

LE PASSAGE DE VÉNUS DEVANT LE SOLEIL

Séverine Robert et Valérie Wilquet
Institut d'Aéronomie Spatiale de Belgique
(severine.robert@aeronomie.be)

Vénus et Mercure, planètes inférieures par rapport à la Terre, peuvent en de rares occasions être parfaitement alignées avec la Terre et le Soleil. Lors de cet alignement, les planètes apparaissent depuis la Terre sous la forme d'un petit disque noir se déplaçant devant le Soleil. C'est ce qu'on appelle un passage ou transit.

Les 5 – 6 juin 2012, le passage de Vénus entre la Terre et le Soleil a occulté une partie du disque solaire pendant plus de 6 heures. Le dernier transit avait eu lieu en 2004 et la prochaine occasion de pouvoir en observer un ne se présentera pas avant 2117. Ce passage était donc le dernier au 21^{ème} siècle et a mis la communauté scientifique en effervescence.

Les conditions pour obtenir un alignement des trois astres ne sont remplies que rarement : ce transit n'était que le huitième depuis l'invention du télescope.

L'étude des dates des passages de Vénus permet de mettre en évidence une séquence temporelle. Les transits ont lieu par paires, à 8 années d'écart. Ces paires sont séparées par un intervalle de plus d'un siècle, de 121 ans et 6 mois et de 105 ans et 6 mois alternativement. Cette séquence est liée à la géométrie et à la fréquence des orbites respectives de la Terre et de Vénus.

Le passage de Vénus revêt une importance historique toute particulière. Son observation permettant de mesurer la distance entre la Terre et le Soleil, le phénomène a toujours été attendu et vécu avec un grand enthousiasme. Compte tenu du faible nombre d'occasions, l'observation du transit a à chaque fois été préparé longtemps à l'avance par la communauté scientifique qui n'a jamais hésité à parcourir le globe et à mettre à profit les technologies disponibles.

Historique

C'est en étudiant les nombreuses observations de Tycho Brahe (1546-1601) relatives à la trajectoire de la planète Mars, que l'astronome allemand Johannes Kepler (1571-1630) découvre les célèbres lois sur le mouvement des planètes : celles-ci décrivent des ellipses et non des cercles. Dans les dernières années de sa vie, Kepler se consacrera à l'élaboration de tables précises de positions des planètes, les tables Rudolphines, qui seront publiées en 1627 et permettront de connaître désormais les dates des passages de Mercure et Vénus.

1631 & 1639 — Première observation

Grâce aux tables Rudolphines, Kepler fut le premier à prédire un transit de Vénus, en 1631. Mais ses calculs n'étaient pas assez précis pour déterminer que le transit ne serait pas visible depuis le continent européen et aucun de ses collègues ne fit le trajet vers un autre continent. Le transit ne fut donc pas observé.

En 1639, le jeune Jeremiah Horrocks (1618-1641) reprend les calculs de Kepler et détermine qu'un passage de Vénus aura lieu quelques mois plus tard. Pour la première fois, un transit de Vénus est observé par 5 personnes dans le monde : Horrocks, son ami et correspondant William Crabtree (1610-1644) et la famille de ce dernier. Horrocks et Crabtree utilisent un hélioscope, instrument récemment inventé qui permet d'observer le Soleil en toute sécurité. La technique consiste à focaliser et à projeter par un jeu



Figure 1 : J. Horrocks observant le passage de Vénus en 1639 - Eyre Crowe © Walker Art Gallery, Liverpool



Figure 2: W. Crabtree observant le passage de Vénus en 1639 - Eyre Crowe © Walker Art Gallery, Liverpool

de miroirs une image du Soleil sur une feuille de papier dans une pièce sombre. Leurs mesures simultanées prises à Lancashire pour l'un et Manchester pour l'autre, permirent à Horrocks d'estimer la taille de Vénus et la distance entre la Terre et le Soleil. Il obtint la mesure la plus précise de l'époque, un tiers plus petite que la distance réelle.

1761 & 1769 — Première campagne scientifique internationale

Dès 1677, Halley (1656-1742) imagine une méthode pour déterminer la parallaxe solaire et donc la distance de la Terre au Soleil. Cette méthode est fondée sur la comparaison des instants des passages de Vénus mesurés depuis plusieurs lieux situés sous

des latitudes différentes. La différence des instants de passage observés donne directement accès à la détermination de la parallaxe de Vénus, puis à celle du Soleil. A partir de la troisième loi de Kepler, on peut alors déterminer la distance avec chacune des autres planètes. Excluant les passages de Mercure à cette fin, il laisse de nombreux textes et recommandations à ses successeurs qui seront aptes à observer les prochains passages de Vénus, en 1761 et 1769.

La communauté scientifique se mobilise sous l'impulsion de Deslisle (1688-1768) qui proposa dès 1722 une autre méthode portant sur l'observation d'une seule phase du passage, le premier ou le dernier contact intérieur. La pre-

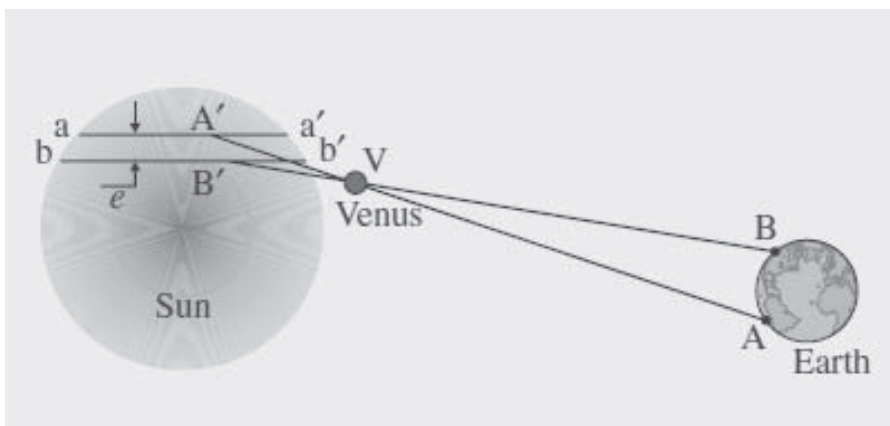


Figure 3 : Deux observateurs sur Terre, A et B, voient Vénus parcourir le Soleil différemment. Les temps de trajet permettent de calculer la séparation, e , entre ces cordes et de déterminer la parallaxe de Vénus.- Crédit : A. Simaan

mière campagne scientifique internationale se met en place : 120 observateurs depuis 62 sites en 1761 et 151 observateurs répartis en 77 endroits différents en 1769 observeront le phénomène.

Ces expéditions ont fait l'objet de multiples récits. Aux difficultés associées aux voyages lointains proprement dit, vint s'ajouter la guerre de sept ans, conflit quasi mondial pour cette époque, qui affecta non seulement l'Europe mais également les mers et les colonies. Par exemple, le voyage de Le Gentil (1725-1792) ou celui du Capitaine James Cook (1728-1779), mandaté par la Royal Society et accompagné de scientifiques, navigua jusqu'à Tahiti pour observer le transit de 1769. Après leurs observations, ils entreprirent de continuer leur voyage jusqu'en Nouvelle-Zélande et vers la côte Est de l'Australie, entrant dans l'histoire comme les premiers Européens à poser le pied sur ces terres.

Malgré un nombre élevé d'observations, peu de résultats seront complets et exploitables et la distance Terre-Soleil ne put pas encore être fixée avec une précision suffisante. Les valeurs trouvées pour la parallaxe solaire variaient de $8,5''$ à $10,5''$. Cette grande marge d'erreur est due à deux causes principales : une mauvaise connaissance des longitudes des lieux d'observation et le phénomène dit de la goutte noire qui fausse la détermination des instants des contacts intérieurs. Ce phénomène fut décrit en détails par de Lalande (1732-1807) dans les "Mémoires de l'Académie des Sciences pour 1769" : "Plusieurs astronomes habiles ont remarqué en 1761 et en 1769, que dans le contact intérieur des bords de Vénus et du Soleil, il se forme entre les deux bords une espèce de ligament allongé qui dure pendant plusieurs secondes, et qui semble être une

Contacts

Lors du passage d'une planète devant son étoile, se produisent ce que l'on appelle des contacts. Ils ont lieu lorsque la circonférence de l'objet le plus petit a l'air de toucher celle de l'objet le plus grand en un point. Lors du passage d'une planète devant son étoile, il y a quatre contacts.

| Contact | Heure (UTC) |
|-------------------|-------------|
| Premier contact | 22 :03 :55 |
| Deuxième contact | 22 :21 :34 |
| Milieu du passage | 01 :29 :57 |
| Troisième contact | 04 :37 :29 |
| Quatrième contact | 04 :55 :00 |
| Lever du Soleil | 03 :36 :29 |

Tableau : Heures du passage de Vénus à Uccle
(50° 30' 13".0 N – 4° 28' 11".8 E) le 5-6 juin 2012

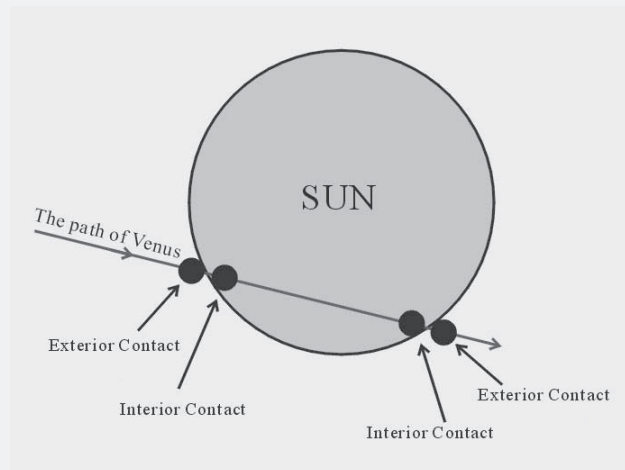


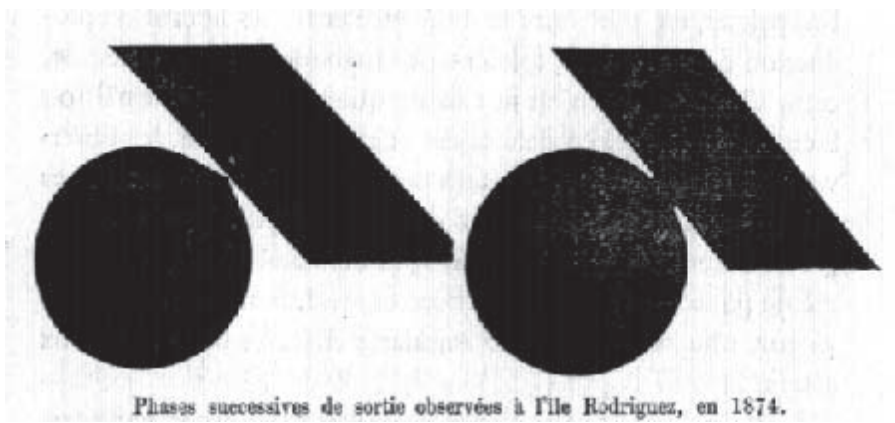
Schéma des points de contact.
De gauche à droite, les contacts I, II, III et IV.



Figure 4 : Le Capitaine Cook et son équipage ont observé le passage de Vénus à Tahiti en 1769. Cet endroit a été baptisé « Point Vénus » et existe toujours sous ce nom-là. - William Hodges © National Library of Australia

protubérance, une excroissance, un appendice du disque de Vénus. Quand cette planète approche du disque du Soleil avant de commencer à sortir, et avant qu'elle paraisse prête à toucher le bord du Soleil, on voit comme un point noir s'élançant du bord de Vénus et se réunir au bord intérieur du Soleil, plusieurs secondes avant que la circonférence de Vénus coïncide avec celle du Soleil."

Une découverte de grande importance fut faite concernant Vénus lors du passage de Vénus en 1761. Mikhaïl Lomonosov (1711-1765) vit un arc lumineux autour de la partie de Vénus qui



Phases successives de sortie observées à l'île Rodriguez, en 1874.

Figure 5 : gouttenoire-1874.jpg – Illustration du phénomène de goutte noire publiée dans le Ciel et Terre de 1882, page 412-413

n'était pas encore en contact avec le disque solaire au début du transit. Il pensa que seule la présence d'une atmosphère pouvait expliquer cette observation : l'apparition de cette auréole serait causée par la réfraction des rayons solaires à travers l'atmosphère de Vénus. L'hypothèse que Vénus ait une atmosphère est suggérée pour la première fois.

1874 & 1882 — L'apport de la photographie

Au 19^{ème} siècle les progrès considérables des techniques d'observations, l'invention de la photographie et son utilisation en astronomie ainsi que l'analyse approfondie des transits précédents sont autant de facteurs décisifs qui vont permettre d'améliorer l'estimation de la parallaxe solaire.

Les transits du 19^{ème} siècle donnent aussi lieu à de nombreuses expéditions dans les deux hémisphères. Mais à nouveau, les résultats furent variables. Les astronomes avaient fondé nombre de leurs espoirs sur l'utilisation de la photographie mais la plupart des clichés de 1874 sont flous. Les astronomes ont conscience que cette technique peut être améliorée d'ici au prochain passage, mais se demandent toutefois s'il est utile de dépenser autant d'argent et d'énergie pour le prochain rendez-vous.

Cependant, ces événements sont si rares qu'il est impensable de renoncer complètement à l'observation du passage de 1882 et de nouvelles expéditions sont mises sur pied.

Aux Etats-Unis, Simon Newcomb (1835-1909) prend part à une expédition en Afrique et parvient à déterminer une valeur remarquablement correcte de la distance Terre-Soleil : 149,59 millions de kilomètres (± 0.31 millions de km), en combinant les données obtenues lors des quatre transits précédents. Les astronomes sont déçus

de l'incertitude associée à cette mesure mais la communauté scientifique estime qu'il faudra attendre les prochains transits pour en améliorer la précision.

C'est ainsi que Camille Flammarion (1842-1925) écrit dans la revue 'L'astronomie' en 1882 :

“Le prochain passage n'aura lieu qu'au 21^{ème} siècle, dans cent vingt et un ans et six mois, le 8 juin 2004, de 5h à 11h du matin. Les meilleurs points d'observation sont déjà choisis (comme ceux de 1874 et de 1882 l'étaient dès 1769) ; mais les astronomes qui doivent s'y rendre ne sont pas encore connus.”

Nouveaux défis du 21^{ème} siècle

Les 5 premières observations du passage de Vénus, en 1639, 1761, 1769, 1874 et 1882 furent utilisées afin de déterminer la distance entre la Terre et le Soleil. De grands noms de l'astronomie, tels que Cassini Ier

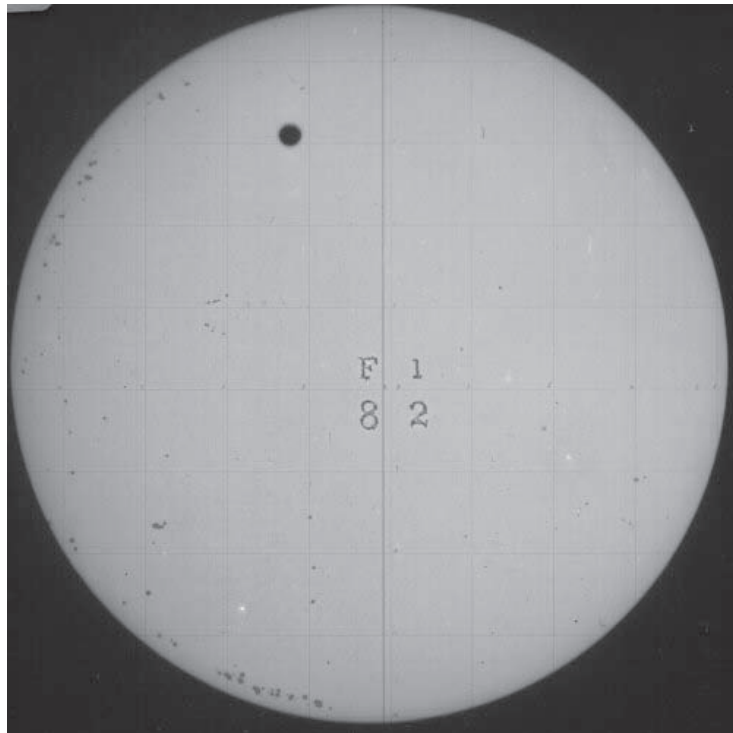


Figure 6 : photo1882.jpg - Image du transit de Vénus à partir d'une plaque photographique en 1882 Crédits: US-Gov work

Les aventures fabuleuses et surtout malheureuses de Guillaume Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de la Galaisière

Guillaume Joseph Hyacinthe Jean-Baptiste Le Gentil de Lagalaisière est né à Coutances, le 12 septembre 1725, mort à Paris, le 22 octobre 1792. Venu à Paris en 1745, pour étudier la Théologie, il suivit les leçons de l'astronome Delisle au collège de France. Jacques Cassini lui proposa de venir loger à l'Observatoire en 1750 pour s'exercer aux observations. Ses travaux, dans ce grand établissement, lui ouvrirent les portes de l'Académie, en 1753.

Il est envoyé, à sa demande, en Inde, pour observer à Pondichéry le passage de Vénus sur le disque du Soleil de 1761. Sûr de son fait, il déclare avant de partir qu'il n'y a que la France qui mette sur pied « *les plus grandes entreprises qui concourent si fort au progrès des Sciences les plus utiles, l'Astronomie, la Géographie, et la Navigation* ». Il partit de Brest le 26 mars 1760 à bord du *Berryer*, un vaisseau de cinquante canons de la Compagnie des Indes, et arriva, le 10 juillet, à l'Île-de-France (île Maurice), espérant y trouver un autre navire qui appareillerait pour l'Inde. Le Gentil y apprit que la guerre entre la France et l'Angleterre lui laissait peu d'espoir de continuer sa route pour se rendre à Pondichéry. Il apprend en outre que Pondichéry est assiégé par les Anglais, que les comptoirs voisins sont déjà aux mains de l'ennemi – et que la France ne semble guère pressée de les libérer.

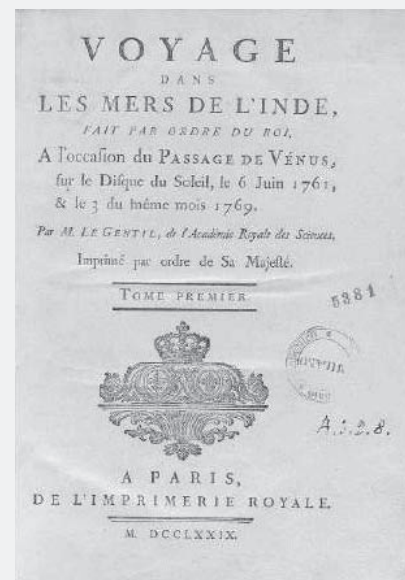
Mais il ne peut s'attarder de crainte que la mousson ne rende extrêmement difficile la traversée. Il attendit néanmoins tout l'été et tout l'automne, quand un accès de dysenterie faillit le persuader de renoncer complètement à poursuivre son voyage. Il décida de se contenter de rejoindre Pingré, un autre astronome qui devait observer l'événement depuis l'île Rodrigue. Ces préparatifs s'achevaient, quand, le 19 février 1761, la *Sylphide*, une frégate, venue de France, arriva à l'île Maurice, faisant route pour la côte de Coromandel.

Il s'agissait d'un navire suffisamment rapide pour parvenir à destination en deux mois, et Le Gentil reprit espoir. Le navire appareilla le 11 mars, atteignit l'île Bourbon (île de la Réunion) le 23, et bénéficia de vents excellents jusqu'au passage du 7^e parallèle. Ensuite la mousson leur barra le passage et l'expédition erra pendant cinq semaines dans l'Océan Indien, avant d'atteindre la côte de Malabar, le 24 mai, pour apprendre que les Anglais s'étant emparés des possessions françaises dans l'Inde, et que Pondichéry ne leur était plus accessible

Le voyage se poursuit cependant jusqu'à Ceylan, où la nouvelle est confirmée et la décision est prise de retourner à l'île Maurice. Le départ a lieu le 30 mai. Le 6 juin, lors du transit, Le Gentil est sur le pont de la *Sylphide* pour assister à l'événement. Le Gentil assistera au transit... sous un ciel absolument radieux, depuis le pont de son bateau, ballotté au gré des vagues et au milieu de nulle part : ses observations seront dénuées de toute valeur scientifique. Dans le récit qu'il publiera quelques années plus tard, il dira peu de choses à son sujet :

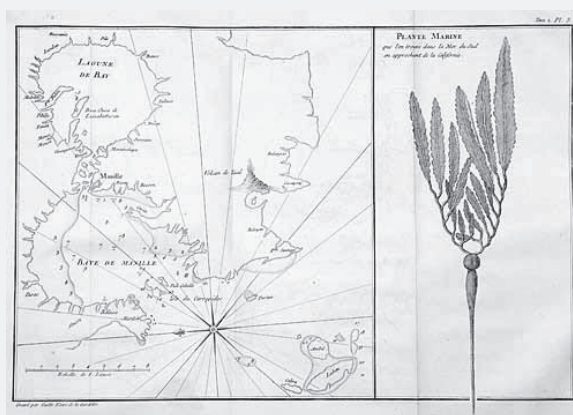
“J'étais à 5 degrés 45 minutes de latitude sud à presque 85 degrés 15 minutes de longitude ouest (méridien de Paris). J'observai aussi bien que je pus le passage, son début et sa fin. Cette observation que je n'ai pas publiée, ni à propos de laquelle je n'ai fait aucun calcul est consignée telle quelle dans [mon journal]”

Le Gentil, désespéré de ce contretemps, prit le parti de rester dans les parages jusqu'au passage suivant, en 1769. Pendant ces huit ans, il fit un grand nombre d'excursions : il parcourut l'Inde et l'Océan indien depuis Madagascar jusqu'à Manille, recueillant spécimens de sciences naturelles, relevant des positions géographiques ou des témoignages ethnologiques; il se rendit enfin à Pondichéry où le gouverneur lui fit construire un observatoire. Le Gentil s'y consacra plus d'une année à tout disposer



pour ses observations.

Travail qui consistait non seulement à déterminer la position exacte du lieu, mais aussi à vérifier la validité des tables de réfraction dont il disposait. La saison, ordinairement excellente à Pondichéry, l'avait été cette année comme de coutume. Le mois de mai, entre autres, avait été magnifique, et donnait au cœur de l'astronome une espérance sans nuage. La journée de la veille, encore, resta belle. Le soir, il observa l'émergence de Io, le premier satellite de Jupiter. Mais quand le jour tant désiré arriva, le temps qui avait été superbe depuis plusieurs mois se couvrit à l'instant de l'observation, et quand le Soleil se remontra, Vénus était déjà en dehors de son disque. Le Gentil ne vit rien cette fois encore. Dépité, Le Gentil revint en France en 1771. Ses héritiers, qui l'avaient cru mort, voulaient se partager sa succession; son fondé de pouvoir fit échouer toutes leurs tentatives; mais à la veille de rendre ses comptes, il prétendit avoir été volé : Le Gentil qui n'en croyait rien, lui intenta un procès, le perdit, et se vit condamné aux dépens. L'Académie, qui le croyait occupé dans l'Inde de tout autre chose que d'astronomie, l'avait déclaré vétéran; mais elle finit par lui rendre ses droits et il devint même académicien pensionnaire. Il se maria, eut des enfants, et au total une vie bien remplie, loin du pathos dans lequel ont voulu l'enfermer certains de ses biographes, dans laquelle les passages de Vénus manquées n'auront été que péripéties.



Comme pour de nombreux autres explorateurs de cette époque, Le Gentil a laissé derrière lui un héritage riche et ne se limitant pas à l'astronomie. Les deux volumes qu'il a publiés à son retour en France, contiennent une foule d'informations géographiques, botaniques, zoologiques, archéologiques et ethnographiques, des cartes et des illustrations. Cette illustration montre deux de ses contributions non astronomiques: une carte des environs de Manille dans les Philippines et un dessin d'algue.

(1625-1712), l'Abbé Jean Picard (1620-1682), Jean Richer (1630-1696) ou encore Sir Edmond Halley et plus tard Joseph-Nicolas Delisle affinèrent la méthode trigonométrique, dite de la parallaxe. Cependant, les mesures de parallaxe faites à partir de transits étaient entachées d'incertitudes. Les transits de Vénus au 21^{ème} siècle ne servent plus à déterminer les dimensions de notre système solaire. En effet depuis les années 1960 les mesures radar et l'envoi de sondes spatiales ont permis de mieux connaître ces grandeurs et en 1976 la valeur de l'Unité Astronomique fut

fixée par l'Union Astronomique Internationale à 149597870 km avec $8,794148''$ comme valeur de la parallaxe horizontale équatoriale moyenne du Soleil.

Vénus vue comme une exoplanète

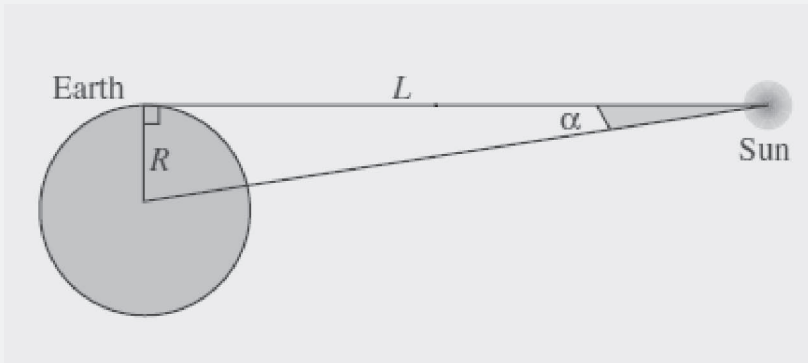
Une nouvelle façon de mettre à profit les passages de Vénus a germé dans les esprits des astronomes en quête d'exoplanètes. En effet l'une des méthodes pour détecter une exoplanète s'appelle la "méthode du transit". Lorsqu'un transit se produit, les scientifiques mesurent la décroissance

de luminosité apparente d'une étoile enregistrée lors du passage d'une planète devant celle-ci car une petite fraction de sa surface est cachée temporairement. Cette technique est couramment pratiquée et fournit des informations sur la masse, la taille et l'orbite de la planète.

Dès lors pourquoi ne pas étudier ce passage de Vénus comme s'il s'agissait du passage d'une exoplanète et voir si nous sommes en mesure, avec nos instruments actuels de répondre à quelques questions fondamentales telles que :

Lexique

Parallaxe: Il s'agit de l'angle sous lequel un observateur placé au centre du Soleil verrait le rayon équatorial terrestre.



Définition de la parallaxe solaire (en radians) :
 $\alpha = R/L$ – Crédit : A. Simaan

Exoplanète: Une exoplanète est une planète orbitant autour d'une étoile autre que le Soleil (au 13/06/2012, 779 exoplanètes étaient répertoriées).

Terminateur: Le terminateur est une ligne fictive qui sépare les faces éclairées et non éclairées d'une planète.

❖ Peut-on détecter l'atmosphère d'une exoplanète de la taille de la Terre (Vénus et la Terre ont quasi la même taille) ?

❖ Quelles signatures moléculaires nos instruments sont-ils capables de mesurer dans cette atmosphère?

❖ Cette planète est-elle habitable? (Y détectons-nous les molécules nécessaires à la vie?)

L'instrument SOIR à bord de Venus Express

Pour la première fois, un instrument a pu enregistrer le passage de Vénus entre la Terre et le Soleil depuis l'orbite de Vénus elle-même.

Venus Express est une sonde spatiale de l'Agence spatiale européenne (ESA) ayant pour objectif d'étudier Vénus. Le lancement de la sonde a été effectué le 9 novembre 2005, laquelle s'est placée en orbite autour de Vénus le 11 avril 2006. A son bord, sept instruments dont le spectromètre SOIR, acronyme de Solar Occultation in the Infrared Range.

SOIR a été développé à l'IASB/BIRA qui est actuellement responsable de ses activités opérationnelles et de l'interprétation scientifique de ses observations. Il est conçu pour mesurer à haute résolution ($0,15 \text{ cm}^{-1}$) la transmittance de l'atmosphère dans le domaine infrarouge ($2.2 - 4.3 \mu\text{m}$) à l'aide de la technique d'occultation solaire. Cette méthode permet de déterminer des informations uniques sur la structure verticale et la composition de la mésosphère de Vénus. Le domaine spectral sondé par SOIR assure un recensement détaillé des différents composants minoritaires depuis le sommet des nuages jusqu'à des altitudes de l'ordre de 175 km. L'analyse des spectres

Venus as a telluric exoplanet

= An Earth-size planet close to the inner edge of the habitable zone of a **bright** solar-type star

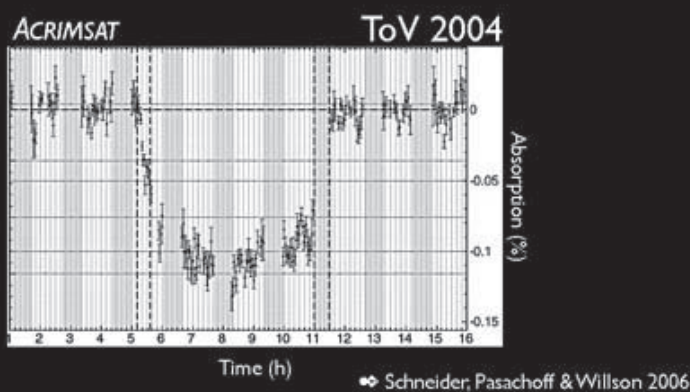


Figure 7 : Absorption (en %) en fonction du temps (en heures). On observe que la valeur de l'absorption décroît peu après 5h et augmente à nouveau pour atteindre 0% vers 11h30. Cette signature indique qu'un corps est passé devant l'étoile entre 5h et 11h30 - Crédit: D. Ehrenreich - "Venus as a transiting exoplanet" - 3rd Europlanet strategic workshop - 4th PHC/Sakura meeting - 5-7 March 2012, Paris.

donne aussi accès aux profils de densité et de température de l'atmosphère de Vénus.

Conçu pour faire face au Soleil, SOIR fut le seul instrument à bord de Venus Express à être allumé lors du transit. Des spectres ont été enregistrés, ce qui servira de point de référence à tous les observateurs situés sur Terre.

L'expérience Venus TEx

Quand Vénus s'approche du limbe de la photosphère solaire, l'atmosphère produit un phénomène lumineux très rare appelé "auréole". L'auréole résulte de la réfraction de la lumière solaire à environ 30 km au-dessus de la couche opaque de nuages, qui se situe entre 30 et 60 km d'altitude, selon une analyse effectuée sur une série d'images obtenues pendant le passage de 2004. Le modèle de fit de la variation temporelle de luminosité en chaque point permet de restituer deux para-

mètres : (a) l'échelle de hauteur atmosphérique H et (b) l'altitude où la réfraction a lieu. Nous disposons ainsi d'une mesure instantanée du gradient méridional de température mésosphérique le long du terminateur, à la résolution spatiale du pixel, qu'il est alors possible de comparer aux données spatiales – en particulier celles récoltées par la mission Venus Express. Les résultats obtenus lors de cette étude ont été publiés récemment dans *Icarus*.

Pour le passage de Vénus en 2012, Thomas Widemann de l'Observatoire de Paris-Meudon (Paris, France) et Paolo Tanga de l'observatoire de la Côte d'Azur (Nice, France) ont exceptionnellement mis au point un coronographe pour observer le passage de Vénus. Neuf exemplaires de cet instrument ont été commandés, construits et dispersés sur le globe, là où le passage de Vénus pourrait être observé de bout en bout.

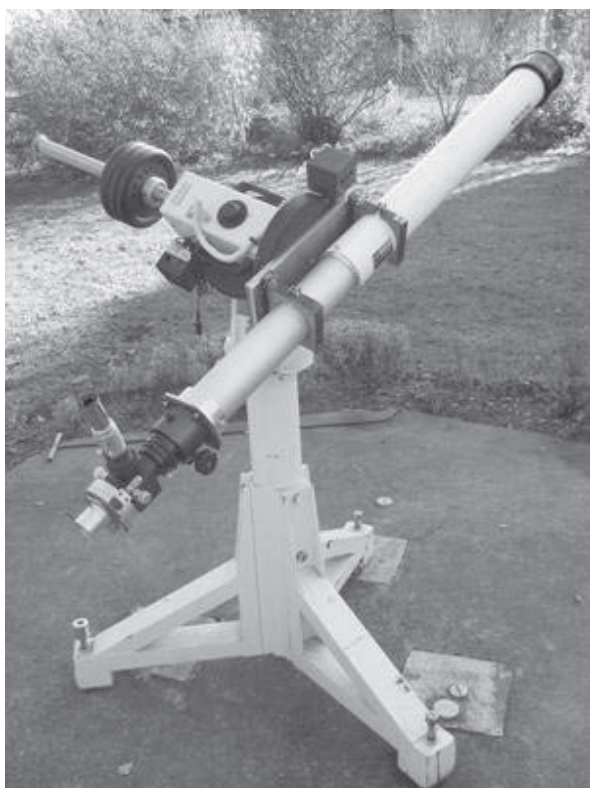


Figure 8 : Le coronographe, aussi appelé cythérographe, mis au point exceptionnellement pour le passage de Vénus en 2012 par T. Widemann et P. Tanga.

Le coronographe permet, lors d'une éclipse, d'occulter la partie centrale de l'étoile pour observer la couronne de celle-ci, car elle n'est plus "noyée" par la lumière du disque stellaire. La technique du coronographe permet de faire apparaître des objets proches dont la luminosité est des millions voire des milliards de fois moins importante que celle de l'objet occulté. Depuis les années 80, la coronographie a été adaptée à l'étude d'autres étoiles que le Soleil dans le but de détecter de nouvelles exoplanètes.

En particulier, le phénomène d'auréole peut être étudié avec un coronographe lors du passage de Vénus. Ce phénomène est visible lors des premier et troisième points de contact du transit.

Le télescope James Clerk Maxwell

A l'occasion du passage de Vénus, le Dr. Brad Sandor du Space Science Institute (Boulder, Colorado, USA) et son équipe ont quant à eux eu l'idée d'utiliser le télescope James Clerk Maxwell (JCMT) tel un télescope solaire destiné exclusivement à l'observation du Soleil. D'après B. Sandor, il existe très peu d'instruments capables à la fois d'observer le Soleil et de caractériser une atmosphère planétaire.

Le JCMT est un télescope submillimétrique qui se trouve à l'observatoire du Mauna Kea à Hawaii. Son miroir principal fait 15 mètres de diamètre: c'est le plus grand télescope astronomique qui opère dans les longueurs d'onde submillimétriques du spectre électromagnétique (infrarouge lointain à micro-ondes). B. Sandor et son équipe l'utilisent pour mesurer des abondances chimiques et des températures, soit du côté jour soit du côté nuit. Les données obtenues sont comparées à celles obtenues au terminateur par l'instrument SOIR à bord de Venus Express.

Lors du passage de Vénus, B. Sandor a pointé son radiotélescope directement vers le Soleil sans l'endommager, tout comme un télescope solaire. Pour une fois, il a ainsi pu mesurer l'atmosphère crépusculaire de Vénus. De plus, ses observations ont eu lieu au même moment que celles que l'instrument SOIR a pu effectuer. La mise en parallèle de ses résultats et de ceux de SOIR permettront une meilleure compréhension de l'atmosphère de Vénus dans son entièreté.

Ouverture au grand public

Les passages de Vénus en 2004 et en 2012 reçurent une attention particulière. En effet, personne n'avait vu le transit précédant celui de 2004 et personne ne verra celui qui suivra!

Grâce aux moyens de télécommunication modernes, l'observation de ce phénomène n'était plus réservée à la seule communauté scientifique. De nombreuses initiatives ont été mises en place, notamment sur Internet, à l'intention du grand public. Sans oublier que l'observation de ce phénomène astronomique est devenue aisée. Divers moyens peuvent être utilisés afin de protéger nos yeux des rayonnements aveuglants du Soleil. Il y a les lunettes à éclipse, des hélioscopes modernes, en carton ou en bois, une paire de jumelles associée à un filtre solaire,...

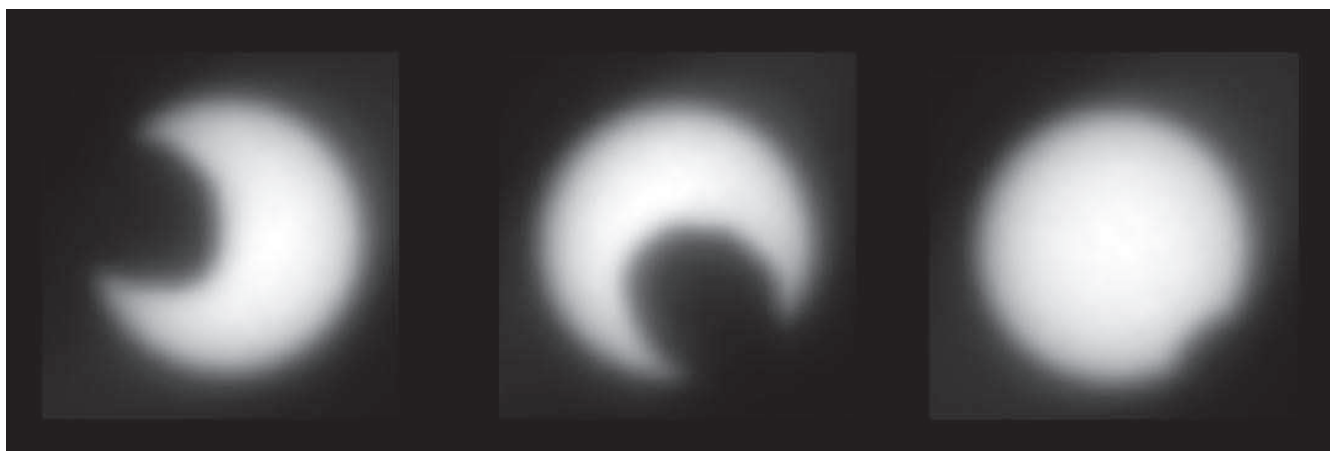
Remerciements

Les auteurs remercient leurs collègues de l'IASB : Sofie Delanoye,

Rachel Drummond, Stéphanie Fratta, Arnaud Mahieux, Tim Somers, Ann Carine Vandaele.

Bibliographie

- H. Andrillat, *La parallaxe solaire*, L'Astronomie 73 (1959) 173-180
R. Dejaiffe, *Le passage de Vénus devant le Soleil du 8 juin 2004*, Ciel et Terre, 119(5) (2003) 81-108
D. Ehrenreich et al., *Transmission spectrum of Venus as a transiting exoplanet*, A&A 537, L2 (2012)
J.M. Pasachoff, *Venus : it's now or never*, Physics World May 2012 36-41
J. Schneider, *L'Encyclopédie des Planètes Extrasolaires* : <http://exoplanet.eu/catalog.php>
A. Simaan, *The transit of Venus across the Sun*, Physics Education 39(3) (2004) 247-251
P. Tanga et al., *Sunlight refraction in the mesosphere of Venus during the transit on June 8th, 2004*, Icarus 218 (2012) 207-219
A.C. Vandaele et al., *Composition of the Venus mesosphere measured by SOIR on board Venus Express*, J. Geophys. Res., 113, (2008) E00B23



Le passage de Phobos devant le Soleil vu par le robot Opportunity. © Nasa/JPL/Cornell

Installé à quelques kilomètres du cratère Endeavour, dans Meridiani Planum, le robot martien Opportunity a tourné sa caméra en direction du Soleil. Opportunity n'a en effet pas uniquement les yeux rivés au sol. Si sa mission est bien entendu de découvrir les paysages qui l'entourent, d'étudier l'action du vent ou d'analyser la composition des météorites qu'il croise, il peut également pointer sa

caméra vers le ciel en particulier pour y étudier la transparence de l'air et la variabilité de la quantité de poussière en suspension. Grâce à des images récemment acquises, les scientifiques de la Nasa ont réalisé deux courtes vidéos. La première présente un coucher de soleil (lien vers la vidéo sur le site de la Nasa: [http://marsrover.nasa.gov/gallery/video/movies/opportunity/opportunity_dreaming_20101221-](http://marsrover.nasa.gov/gallery/video/movies/opportunity/opportunity_dreaming_20101221-1280.mov)

1280.mov). La seconde vidéo (http://marsrover.nasa.gov/gallery/video/movies/opportunity/opportunity_eclipse20101221-480.mov) révèle le transit de Phobos devant le Soleil. Les deux satellites de Mars, Phobos et Deimos, sont bien trop petits pour masquer complètement notre étoile. Les éclipses de Soleil sur Mars n'ont donc rien de comparable aux éclipses que nous observons sur Terre.