

Première observation d'un transit de planète

le passage de Mercure devant le Soleil par Pierre Gassendi en 1631
et ce qui s'en est suivi

Danielle Briot, observatoire de Paris

La première observation d'un passage de planète sur le Soleil fut réalisée à l'occasion du passage (en anglais, transit) de Mercure qui eut lieu en 1631, par Pierre Gassendi (1592-1655). Après avoir évoqué cette très importante observation, Danielle Briot nous parle d'autres passages dans le Système solaire et montre enfin combien les passages de planètes devant leur étoile constituent à l'heure actuelle un domaine de l'astronomie extrêmement fécond et en plein essor.

Contexte scientifique de l'époque

Cette première observation se situe dans une époque de grands bouleversements dans les connaissances astronomiques. Depuis l'Antiquité, le monde était décrit par le système dit de Ptolémée : la Terre est au centre du monde, et la Lune, les planètes Mercure et Vénus, le Soleil et enfin les planètes Mars, Jupiter et Saturne sont en orbite autour de la Terre.

En 1543 paraît le livre de Nicolas Copernic (1473-1543) *De Revolutionibus orbium coelestium* (*Des révolutions des orbés célestes*), décrivant un monde dont le Soleil constitue le centre, la Lune tournant autour de la Terre et les planètes étant en orbite autour du Soleil. À ces deux systèmes principaux, il convient d'ajouter le système conçu par Tycho Brahé (1546-1601) qui tente de faire la synthèse entre les deux systèmes précédents.

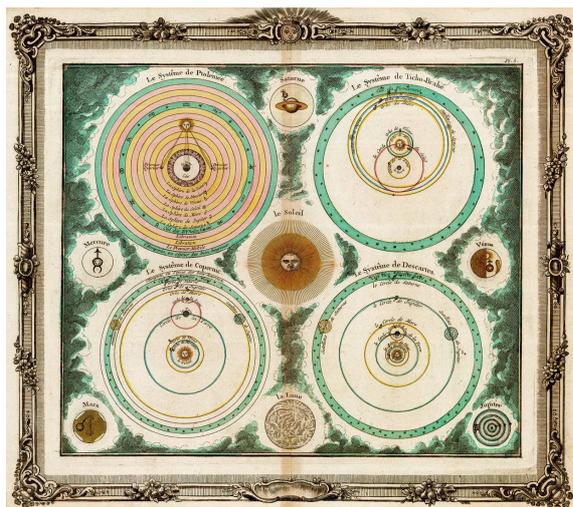


Fig.1. Les différents systèmes du monde existant au XVII^e siècle. Extrait de Louis Charles Desnos et Louis Brion de la Tour, *Atlas général civil et ecclésiastique, méthodique et élémentaire pour l'étude de la géographie et de l'histoire*, édité à Paris chez le sieur Desnos, ingénieur géographe pour les globes et les sphères, Vol. 1, Pl. 6, 1766.

Dans ce système la Lune et le Soleil tournent autour de la Terre, Mercure et Vénus tournent autour du Soleil et les orbites des autres planètes englobent à la fois la Terre et le Soleil. La figure 1 montre ces trois systèmes.

Dans chacun de ces trois systèmes, il est possible d'observer des passages des planètes inférieures, c'est-à-dire Mercure et Vénus, devant le Soleil. Déjà quand une tache noire avait été vue devant le Soleil en 807, sous le règne de Charlemagne, cela avait été interprété comme un passage de Mercure, bien que la tache ait été visible pendant huit jours.

En 1609, Galilée (1564-1642) effectue les premières observations astronomiques avec un instrument muni de pièces d'optique, la lunette astronomique.

Cette nouvelle instrumentation permet très vite une très riche moisson de découvertes. Une nouvelle ère de l'astronomie commence. En 1627, Johannes Kepler (1571-1630) publie les *Tables Rudolphines*, ainsi appelées en l'honneur de son ancien protecteur l'empereur Rodolphe II de Habsbourg (1552-1612). Ces tables astronomiques sont fondées sur les trois lois des mouvements des planètes que Kepler avait publiées en 1609 et 1618, et basées sur les observations de Tycho Brahé (1546-1601). La découverte des logarithmes par l'Écossais John Napier (1550-1617) – les Français l'appellent Neper, selon la prononciation de Napier par les Écossais – a été grandement appréciée par Kepler et a facilité l'établissement de ses tables. En 1630, il publie les éphémérides pour les années 1629-1639, basées sur ses *Tables Rudolphines*, dans lesquelles il rédige un *Avertissement aux astronomes* (*Admonitio ad astronomos, rerumque coelestium studiosos, De rarioris mirisq; Anni 1631, Phaenomenis, veneris pvta et mercvrii in Solem incursu, Excerpta Ex Ephemeride Anni 1631. & certo authoris consilio huic praemissa, iterumq;* que nous désignerons plus simplement sous le nom d'*Admonitio*, ou *Avertisse-*

ment) indiquant qu'il y aura un passage de Vénus devant le Soleil le 6 décembre 1631, visible depuis l'Amérique, suivant ses calculs. Cependant comme il peut y avoir une petite erreur dans ses prévisions, il conseille aux astronomes d'Europe d'observer le Soleil ce jour-là. De plus, le 7 novembre de la même année, il y aura un passage de Mercure devant le Soleil. Cependant, à cause des difficultés d'observation de Mercure, cette date n'est pas sûre et Kepler conseille de commencer les observations le 6 et de persévérer jusqu'au 8 novembre. L'*Avertissement* est diffusé à travers l'Europe à destination des personnes instruites. Il semblerait que les plus sérieux des astronomes aient préparé l'observation de ces passages annoncés.

Brève biographie de Gassendi

Pierre Gassendi naquit en 1592 dans le territoire de Digne. Il fut un homme de sciences, un philosophe, un théologien et un musicien. Même en nous limitant à ses travaux scientifiques, son apport est très important. En effet, il apporta son concours à des sciences très diverses et fit d'importantes découvertes dans plusieurs domaines. Il fut un scientifique reconnu à travers l'Europe, fut en contact avec de nombreux savants qu'il rencontra après parfois de longs voyages.

Ses observations astronomiques furent nombreuses et assidues. Elles concernèrent entre autres les planètes et les éclipses. Avec l'aide de son ami



Fig.2. Une représentation populaire de P. Gassendi (fin du XIX^e siècle).

Nicolas Peiresc (1580-1637), il établit le premier atlas lunaire. En météorologie, il observa, étudia et décrivit le phénomène auquel il donna le nom *d'aurore boréale*, nom toujours utilisé actuellement. Il travailla aussi l'anatomie et participa à des dissections d'animaux. Il réalisa des travaux et des études de géologie. En physique, il fit la première expérience de la chute des corps dans un véhicule en mouvement en faisant tomber une pierre depuis le mât d'un bateau et il observa alors que la pierre tombe au pied du mât.

L'observation du passage de Mercure par Gassendi

En se basant sur l'*Avertissement* de Kepler, Gassendi prépara très soigneusement l'observation du passage de Mercure sur le Soleil. À la date prévue, Gassendi était à Paris. Kepler avait conseillé de projeter l'image du Soleil sur un papier à l'aide d'une lunette astronomique, ou d'une simple « camera obscura » en cas de l'absence d'une lunette.

La camera obscura (en français chambre noire) est formée d'une enceinte, boîte ou pièce dans un bâtiment, fermée et percée d'un seul petit trou sur un des côtés. Un écran ou un simple papier blanc est disposé sur le côté opposé au trou. Les rayons lumineux provenant d'une scène extérieure passent à travers le trou, et forment l'image de la scène sur l'écran. Les couleurs sont conservées mais l'image est inversée. On peut munir la camera obscura d'un instrument optique, simple lentille ou lunette, ainsi que d'un miroir qui redressera l'image obtenue. La figure 3 qui montre l'observation des taches solaires par Christoph Scheiner (1575-1650), est une bonne illustration de la technique d'observation du Soleil au début du XVII^e siècle.

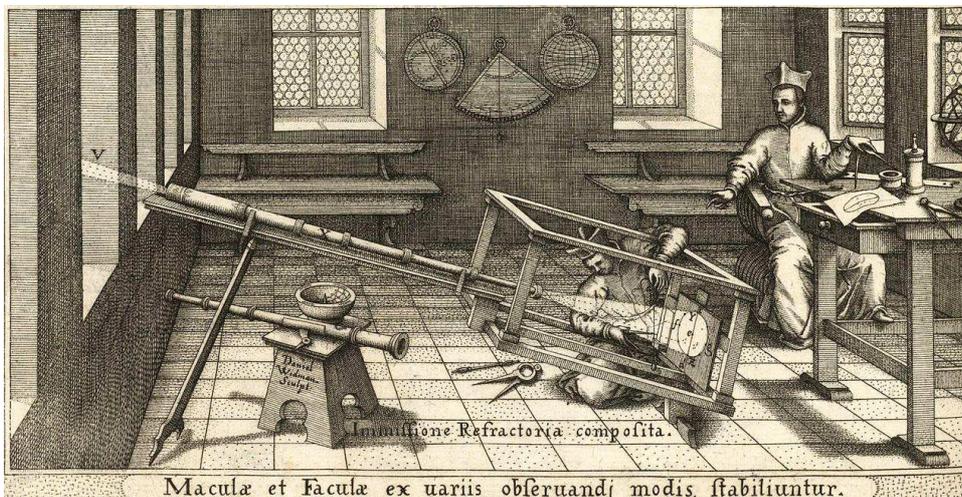


Fig.3. Observation des taches solaires par Christoph Scheiner.

Extrait de *Rosa Ursina sive Sol*, de Christoph Scheiner, 1630. Houghton Library, Harvard University.

(le titre complet est *Rosa Ursina sive Sol ex admirando facularum & macularum suarum phaenomeno varivis, necnon circa centrum suum & axem fixum ab occasu in ortum annua, circa[ue] alium axem mobilem ab ortu in occasum conuersione quasi menstrua, super polos proprios, libris quatuor mobilis ostensus, a Christophoro Scheiner germano svevo, e Societate Iesu. Ad Pavlym Iordanvm II. Vrsinvm Bracciani dvcem*).

Gassendi possédait déjà une instrumentation qu'il utilisait pour observer les taches et les éclipses du Soleil. Dans la chambre noire qu'il utilisait, les rayons lumineux provenant du Soleil traversaient une lunette astronomique dite type galiléenne et formaient l'image du Soleil sur une feuille de papier. Il ajusta la distance de façon que cette image du Soleil ait un diamètre d'environ 25 cm. Il traça un cercle de cette taille sur sa feuille de papier et en divisa le diamètre en 60 parts égales.

À l'étage en dessous, un assistant était en faction avec un quart-de-cercle. Un quart-de-cercle (voir figure 4) est un instrument d'astronomie dit de position, muni d'une lunette astronomique et, comme son nom l'indique, d'un quart de cercle gradué, et qui sert à mesurer des angles. Cet assistant devait observer la hauteur du Soleil et la noter, chaque fois que Gassendi tapait du pied, ce qui devait lui donner le temps vrai de chaque observation. Gassendi était prêt à commencer les observations le 5 novembre, mais il plut toute la journée. Le 6 novembre, le ciel fut également couvert. Le 7 novembre, le ciel se dégagait à 9 h du matin, et Gassendi observa quelque chose comme un point noir, une très petite tache noire, sur le Soleil. Très surpris par la petitesse de cette tache, il pensa d'abord à une tache solaire. Il n'en marqua la position que de manière assez vague. Cependant, à l'observation suivante, il remarqua que cette "tache" se déplaçait trop vite pour être une tache du Soleil, et il sut alors qu'il observait Mercure. Il tapa du pied pour avertir son assistant de noter la hauteur du Soleil. Cependant, cet assistant avait déserté son poste, faisant ainsi perdre un temps précieux à Gassendi. Il put cependant noter le moment de l'émergence de Mercure.

Gassendi rend compte de ses observations, qu'il décrit en détails d'abord dans des lettres à Wilhelm Schickard (1592-1635) et un peu plus tard dans le livre *Mercurius in sole visu et Venus invisus* publié en 1632. « J'ai été plus heureux que tous ces philosophes hermétiques occupés à chercher *Mercurium in sole* (c'est-à-dire la pierre philosophale) : je l'ai trouvé, je l'ai contemplé, là où personne avant moi ne l'avait vu » et aussi « Le rusé Mercure voulait passer sans être aperçu, il était entré plus tôt qu'on ne s'y attendait ».

Il fut très surpris par la petitesse de l'image de Mercure sur le Soleil : « J'étais loin, en effet, de soupçonner Mercure de projeter une si petite ombre... Je pensais que c'était plutôt une tache, qui, bien qu'elle n'ait pas été notée là sur le Soleil le jour précédent, néanmoins aurait pu également naître depuis ce temps, et j'avais ailleurs appris ce fait ».

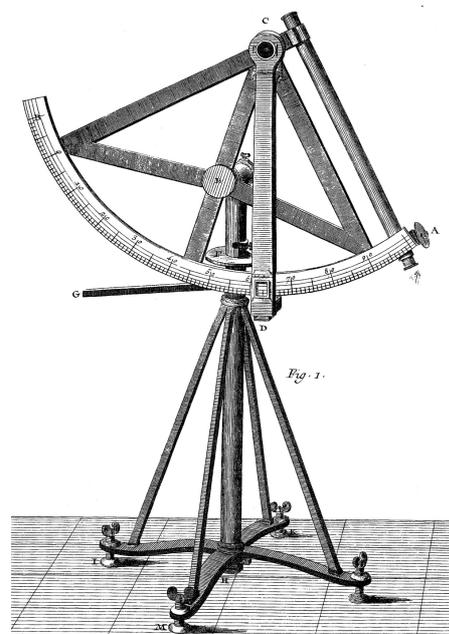


Fig. 4. Un quart-de-cercle
(extrait de l'encyclopédie de Diderot et d'Alembert, XVIII^e siècle).

Cependant, pour diverses raisons, peu d'observateurs réussirent à voir Mercure sur le Soleil. Une des raisons fut le mauvais temps fréquent sous nos climats en novembre. Le Soleil ne fut visible que de façon intermittente, ce qui a lassé la patience de certains observateurs. De plus, comme Mercure était apparu beaucoup plus petit que ce à quoi l'on s'attendait, les observateurs qui n'utilisaient qu'une camera obscura sans adjonction d'aucune pièce d'optique n'ont pu observer le phénomène.

Ce passage de Mercure fut également observé par Jean-Baptiste Cysatus, jésuite, à Innsbruck, par Jean Remus Quietanus, médecin et mathématicien de l'empereur Mathias, à Rufac en Alsace et par un anonyme à Ingolstadt, en Bavière. Nous ne connaissons aucune circonstance de ces observations, aussi l'observation de Gassendi est-elle la seule dont on ait pu tirer des conséquences astronomiques et donc la seule que l'on peut considérer comme véritablement scientifique.

L'histoire signale d'autres circonstances où l'on a cru observer un passage de Mercure. Ainsi en 1607, sur la base des observations de Tycho Brahé, Kepler avait calculé qu'un passage de Mercure devant le Soleil se produirait à la fin de mai 1607. Il observa le Soleil le 28 mai à l'aide d'une camera obscura, de fortune, et qui n'était munie d'aucune lentille. Il détecta effectivement une tache noire sur le Soleil qu'il supposa être Mercure. Cependant quelque temps après, vers 1610, les taches solaires furent découvertes à l'aide d'observations faites avec des instruments d'optique. Kepler comprit alors qu'il avait observé une tache solaire et reconnut son

erreur. Rappelons brièvement que la découverte des taches solaires avait donné lieu à controverse : doit-on attribuer cette découverte à Galilée, à Thomas Harriot (1560-1621), à Christoph Scheiner (1575-1650) (voir la figure 3), ou bien à David Fabricius (1564-1617) et à son fils Johannes Fabricius (1586-1615) ? La figure 3 qui montre l'observation des taches solaires par Scheiner est une bonne illustration de la technique d'observation du Soleil au début du XVII^e siècle.

Le passage de Mercure de 1631 par Gassendi a permis aux astronomes de corriger les données de Kepler sur Mercure. L'inclinaison de Mercure sur l'écliptique et la trajectoire de Mercure devenaient beaucoup plus précises. La conséquence la plus importante des observations de Gassendi fut une réévaluation de l'inclinaison de l'orbite de Mercure sur l'écliptique et une réévaluation du diamètre de Mercure. Ce dernier point impliquait que les diamètres des planètes ne pouvaient pas être estimés à partir de leur brillance.

Quelques mots sur les passages de Vénus

Dans son *Admiratio*, Kepler avait annoncé un passage de Vénus devant le Soleil pour le 7 décembre 1631. Mais ce passage ne put être observé depuis l'Europe, ce qui explique la deuxième partie du titre du livre de Gassendi : *et Venus invisita*. Kepler avait prévu que le prochain passage de Vénus se produirait en 1761, soit 120 ans plus tard. Ainsi les astronomes intéressés portèrent leurs efforts vers d'autres sujets. Cependant en Angleterre, Jeremiah Horrocks (1618-1641) étudia les Tables Rudolphines de Kepler et en octobre 1639 il détermina que le passage suivant se produirait le 4 décembre 1639 (calendrier grégorien), soit 8 ans seulement après le passage de 1631. Il avisa son ami et correspondant William Crabtree (1610-1644) afin qu'il observe ce phénomène. Ce furent les deux seuls et les premiers observateurs d'un passage de Vénus, confirmant ainsi la valeur des tables de Kepler.

Nous savons maintenant que les passages de Vénus se produisent par « paire », deux passages séparés par huit ans, et qu'entre deux paires il s'écoule plus d'un siècle, alors que les passages de Mercure se produisent 13 ou 14 fois par siècle.

Après une observation d'un passage de Mercure depuis l'île de Sainte-Hélène en 1677, Edmond Halley (1656-1742) montra que les observations des passages des planètes inférieures Mercure et Vénus permettent de déterminer la parallaxe solaire, donc la distance du Soleil à la Terre, et par suite toutes

les distances à l'intérieur du système solaire. Rappelons que la parallaxe diurne d'un objet du Système solaire est l'angle sous lequel depuis cet objet on voit le rayon de la Terre. Cette quantité ne doit pas être confondue avec la parallaxe d'une étoile qui est l'angle sous lequel depuis cette étoile on voit le rayon de la trajectoire terrestre.

La méthode de Halley est basée sur la comparaison des temps de passage de Vénus observé depuis des lieux de latitudes différentes. Halley exclut les passages de Mercure parce que la parallaxe de Mercure est plus faible et ses passages plus difficiles à observer. Ainsi les durées des passages de Mercure vus de différents points de la Terre ne sont pas suffisamment différentes.

Les passages de Vénus suivants eurent lieu en 1761 et 1769. Ils suscitèrent de nombreuses expéditions à travers le monde par des astronomes de plusieurs pays. Les passages du XIX^e siècle en 1874 et 1882 suscitèrent des expéditions plus nombreuses encore. Les relations des différentes expéditions du XVIII^e et XIX^e siècles représentent une partie passionnante, souvent très pittoresque et parfois tragique de l'histoire de l'astronomie. Il n'y eut pas de passage de Vénus durant le XX^e siècle, et quand arrivèrent les passages du XXI^e siècle en 2004 et 2012 la distance Terre-Soleil était déterminée par des méthodes beaucoup plus précises.

Un grand saut dans l'espace plus lointain et dans un temps plus proche : les transits de planètes extrasolaires

Les transits dans le système solaire ont été des phénomènes très observés. Nous pouvons maintenant quitter le Système solaire, puisque la découverte de la première planète extrasolaire 51 Peg b en 1995 a ouvert un nouveau et très fécond domaine de l'astronomie et de l'astrophysique. Or, depuis longtemps il avait été prévu que des planètes pourraient être détectées en observant des baisses régulières de luminosité de certaines étoiles. Le premier transit observé d'une planète extrasolaire l'a été dès 1999, pour la planète HD 209458 b nouvellement découverte par la méthode des vitesses radiales (voir la figure 5).

Les observations de transits de planètes extrasolaires se sont révélées très fécondes. En effet, d'abord elles permettent de déterminer de nombreux paramètres physiques de la planète, son rayon, son pouvoir réfléchissant (albédo), la composition chimique de son atmosphère, le sens de sa rotation...

Ensuite cette méthode s'est révélée un formidable outil de détection de planètes. Deux engins spatiaux ont été conçus pour ce programme de détection. Le satellite CoRoT d'initiative française a permis de détecter 34 planètes extrasolaires. Le télescope spatial américain Kepler a atteint à ce jour la formidable performance de 1 039 planètes découvertes, ce qui correspond à plus de la moitié des planètes extrasolaires connues. De plus, plus de 3 500 « planètes candidates » découvertes par Kepler attendent une éventuelle confirmation pour augmenter encore la quantité de planètes connues. Les observations et études de transits de planètes sont maintenant parmi les domaines les plus actifs de l'astrophysique.

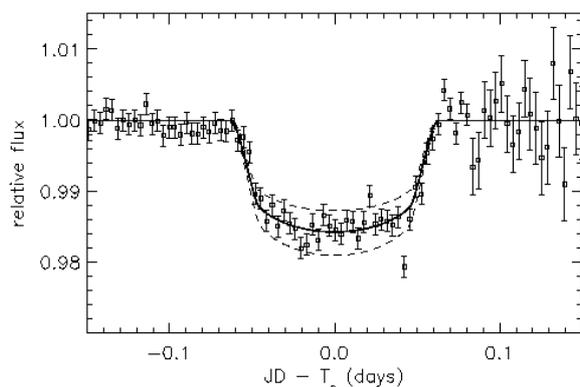


Fig.5. Courbe de luminosité de l'étoile HD 209458 pendant le transit de sa planète. Les courbes correspondant à deux transits ont été superposées. Cette figure correspond au premier transit de planète extrasolaire jamais observé. (D. Charbonneau et al., 2000)

Conclusion

L'observation du passage de Mercure par Pierre Gassendi en 1631, première observation d'un passage, ou transit, d'une planète devant son étoile, observation qui fut menée avec une grande rigueur scientifique, est malheureusement trop peu connue. Les passages de Vénus qui sont plus faciles à observer, qui ont suscité de nombreuses missions et qui ont une histoire plus fournie et plus pittoresque, sont beaucoup mieux mis en valeur, comme nous l'avons vu lors du passage de Vénus en 2004.

Maintenant que, grâce à la mission spatiale Kepler de la NASA, plus de la moitié des quelques deux-mille planètes extrasolaires ont été découvertes grâce à leur passage devant leur étoile, on voit combien les études et observations de passages de planètes devant leur étoile constituent de nouveau un très important domaine de l'astronomie.

Il est clair que Gassendi n'a pas actuellement la célébrité qui devrait être la sienne : à quand une mission spatiale à laquelle sera attribué le nom de Gassendi ? ■