui d'être privé par des nuages d'une vue dont je ne sais si aucun être vivant de cette époque ou la suivante pourra la voir de nouveau; et dont dépend la solution certaine et adéquate à un très noble problème, qui ne pourra être trouvée à aucun autre moment.»

EDMOND HALLEY (1656-1742)

Les différents transits observables depuis la Terre

Le mot «transit», dans le sens qu'il est entendu ici, est à considérer dans son sens astronomique anglais, c'est-à-dire en tant que *«passage of a smaller celestial body or its shadow across the disk of a larger celestial body»*, le deuxième objet céleste étant toujours dans notre cas le Soleil. On retrouve cependant aussi le sens plus général du même mot français dans sa racine latine «transitus» qui signifie «passage». On notera d'ailleurs qu'en français, le phénomène est indifféremment appelé *transit de* ou *passage de* (bien que «transit» soit scientifiquement plus explicite).

Lors d'un transit standard, trois acteurs entrent en scène: la Terre, le Soleil, et un troisième astre qui doit obligatoirement se trouver entre les deux premières sphères. Cette simple affirmation limite déjà fortement le nombre de transits possibles. En effet, seuls trois corps suffisamment importants pour être observés facilement passent de temps à autres entre la Terre et le Soleil: la Lune, Mercure et Vénus.

Les transits lunaires ou éclipses de Soleil

La Lune est sans doute, après le Soleil, l'objet astronomique le plus accessible. Elle occupe en effet une place de choix du fait de sa proximité, et donc de sa luminosité, et par le fait aussi qu'elle soit le seul satellite naturel de la Terre.

Ce corps, qui s'est probablement formé suite à la collision entre notre planète et un astre d'au moins la taille de Mars, a été la cible de dizaines de sondes spatiales, sans compter l'Homme qui y a lui-même laissé ses empreintes. Cela s'explique par le fait que la Lune est un terrain idéal pour l'étude de l'histoire du système solaire et plus particulièrement pour l'étude du passé géologique de notre propre planète.

Les éclipses de Soleil sont parmi les événements naturels les plus spectaculaires. Comme nous l'avons déjà vu, une éclipse se produit lorsque les centres de la Terre, de la Lune et du Soleil sont alignés. La Lune crée alors un cône d'ombre dans lequel passe la Terre, ce qui produit l'effet d'une éclipse totale, annulaire ou partielle. A noter que les éclipses totales sont dues à une coïncidence tout à fait exceptionnelle: la Lune est environ 400 fois plus petite que le Soleil mais elle est aussi à peu près 400 fois plus proche de la Terre que lui. Cela a pour effet que dans le ciel, les deux astres ont presque la même taille apparente!

Si une éclipse se produit lorsque la Lune passe entre la Terre et le Soleil, le lecteur se demandera peut-être pourquoi nous n'observons pas une éclipse chaque mois (ou plutôt à chaque nouvelle lune, à peu près tous les 27 jours). Nous verrons par la suite que cela est lié à l'inclinaison du plan orbital de la Lune, qui est en l'occurrence «penché» de 5°9' par rapport à celui de la Terre. Compte tenu de cela, il ne se produit qu'en moyenne 2.3 éclipses de Soleil sur l'entière surface de notre globe par an. Pour une éclipse totale en un lieu déterminé, il faudra par contre patienter généralement 370 ans, la zone d'ombre créée par la Lune et projetée sur la Terre étant très mince!

Mercure

Mercure est une planète qui détient de nombreux records. Elle est tout d'abord la planète la plus proche du Soleil. Celle aussi où les écarts de températures sont les plus violents (plus de 600°C!). La seule planète dont l'inclinaison de l'axe de rotation sur l'orbite vaut 0 et celle qui contient les plus grandes quantités d'hélium et de sodium. Mis à part Pluton (qui est un cas très spécial), c'est aussi la plus petite des planètes, celle dont l'inclinaison de l'orbite sur l'écliptique est maximum et celle qui détient l'excentricité la plus grande (ce qui contribue à permettre à un observateur mercurien d'assister à deux levers de soleil consécutifs lorsque la planète est à son aphélie!). Mais en plus de tout cela, Mercure a l'honneur d'être une des deux seules planètes à pouvoir effectuer un transit devant l'astre de jour, ce qui lui vaudra l'attention d'astronomes tels que EDMOND HALLEY ou WILLIAM WHISTON (1667-1752), qui édita les passages de Mercure pour une période de deux siècles.

Mais HALLEY changea vite d'avis sur Mercure: selon lui, ses passages étaient trop difficiles à observer et la parallaxe de cette planète était trop petite pour être mesurée correctement. Les années suivantes, les observations confirmèrent ses dires. Le passage de 1723 (observé notamment par le grand JOSEPH-NICOLAS DELISLE) et ceux de 1743 et 1753 furent des échecs. Tout au plus, le dernier put servir de «répétition générale» au Transit de Vénus de 1761.

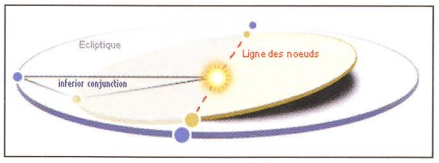
Notons finalement que les transits de Mercure sont des événements assez fréquents. Ils suivent en effet des périodes croisées de 10, 13, 7 ou 33 ans, ce qui correspond à environ 13 à 14 passages par siècle. Le dernier transit en date est relativement récent, s'étant produit le 7 mai 2003.

Vénus

Bien que Vénus soit bien sûr la seconde planète à se prêter au jeu des transits, nous n'en diront pas plus ici car on découvrira quelles sont ses caractéristiques dans la suite de ce chapitre ainsi que dans le suivant.

A noter que dans le reste de ce travail, notamment dans les parties géométriques, nous nous attacherons surtout au cas de la planète Vénus. Mais bien entendu, la plupart des remarques et des calculs sont tout aussi valables pour Mercure.

Un transit, dans l'espace

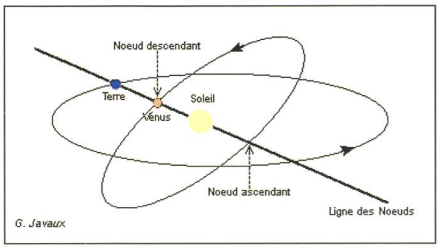


Quelques notions

Nous avons vu que la première condition d'existence d'un transit est qu'un corps (Vénus, dans notre cas) se trouve entre la Terre et le Soleil. Nous avons également vu, dans l'exemple de la Lune, qu'un alignement horizontal (en 2 dimensions) des astres ne suffit pas puisqu'il faut aussi qu'ils soient alignés verticalement (c'est-à-dire dans les 3 dimensions).

Mercure mord le disque solaire

Etudions d'abord le cas de Vénus en 2 dimensions. La planète fait un tour du Soleil en 224.7 jours alors que la période de révolution sidérale de notre terre vaut 365.3 jours. Autrement dit, Vénus à le temps de faire 13 fois le tour du Soleil pendant que notre planète ne le fait que 8 fois. Vénus tourne donc environ 1.6 fois plus vite que la Terre, ce qui signifie également que les deux planètes se retrouvent alignées lors de leur conjonction inférieure (voir figure 1) tous les 1.6 ans, soit environ 584 jours. Cette période est connue sous le nom de révolution synodique.



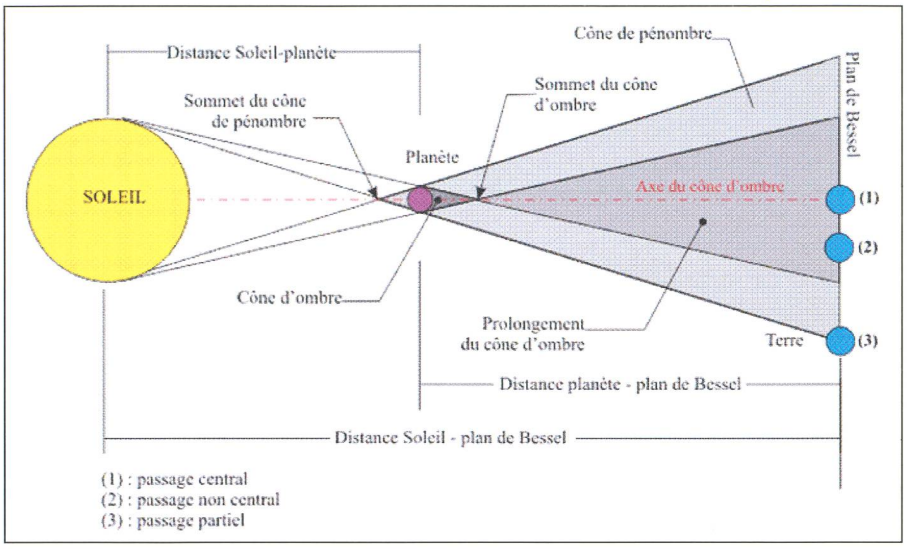
Mais du fait de l'inclinaison de son plan orbital par rapport à l'écliptique (qui vaut 3°39', cf. fig. 1), le transit de Vénus ne peut avoir lieu qu'en deux points: aux intersections des deux plans orbitaux qui se trouvent sur la fameuse ligne des nœuds.

Les transits de Vénus ont donc lieu soit début décembre, lors du passage au nœud ascendant, soit début juin, au nœud descendant. Comme pour Mercure, nous pouvons mettre en évidence une périodicité de ces transits: 121.5 ans et 8 ans, puis 105.5 ans et 8 ans, et ainsi de suite. Les transits se produisent ainsi par paires (à 8 ans d'écart), chacune d'elles étant distancée de la suivante par un intervalle de plus d'un siècle.

Géométrie des transits

L'éclairage de Vénus par le Soleil donne en tout temps naissance, dans la direction opposée à ce dernier, à deux cônes: un cône d'ombre et un cône de pénombre. Nous appellerons la droite passant par le centre du Soleil, le centre de Vénus et les sommets de ces deux cônes l'*axe des cônes*. Le sommet du cône d'ombre se trouve entre Vénus et la Terre, alors que le sommet du cône de pénombre se situe entre le Soleil et Vénus.

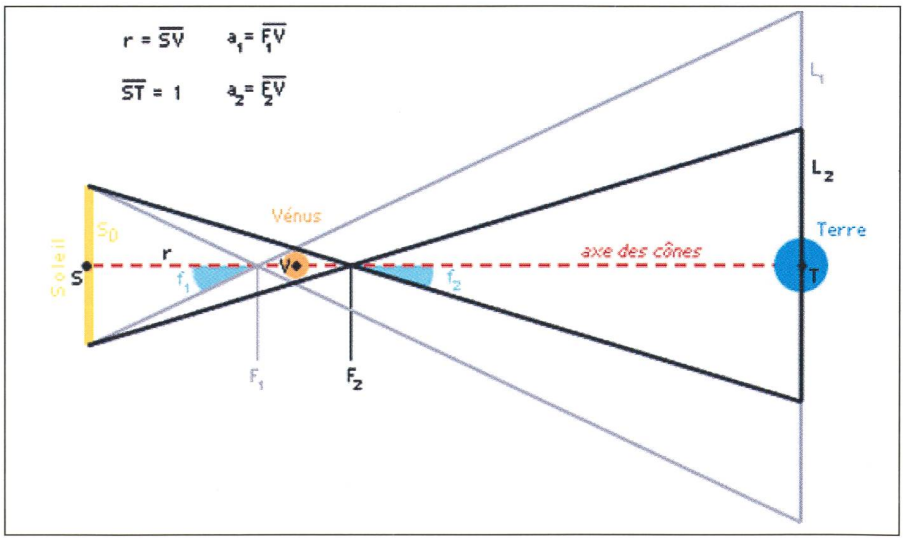
En observant le schéma ci-dessus, on saisit facilement les différents types d'éclipse. Si un observateur se trouve dans le cône d'ombre, alors le Soleil est complètement masqué par le corps intermédiaire et notre observateur assiste à une éclipse totale. Comme nous l'avons déjà vu, la Lune occulte souvent exactement le disque solaire, ni plus ni moins. D'un point de vue géométrique, ceci est dû au fait que lors de ces éclipses la Terre passe juste à la pointe du sommet du cône d'ombre (ce qui a aussi comme conséquence que l'éclipse ne se voit qu'en une mince bande sur la petite région de la Terre balayée par la pointe du cône).



Deuxième cas, l'observateur se trouve dans le prolongement du cône d'ombre. Il assiste alors à une éclipse dite annulaire, où seule une partie du disque solaire est masquée. Ceci se passe lorsque la Lune est loin de la Terre, ou bien sûr lors des transits qui nous intéressent (la planète, à cause de sa distance à la Terre, ne masque en effet qu'une toute petite partie du Soleil).

Dernière situation, la Terre passe uniquement dans le cône de pénombre. L'observateur assiste alors à une éclipse partielle, c'est-à-dire que seule une partie du disque lunaire/planétaire passe devant le disque du Soleil. Dans le cas des transits de planètes, il est extrêmement peu probable que la Terre passe uniquement dans cette zone de pénombre, étant donné la très faible largeur de cette région au-delà du cône d'ombre lui-même. Notons encore que pour accéder à la zone d'ombre, la Terre est obligée de passer par le cône de pénombre, ce dernier englobant le premier. Cela est tout à fait logique car la planète ne peut pas se retrouver à l'intérieur du disque solaire sans être, à un moment ou à un autre, à cheval sur le bord du disque.

Sur la figure 3, un autre élément est important: le Plan de Bessel. Ce dernier est le plan qui passe par le centre de la Terre et qui est normal à l'axe des cônes. Ses intersections avec les deux cônes créés par Vénus déterminent des disques d'ombre et de pénombre. Pour savoir si un transit (ou une éclipse) va avoir lieu, il s'agit de comparer les rayons de ces disques avec la distance qui sépare le centre de la Terre et l'axe des cônes. A noter que si les planètes avaient des trajectoires circulaires autour du Soleil, la géométrie du problème serait figée. Mais les planètes orbitent de façon elliptique, sur des trajectoires sans cesse perturbées. Heureusement, comme les transits ne peuvent avoir lieu qu'aux environs des nœuds



des orbites, les calculs sont nettement réduits. Et bien que les positions des nœuds ne soient pas fixes mais dotées de faibles mouvements de précession, on peut estimer que les résultats calculés ici sont assez représentatifs de la réalité pour les huit prochains siècles (de 1200 à 2800).

Planète Vénus	Cône de pénombre	Cône d'ombre
distance Soleil – Vénus	r = ~ 108'608 ·10^3 [km]	
distance Soleil – Terre	ST = 149'598 ·10^3 [km]	
Distances Vénus – sommet du cône	a_1 = ~ 936'219 [km]	a_2 = ~ 952'642 [km]
demi-angles au sommet des cônes	f_1 = ~ 0.3704 °	f_2 = ~ 0.3640 °
rayons des cônes à une UA du Soleil	L_1 = ~ 271'011 [km]	L_2 = ~ 254'357 [km]
	= ~ 42.5 [S_t]	= ~ 39.9 [S_t]

Calcul de la taille des cônes

Voici une petite démonstration du calcul de la taille des cônes d'ombre de pénombre. C'est une des première étapes nécessaires à la prédiction exacte des moments (date et heure) et endroits (régions de la Terre) d'un transit de Vénus.

Soit (fig. 4):

r: distance Soleil-Vénus

$\mathbf{S_0}$: le rayon du Soleil

$\mathbf{S_v}$: le rayon de Vénus

$\mathbf{S_t}$: le rayon de la Terre

$\mathbf{a_1}$ et $\mathbf{a_2}$ les distances de Vénus au sommet du cône de pénombre et au sommet du cône d'ombre

$\mathbf{f_1}$ et $\mathbf{f_2}$ les demi-angles au sommet de ces deux cônes

$\mathbf{L_1}$ et $\mathbf{L_2}$ les rayons des cônes à une UA du Soleil.

En se basant sur de simples règles trigonométriques, on obtient les relations suivantes:

$$tg\,(f_1) = \frac{S_0 + S_v}{r}$$

$$a_1 = \frac{r \cdot S_v}{S_0 + S_v}$$

$$L_1 = (\overline{ST} - (r - a_1)) \cdot tg(f_1)$$

$$tg\,(f_2) = \frac{S_0 - S_v}{r}$$

$$a_2 = \frac{r \cdot S_v}{S_0 - S_v}$$

$$L_2 = (\overline{ST} - (r + a_2)) \cdot tg(f_2)$$

sachant que:

r = variable (environ $1.08 \cdot 10^6$ [km])

ST = variable (environ $1.50 \cdot 10^6$ [km])

$\mathbf{S_0}$ = 696000 [km]

$\mathbf{S_v}$ = 6051.8 [km]

$\mathbf{S_t}$ = 6378 [km]

On peut calculer les caractéristiques des cônes d'ombre et de pénombre au moment du passage de la Terre au voisinage des nœuds de l'orbite de Vénus.

Le tableau ci-dessus donne ces caractéristiques approximatives pour le transit du 8 juin 2004 (nœud descendant) en se basant sur les formules et valeurs ci-dessus:

La taille du rayon du cône d'ombre à une UA est de l'ordre d'environ 40 rayons terrestres. A titre de comparaison, le rayon du cône d'ombre du dernier transit de Mercure était de 133 rayons terrestres. Nous avons donc plus de chance de passer dans l'ombre de Mercure que dans celle de Vénus (bien qu'à cette échelle cela ne change que très peu de choses). Par contre, s'il y a effectivement un passage, Vénus à plus de trois fois plus de chances de passer près du centre du disque solaire que n'en a Mercure.

En ajoutant à ces informations sur les deux cônes les positions et vitesse angulaires exactes de la Terre et de Vénus, on peut finalement obtenir de manière précise toutes les données nécessaires à l'observation d'un transit (date, durée, etc.).

Observation d'un transit de Vénus

Au XVIIIe siècle, l'observation elle-même des transits de Vénus était une chose tout aussi difficile que toutes les constructions géométriques élaborées pour l'événement. Une mesure exacte du passage était d'autant plus laborieuse que les instruments de l'époque n'étaient pas aussi performants que ceux d'aujourd'hui. En 1715, HALLEY lança un appel aux astronomes qui assisteront aux prochains transits:

«Je recommande donc encore et encore à ces astronomes curieux qui, quand je serai mort, auront l'occasion d'observer ces choses, qu'ils se rappellent mon avertissement, et s'appliquent diligemment, autant qu'ils le peuvent, à l'exécution de cette observation; je leur souhaite sincèrement tout le succès imaginable; d'abord qu'ils ne soient pas, par l'obscurité intempestive d'un ciel nuageux, privés de cette vue tant espérée; et qu'ils acquièrent une renommée et une gloire éternelles pour avoir établi avec la plus grande précision les ampleurs des orbites planétaires.»

Malheureusement les observations ne se passèrent pas toujours aussi bien que le grand astronome l'espérait.

Difficultés d'observation

Il ne fut pas du tout facile pour les astronomes des siècles passés d'observer un transit de Vénus. Que ce soit à cause d'instruments de piètre qualité, d'erreurs humaines ou de contraintes de la nature, les espoirs de HALLEY ne furent jamais totalement récompensés. A titre d'exemple, le télescope utilisé par HORROCKS lors de la toute première observation d'un transit de Vénus, en 1639, ne mesurait que 4 cm de diamètre. En plus de la taille et des défauts optiques de l'instrument, l'astronome était confronté à des tables très approximatives. En raison des incertitudes numériques de ces dernières, l'astronome GASSENDI (1592-1655), qui observa un transit de Mercure quelques années plus tôt, dut commencer ses observations trois jours avant la date prévue afin d'être sûr de ne pas manquer le moment tant attendu!

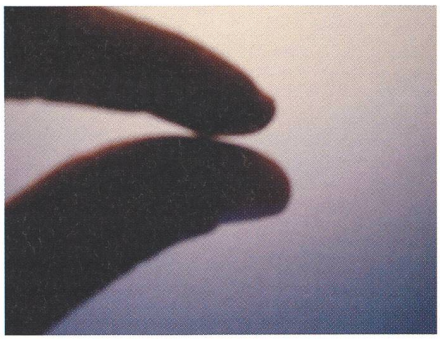
Mais à cela s'ajoutent des problèmes auxquels les hommes ne peuvent rien et dont les effets sont encore gênants de nos jours; il s'agit des caprices de la nature. Bien sûr, les conditions météorologiques sont le principal ennemi des astronomes et elles gènèrent de très nombreuses observations, contribuant à leur façon à ralentir le progrès de la science. Mais d'autres phénomènes plus intéressants en eux-mêmes sont remarquables: celui de la goutte noire et celui de l'atmosphère de Vénus.

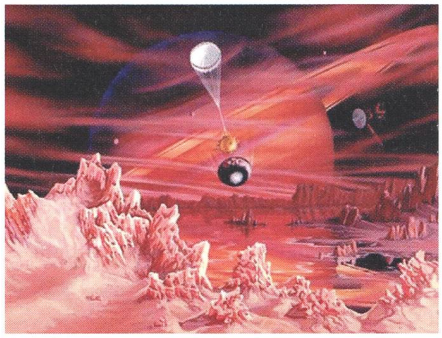
La goutte noire

Ce phénomène est observable lors de la phase initiale ou terminale d'un passage de Vénus (ou Mercure) devant le Soleil, c'est-à-dire lors des contacts intérieurs de la planète avec le Soleil. La planète quitte alors son aspect circulaire et prend une forme de goutte d'eau étirée et accrochée au bord du disque solaire. Beaucoup d'astronomes ont d'abord cru y voir un effet de l'atmosphère de la planète en question. Or, Mercure n'a pas d'atmosphère. C'est JÉRÔME LEFRANÇOIS DE LALANDE qui le premier, en 1770, en trouva l'explication correcte. Il expliqua cet effet sous le terme «d'irradiation», l'étalement de l'image étant dû à l'atmosphère de la Terre (et non à celle de Mercure ou de Vénus) et à la diffraction dans le télescope lui-même.

Le phénomène de la goutte noire peut facilement être reproduit en rapprochant de très près deux doigts devant une source lumineuse

Lors des grandes observations de 1761 et 1769, ce phénomène occasionna beaucoup de gêne dans la mesure précise des





Le module Huygens se pose sur Titan – vue d'artiste.

entrées et sorties de Vénus dans le disque solaire, notamment car il n'avait pas encore été prévu. Cela rendit les mesures beaucoup moins exploitables qu'elle n'auraient dû l'être et l'on estime que cela fit prendre à la mesure de l'UA plus d'un siècle de retard! JEAN CHAPPE D'AUTEROCHE (1728-1769) rapporte cet effet lors de son voyage en Russie:

«Soudain, la tache de Vénus parut. Chappe vit distinctement comme une atmosphère ou une ombre obscure autour du corps de la planète, qui perturba l'appréciation exacte du premier contact. A cet instant précis, la tache noire de la planète sembla rester connectée comme une gouttelette à la frontière du limbe solaire, jusqu'à ce que soudain la connexion fût cassée et que la planète fût vue bien après la bordure. L'astronome jura intérieurement.» [2]

Réfraction dans l'atmosphère de Vénus

Dans cet extrait, il est également question «d'une atmosphère ou une ombre obscure autour du corps de la planète». Cet auréole diffuse autour de la planète est en effet observable lors des contacts de l'astre avec les bords du disque solaire. Elle peut éventuellement présenter un aspect fractionné avec des variations d'intensité lumineuse près des pôles de la planète. Ces constatations, qui seront à nouveau observées par la suite, furent finalement plus bénéfiques que gênantes: elles permirent en effet pour la première fois de mettre en évidence la présence d'une éventuelle atmosphère sur Vénus et la probable absence d'atmosphère sur Mercure.

A noter que l'observation et la mesure de la quantité de lumière au voisinage d'une planète a encore eu récemment des applications réelles. Dans le premier semestre 2003, des chercheurs français ont en effet pu confirmer l'existence de «saisons» sur la planète Pluton en observant le passage de celle-ci non pas devant le Soleil mais devant deux étoiles. Il a été constaté une variation d'intensité de l'atmosphère de cette planète qui implique forcément une variation de sa pression (qui est passée de 2 à 5 microbars) et donc aussi un changement de température[3]. Encore plus récemment, le 14 novembre 2003, cette méthode a été utilisée pour tenter d'en savoir davantage sur les vents violents qui agitent Titan, le plus gros satellite de Saturne, et ainsi de préparer au mieux la descente – prévue pour fin 2004 – du module Huygens, actuellement en route pour la Planète aux Anneaux depuis 1997 à bord de la sonde Cassini.

De Vénus

«Je côtoyai la lune qui pour lors se trouvait entre le Soleil et la Terre, et je laissai Vénus à main droite. Mais à propos de cette étoile, la vieille astronomie a tant prêché que les planètes sont des astres qui tournent à l'entour de la terre, que la moderne n'oserait en douter. Et je remarquai toutefois, que durant tout le temps que Vénus parut au deçà du Soleil, à l'entour duquel elle tourne, je la vis toujours en croissant; mais achevant son tour, j'observai qu'à mesure qu'elle passa derrière, ses cornes se rapprochèrent, et son ventre noir se redora. Or cette vicissitude de lumières et de ténèbres, montre bien évidemment que les planètes sont comme la lune et la terre, des globes sans clarté, qui ne sont capables que de réfléchir celle qu'ils empruntent.»

CYRANO DE BERGERAC (1619-1655)

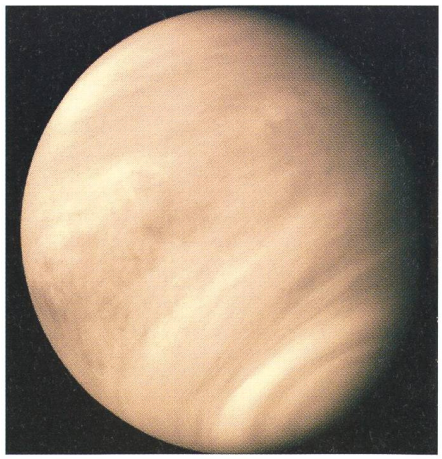
La planète voilée

Sœurs jumelles

Vénus est la deuxième planète de notre système solaire. Coincée entre Mercure et la Terre, elle orbite à une distance de 108 millions de kilomètres (± 1 Million). Alors que notre planète tourne autour du Soleil en quelques 365 jours sur une trajectoire légèrement elliptique, Vénus parcourt le même trajet en 224.7 jours sur une orbite presque circulaire (excentricité record de 0.007), ce qu'aurait certainement grandement apprécié les astronomes de l'antiquité, tentant désespérément de retrouver dans les cieux la perfection divine. Mais Vénus ne s'arrête pas là. En effet, la planète tourne sur elle-même de façon très lente, ce qui rend l'aplatissement des pôles nul et lui confère une sphéricité quasi parfaite. Cette rotation est d'ailleurs un point étonnant de cette planète: non seulement elle est lente au point que sur Vénus, le jour (243 jours terrestres) est plus long que l'année, mais en plus cette rotation est rétrograde! Notons encore que Vénus (tout comme Mercure) n'a pas de satellite naturel, qu'elle mesure 12 104 km de diamètre et est d'une densité moyenne de 5.25 g.cm^{-3}, ces deux caractéristiques étant très semblables à celles de notre Terre.

En plus de ces deux éléments de similitude qui font que Vénus est légèrement plus petite et plus légère que la Terre (95% de sa taille, 80% de son poids), on constate également que les deux planètes possèdent une surface relativement jeune, ce qui est traduit par un faible nombre de cratères. De plus, leurs compositions chimiques ne sont pas très éloignées et elles abritent en gros la même structure interne. Compte tenu de tous ces points communs, Vénus ne pourrait-elle pas alors abriter de la vie, au même titre que la Terre?

Vénus prise par Mariner 10 (février 1974)



[2] Extrait de LUMINET J.-P., *Le Rendez-vous de Vénus* (Cf. Bibliographie)

[3] Cf. *Ciel & Espace* n°399 (mois d'août 2003), p.16

Malheureusement non. Il semble pourtant qu'il y ait bien eu une période, il y a quelques milliards d'années, où ces deux planètes se ressemblaient très fortement, au point d'être qualifiées «d'anciennes planètes jumelles» par certains. Vénus aurait même pu pendant un certain temps refléter la lumière du Soleil dans de grands océans d'eau, comme le fait encore la Terre. Mais la planète se trouva apparemment trop près du feu. En effet, à 108 millions de kilomètres, elle se trouve juste en dehors de la «zone habitable», région s'étendant de 128 à 300 millions de km du Soleil et dans laquelle on estime que l'eau liquide peut durablement exister. Si l'on considère le problème de cette façon simplifiée, le scénario de la transformation de Vénus est simple: le Soleil, un peu trop près de planète, aurait complètement asséché ses océans qui aurait relâché rapidement d'énormes quantités de vapeur d'eau (H_2O). L'hydrogène (H), très léger, se serait évaporé dans l'espace, laissant les molécules d'oxygène (O) libre de réagir avec du carbone (C) et de créer ainsi du gaz carbonique (CO_2). Ce dernier auraient alors épaissi l'atmosphère de façon irrémédiable, empêchant la chaleur de s'échapper et créant ainsi un effet de serre planétaire qui aurait suffit, avec le temps, à faire de Vénus l'enfer qu'elle est devenue.

Entre ciel et terre

Car au-delà de la perfection de son orbite et de sa sphéricité exemplaire, Vénus est un endroit des plus cauchemardesques. Dès lors qu'on entre dans son atmosphère, de jour comme de nuit, la température grimpe de façon extraordinaire, jusqu'à pouvoir atteindre les 480° Celsius près du sol ! Bien que deux fois plus loin du Soleil que Mercure, la dynamique de son atmosphère en fait la planète la plus chaude du système solaire. Tout homme qui tenterait de s'y rendre serait immédiatement carbonisé.

D'autre part, on sait depuis la mission de la sonde soviétique Venera 4, en 1967, que l'atmosphère de Vénus est environ 90 fois plus dense que sur Terre, ce qui correspond à la pression exercée sous 100 mètres d'eau! La composition de cette atmosphère, principalement 95% de dioxyde de carbone (CO_2) et 3% de diazote (HN_2) est également peu enviable. Ainsi, tout homme sur Vénus serait broyé par la pression et asphyxié par l'air.

La dynamique de l'atmosphère de Vénus est particulièrement intéressante. Juste au dessus du sol, l'air est parfaitement sec et immobile. Par contre, si l'on monte à 45 km au-dessus de la surface, là où la pression est «normale» (bien que la température soit encore de 100°), les vents se déchaînent à plus de 300 km par heure! Une des causes de ces constantes tempêtes vénusiennes est semble-il la très lente rotation de la planète. Les hautes couches de l'atmosphère éclairées par le Soleil sont en effet fortement chauffées par celui-ci et vont ainsi violemment se déplacer de l'autre côté de la planète, et inversement. C'est la sonde Venera 8 qui a mis en évidence cette «super-rotation», phénomène appelé ainsi du fait que toute la couche nuageuse supérieure fait le tour complet de Vénus en moins de 4 jours, alors que la planète ne tourne sur elle-même qu'en 243 jours!

Pour parachever l'ambiance, on rencontre dans l'atmosphère de Vénus de nombreux gaz rares, accompagnés de fréquentes pluies d'acide sulfurique, qui rendent cette planète définitivement invivable!

Surface et structure interne

Le sol de Vénus est intégralement caché par les épais nuages déjà évoqués. Ceux-ci rendent la surface totalement invisible aux observations normales et obligent à utiliser l'imagerie radar. La sonde qui rapporta le plus d'informations par ce procédé cartographique est la sonde américaine Magellan, qui orbita autour de la planète entre 1990 et 1994, répertoriant ainsi plus de 90% de sa surface. La dernière sonde à visiter Vénus confirma ainsi que la planète est composée en très grande partie de plaines et que sa surface jeune (moins de 800 millions d'années) est recouverte de nombreuses coulées de lave, témoignage d'une forte activité volcanique dans le passé. Il ne semble y avoir que trois grands massifs brisant la monotonie du paysage: Aphrodite Terra, Bêta Regio et Ishtar Terra, ce dernier abritant la plus haute montagne de Vénus, le Maxwell Montes, 11 km de haut, dont la seule base recouvrirait l'Allemagne entière.

Au niveau de sa structure interne, Vénus est aussi relativement semblable à la Terre: même croûte, même densité ou presque, même manteau de lave et même noyau, ce dernier étant composé principalement de nickel et de fer. Cependant certains points restent obscurs, notamment l'état de la matière du noyau (solide ou liquide) et l'existence (respectivement l'absence) de plomb sous la surface. L'absence de champ magnétique, qui est un point très intéressant de la dynamique de Vénus, pourrait tendre à prouver qu'il n'y a pas de plomb liquide dans la planète (car c'est lui qui est responsable de notre propre champ magnétique), mais il semblerait plutôt que cela soit dû à la très lente rotation de Vénus. Un autre point intéressant est l'absence de tectonique des plaques, bien qu'on constate des mouvements de matériaux visqueux dans le manteau.

Il s'avère en tout cas que l'étude de la dynamique de Vénus est fascinante et que, de par ses similitudes avec la Terre, elle pourrait bien encore nous apprendre de nombreuses choses sur notre propre planète.

(à suivre)

DORAN DELUZ
Collège de Candolle