

Le passage de Vénus : une aubaine pour les enseignants

Arkan Simaan

Résumé : Le passage de Vénus devant le Soleil le 8 juin 2004 est une chance pour les professeurs de physique, de mathématiques, d'histoire et de langues vivantes désireux de réaliser un travail susceptible d'éveiller l'intérêt des élèves. Cet article décrit brièvement l'importance de ce phénomène, sa portée historique et scientifique puis propose quelques pistes pour des activités pédagogiques à la fois interdisciplinaires et transfrontalières.

Le passage de Vénus devant le Soleil est un événement exceptionnel : il survient deux fois en huit ans, puis disparaît pendant plus d'un siècle. Son observation est donc un privilège réservé à moins d'un homme sur trois : il ne reste plus un seul témoin de sa dernière parution en 1882.

Les passages (ou « transits ») ressemblent à une éclipse dont la cause serait une planète et non pas la Lune : ils concernent donc uniquement Mercure et Vénus qui sont entre nous et le Soleil. Si le plan de l'orbite de la Terre était le même que ceux de ces planètes, il y aurait un transit à chacune de leurs conjonctions inférieures. Or, il n'en est rien, leurs plans étant inclinés par rapport à l'écliptique : l'alignement n'a donc lieu que lorsque la Terre et l'une de ces planètes se trouvent simultanément sur la ligne des nœuds⁽¹⁾, cas illustré ci-dessous pour Vénus⁽²⁾.

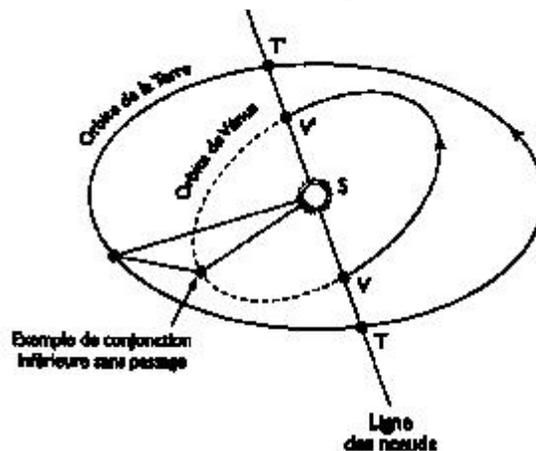


Figure 1

- (1) On appelle « nœud » le point d'intersection de l'orbite d'une planète avec le plan de l'orbite terrestre. Par conséquent, la « ligne des nœuds » est la droite intersection de ces deux plans.
- (2) La période synodique de Mercure est environ 116 jours et celle de Vénus 584. Mais les passages sont plus rares : en un siècle, il y en a au maximum treize de Mercure et deux de Vénus.

Contrairement aux éclipses, ces passages peuvent passer inaperçus en raison de la petite taille apparente des planètes, et sont donc restés inconnus jusqu'à leur découverte par Kepler au XVII^e siècle, découverte qu'il fit d'ailleurs par des calculs et non pas par l'observation. Même s'ils ne sont guère impressionnants, ces événements sont fondamentaux dans l'histoire des sciences : ils apportent dès 1631 une confirmation de la justesse des calculs de Kepler (donc de ses lois), ils permettent de mesurer la distance Terre-Soleil⁽³⁾, et ils sont notamment à l'origine de la fondation de la coopération scientifique internationale.

Les passages de Vénus au XVIII^e siècle

Le développement de l'astronomie devient crucial au XVII^e siècle pour le commerce maritime des puissances coloniales européennes : l'impossibilité de « faire le point » correctement en mer provoque de nombreux naufrages. C'est entre autres pour aider les bateaux à trouver leur longitude que sont créés les observatoires de Paris et de Greenwich. En 1714, le Parlement anglais surenchérit en offrant une récompense si importante pour la solution de ce problème que les primes des autres nations semblent désormais dérisoires.

Dans ce contexte, Halley, l'homme de la comète, invite en 1716 les « curieux » à mesurer la distance Terre-Soleil avec le passage de Vénus : âgé de soixante ans, il se doute qu'il n'assistera pas à ce phénomène attendu en 1761. Dans son appel passionné, il propose qu'un astronome dans l'hémisphère Nord observe l'événement de concert avec un autre dans l'hémisphère Sud. Comme indiqué sur le schéma ci-dessous, chacun voit Vénus parcourir une trajectoire apparente différente sur le disque solaire (aa' pour A et bb' pour B) : l'écartement e entre elles est proportionnel à leur éloignement (AB) sur la Terre. Pour Halley, on obtient e en chronométrant les durées de ces mouvements apparents (environ six heures), ce qui permet ensuite d'avoir la distance Terre-Soleil : il promet même un résultat avec l'excellente précision de 1/500.

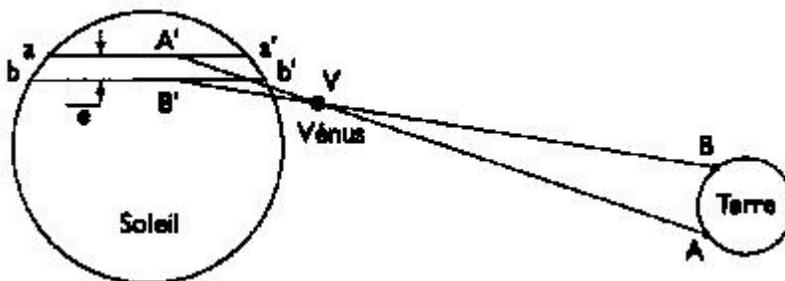


Figure 2

(3) Dans cet article, les distances Terre-Soleil et Vénus-Soleil sont les distances moyennes entre les astres cités. Les excentricités des orbites elliptiques de la Terre et de Vénus sont respectivement 0,0167 et 0,0068.

Non seulement ce procédé suppose des expéditions lointaines et périlleuses, mais, pour éviter que cet instant unique ne soit gâché par un nuage malencontreux, il faut multiplier les stations d'observation. De plus, en 1756, éclate un conflit « mondial » pour le contrôle des colonies (la guerre de Sept Ans) qui complique les missions de 1761 déjà menacées par la piraterie, par la disparition en mer et par le scorbut.

Mais les savants ne se laissent pas intimider : il franchissent courageusement les lignes des belligérants et imposent aux monarchies ennemies le droit de se concerter. Le bateau des Anglais Mason et Dixon par exemple subit une violente canonnade qui fait des dizaines de victimes ; des corsaires anglais abandonnent le Français Pingré sans ressources dans l'île Rodrigues, alors que Le Gentil de la Galaisière erre plusieurs années dans l'Océan Indien avant de revenir frustré à Paris. Lors du deuxième passage (1769), le sort s'acharne sur les savants : le Français Chappe d'Auteroche perd la vie en Californie et Charles Green, astronome de l'expédition de James Cook, décède en mer : ce célèbre explorateur anglais était aussi chargé d'observer Vénus lors de son premier voyage.

Au XIX^e siècle, les passages de Vénus donnent également lieu à une « première » scientifique : la fondation d'un observatoire féminin. Profitant de la présence de quelques astronomes renommés dans leur campus, des jeunes filles d'une école d'Afrique du Sud montent en 1882 le premier observatoire jamais créé par des femmes et pour des femmes : elles font ainsi une remarquable incursion dans un domaine jusqu'alors presque exclusivement masculin.

Gageons que le passage de Vénus en 2004 permettra une autre « première » : l'entrée du grand public dans les mesures scientifiques. En effet, ces transits présentent l'insigne avantage d'être faciles à observer et à photographier, avec un équipement peu onéreux et simple à manier. De plus, il est intégralement visible dans notre région, contrairement à celui de 2012 (personne n'aura la « patience » d'attendre le prochain en ... 2117 !).

Propositions pédagogiques

Les propositions exposées ci-dessous concernent les clubs, les TPE, les IDD et autres structures interdisciplinaires : en effet, ni le passage de Vénus, ni l'astronomie, ni la mesure des distances dans le système solaire ne figurent aux programmes des classes.

Le passage de Vénus du 8 juin 2004 offre la possibilité d'animer la fin de l'année scolaire en donnant une belle occasion de visiter un observatoire (attention : les candidats seront nombreux !). Mieux encore : il peut être prétexte à créer un club d'astronomie dans le cadre d'un projet d'établissement en vue de réaliser la projection de l'événement dans la cour, en utilisant par exemple le solarscope qui donne une image d'environ 12 cm sans aucun réglage et qui permet d'observer le transit et les taches solaires sans danger, même avec des jeunes enfants⁽⁴⁾.

(4) Le solarscope est commercialisé par Light Tec, Espace Alexandra, 359 rue Saint Joseph, 83400 Hyères. Pour plus de renseignements sur cet appareil, voir www.solarscope.org. Étant donnée la modicité de son prix (environ 70 euros), je ne conseille pas d'essayer de « bricoler » des dispositifs de projection si l'on souhaite uniquement observer le passage : les accidents sur la rétine peuvent être irréversibles !

Cependant, le plus intéressant serait que les élèves mesurent à partir de leurs propres observations la distance Terre-Soleil, le jeu étant alors de comparer leur résultat avec cette grandeur connue déjà avec la meilleure précision. Même les élèves des petites classes peuvent participer : une telle réussite déclencherait à n'en pas douter chez certains un véritable engouement pour les études scientifiques et historiques.

La mesure de la distance Terre-Soleil

Plusieurs observatoires dans le monde s'organisent pour le transit de Vénus en juin 2004 : en France, l'Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides par exemple se propose d'animer des stages d'observation du ciel pour des enseignants, ainsi que de centraliser les enregistrements des amateurs le jour du passage et de calculer en temps réel la distance Terre-Soleil à partir de ces données. Encourager les élèves à s'associer à cette entreprise est déjà une manière de participer à l'observation de l'événement. Ceci peut d'ailleurs se faire sans préjudice d'autres activités dans l'établissement, comme par exemple une mesure indépendante de la distance Terre-Soleil. Attention : la méthode proposée ci-dessous n'est pas celle de Halley qui était basée sur le chronométrage des durées et qui suppose des calculs difficiles.

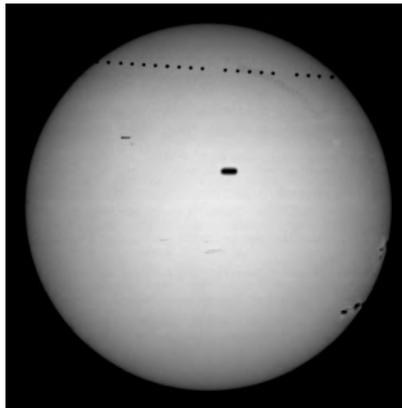
On voit à l'occasion du passage de Vénus un minuscule point noir se déplacer lentement devant le Soleil qui sert d'écran : en pointant et en reliant successivement ses positions, on dessine une corde sur le disque solaire (voir ci-contre l'image obtenue par le National Solar Observatory lors du passage de Mercure devant le Soleil le 7 mai 2003.)

Comme on voit sur la figure 2, l'observateur A obtient une trace aa' et B une trace bb' qu'ils rassembleront en une figure unique : un schéma du Soleil représentant e à l'échelle leur indiquera combien de fois le diamètre du Soleil est plus grand que e. Il suffira donc d'accéder à cette dernière valeur pour avoir la taille de notre étoile.

La similitude des triangles AVB et A'VB' donne

$$e = AB \times \frac{d_{vs}}{d_{tv}}$$

(d_{vs} et d_{tv} sont respectivement les distances Vénus-Soleil et Terre-Vénus).



National Solar Observatory

La troisième loi de Kepler transforme $\frac{d_{vs}}{d_{tv}}$ en un rapport entre les périodes sidérales de révolution de la Terre (T_t) et de Vénus (T_v) autour du Soleil (environ 365 et 225 jours respectivement)⁽⁵⁾ :

$$e = \left[\left(\frac{T_t}{T_v} \right)^{2/3} - 1 \right]^{-1} \times AB$$

de là, on sort e égal $2,6 \times AB$ environ.

Si AB vaut par exemple 4 000 km, e sera 10 400 km environ et le dessin à l'échelle évoqué plus haut devrait indiquer que le diamètre du Soleil est quelque 135 fois plus « large » que e , ce qui correspond à 1 400 000 km approximativement. Ensuite, son éloignement de la Terre peut être obtenu avec son diamètre apparent : 32', c'est-à-dire un peu moins d'un centième de radians. La combinaison de ces deux données situe donc le Soleil à 150 000 000 km à peu près.

Simple en théorie, cette mesure présente en fait plusieurs difficultés, surtout si l'on procède par projection de l'image du Soleil sur un écran, méthode qui a le mérite d'être peu onéreuse et facile à mettre en œuvre pour une observation en groupe. Faisons un calcul d'ordre de grandeur avec une image de 20 cm de diamètre, la largeur de la bande e sur l'écran ne dépassera guère 1,5 mm dans l'exemple cité. Et elle serait encore plus étroite entre deux villes françaises éloignées seulement de quelques centaines de kilomètres⁽⁶⁾. Il reste bien sûr la possibilité d'une coopération avec des pays très éloignés en Afrique, l'idéal étant une association entre la Norvège et l'Afrique du Sud. Il est évidemment difficile d'imaginer des voyages à ces pays uniquement dans le but de cette mesure. Mais rien n'empêche d'essayer d'obtenir aussi des enregistrements dans ces pays par Internet pour les utiliser avec les élèves (on trouvera des conseils pédagogiques sur les mesures dans le système solaire dans le livre *Vénus devant le Soleil*, voir bibliographie).

Le plus intéressant serait de remplacer la projection du Soleil par l'emploi de l'imagerie moderne. Ceci a l'avantage du traitement par ordinateur et, par conséquent, la possibilité d'ajuster aisément la taille des images avec celles de son correspondant étranger (en utilisant les taches solaires comme repère)⁽⁷⁾.

Dans notre établissement en Seine et Marne, la projection du passage de Mercure du 7 mai 2003 a animé la cour et a permis un riche échange avec les élèves. Non contents de poser des questions pertinentes, ils ont voulu continuer la discussion en classe. Un autre fait intéressant a été la réaction des collègues des disciplines

(5) La troisième loi de Kepler dit que le rapport T^2/d^3 a la même valeur pour toutes les planètes, T étant la période sidérale et d le demi-grand axe de l'orbite.

(6) Pour avoir des projections de grande taille avec une lunette d'amateur de 60 mm, le lecteur peut consulter http://www.astrosurf.com/l60/fr/L60_soleil.html.

(7) Le site <http://www.astrocam.org/> donne de nombreux renseignements pour l'utilisation d'une webcam. Le lecteur peut compléter cette lecture avec l'article de Gilles Dodray in *Astronomie*, Bulletin de la Société astronomique de France (voir bibliographie) : on y trouve tous les renseignements pratiques pour préparer la séance d'observation la veille du passage.

littéraires : certains d'entre eux qui avaient appris l'existence de ce phénomène le matin même par la radio, ont été aussi amusés et surpris que les élèves. Ce fut pour nous l'occasion de poser les jalons pour un travail interdisciplinaire autour du prochain transit de Vénus.

Association avec les autres disciplines

En effet, le contexte historique des précédents passages de Vénus (notamment au XVIII^e siècle) intéresse hautement les professeurs d'histoire : il leur permettrait d'établir un lien entre leur discipline et la science, en exploitant par exemple les rapports entre astronomie et navigation (deux sciences sœurs) : ceci les conduirait naturellement à évoquer l'exploitation coloniale, la fabrication des horloges pour la recherche de la longitude, l'établissement des cartes géographiques par l'Observatoire de Paris, les grands voyages d'exploration du monde (Cook, Bougainville, etc.), les guerres en Europe, ...

L'idéal serait que ces observations du passage de Vénus en 2004 s'inspirent des recommandations de Halley, qu'elles associent des jeunes européens avec des jeunes de l'hémisphère sud : les moyens modernes de communication rendent cela possible. Ces échanges devraient intéresser les professeurs de langues vivantes.

Conclusion

L'étude, l'observation et la mesure du passage de Vénus devant le Soleil, thème fédérateur de plusieurs disciplines scolaires, apporte à nos élèves des éléments culturels, tout en favorisant l'épanouissement des relations de sympathie et d'amitié entre le Nord et le Sud. Alors que les fanatismes menacent, proposons aux jeunes une fraternité autour du ciel... le ciel des astronomes, bien sûr.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE EN FRANÇAIS

BLAMONT J., *Vénus dévoilée – voyage autour d'une planète*, Odile Jacob, 1987. (Initiateur de la politique spatiale française, Jacques Blamont décrit son exploration de la planète à la tête du CNES. Il consacre un chapitre aux passages de Vénus du XVIII^e siècle.)

DODRAY Gilles, *Des Images pour mesurer la parallaxe de Vénus ou de Mercure*, in *L'Astronomie*, Bulletin de la Société Astronomique de France n° 117, mars-avril 2003. (Gilles Dodray, professeur de mathématiques au lycée Bachelard de Chelles, y décrit par le menu les opérations préliminaires pour préparer le passage de Mercure du 7 mai 2003 avec son club d'astronomie : il a pris de superbes images avec une webcam associée à une lunette astronomique. Gilles Dodray a écrit *Arpenter l'univers – une méthode d'astronomie expérimentale* (Vuibert, juillet 2003) qui détaille ses expériences pratiques de mesure des dimensions et des distances des objets célestes avec son club.)

LUMINET J.-P., *Le Rendez-vous de Vénus*, J.-C. Lattès, 1999. (Roman autour des tribulations de Le Gentil, Pingré et Chappe lors des transits de Vénus au XVIII^e siècle.)

SIMAAN A., *La science au péril de sa vie – les aventuriers de la mesure du monde*, Vuibert/Adapt, 2001. (Prix spécial du livre d’astronomie (2002). Description des expéditions scientifiques du XVIII^e siècle pour mesurer la Terre, pour observer le passage de Vénus et pour établir le système métrique. Analysé par Henri Bareil, APMEP, nov-déc. 2001.)

SIMAAN A. (dir.), *Vénus devant le Soleil – comprendre et observer un événement astronomique*, Vuibert/Adapt, 2003. (Écrit par Jacques Blamont, Guillaume Cannat, Yves Delaye, Michel Laudon, Jean-Pierre Luminet, Steven Van Roode, David Sellers et Arkan Simaan, cet ouvrage analyse les précédents passages de Vénus, donne des conseils pour réussir l’observation de 2004 en sécurité avec les heures du passage, une bibliographie commentée et des documents historiques. Il contient aussi un dossier pédagogique sur les mesures des distances dans le système solaire depuis l’Antiquité jusqu’au passage de Vénus. Il s’agit d’un ensemble d’exercices qui utilise uniquement les connaissances mathématiques des élèves.)

Dans le web, citons les sites de l’Institut de Mécanique Céleste et de Calcul des Ephémérides (www.imcce.fr/vt2004) qui diffusera la totalité du passage en 2004, centralisera les données des amateurs et calculera la distance Terre-Soleil et celui de Futura-sciences (www.futura-sciences.com) qui organisera un site des forums pendant l’année scolaire.